



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

**Riqualificazione energetica di un edificio residenziale
secondo le normative del Superbonus 110%**

**Energy efficiency upgrade of a residential building
according to the 110% Superbonus regulations**

Relatore:

Prof. Ing. **Gianluca Coccia**, PhD

Tesi di Laurea di:

Diego Montemari

A.A. 2020 / 2021

Indice dei contenuti

Introduzione.....	VIII
1 Stato dell'arte.....	1
1.1 Effetto serra e riscaldamento globale.....	1
1.2 Normativa Superbonus 110%.....	2
1.3 L'energia da fonti rinnovabili.....	6
2 Situazione ante-intervento.....	9
2.1 Calcolo delle dispersioni invernali di un edificio.....	12
2.2 Simulazione Mc4 della situazione ante-intervento.....	16
2.3 A.P.E. (attestato di prestazione energetica).....	22
3 Soluzioni proposte.....	27
3.1 Soluzione A.....	27
3.2 Soluzione B.....	29
3.3 Soluzione C.....	30
4 Situazione post-intervento.....	34
4.1 Intervento trainante – Impianto di riscaldamento.....	34
4.2 Intervento trainante – Cappotto termico.....	37
4.3 Intervento trainato – Nuovi infissi.....	39
4.4 Intervento trainato – Impianto fotovoltaico.....	41
4.5 Simulazione Mc4 della situazione post-intervento.....	45
4.6 Requisiti Decreto Ministeriale 26 giugno 2015.....	51
4.7 Detrazioni fiscali ottenute.....	57
5 Conclusioni.....	60
A - Caratteristiche termiche ed igrometriche dei componenti finestrati, opachi e ponti termici ante-intervento.....	61
B - Caratteristiche termiche ed igrometriche dei componenti finestrati, opachi e ponti termici post-intervento.....	87
C - Calcolo delle dispersioni invernali ante-intervento secondo UNI-EN 12831.....	119
D - Calcolo delle dispersioni invernali post-intervento secondo UNI-EN 12831.....	129

Indice delle figure

Figura 1, andamento della concentrazione atmosferica di CO ₂ [9].....	2
Figura 2, consumo finale totale di energia globale 2009-2019 [13].....	6
Figura 3, quota dei consumi finali lordi complessivi di energia coperta da fonti rinnovabili in Europa [15]	7
Figura 4, consumi di energia da FER per settore e consumi finali lordi (Mtep) dell'Italia [15].....	7
Figura 5, traiettoria della quota FER sui consumi complessivi di energia al 2020 e al 2030 in Europa [15]	8
Figura 6, piante dell'edificio ante-intervento.....	9
Figura 7, prospetti dell'edificio ante-intervento.....	10
Figura 8, posizione della centrale termica e dei corpi scaldanti nell'abitazione.....	11
Figura 9, le zone climatiche in Italia [17].....	13
Figura 10, temperatura media giornaliera dell'aria esterna.....	17
Figura 11, modello creato ed edificio reale a confronto.....	17
Figura 12, andamento delle dispersioni per struttura nella situazione ante-intervento.....	20
Figura 13, classe energetica dell'edificio estratta dall'APE ante-intervento e scala di classificazione energetica.....	24
Figura 14, prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia estratti dall'APE ante-intervento.....	25
Figura 15, dati di dettaglio degli impianti estratti dall'APE ante-intervento.....	25
Figura 16, gruppo idronico per la realizzazione di soluzioni ibride compatte e relativa appendice per l'abbinamento dell'impianto solare termico [19].....	29
Figura 17, schemi funzionali caldaie a condensazione [20].....	32
Figura 18, sistema per lo scarico della condensa ed esempio di rendimento delle caldaie a condensazione in funzione della temperatura di ritorno [20].....	32
Figura 19, prestazioni della caldaia tradizionale e di quella condensazione a confronto [20].....	33
Figura 20, impianto di riscaldamento dopo gli interventi effettuati.....	34
Figura 21, schema funzionale dell'impianto di riscaldamento.....	36
Figura 22, dettagli del cappotto termico.....	38
Figura 23, posa in opera del cappotto termico.....	39
Figura 24, schema dell'impianto fotovoltaico.....	42

Figura 25, realizzazione dell'impianto fotovoltaico sul tetto dell'abitazione.....	42
Figura 26, schema di collegamento utilizzato per la configurazione del sistema di accumulo.....	43
Figura 27, stima del rendimento energetico dell'impianto fotovoltaico.....	44
Figura 28, diagramma delle perdite del sistema e prestazioni dell'impianto fotovoltaico.....	44
Figura 29, andamento delle dispersioni per struttura nella situazione post-intervento.....	47
Figura 30, classe energetica dell'edificio estratta dall'APE post-intervento e scala di classificazione energetica.....	49
Figura 31, prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia estratti dall'APE post-intervento.....	50
Figura 32, dati di dettaglio degli impianti estratti dall'APE post-intervento.....	50
Figura 33, edificio prima e dopo gli interventi di riqualificazione effettuati.....	51

Indice delle tabelle

Tabella 1, detrazioni IRPEF e IRES per gli interventi di efficientamento energetico (Ecobonus) [11]....	5
Tabella 2, specifiche della pompa di calore elettrica aria-aria per il raffrescamento.....	11
Tabella 3, parametri climatici della località.....	13
Tabella 4, maggiorazione percentuale del carico termico dovuta all'esposizione [17].....	15
Tabella 5, dati tecnico-costruttivi dell'edificio ante-intervento.....	16
Tabella 6, caratteristiche termiche dei componenti opachi dell'involucro edilizio ante-intervento...	17
Tabella 7, caratteristiche termiche degli infissi ante-intervento.....	18
Tabella 8, caratteristiche termiche e igrometriche ante-intervento del componente opaco considerato	19
Tabella 9, dispersioni ante-intervento dell'unità immobiliare.....	19
Tabella 10, energia primaria totale annua assorbita nella situazione ante-intervento.....	21
Tabella 11, consumo annuo di metano ed energia elettrica nella situazione ante-intervento.....	21
Tabella 12, produzione annua di CO ₂ in kg nella situazione ante-intervento.....	21
Tabelle 13, parametri involucro [12].....	23
Tabella 14, tecnologie standard dell'edificio di riferimento [12].....	23
Tabella 15, scala di classificazione energetica [12].....	23
Tabella 16, confronto fra le prestazioni della nuova caldaia a condensazione installata e quelle della caldaia tradizionale sostituita.....	33
Tabella 17, allegato E del decreto interministeriale 6 agosto 2020 - Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso alle detrazioni [21].....	38
Tabella 18, valori delle trasmittanze delle pareti opache verticali nella situazione ante e post-intervento.....	39
Tabella 19, confronto fra le proprietà degli infissi ante e post-intervento.....	40
Tabella 20, caratteristiche dell'impianto fotovoltaico.....	41
Tabella 21, caratteristiche termiche e igrometriche post-intervento del componente opaco considerato	45
Tabella 22, dati tecnico-costruttivi dell'edificio post-intervento.....	46
Tabella 23, dispersioni post-intervento dell'unità immobiliare.....	47
Tabella 24, energia primaria totale annua assorbita nella situazione post-intervento.....	48
Tabella 25, consumo annuo di metano ed energia elettrica nella situazione post-intervento.....	48

Tabella 26, produzione annua di CO ₂ in kg nella situazione post-intervento.....	48
Tabelle 27, calcolo della temperatura superficiale e della condensa interstiziale secondo la norma UNI EN ISO 13788 per la “Parete Esterna 60 Post”	53
Tabelle 28, calcolo della temperatura superficiale e della condensa interstiziale secondo la norma UNI EN ISO 13788 per la “Parete Esterna 45 Post”	55
Tabella 29, fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) delle componenti vetrate esposte nel settore Ovest-Sud-Est.....	57
Tabella 30, riepilogo interventi e detrazioni fiscali ottenute.....	59

Introduzione

Lo scopo di questa tesi è quello di analizzare e commentare un progetto di riqualificazione energetica di un edificio unifamiliare secondo le normative del Superbonus 110%, un'agevolazione introdotta dal decreto-legge "Rilancio" del 19 maggio 2020. Le scelte effettuate e i risultati ottenuti saranno opportunamente spiegati tramite digressioni che renderanno comprensibili anche ai meno esperti l'efficacia degli interventi realizzati.

Nel primo capitolo si trova lo stato dell'arte, dove viene descritto il problema del surriscaldamento globale e le misure di precauzione concordate fra gli stati d'Europa e del mondo per far fronte alla crisi climatica in atto. Si parlerà poi della normativa Superbonus 110%, una misura di incentivazione che permette ai cittadini italiani di usufruire di una detrazione fiscale pari al 110% delle spese effettuate per eseguire gli interventi di efficientamento energetico e di messa in sicurezza della propria abitazione. Infine, si ha una breve trattazione sul processo di transizione energetica in Italia ed Europa, secondo il quale le fonti di energia rinnovabile (FER) dovrebbero progressivamente sostituire quelle fossili, assicurando un futuro privo di emissioni di gas serra, inquinamento e riscaldamento globale.

Nel secondo capitolo viene presentata la situazione iniziale dell'edificio unifamiliare che sarà oggetto delle modifiche di riqualificazione energetica precedentemente elencate. Tale situazione verrà analizzata mediante l'uso di appropriati software per il calcolo delle dispersioni termiche e della prestazione energetica, commentando e spiegando progressivamente i risultati ottenuti ed evidenziando in particolar modo i limiti dell'abitazione nello stato attuale.

Nel terzo capitolo si presenteranno gli interventi che verranno effettuati nell'abitazione, suddividendoli fra trainanti e trainati come previsto dalla normativa del Superbonus. In seguito, saranno proposte tre diverse possibili soluzioni impiantistiche da adottare per la climatizzazione dell'edificio e fra queste verrà poi analizzata nello specifico quella scelta dal committente.

Nel quarto capitolo vengono descritti uno ad uno gli interventi effettuati e i miglioramenti che ognuno di questi apporta all'edificio in esame. Viene poi presentato un quadro completo della situazione finale ottenuta, valutando i nuovi carichi termici dell'edificio e verificando l'ottenimento di una classe energetica almeno due volte superiore a quella iniziale. Inoltre, saranno brevemente illustrate le verifiche dei requisiti minimi previste dal Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 e le detrazioni fiscali ottenute grazie all'agevolazione.

Infine, l'ultima parte riguarda le conclusioni del lavoro, nelle quali si commenta l'utilità della normativa Superbonus 110% per dare una svolta ecosostenibile al paese e permettere di ridurre le emissioni di CO₂ e degli altri gas serra, responsabili del surriscaldamento globale. Tuttavia, è necessario menzionare anche i risvolti negativi emersi in seguito a questi nuovi provvedimenti, uno su tutti l'aumento dei costi delle materie prime nel mercato dell'edilizia.

Al termine della trattazione si trovano le appendici A, B, C e D. Nelle prime due sono riportate le caratteristiche termiche ed igrometriche dei componenti finestrati, opachi e ponti termici rispettivamente per la situazione ante e post-intervento. Nelle appendici C e D si ha invece il calcolo delle dispersioni invernali dell'edificio prima e dopo i lavori effettuati.

1. Stato dell'arte

Il cambiamento climatico è ormai un dato di fatto. Definirlo semplicemente “cambiamento” però non rende l'idea della catastrofe climatica verso la quale l'umanità si sta dirigendo in maniera lenta, ma inesorabile da circa 150 anni. Per lungo tempo si è cercato di ignorare il problema ma con il passare degli anni gli effetti della crisi climatica hanno iniziato a bussare in modo sempre più insistente alla nostra porta, producendo danni sempre più gravi: ne sono un esempio gli incendi che recentemente hanno devastato l'Australia e il Nord America o lo scioglimento dei ghiacciai, che sta producendo un progressivo innalzamento del livello del mare [1] [2].

Fortunatamente dall'inizio del XXI secolo c'è stata una progressiva presa di coscienza verso il problema e si è cercato di arginarlo il più possibile in attesa di trovare una soluzione definitiva. L'impegno di molti stati del mondo verso questa tematica è testimoniato dai numerosi accordi stipulati negli ultimi anni come l'Accordo di Parigi del 2015 [3] o i più recenti accordi di novembre 2021 della COP26 di Glasgow, nei quali si è ribadito l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi centigradi rispetto ai livelli preindustriali e di raggiungere entro il 2050 le zero emissioni globali di gas serra [4].

1.1 Effetto serra e riscaldamento globale

La vita sul nostro pianeta è possibile grazie all'energia emessa dal Sole sotto forma di onde elettromagnetiche a bassa lunghezza d'onda (onde corte). Non tutte le radiazioni che giungono fino all'atmosfera terrestre contribuiscono però a riscaldare il pianeta: infatti, il 31% di queste viene riflesso nello spazio, il 20% viene assorbito dall'atmosfera e solo il rimanente 49% giunge sino alla superficie terrestre e viene assorbito dal globo terraqueo. Tuttavia, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, il sistema Terra-atmosfera non si riscalda progressivamente con il passare del tempo: la stessa quantità di energia che giunge alla Terra è infatti riemessa, sotto forma di radiazione a onde lunghe, cioè di calore. Soltanto una quota (pari al 69%) della radiazione ad onde lunghe emessa dalla Terra viene però nuovamente dispersa nello spazio; la restante parte viene intercettata e riflessa nuovamente dall'atmosfera verso il globo dando così un notevole contributo al riscaldamento del pianeta. Questo comportamento dell'atmosfera è comunemente chiamato “effetto serra”, perché l'atmosfera si comporta appunto come il vetro di una serra: lascia passare le radiazioni luminose solari, ma intercetta le radiazioni termiche che provengono dalla superficie del pianeta [5]. Va specificato che l'effetto serra di per sé non è dannoso, anzi esso risulta addirittura fondamentale per la vita sulla Terra: senza il suo contributo, infatti, la temperatura media sul pianeta si aggirerebbe attorno ai -15 °C, ben lontana da quella attuale che è stimata pari a +18 °C [6].

L'effetto serra è dovuto alla concentrazione atmosferica del vapore acqueo e dei gas serra (tra i più importanti CO₂, CH₄ e N₂O). Questi gas sfortunatamente sono però anche prodotti delle reazioni di combustione (soprattutto la CO₂) e pertanto dalla rivoluzione industriale l'uomo ne ha improvvisamente rovesciati in atmosfera milioni di tonnellate. La loro concentrazione atmosferica ha quindi raggiunto i livelli record registrati al giorno d'oggi: l'anidride carbonica è aumentata del 147%, il metano del 259% e il protossido di azoto del 123% rispetto ai livelli preindustriali.

La CO₂ in atmosfera viene attualmente stimata, in media, in 413 parti per milione, una concentrazione che non si registrava da almeno 650 mila anni. Tutto ciò ha quindi contribuito a formare un effetto serra antropico che aggiungendosi all'effetto serra naturale ha determinato il riscaldamento globale [7]. Si stima che negli ultimi due secoli la temperatura media della superficie del pianeta sia aumentata di circa 1 °C: una quantità che potrebbe sembrare insignificante, ma che in realtà è responsabile di molte delle catastrofi climatiche a cui stiamo assistendo ai giorni nostri [8]. I dati prodotti da migliaia di scienziati in tutto il mondo, analizzati e sistematizzati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), concordano nel dichiarare che per il 97% il global warming derivi proprio dall'effetto serra antropico, quello innescato dall'attività dell'uomo.

Data source: Reconstruction from ice cores.
Credit: NOAA

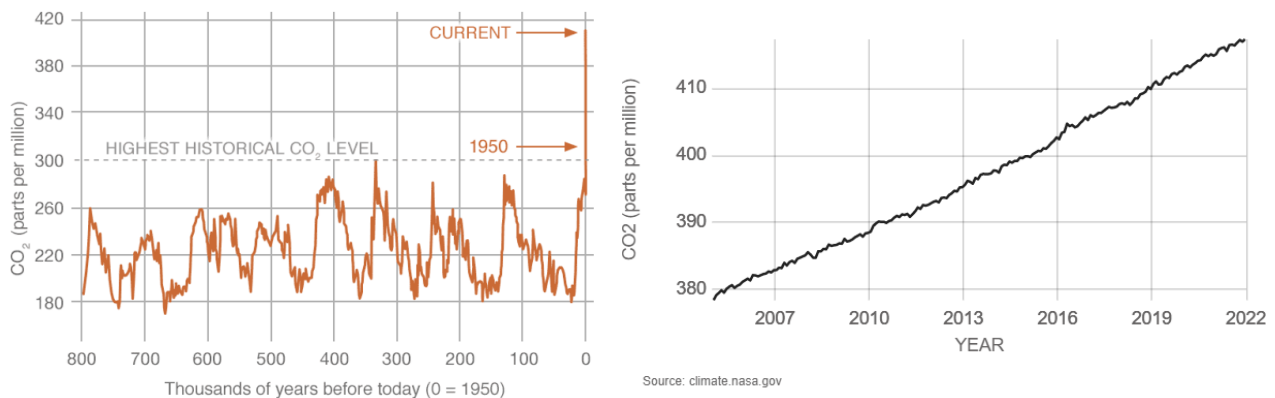


Figura 1, andamento della concentrazione atmosferica di CO₂ [9]

È quindi evidente che il destino del pianeta dipende dal comportamento dell'essere umano e se si vuole salvarlo bisognerà ridurre in modo drastico le emissioni di gas serra, limitando in particolar modo il consumo di carbone, petrolio, gas, che rappresentano circa l'83% delle emissioni totali di CO₂ [6]. La strada da percorrere per la decarbonizzazione è più chiara che mai e si chiama transizione energetica: il passaggio da un mix energetico incentrato unicamente sui combustibili fossili ad uno a basse o a zero emissioni di carbonio, basato sulle fonti rinnovabili.

A questo proposito sono stati numerosi gli accordi sia sul piano nazionale che internazionale fra i paesi di tutto il mondo: si pensi ad esempio ai sopracitati accordi di Parigi del 2015 e di Glasgow del 2021. L'Italia da parte sua ha deciso di impegnarsi seriamente a sostegno della causa, emanando, fra le altre cose, il Superbonus 110%: una misura di incentivazione, introdotta dal decreto "Rilancio" del 19 maggio 2020, che punta a rendere energeticamente più efficienti le abitazioni, permettendo a tutti i cittadini di effettuare i lavori "a costo zero".

1.2 Normativa Superbonus 110%

Il Superbonus è un'agevolazione introdotta dal Decreto Rilancio (decreto legge n. 34/2020, convertito con modificazione con la legge n. 77/2020) che eleva al 110% l'aliquota di detrazione delle spese sostenute per specifici interventi in ambito di efficienza energetica, interventi antisismici, installazione di impianti fotovoltaici o delle infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici negli edifici. Di seguito si illustrerà la normativa facendo riferimento a quanto previsto per il caso che andremo ad analizzare, verranno quindi presentate solamente le scadenze previste per gli

interventi effettuati da persone fisiche su villette ed edifici unifamiliari, tenendo presente che per tutti gli altri casi di applicazione della normativa sono previsti limiti meno restrittivi rispetto a quello trattato di seguito.

In origine la detrazione spettava per le spese sostenute dal 1° luglio 2020 al 31 dicembre 2021, ma per effetto di successive modifiche normative (legge 30 dicembre 2020, n. 178 - legge di bilancio 2021 - decreto-legge 6 maggio 2021, n. 59 e, da ultimo, la legge di bilancio 2022), il Superbonus è stato prorogato per le spese sostenute fino al 31 dicembre 2022, a condizione che entro il 30 giugno 2022 siano stati effettuati lavori per almeno il 30% dell'intervento complessivo [10].

La detrazione è riconosciuta nella misura del 110%, da ripartire tra gli aventi diritto in cinque quote annuali di pari importo e per le spese sostenute nel 2022 in quattro 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 praticato 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, la facoltà di cessione.

Gli adempimenti previsti per poter accedere alle predette detrazioni sono i seguenti:

- il deposito della relazione ex legge 10, nella quale si è tenuti a verificare che vengano rispettati tutti i "requisiti minimi" previsti dal D.M. 26/06/2015;
- 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, in accordo con i decreti ministeriali;
- gli attestati di prestazione energetica nella situazione ante e post-intervento (APE convenzionali) per l'edificio;
- la certificazione delle valvole termostatiche a bassa inerzia (ove previsto);
- effettuare i pagamenti nelle modalità previste (bonifico bancario o postale);
- conservare le fatture o le ricevute fiscali delle spese sostenute.

Inoltre, ai fini dell'esercizio dell'opzione, per lo sconto o cessione, il contribuente deve acquisire anche il visto di conformità dei dati relativi alla documentazione, che attesta la sussistenza dei presupposti che danno diritto alla detrazione d'imposta, rilasciato dagli intermediari abilitati alla trasmissione telematica delle dichiarazioni (dottori commercialisti, ragionieri, periti commerciali e consulenti del lavoro) e dai CAF [11].

Infine, entro novanta giorni dalla fine dei lavori, vanno trasmessi per via telematica all'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) i dati contenuti nella scheda descrittiva che contiene i seguenti modelli:

- l'Allegato C, contenente i principali dati estratti dall'APE o dall'attestato di qualificazione energetica, sottoscritto da un tecnico abilitato;
- l'allegato D, la scheda informativa del soggetto che richiede le detrazioni e degli interventi realizzati (con i costi degli stessi);
- l'asseverazione attestante il rispetto dei requisiti previsti e la corrispondente dichiarazione di congruità delle spese sostenute in relazione agli interventi agevolati [12].

Gli interventi di efficientamento energetico previsti dalla normativa sono divisi in due tipologie: trainanti e trainati. Gli interventi trainanti sono gli interventi principali e almeno uno di essi deve essere necessariamente eseguito per poter fruire di un'aliquota di detrazione fiscale pari al 110%. Le tipologie di interventi che rientrano nella categoria degli interventi "trainanti" sono i seguenti:

- isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate che interessano l'involucro degli edifici, compresi quelli unifamiliari, con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda dell'edificio medesimo o dell'unità immobiliare sita all'interno di edifici plurifamiliari, che sia funzionalmente indipendente e disponga di uno o più accessi autonomi dall'esterno. Gli interventi per la coibentazione del tetto rientrano nella disciplina agevolativa, senza limitare il concetto di superficie disperdente al solo locale sottotetto eventualmente esistente;
- sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti centralizzati per il riscaldamento, e/o il raffrescamento e/o la fornitura di acqua calda sanitaria sulle parti comuni degli edifici, o con impianti per il riscaldamento, e/o il raffrescamento e/o la fornitura di acqua calda sanitaria sugli edifici unifamiliari o sulle unità immobiliari site all'interno di edifici plurifamiliari che siano funzionalmente indipendenti e dispongano di uno o più accessi autonomi dall'esterno;
- interventi antisismici di cui ai commi da 1-bis a 1-septies dell'articolo 16 del decreto legge n. 63/2013 (sismabonus).

Il Superbonus spetta anche per tutti gli interventi, definiti "trainati", a condizione che questi siano eseguiti congiuntamente ad almeno uno degli interventi "trainanti" precedentemente elencati. Nella categoria dei "trainati" rientrano tutte le seguenti tipologie di interventi:

- quelli di efficientamento energetico rientranti nell'Ecobonus (previsti dall'articolo 14 del decreto legge n. 63/2013) nei limiti di spesa previsti dalla legislazione vigente per ciascun intervento (vedi Tabella);
- quelli previsti dall'articolo 16-bis, comma 1, lettera e), del Dpr 917/1986, finalizzati alla eliminazione delle barriere architettoniche, per favorire la mobilità interna ed esterna all'abitazione alle persone portatrici di handicap in situazione di gravità e anche se effettuati in favore di persone di età superiore a sessantacinque anni (per le spese sostenute dal 1° gennaio 2021);
- l'installazione di infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici negli edifici (articolo 16-ter del decreto legge n. 63/2013);
- l'installazione di impianti solari fotovoltaici connessi alla rete elettrica sugli edifici indicati all'articolo 1, comma 1, lettere a), b), c) e d), del Dpr n. 412/1993 o di impianti solari fotovoltaici su strutture pertinenziali agli edifici 6 Articolo 51, comma 3-quater del decreto legge 14 agosto 2020, n. 104 7 Articolo 1, comma 66 lettera b), della legge 30 dicembre 2020, n. 178. 8 Previsti dall'articolo 14 del decreto legge n. 63/2013 SUPERBONUS 110% - settembre 2021;
- l'installazione contestuale o successiva di sistemi di accumulo integrati negli impianti solari fotovoltaici agevolati [11].

Tabella 1, detrazioni IRPEF e IRES per gli interventi di efficientamento energetico (Ecobonus) [11]

Tipo di intervento		Detrazione massima
Riqualificazione energetica di edifici esistenti (tali interventi non sono ammessi al Superbonus)		100.000 euro
Su involucro di edifici esistenti (per esempio, pareti, finestre, tetti e pavimenti)		60.000 euro
Installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda		60.000 euro
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione ad aria o ad acqua dal 2008, sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di pompe di calore ad alta efficienza o impianti geotermici a bassa entalpia dal 2012, sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria		30.000 euro
Dal 2015, acquisto e posa in opera di schermature solari		60.000 euro
Dal 2015, acquisto e posa in opera di impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili		30.000 euro
Dal 2016, acquisto, installazione e messa in opera di dispositivi multimediali per il controllo a distanza degli impianti di riscaldamento, di produzione di acqua calda, di climatizzazione delle unità abitative		15.000 euro
Dal 2018, acquisto e posa in opera di micro-cogeneratori		100.000 euro
Interventi sull'involucro degli edifici per i quali spetta la detrazione del 70 o 75%	Non è previsto un limite massimo di detrazione ma un ammontare complessivo delle spese, che non deve essere superiore a 40.000 euro moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio	
Interventi su parti comuni di edifici per i quali spetta la detrazione dell'80 o 85%	Non è previsto un limite massimo di detrazione ma un ammontare complessivo delle spese, che non deve essere superiore a 136.000 euro moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio (tali interventi non sono ammessi al Superbonus)	

Ai fini dell'accesso al Superbonus, gli interventi di isolamento termico delle superfici opache o di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti 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;
- assicurare il miglioramento di almeno due classi energetiche dell'edificio. Se questo non fosse possibile, in quanto l'edificio o l'unità familiare è già nella penultima classe (cioè la A3), deve essere garantito il conseguimento della classe energetica più alta.

Il miglioramento energetico è dimostrato dall'attestato di prestazione energetica convenzionale (A.P.E. convenzionale), ante e post-intervento, rilasciato da un tecnico abilitato nella forma della dichiarazione asseverata [11].

1.3 L'energia da fonti rinnovabili

Fra gli obiettivi che si prefigge la normativa Superbonus 110% c'è sicuramente, come detto in precedenza, quello di agevolare il processo di transizione energetica del nostro paese. Lo scopo è quello di sostituire i combustibili fossili, che dalle stime effettuate nel 2019 costituiscono ancora l'80,2% del consumo totale di energia globale, con le nuove tecnologie in grado di produrre energia dalle fonti rinnovabili. Il termine "rinnovabile" coglie l'essenza di questo tipo di energia: la capacità di essere disponibile in natura e rigenerarsi continuamente in maniera spontanea e in quantità tendenzialmente inesauribile. Esempi di fonti di energia rinnovabile sono l'energia solare, quella cinetica del vento, delle maree e dei fiumi, che sono rispettivamente sfruttate nella produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici, eolici ed idrici.

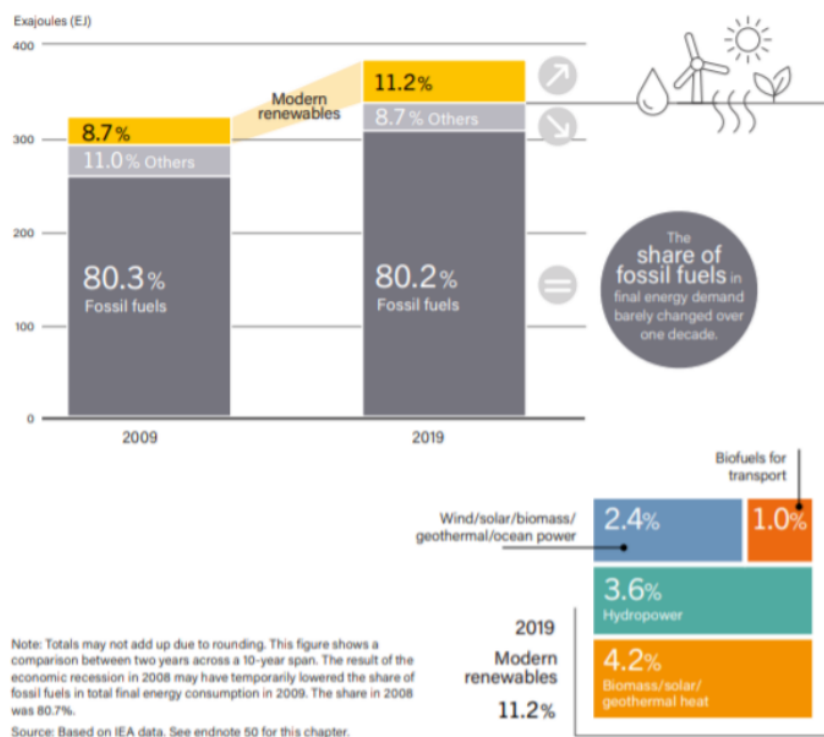


Figura 2, consumo finale totale di energia globale 2009-2019 [13]

La transizione energetica è fondamentale perché essa consente di attuare il processo di decarbonizzazione, ossia diminuire e/o annullare le emissioni di gas serra prodotte dal processo di combustione delle fonti fossili. L'Unione Europea, sempre attenta alle questioni ambientali, ha stipulato il Green Deal europeo, un accordo che ha come obiettivo ridurre entro il 2030 le emissioni nette di gas a effetto serra del 55% rispetto ai livelli del 1990 e diventare il primo continente del mondo ad impatto climatico zero entro il 2050 [14]. Tralasciando gli obiettivi futuri e concentrandoci sul presente si può notare dal grafico sottostante come l'energia da fonti rinnovabili sia notevolmente aumentata in questi ultimi anni. Infatti, per favorire la diffusione e l'utilizzo delle FER (fonti di energia rinnovabile) l'UE aveva emanato la Direttiva 2009/28/CE secondo la quale bisognava raggiungere, entro il 2020, una quota dei consumi finali lordi (CFL) complessivi di energia coperta da fonti rinnovabili almeno pari al 20% in Europa (al 17% in Italia). I dati ottenuti per il 2019 mostrano una situazione incoraggiante, anche se, fra i principali Paesi dell'EU è proprio l'Italia l'unico

nel quale si osserva già una quota FER sui consumi finali lordi superiore all'obiettivo fissato dalla Direttiva 2009/28/CE.

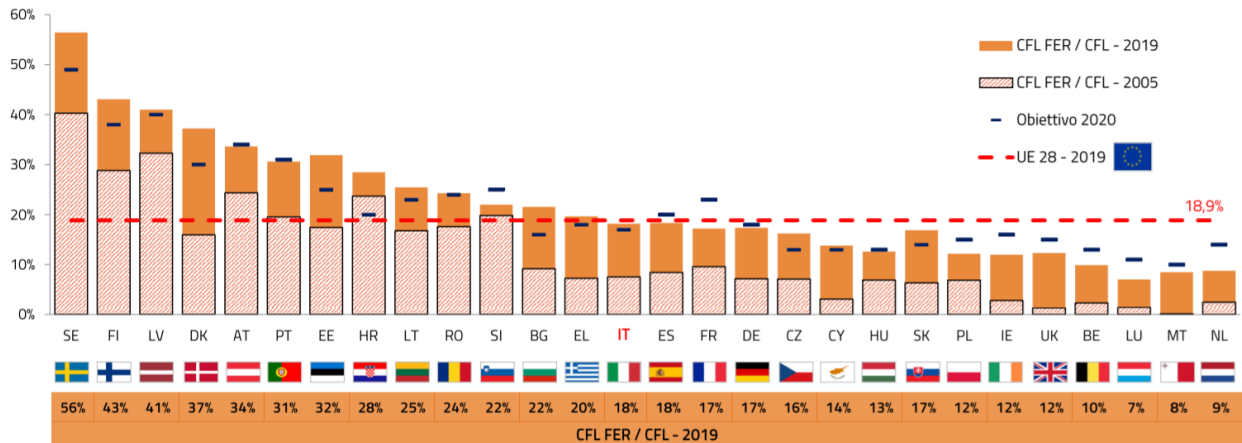


Figura 3, quota dei consumi finali lordi complessivi di energia coperta da fonti rinnovabili in Europa [15]

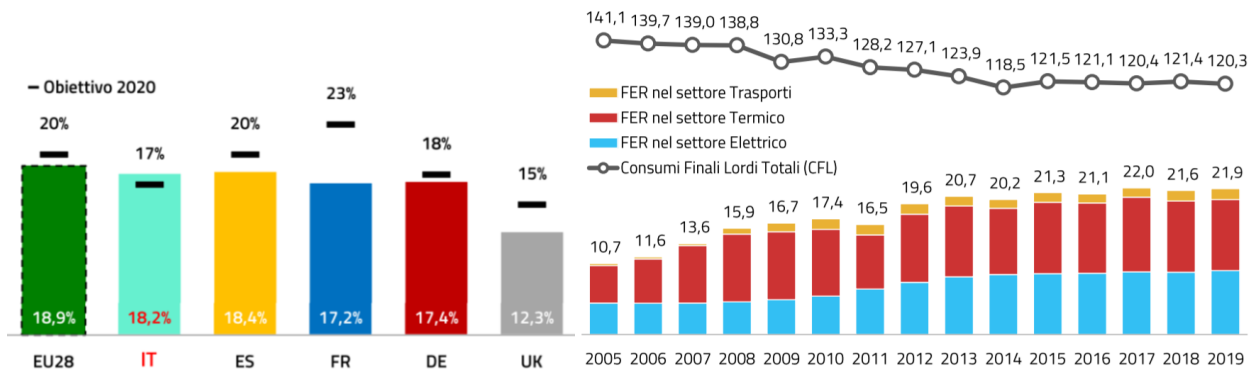


Figura 4, consumi di energia da FER per settore e consumi finali lordi (Mtep) dell'Italia [15]

Inoltre, come si può notare dai precedenti grafici, tra il 2005 e il 2019 l'Italia ha anche raddoppiato i suoi consumi da FER, passando da 10,7 Mtep a 21,9 Mtep (1 tep = $4,186 \times 10^{10}$ J = $1,163 \times 10^4$ kWh), mostrando al contempo anche una tendenziale diminuzione dei consumi finali lordi complessivi [15].

Nel 2020, con un'incidenza sui consumi energetici complessivi stimata intorno al 20%, le fonti rinnovabili di energia hanno registrato ancora un incremento rispetto al dato relativo all'anno precedente (18,2%), consolidando così il proprio ruolo di primo piano nel sistema energetico nazionale e confermandosi elemento determinante per lo sviluppo sostenibile del Paese, anche in termini economici e occupazionali [16].

Attualmente nel nostro Paese la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili dipende principalmente dall'energia idraulica (41%); a seguire troviamo quella solare fotovoltaica (21%), l'eolica (17%) e le bioenergie (13%). Infine, una quota marginale pari al 5% è costituita dall'energia geotermica. Per quanto riguarda invece il settore termico la fonte rinnovabile principale risulta essere la biomassa solida, responsabile della produzione di circa 7 Mtep di energia, seguita al secondo posto dalle pompe di calore con 2,5 Mtep mentre sono ancora contenuti i contributi delle altre fonti (principalmente solare e geotermica).

Gli obiettivi europei e nazionali per il futuro sono già stati fissati: il Regolamento 2018/1999 stabilisce infatti che l'Unione Europea debba raggiungere nel 2030 una quota dei consumi energetici coperti da FER pari almeno al 32%, mentre l'Italia, nello stesso anno, conta di arrivare a coprire il 30% del proprio fabbisogno energetico con le fonti rinnovabili, come affermato nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Lo stato europeo che, al 2030, prevede la crescita più rilevante della quota FER sui consumi energetici complessivi è la Spagna; per Germania, Francia e Italia si stimano invece ritmi di crescita piuttosto analoghi fra loro [15].

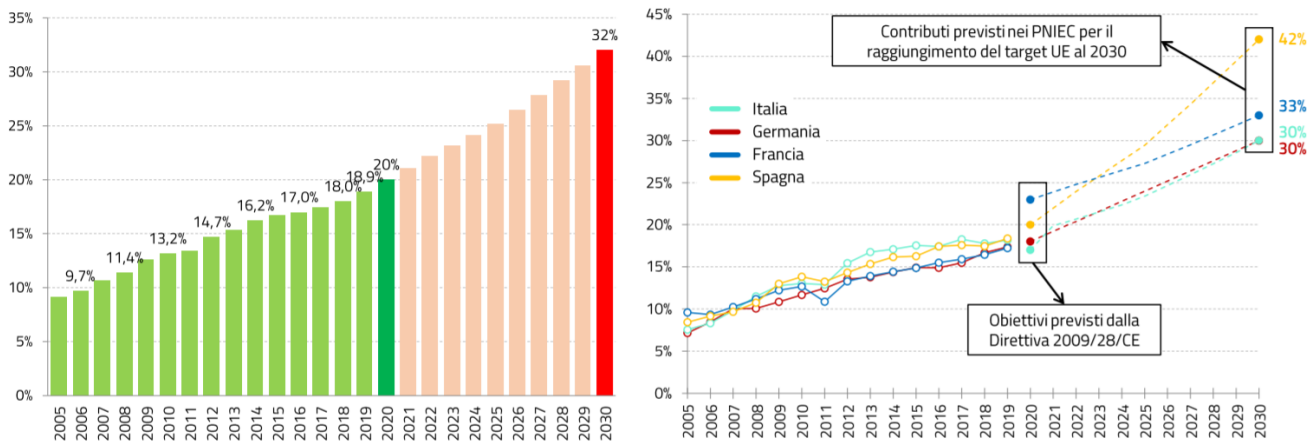


Figura 5, traiettoria della quota FER sui consumi complessivi di energia al 2020 e al 2030 in Europa [15]

2. Situazione ante-intervento

Nel seguente capitolo si illustrerà la situazione di partenza dell'edificio in questione, evidenziando in particolar modo i suoi limiti ed elencando le possibili soluzioni per poter far fronte a questi problemi.

L'abitazione si trova ad Osimo in provincia di Ancona, è un'unità immobiliare cielo terra dotata di accesso autonomo dall'esterno sia carrabile che pedonale. Il fabbricato è caratterizzato da una struttura portante in muratura con solai e coperture a falde aventi struttura in laterocemento, mentre la copertura del portico è realizzata con travi di legno e pannelle. L'edificio si sviluppa in due piani: al piano terra si trova la zona giorno e al piano superiore la zona notte; i due ambienti risultano collegati mediante una scala interna ed una esterna. La superficie utile totale è pari a 120,4 m², suddivisi rispettivamente tra 68,7 m² del piano terra e 52,7 m² del primo piano.

Si riportano di seguito le piante e i prospetti dell'immobile prima degli interventi effettuati.

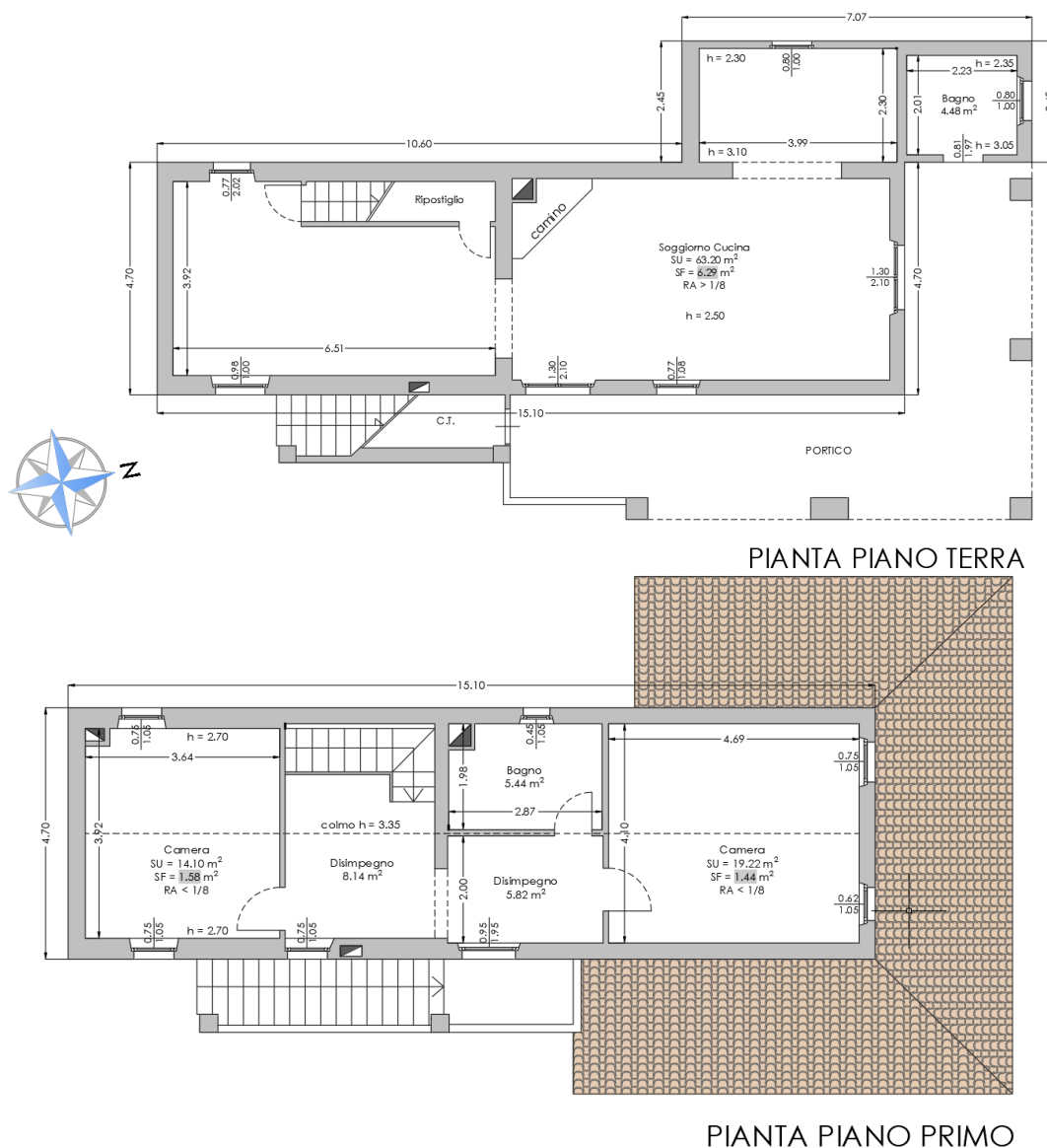


Figura 6, piante dell'edificio ante-intervento

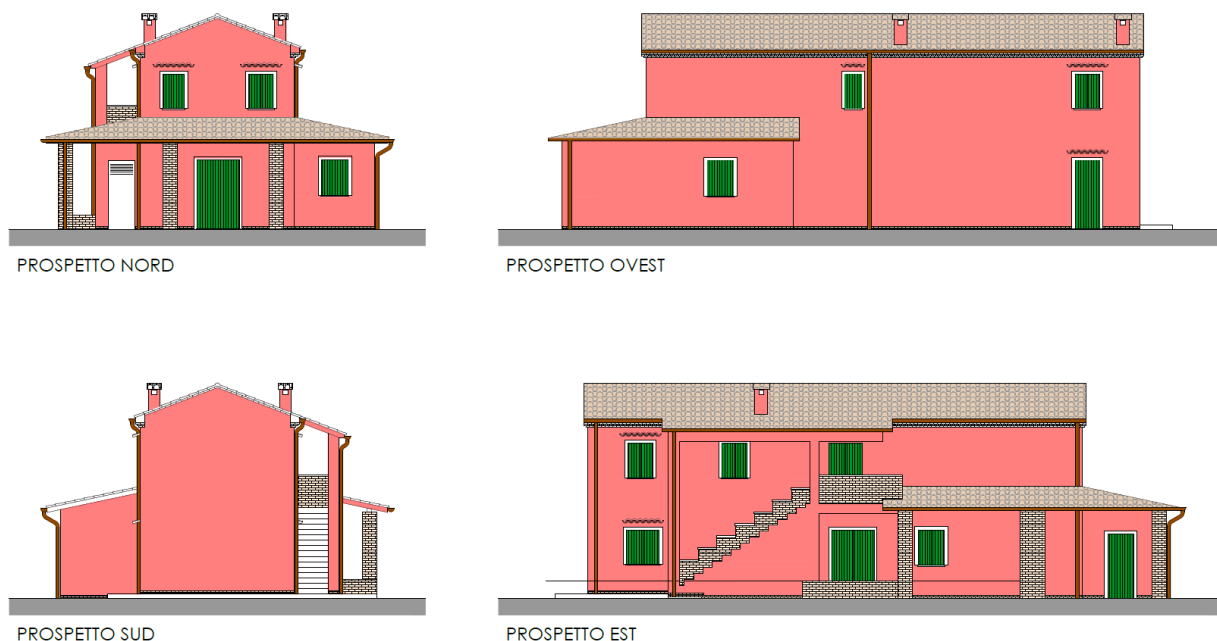


Figura 7, prospetti dell'edificio ante-intervento

Il fabbricato considerato è un edificio di costruzione antecedente al 1942. All'epoca non vi erano normative vigenti che imponessero alcun tipo di limite in merito alla dispersione energetica degli edifici: per questo motivo l'abitazione risultava sprovvista di un isolamento termico e gli impianti presenti, anche se modificati ed ammodernati nel corso del tempo, non erano affatto ad alta efficienza, soprattutto se confrontati con quelli disponibili oggi sul mercato.

La climatizzazione invernale dell'abitazione era effettuata tramite un impianto a radiatori, alimentato da una caldaia di tipo tradizionale Simat (modello MINI 27 MCSI) di potenza termica utile nominale pari a 27,8 kW. Il circuito dell'impianto di riscaldamento era costituito da nove radiatori in ghisa collegati in parallelo ad un collettore tramite tubazioni in multistrato coibentate con isolante (conduttività termica $< 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$), avente spessore conforme a quanto previsto dall'allegato "B" del D.P.R. 412/93. Il sistema era dotato di un semplice termostato ambiente di tipo on/off che regolava la temperatura interna di tutto l'edificio: una soluzione sicuramente non ottimale, poiché la regolazione simultanea sia del piano terra (zona giorno) che del primo piano (zona notte) comportava un inutile dispendio di energia, in quanto riscaldava due ambienti che in genere non vengono utilizzati contemporaneamente ma in modo alternato fra loro. Per la climatizzazione estiva era invece presente una pompa di calore elettrica aria-aria dual split (Marca Samsung mod. AJ050FCJ2E) che provvedeva a raffrescare le due camere del piano primo.

Tabella 2, specifiche della pompa di calore elettrica aria-aria per il raffrescamento

Pompa di calore elettrica aria-aria esistente Marca Samsung mod. AJ050FCJ2E per il raffrescamento ambiente	
Tipo	Pompa di calore a ciclo inverso a compressione di gas, azionata da motore elettrico
Lato esterno	Aria
Fluido lato utenze	Aria
Potenza termica utile di riscaldamento (kW)	5,700
Coefficiente di prestazione (COP o GUE)	4,220
Indice di efficienza energetica (EER)	3,790
Potenza termica utile di raffrescamento (kW)	5,000

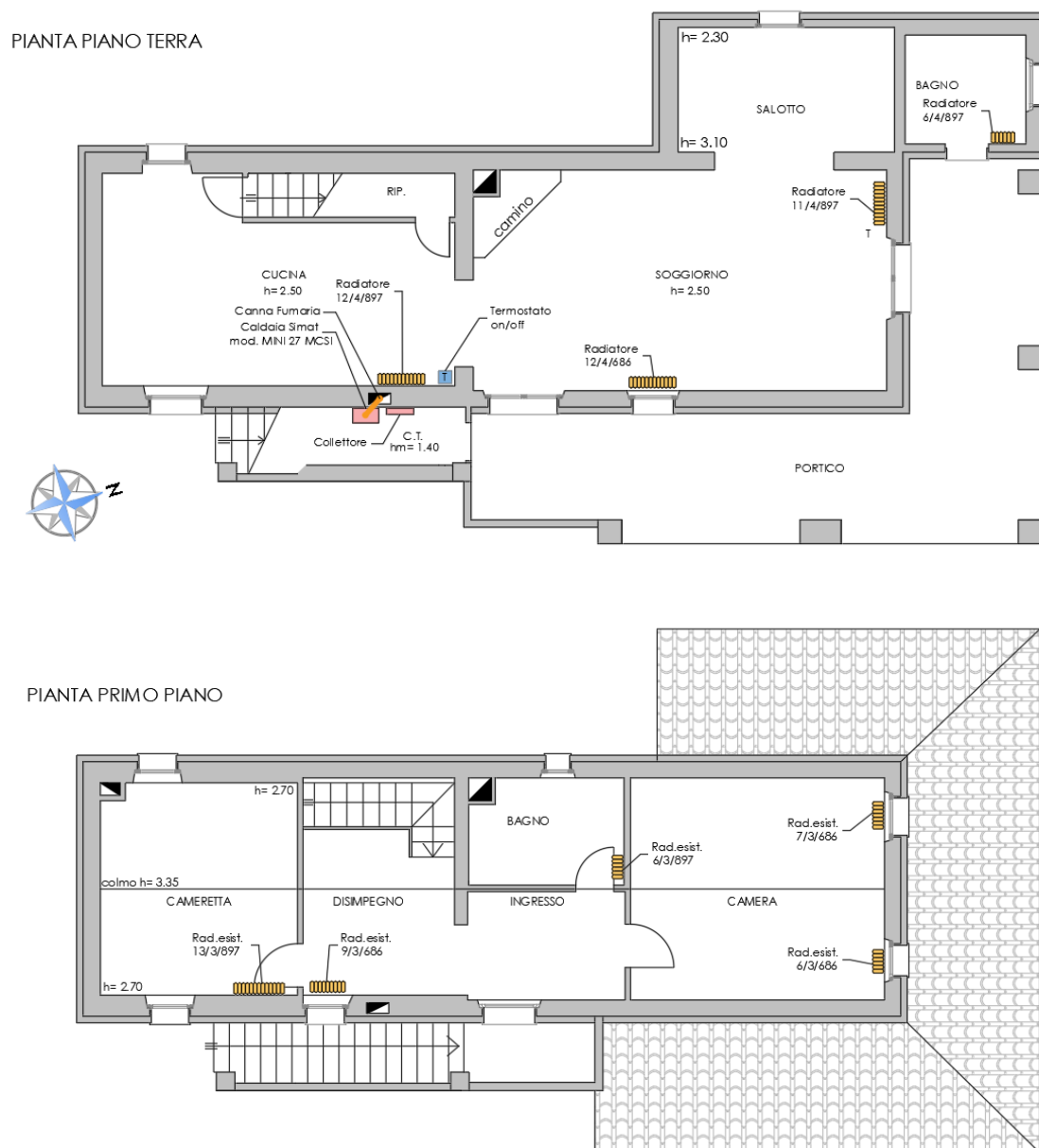


Figura 8, posizione della centrale termica e dei corpi scaldanti nell'abitazione

Prima di procedere ad una analisi delle dispersioni e dell'efficienza energetica dell'abitazione nella situazione ante-intervento, è necessario comprendere cosa siano i carichi termici che si andranno a calcolare ed illustrare brevemente i parametri da cui essi dipendono.

2.1 Calcolo delle dispersioni invernali di un edificio

Si definisce carico termico di un edificio il flusso termico globale che deve essere fornito o sottratto da un impianto di riscaldamento o di climatizzazione, per mantenere nell'edificio la temperatura interna di progetto quando nell'ambiente esterno si hanno determinate condizioni climatiche. Il carico termico di un edificio varia istante per istante, perché sono continuamente variabili le condizioni esterne ed interne alle quali l'edificio è soggetto, come ad esempio: temperatura e umidità dell'aria esterna, velocità del vento, radiazione solare e carichi termici interni (ossia il contributo dovuto alla presenza di persone, macchinari, corpi illuminanti, etc.).

I carichi termici sono dunque legati allo scambio termico che l'edificio effettua con l'ambiente esterno, principalmente in tre modi:

- Dispersione attraverso la struttura per propagazione di calore attraverso l'involucro dell'edificio;
- Dispersione per infiltrazione o rinnovo di aria esterna;
- Flusso dovuto alla radiazione solare.

Essendo la legge per lo scambio termico attraverso le superfici (opache e vetrate) governata dalla legge riportata di seguito, risulta dunque evidente che sia necessario stabilire i parametri climatici della località che si sta considerando.

$$\dot{Q} = \sum U \cdot A \cdot (T_i - T_e) \quad (1)$$

dove:

U è la trasmittanza che viene misurata in $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ e di si parlerà in modo più approfondito in seguito;

T_i è la temperatura interna che deve essere considerata compatibile con le attività da svolgere all'interno degli ambienti (secondo norma UNI EN 12831);

T_e è la temperatura esterna da considerare, riportata in appositi decreti e norme (es. UNI EN ISO 15927).

In Italia la temperatura esterna viene determinata in base alla suddivisione del territorio nazionale in sei zone climatiche, individuate in funzione del numero di gradi giorno (GG). Per ogni località, il numero di GG viene calcolato, noto l'andamento tipico per la località considerata della temperatura media giornaliera T_{mg} , come la somma, eseguita giorno per giorno lungo l'arco della stagione di riscaldamento, della differenza tra la temperatura interna T_i (posta nel caso invernale pari a 20 °C) e la T_{mg} (con un limite T_{er} uguale a 12 °C).

$$GG = \sum_{j=1}^n (T_i - T_{mg,j}) \quad (2)$$

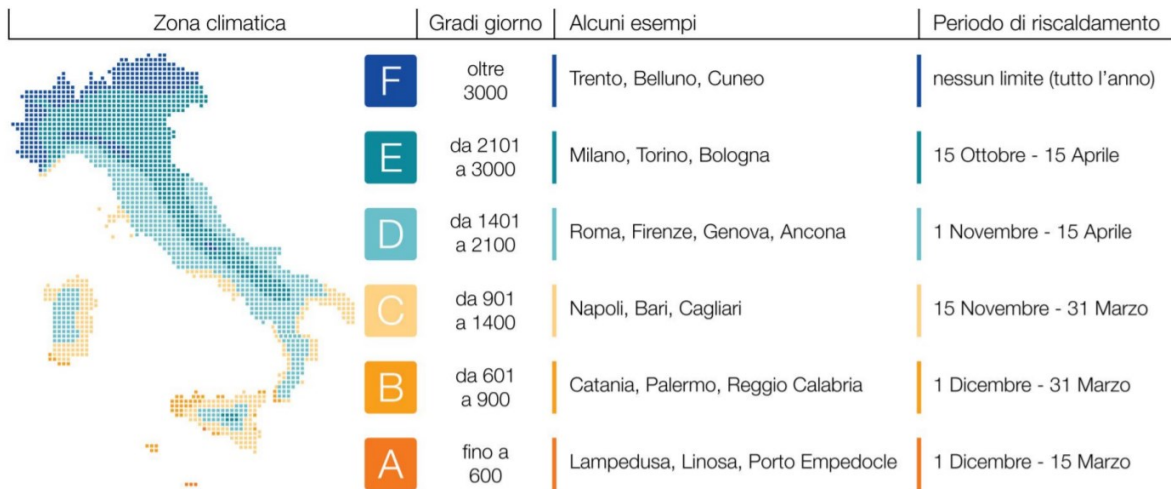


Figura 9, le zone climatiche in Italia [17]

In particolare, per il caso d'interesse, si dovrà far riferimento ai parametri climatici di Osimo, in provincia di Ancona, tabulati nel seguente schema.

Tabella 3, parametri climatici della località

Parametri climatici della località		
Gradi giorno (della zona d'insediamento, determinati in base al DPR 412/93)	(GG)	2073
Temperatura minima di progetto (dell'aria esterna secondo UNI 5364 e successivi aggiornamenti)	(°C)	-4
Temperatura massima estiva di progetto dell'aria esterna secondo norma	(°C)	29,5

Nella formula (1) compare il parametro U che rappresenta il coefficiente di trasmissione globale, anche detto "trasmittanza". Per una parete piana composta da più strati omogenei in serie la trasmittanza si ricava dall'espressione generale:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \sum R' + \sum \frac{1}{C'} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3)$$

dove:

α_1 e α_2 sono i coefficienti di trasmissione superficiale (legati a convezione ed irraggiamento) nelle due facce della parete; α per una parete interna verticale si assume pari a circa $8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, mentre per una parete esterna in genere si considera $\alpha = 23 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ (valori maggiori sono considerati nel caso di pareti d'angolo o in presenza di forti venti);

$\sum \frac{s_i}{\lambda_i}$ è la somma delle resistenze termiche dei vari strati omogenei che compongono la parete (relativamente alle unità di misura ricordiamo che $[s]=m$ e $[\lambda]=\frac{W}{m^2 \cdot K}$);

R' è la resistenza specifica di uno strato $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$;

C' è la conduttanza specifica di uno strato $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$.

Come visibile dalla formula (1) la trasmittanza risulta direttamente proporzionale al carico termico \dot{Q} dovuto alle dispersioni attraverso le pareti: dunque più U sarà elevata, più energia termica verrà dispersa attraverso l'involucro. Quindi, per poter contenere i consumi energetici finalizzati al riscaldamento degli ambienti è fondamentale l'utilizzo di pareti esterne dotate di una trasmittanza U relativamente bassa. Per un dato locale di superficie totale interna A_t è possibile determinare anche la trasmittanza media U_m come:

$$U_m = \frac{\sum U \cdot A}{A_t} \quad (4)$$

Per terminare la digressione in merito ai carichi termici che si disperdono attraverso la struttura vanno infine citati i "ponti termici". Per ponte termico si intende una discontinuità nell'involucro edilizio che può essere di tipo geometrico (ad esempio un angolo) e/o di tipo strutturale, cioè dovuta a variazioni nei materiali usati (come la presenza di un pilastro o di una finestra). Tale discontinuità modifica il normale andamento del flusso di calore, creando delle "vie di fuga" preferenziali per il calore che incrementano così le dispersioni termiche dell'edificio. Per valutare l'entità del flusso aggiuntivo legato al ponte termico si può utilizzare l'espressione (5) riportata di seguito, in cui compaiono l'estensione lineare del ponte termico L (in metri) e la trasmittanza termica lineica Ψ (misurata in $\frac{W}{m \cdot K}$). Quest'ultimo parametro caratterizza un ponte termico bidimensionale e indica il flusso termico che, in regime stazionario, attraversa il ponte termico per una differenza di temperatura tra interno ed esterno pari ad $1^\circ C$.

$$\dot{Q}_{pt} = \Psi \cdot L \cdot (T_i - T_e) \quad (5)$$

Le procedure di calcolo del flusso termico dovuto a ponti termici sono riportate in modo dettagliato nelle normative di riferimento come la UNI EN ISO 14683 (metodi semplificati per i ponti termici lineari) e UNI EN ISO 10211 (calcolo numerico dettagliato 2D e 3D).

Per stabilire più accuratamente le dispersioni attraverso la struttura è necessario infine attribuire un'opportuna maggiorazione percentuale al flusso termico che attraversa le pareti, tenendo conto dell'esposizione della parete stessa; in questo modo si andrà a considerare anche il diverso contenuto medio di umidità nella struttura in funzione dell'azione dell'irraggiamento solare diretto. Nella tabella si riportano le maggiorazioni medie adottate in funzione dell'orientamento della parete disperdente.

Tabella 4, maggiorazione percentuale del carico termico dovuta all'esposizione [17]

Esposizione	Maggiorazione media (%) ξ
Sud (S)	0
Sud-Ovest (SW)	3,5
Ovest (W)	7,5
Nord-Ovest (NW)	12,5
Nord (N)	17,5
Nord-Est (NE)	17,5
Est (E)	12,5
Sud-Est (SE)	7,5

Sia dunque \dot{Q}_o la dispersione di una parete calcolata secondo la (1), per trovare la reale dispersione \dot{Q}_d che consideri anche l'esposizione dell'elemento disperdente si dovrà sommare al valore trovato la maggiorazione percentuale corrispondente al suo orientamento: $\dot{Q}_d = \dot{Q}_o + \xi \dot{Q}_o$.

Nei locali abitati si attua inoltre il rinnovo dell'aria, che consente di ridurre gli odori e di mantenere un'umidità relativa non troppo elevata all'interno dell'ambiente; tale rinnovo può essere forzato oppure naturale. La portata dell'aria di rinnovo varia a seconda della destinazione dei locali e del numero delle persone (normative di riferimento UNI 10339 e la UNI EN 16798). Se si tratta di un rinnovo dovuto a ventilazione naturale per locali di comune abitazione, come nel caso d'interesse, va considerata una portata oraria pari a metà del volume del locale stesso ($n = 0,5$). L'impianto di riscaldamento dovrà quindi provvedere a riscaldare quest'aria immessa dall'esterno fino alla temperatura interna T_i . La potenza termica necessaria è data dalla formula:

$$\dot{Q}_V = c \cdot \rho \cdot \dot{V} \cdot (T_i - T_e) \quad (6)$$

dove:

c = calore specifico dell'aria a pressione costante $\left(1,005 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$;

ρ = densità dell'aria $\left(1,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$;

\dot{V} = portata volumetrica dell'aria di rinnovo $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$;

L'espressione precedente può anche essere scritta nella forma:

$$\dot{Q}_V = 0,35 \cdot n \cdot V \cdot (T_i - T_e) \quad (7)$$

dove V è il volume dell'ambiente ed n il numero di ricambi orari (1/h) [17] [18].

A questo punto, per bilanciare il carico termico disperso per ventilazione e calcolare il volume della zona di climatizzazione estiva e invernale, si dovranno conoscere i dati tecnico-costruttivi dell'edificio riportati nella seguente tabella. Tali dati sono già stati divisi fra la zona di climatizzazione

invernale (corrispondente all'intero edificio) e la zona di climatizzazione estiva che invece comprende solamente le due camere presenti al primo piano.

Tabella 5, dati tecnico-costruttivi dell'edificio ante-intervento

Climatizzazione invernale

Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano (V)	503.53 (m ³)
Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato (S)	454.92 (m ²)
Rapporto S/V	0.90 (1/m)
Superficie utile climatizzata dell'edificio	126.63 (m ²)
Valore di progetto della temperatura interna	20.0 (°C)
Valore di progetto dell'umidità relativa interna	65.0 (%)

Climatizzazione estiva

Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano (V)	145.99 (m ³)
Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato (S)	133.30 (m ²)
Superficie utile climatizzata dell'edificio	32.72 (m ²)
Valore di progetto della temperatura interna	26.0 (°C)
Valore di progetto dell'umidità relativa interna	50.0 (%)

Si provvederà quindi ad effettuare una simulazione della prestazione energetica dell'immobile nella situazione ante-intervento e si andrà poi a fare il confronto con le prestazioni dell'edificio dopo le modifiche apportate, valutando così l'impatto degli interventi effettuati.

2.2 Simulazione Mc4 della situazione ante-intervento

Nel seguente paragrafo si riporterà un estratto dei risultati ottenuti dall'analisi energetica effettuata sull'edificio tramite Mc4Suite, un programma certificato dal CTI per il calcolo energetico in regime dinamico secondo UNI EN ISO 52016-1:2018 e per la definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici secondo le normative del 26/6/2015. Per non appesantire la lettura una parte degli esiti della simulazione verranno inseriti per completezza nelle Appendici A e C; va specificato che questo non inciderà in alcun modo nella comprensione globale dell'elaborato per la quale saranno sufficienti i soli risultati riportati qui di seguito.

Il primo step da effettuare è quello di impostare la zona dove è situato l'edificio: in questo modo è stato possibile ricavare i dati dei parametri climatici e atmosferici della località utilizzati dal programma per effettuare analisi accurate per la determinazione dello scambio termico dell'abitazione con l'ambiente.

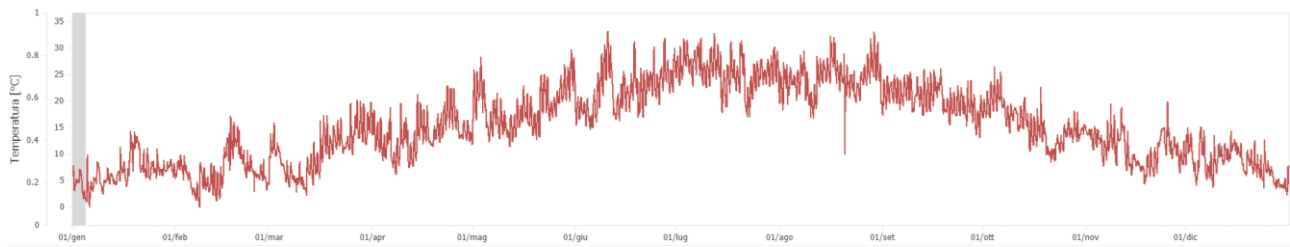


Figura 10, temperatura media giornaliera dell'aria esterna

Trovata la temperatura minima di progetto dell'aria esterna pari a -4°C (già citata precedentemente nella tabella parametri climatici) e riproducendo, grazie agli strumenti messi a disposizione dal software, un modello accurato dell'unità unifamiliare in esame con tutti i suoi particolari, è stato possibile stimare così le dispersioni, i consumi e di conseguenza l'efficienza energetica dell'edificio nella situazione ante-intervento.

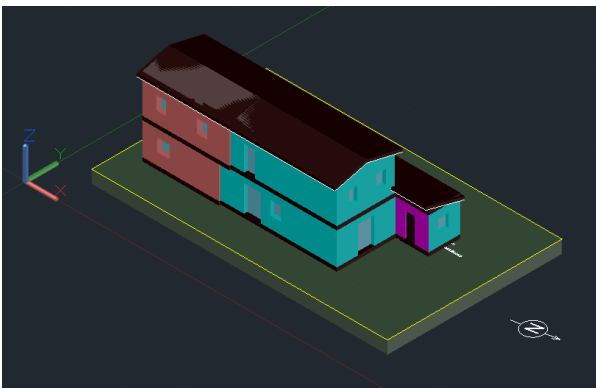


Figura 11, modello creato ed edificio reale a confronto

Per la creazione del modello è stata effettuata un'analisi preliminare dell'edificio e sono stati riprodotti fedelmente all'interno del programma tutti i suoi elementi costitutivi così come si presentavano nella situazione ante-intervento. L'involucro edilizio è composto dagli elementi riportati di seguito in tabella, ognuno dei quali è accompagnato dal corrispondente valore di trasmittanza e trasmittanza media.

Tabella 6, caratteristiche termiche dei componenti opachi dell'involucro edilizio ante-intervento

DESCRIZIONE	U (W/m ² K)	U MEDIA (W/m ² K)
Copertura	1.804	2.102
Parete Esterna 30 Ante	1.762	2.441
Parete Esterna 45 Ante	1.359	2.208
Solaio Interpiano	1.622	2.045
Parete Esterna 15 Ante	2.261	2.930
Solaio su terra	1.625	0.631

Inoltre, dell'involucro edilizio fanno parte anche le chiusure tecniche trasparenti e opache, dotate delle seguenti caratteristiche termiche (spiegate in modo opportuno nel capitolo 4.3 in cui si parlerà della sostituzione degli infissi).

Tabella 7, caratteristiche termiche degli infissi ante-intervento

DESCRIZIONE	TRASMITTANZA (W/m ² K)	
	INFISSO Uw	VETRO Ug
Finestra 62x105	3.131	3.600
Finestra 75x105	3.180	3.600
Finestra 80x100	3.186	3.600
Finestra 130x210	3.314	3.600
Finestra 77x108	3.190	3.600
Finestra 77x202	3.262	3.600
Finestra 98x100	3.226	3.600
Finestra 45x105	3.024	3.600
Finestra 95x195	3.305	3.600
Porta 75x191	2.000	-

Ogni componente costitutivo dell'involucro è stato ricreato in modo assolutamente realistico e fedele alla realtà all'interno del software; tuttavia, come anticipato all'inizio del paragrafo, le tabelle complete non sono necessarie alla comprensione globale dell'elaborato ma saranno comunque consultabili nell'Appendice A. Si riporta però l'esempio di un solo elemento realizzato all'interno del programma per mostrare l'accuratezza e l'attendibilità dei calcoli svolti; per la trattazione è stata scelta la parete opaca esterna verticale denominata "parete esterna 30 ante" per via del suo spessore, pari circa a 30 cm.

Tabella 8, caratteristiche termiche e igrometriche ante-intervento del componente opaco considerato

Descrizione	Parete Esterna 30 Ante	
Trasmittanza termica teorica	1.762 (W/m ² K)	
Incremento di sicurezza	0.00 (%)	
Trasmittanza termica adottata	1.762 (W/m ² K)	
Spessore	31.00 (cm)	
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)	
Permeanza	67.340 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)	
Massa superficiale (con intonaci)	552.00 (kg/m ²)	
Massa superficiale (senza intonaci)	504.00 (kg/m ²)	
Trasmittanza periodica	0.472 (W/m ² K)	
Fattore di smorzamento	0.268 (-)	
Sfasamento onda termica	9.8 (h)	

Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.50	0.700		0.021	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (b) 280	28.00		2.780	0.360	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.50	0.900		0.017	1800	1.00	20
Resistenza superficiale esterna				0.040			

S Spessore

R Resistenza termica

CT Capacità termica massica

λ Conduttività utile di calcolo

D Massa volumica

μ Resistenza al passaggio del vapore

C Conduttanza unitaria

Dunque, impostati i parametri climatici e creato il modello 3D dell'edificio da analizzare, si è potuto procedere con il calcolo delle dispersioni invernali secondo norma UNI-EN 12831 e la conseguente determinazione della classe energetica di appartenenza. Ancora una volta il calcolo è stato in realtà effettuato stanza per stanza e le tabelle dettagliate saranno riportate nell'Appendice C, mentre nella seguente trattazione ci si limiterà a riassumere i risultati finali ottenuti per ogni ambiente.

Tabella 9, dispersioni ante-intervento dell'unità immobiliare

Ambiente	Temperatura interna (°C)	Volume Ambiente (m ³)	Dispersioni (W)
P1 - Camera2	20	57.18	4885.6
P1 - Camera1	20	44.58	3731.1
P1 - BagnoP1	20	17.31	1264.2
P1 - Disimpegno	20	34.35	2276.4
P1 - Disimpegno	20	17.61	1550.0
PT - Salotto	20	24.77	2479.9
PT - BagnoPT	20	10.93	2209.1
PT - Soggiorno	20	84.09	5401.2
PT - Cucina	20	55.30	3516.2
Totale unità immobiliare:		346.12	27313.7

Inoltre, grazie al prossimo grafico è possibile visualizzare con immediatezza quali sono le superfici e gli elementi maggiormente responsabili delle dispersioni della struttura. Tale diagramma sarà poi molto interessante se posto a confronto con quello delle dispersioni energetiche nella situazione post-intervento: in questo modo si potranno vedere chiaramente gli effetti e l'efficacia degli interventi realizzati.

Andamento delle dispersioni per struttura (Watt)

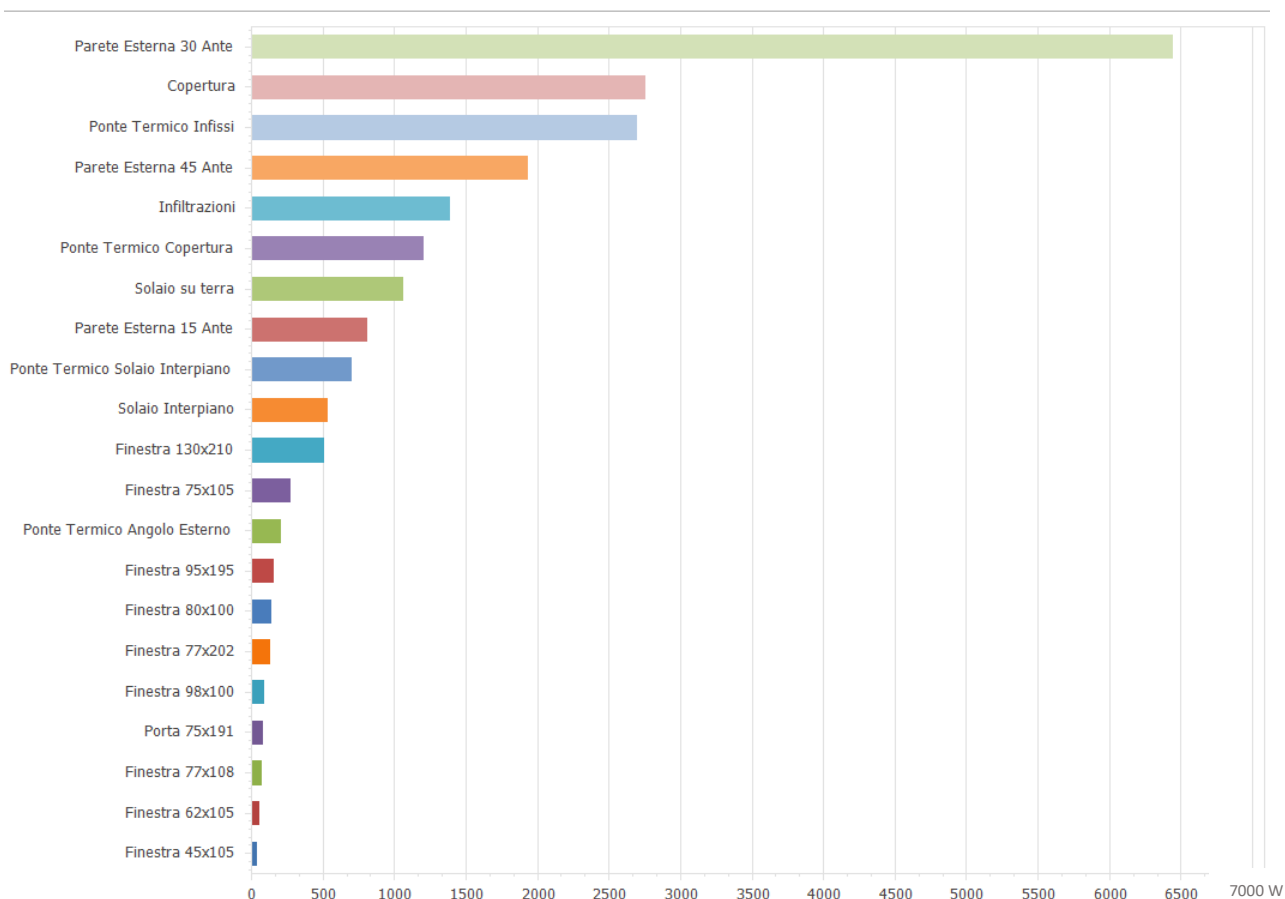


Figura 12, andamento delle dispersioni per struttura nella situazione ante-intervento

I consumi e le emissioni stimate per garantire una situazione di comfort all'interno dell'abitazione risultano chiaramente molto elevati, soprattutto per via dello scarso livello di isolamento garantito dall'involucro dell'edificio che non riesce a trattenere all'interno dell'abitazione l'energia termica fornita dai radiatori e in parte anche per l'utilizzo di una caldaia di tipo tradizionale, incapace di sfruttare anche il calore latente di condensazione dei fumi (questo aspetto verrà analizzato nel dettaglio più avanti nella trattazione). Si avrà dunque una situazione in cui il funzionamento dell'impianto di riscaldamento è continuamente sollecitato per cercare di mantenere all'interno dell'edificio la temperatura di set-point pari a 20 °C, nonostante le continue dispersioni termiche. Tutto ciò comporta chiaramente un notevole dispendio energetico accompagnato da una consistente produzione di CO₂, che si ricorda essere il gas principalmente responsabile dell'effetto serra.

Tabella 10, energia primaria totale annua assorbita nella situazione ante-intervento

Energia primaria totale annua assorbita $E_{P,TOT}$ (kWh)				
COMBUSTIBILE	Climatizzazione invernale (H)	Climatizzazione estiva (C)	Produzione di acqua calda sanitaria (W)	Globale
Gas naturale (metano)	48.605,50		4.004,12	52.609,60
Energia elettrica ex-situ	582,68		48,00	630,68
TOTALE	49.188,18		4.052,12	53.240,28

Tabella 11, consumo annuo di metano ed energia elettrica nella situazione ante-intervento

Consumo annuo di vettore energetico				
COMBUSTIBILE	Climatizzazione invernale (H)	Climatizzazione estiva (C)	Produzione di acqua calda sanitaria (W)	Globale
Gas naturale (metano) [m ³]	4.898,51		403,54	5.302,05
Energia elettrica ex-situ	240,78		19,84	260,61

Tabella 12, produzione annua di CO₂ in kg nella situazione ante-intervento

Produzione annua di CO ₂ (kg)				
COMBUSTIBILE	Climatizzazione invernale (H)	Climatizzazione estiva (C)	Produzione di acqua calda sanitaria (W)	Globale
Gas naturale (metano)	9.114,69		750,87	9.865,56
Energia elettrica ex-situ	104,30		8,59	112,90
TOTALE	9.218,99		759,46	9.978,45

Infine, per la valutazione della casse energetica dell'edificio si farà riferimento a quanto dichiarato nell'APE convenzionale ante-intervento, prodotta sempre grazie a Mc4Suite relativamente al modello dell'edificio creato. Tuttavia, prima di riportare questi risultati, è doveroso fare un approfondimento su questo documento vista la sua centralità nell'ambito del Superbonus 110%.

2.3 A.P.E. (attestato di prestazione energetica)

Per accedere alle detrazioni previste dal superbonus 110%, secondo quanto enunciato al comma 3 dell'art. 119 della Legge 77/2020, gli interventi "trainanti" e "trainati" valutati congiuntamente devono assicurare il miglioramento di almeno due classi energetiche dell'edificio, o il raggiungimento della classe più alta qualora la classe ante intervento sia la A3. Questo miglioramento viene certificato nell'asseverazione tramite gli attestati di prestazione energetica (APE) ante e post-intervento rilasciati da tecnici abilitati, dal progettista o dal direttore dei lavori.

Gli APE redatti per poter accedere al superbonus sono detti "convenzionali" e vengono predisposti considerando l'edificio nella sua interezza. Va fatta inoltre attenzione a considerare nell'APE-post solamente i servizi energetici presenti nella situazione ante-intervento (non vanno considerati quindi eventuali servizi che si aggiungono all'edificio dopo i lavori).

Per la redazione degli APE convenzionali e la determinazione della classe energetica dell'edificio viene utilizzato, come affermato dalle Linee Guida Nazionali (LGN), l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ espresso in kWh/m²anno. Questo parametro si ricava dalla somma degli indici di prestazione energetica non rinnovabile dei diversi servizi energetici presenti nell'edificio:

$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{C,nren} + EP_{V,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren} \quad (8)$$

dove:

$EP_{H,nren}$: indice di prestazione energetica non rinnovabile per il servizio di climatizzazione invernale (kWh/m²anno);

$EP_{W,nren}$: indice di prestazione energetica non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria (kWh/m²anno);

$EP_{C,nren}$: indice di prestazione energetica non rinnovabile per il servizio di climatizzazione estiva (kWh/m²anno);

$EP_{V,nren}$: indice di prestazione energetica non rinnovabile dovuto alla ventilazione (kWh/m²anno);

$EP_{L,nren}$: indice di prestazione energetica non rinnovabile dovuto all'illuminazione artificiale (kWh/m²anno);

$EP_{T,nren}$: indice di prestazione energetica non rinnovabile per il trasporto di persone e cose (kWh/m²anno).

La valutazione degli indici di prestazione si basa sulle norme UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3, 4, 5 e 6 per i servizi H, W, C, V e T e sulla norma UNI EN 15193 per il servizio di illuminazione L. Il calcolo è effettuato considerando i servizi realmente presenti nell'edificio d'interesse, fatta eccezione per il servizio di riscaldamento considerato sempre presente in tutti gli edifici e il servizio di produzione di acqua calda sanitaria considerato sempre presente negli edifici residenziali (in caso di assenza di questi impianti nell'edificio l'analisi sarà condotta simulando un impianto fittizio con valori standard). L'indicatore della classificazione $EP_{gl-nren}$ rappresenta il fabbisogno di energia coperto da fonti non rinnovabili: quindi, maggiore sarà la quota energetica rinnovabile dell'edificio, più diminuirà tale indicatore e più sarà efficiente l'abitazione considerata.

La scala delle classi (tabella 15) è definita a partire dal valore dell'indice $EP_{gl-nren,rif,standard}$ (2019-2021) che si riferisce all'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento per la classificazione energetica, ossia un immobile avente le stesse caratteristiche geometriche e climatiche di quello di progetto, ma che dispone dei parametri di involucro (valutati in funzione della zona climatica) riportati nelle tabelle 13 (a-f) e degli impianti standard descritti nella tabella 14. Nella scala delle classi l'indice $EP_{gl-nren,rif,standard}$ (2019-2021) viene posto come limite di separazione tra la classe A1 e B, le altre classi si determinano come riportato in tabella 15 [12].

Confrontando il valore ottenuto per l'indice $EP_{gl,nren}$ calcolato per l'edificio considerato con la scala delle classi riportata in tabella 15 si ottiene quindi la classe energetica di appartenenza. Effettuando questa operazione sia per la situazione pre che per quella post-intervento va accertato il doppio salto di classe, ottenendo così il requisito fondamentale per poter accedere al Superbonus 110%.

Tabelle 13, parametri involucro: riportano i valori delle trasmittanze di riferimento delle strutture (comprehensive di incidenza del ponte termico) da utilizzare nel calcolo dell'indicatore utile per classificare energeticamente l'edificio [12]

Tabella 13a Trasmittanza termica U di riferimento delle strutture opache verticali , verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra	
Zona climatica	U_{rif} (W/m ² K) dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,43
C	0,34
D	0,29
E	0,26
F	0,24

Tabella 13b Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura , verso l'esterno e gli ambienti non riscaldati	
Zona climatica	U_{rif} (W/m ² K) dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,35
C	0,33
D	0,26
E	0,22
F	0,20

Tabella 13c Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento , verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra	
Zona climatica	U_{rif} (W/m ² K) dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,44
C	0,38
D	0,29
E	0,26
F	0,24

Tabella 13d Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e ambienti non riscaldati	
Zona climatica	U_{rif} (W/m ² K) dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	3,00
C	2,20
D	1,80
E	1,40
F	1,10

Tabella 13e Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti	
Zona climatica	U_{rif} (W/m ² K) dal 1° gennaio 2019/2021
Tutte	0,8

Tabella 13f Valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud	
Zona climatica	g_{gl+sh} (-) dal 1° gennaio 2019/2021
Tutte	0,35

Tabella 14, tecnologie standard dell'edificio di riferimento [12]

Tecnologie standard dell'edificio di riferimento	
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 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 dell'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 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 di persone e cose	Rispetto dei requisiti al DM requisiti minimi

Tabella 15, scala di classificazione energetica [12]

Scala di classificazione energetica		
	Classe A4	$\leq 0,40$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 0,40 <	Classe A3	$\leq 0,60$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 0,60 <	Classe A2	$\leq 0,80$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 0,80 <	Classe A1	$\leq 1,00$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 1,00 <	Classe B	$\leq 1,20$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 1,20 <	Classe C	$\leq 1,50$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 2,00 <	Classe E	$\leq 2,60$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) 2,60 <	Classe F	$\leq 3,50$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)
	Classe G	$> 3,50$ EP _{gl-nren,rif,standard} (2019-2021)

Proseguendo con l'analisi dell'abitazione si riportano quindi degli estratti dall'APE convenzionale ante-intervento che consentono di determinare l'efficienza energetica dell'immobile fin ora analizzato.

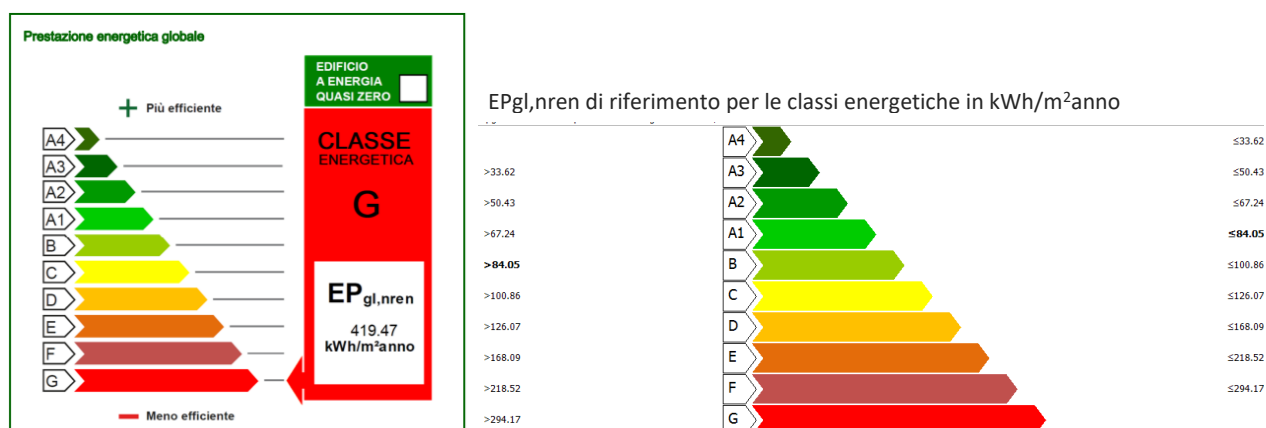


Figura 13, classe energetica dell'edificio estratta dall'APE ante-intervento e scala di classificazione energetica

Come si poteva già immaginare dalle analisi sulle dispersioni, i consumi e le emissioni effettuate fin ora l'edificio risulta appartenere alla classe energetica G, la più bassa, per via del suo indice di energia non rinnovabile $EP_{gl,nren} = 419,47 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ determinato come:

$$EP_{gl,nren} = \frac{\text{Energia primaria non rinnovabile annua assorbita (kWh)}}{\text{Superficie utile riscaldata (m}^2\text{)}} = \frac{53117,8}{126,6} = 419,47 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

A fianco si trovano le classi energetiche, definite in base all'indice dell'edificio di riferimento per la classificazione energetica $EP_{gl-nren,rif,standard} (2019-2021) = 84,05 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$, che viene posto come limite di separazione tra la classe A1 e la B.

Nell'APE sono inoltre riportati altri dati già citati precedentemente, come i consumi di gas naturale ed elettricità e le emissioni di CO₂ prodotte espresse in kg/m²anno. Infine, viene riportata una breve tabella riassuntiva sulla situazione impiantistica responsabile dei servizi di climatizzazione invernale ed estiva e sulla produzione di acqua calda sanitaria.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia			
	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard	Quantità annua consumata in uso standard
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	260.61 [kWh]	Indice della prestazione energetica non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ 419.47 kWh/m ² anno
<input checked="" type="checkbox"/>	Gas naturale	5302.05 [m ³]	
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		Indice della prestazione energetica rinnovabile $EP_{gl,ren}$ 0.97 kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		Emissioni di CO ₂ 78.80 kg/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro:		

Figura 14, prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia estratti dall'APE ante-intervento

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI									
Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren	
Climatizzazione invernale	1 - Caldaia standard	2004		Gas naturale (metano)	27.80	-	η^H	0.89	387.55
Climatizzazione estiva	1 - HP elettrica aria-aria	2013		Energia elettrica	5.00	-	η^C	0.00	0.00
Produzione acqua calda sanitaria	1 - Caldaia standard	2004		Gas naturale (metano)	27.80	-	η^W	0.07	31.93
Impianti combinati						-			
Produzione da fonti rinnovabili						-			
Ventilazione meccanica						-			
Illuminazione						-			
Trasporto di persone o cose						-			

Figura 15, dati di dettaglio degli impianti estratti dall'APE ante-intervento

Per quanto previsto dalla normativa, per poter accedere al Superbonus gli interventi che si andranno ad effettuare dovranno garantire il miglioramento di almeno due classi energetiche rispetto a quella di partenza: dunque nell'APE post-intervento bisognerà necessariamente raggiungere (ed eventualmente superare) la classe E, in quanto attualmente l'abitazione si posiziona nel gradino più basso della scala energetica, corrispondente alla classe G. Tuttavia, è chiaro che un ulteriore miglioramento dell'edificio oltre la classe E, seppure non obbligatorio, sarebbe un risultato auspicabile sia per il proprietario che per l'ambiente, perché permetterebbe di abbattere maggiormente sia i consumi che le emissioni dell'abitazione.

3. Soluzioni proposte

Dal confronto con il committente è emerso subito che la sua intenzione era quella di eseguire come intervento trainante del Superbonus 110% l'isolamento termico delle superfici opache verticali costituenti l'involucro edilizio, aventi incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda (lettera a, comma 1, art. 119, Legge 17 luglio 2020, n. 77). Per quanto riguarda invece gli interventi trainati il committente desiderava installare un impianto solare fotovoltaico (lettera e, comma 2, art. 119, Legge 17 luglio 2020, n. 77) sulla copertura dell'edificio, completo di relativo accumulo integrato; infine, voleva usufruire del Superbonus anche per l'installazione di una colonnina di ricarica per i veicoli elettrici (lettera f, comma 2, art. 119, Legge 17 luglio 2020, n.77) e per la sostituzione degli infissi (comma 2, art. 119, Legge 17 luglio 2020, n. 77) con altri ad alte prestazioni termiche.

Inoltre, poiché anche la caldaia risultava datata e c'era ormai necessità di sostituirla, ai proprietari sono state proposte tre diverse possibili soluzioni impiantistiche che saranno elencate di seguito, chiamandole rispettivamente soluzione A, B e C.

3.1 Soluzione A

Per prima si riporta la soluzione più ecologica, ma anche più costosa. Si sta parlando di un impianto ibrido a bassa temperatura dotato di collettore solare. Il funzionamento di questo impianto è fra i più efficienti poiché ha a disposizione ben tre diversi dispositivi (collettore solare, pompa di calore e caldaia) che gli consentono di produrre calore, due dei quali nel caso d'interesse opererebbero addirittura ad impatto zero. L'impianto può operare in tre diverse modalità: produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento. Si analizzerà per prima la modalità sanitario e a seguire le due tipologie nell'ordine precedentemente elencato.

Per la produzione di acqua calda sanitaria si andrà a trattare in primo luogo il contributo dato dal collettore solare. Questo dispositivo permette di sfruttare l'energia fornita dal sole per riscaldare la miscela di acqua e glicole che circola nel circuito del pannello. Una volta riscaldata questa entrerà in uno scambiatore di calore, andando così a cedere il calore che ha acquisito all'acqua all'interno di un bollitore, che sarà prelevata quando richiesta all'utenza. Il collettore solare, come visto, opera in maniera totalmente ecologica, in quanto necessita unicamente dell'energia termica fornita dal sole (e di una pompa di circolazione) per svolgere il suo lavoro.

Si ha poi la pompa di calore, che fornisce energia termica all'acqua presente in un circuito. Grazie alla valvola a tre vie, tale fluido verrà poi indirizzato verso i due scambiatori di calore a serpentina presenti nel bollitore, che provvederanno a scaldare ulteriormente l'acqua al suo interno. Il funzionamento della pompa di calore è strettamente correlato a quello del collettore solare: infatti, se quest'ultimo fosse in grado di garantire all'interno del boiler acqua alla temperatura posta come set point, la pompa di calore non entrerebbe neanche in funzione. Al contrario, quando il solo contributo del solare termico non è sufficiente, la pompa di calore provvede a fornire la quota di calore mancante per raggiungere il set point. Inoltre, essendo la pompa di calore alimentata ad energia elettrica e l'abitazione dotata di un impianto fotovoltaico, anche questo dispositivo sarebbe stato ad impatto zero, poiché avrebbe consumato soltanto energia autoprodotta.

Infine, si ha la caldaia a condensazione: questa entrerebbe in funzione solamente quando la pompa di calore e il collettore solare non riuscirebbero a coprire autonomamente l'intero fabbisogno di calore, o nel momento in cui la pompa di calore richiederebbe troppa energia per il suo funzionamento (questo accade ad esempio quando la temperatura esterna è troppo bassa e impedisce un funzionamento efficiente dell'unità esterna, si faccia riferimento a quanto verrà elencato nel prossimo paragrafo "Soluzione B"). In questo caso, l'acqua prelevata dal boiler (e miscelata opportunamente con acqua fredda, in base alla richiesta dell'utilizzatore) passando attraverso lo scambiatore di calore presente in caldaia riceve la quota di calore mancante prima di essere erogata all'utenza.

Per il servizio di climatizzazione invernale viene utilizzata l'acqua riscaldata dalla pompa di calore, la quale viene fatta circolare nel circuito dell'impianto di riscaldamento mediante la deviazione della valvola a tre vie. Nel caso in cui però questa non fosse sufficiente a soddisfare la richiesta di riscaldamento, oppure se la pompa di calore venisse costretta a lavorare con COP non vantaggiosi, entrerà in funzione la caldaia, che provvederà a fornire la quota di calore mancante o a farsi carico dell'intera richiesta di energia termica, impedendo in questo modo alla pompa di calore di lavorare in condizioni sfavorevoli.

Infine, per la modalità di raffrescamento la pompa di calore alimenterà direttamente il collettore di distribuzione, grazie alla deviazione della valvola tre vie. La temperatura di mandata dell'acqua verrà determinata in base alla temperatura esterna rilevata, alla curva climatica impianto e temperatura ambiente impostata.

Il sistema sopra descritto lavorerebbe alla massima efficienza se venisse accoppiato ad un impianto a pannelli radianti, i quali disponendo di una grande superficie di scambio termico, possono lavorare a temperature molto più basse di un corpo scaldante tradizionale: questo favorirebbe di conseguenza il funzionamento di tutti e tre i dispositivi che compongono il sistema ibrido (caldaia a condensazione, pompa di calore e collettore solare).

Purtroppo, la creazione di tale impianto avrebbe comportato la demolizione di tutti i pavimenti per permettere l'installazione dei pannelli radianti; inoltre, per far spazio al boiler, sarebbe stato necessario un ampliamento della centrale termica esistente, che avrebbe ridotto gli spazi di vita dell'abitazione. L'intervento sarebbe stato quindi molto invasivo e per questo motivo il committente ha deciso di non optare per questa soluzione.

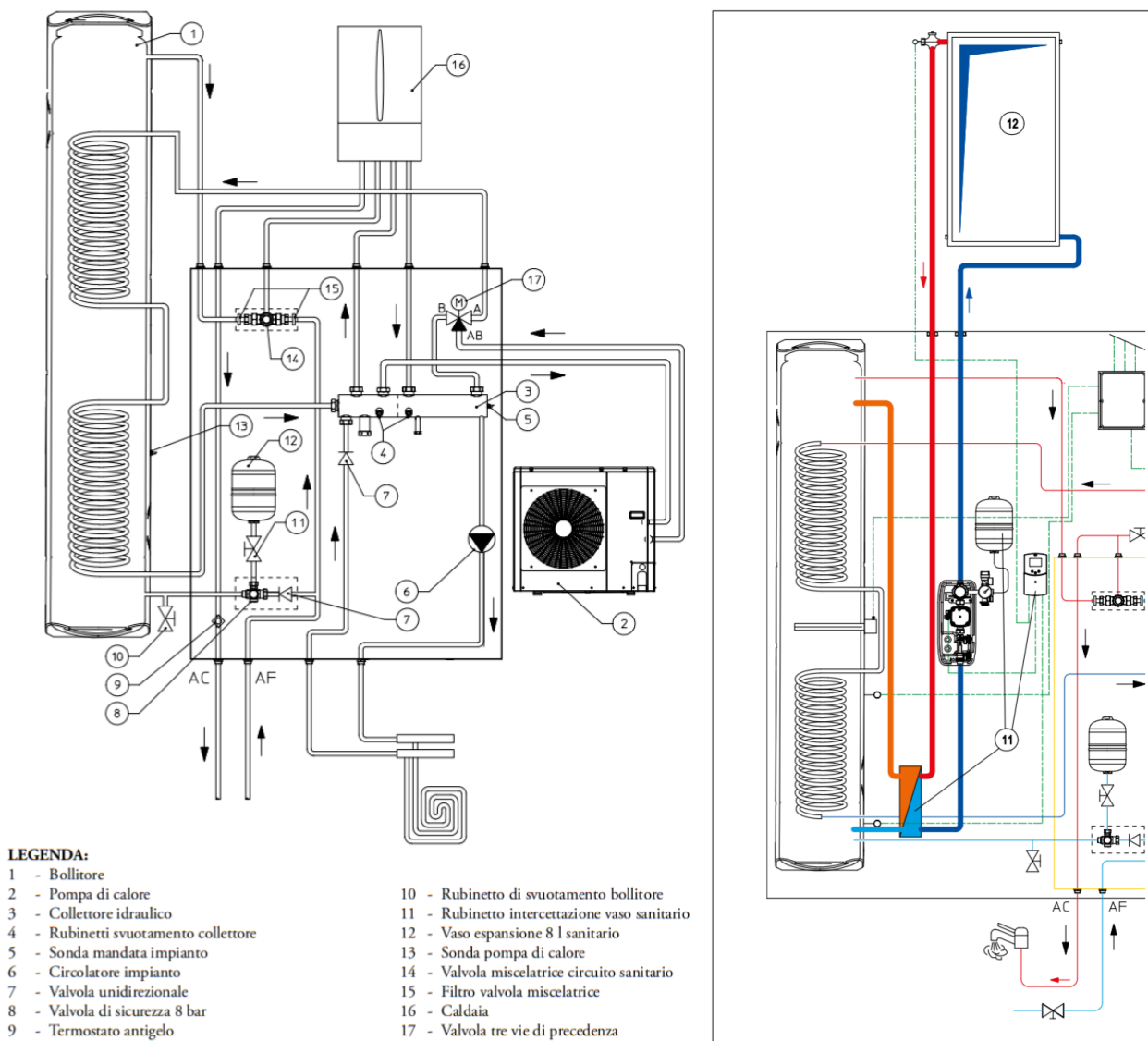


Figura 16, gruppo idronico per la realizzazione di soluzioni ibride compatte e relativa appendice per l'abbinamento dell'impianto solare termico [19]

3.2 Soluzione B

La seconda soluzione proposta è un impianto ibrido ad alta temperatura costituito da una caldaia a condensazione e da una pompa di calore. Come già visto nella soluzione precedente, il sistema ibrido è composto da due generatori di calore alimentati da fonti energetiche diverse (solitamente un combustibile fossile e una fonte rinnovabile) e permette di attivare di volta in volta il generatore più efficiente in base alle condizioni di funzionamento. La regolazione del sistema avviene grazie al proprio meccanismo di controllo "intelligente", pensato per minimizzare i consumi di elettricità e gas. Questo meccanismo permette di valutare per ogni specifica condizione di funzionamento (in termini di temperatura esterna e richiesta di riscaldamento) se sia più conveniente far lavorare la pompa di calore o il generatore supplementare. È possibile, in alternativa, far gestire l'impianto sulla base della sola temperatura esterna come segue:

- Temperature invernali miti: agisce solamente la pompa di calore, che in questa condizione è particolarmente efficiente;

- Temperature rigide: in questo caso la pompa di calore riceve dal generatore supplementare parte del calore necessario a riscaldare l'impianto;
- Temperature molto rigide: agisce solo la caldaia a condensazione per garantire la temperatura desiderata dell'acqua e soddisfare la richiesta di riscaldamento.

La pompa di calore invertibile del sistema ibrido, se abbinata a terminali adeguati, rende inoltre possibile anche il servizio di climatizzazione estiva. Si è pensato quindi di creare un impianto a ventilconvettori a circuito unico, il quale da solo avrebbe potuto soddisfare le esigenze sia di riscaldamento che di raffrescamento dell'edificio in questione. Tuttavia, questa soluzione avrebbe comportato lo smantellamento dell'impianto a radiatori esistente, un intervento abbastanza invasivo che il proprietario avrebbe evitato volentieri. Per questo motivo si è pensato di continuare ad utilizzare per il servizio di riscaldamento i terminali già presenti e di creare un nuovo circuito a ventilconvettori, alternativo al primo, utilizzato esclusivamente per la climatizzazione estiva.

La soluzione B, pur essendo più semplice e meno invasiva della A, non è stata comunque adottata per via dell'eccessivo rumore che potevano causare i ventilconvettori. Inoltre, l'abitazione disponeva già di una pompa di calore elettrica aria-aria dual split per la climatizzazione delle camere al primo piano (come visto nella condizione ante-intervento); quest'ultima, pur perfettamente funzionante, sarebbe stata sostituita dal circuito a ventilconvettori nel caso fossimo passati ad un sistema ibrido. Pertanto, disponendo già di un impianto di climatizzazione esistente (anche se valido solo per la zona notte), si è deciso di non adottare la soluzione B perché il rapporto costo/beneficio non sarebbe stato sufficientemente vantaggioso.

3.3 Soluzione C

L'ultima soluzione è la più economica e la meno invasiva tra quelle proposte: per questi motivi è stata poi quella per cui ha optato il committente. Essa consiste nella sostituzione della caldaia murale esistente (Simat mod. MINI 27 MCSI) con una nuova a condensazione (Chaffoteaux mod. Mira Advance Link 30 EU) avente potenza termica utile simile al modello precedente. Il nuovo generatore di calore provvederà al servizio di riscaldamento e alla produzione istantanea di acqua calda sanitaria e sarà collegato alla rete di distribuzione ed emissione preesistente che alimenta i radiatori.

Il motivo per cui si è scelto di utilizzare una caldaia a condensazione piuttosto che una di tipo tradizionale risiede nel suo maggior rendimento, che garantisce prestazioni più elevate a parità di combustibile utilizzato. Per poter spiegare questa proprietà occorre analizzare nel dettaglio il funzionamento delle due tipologie mettendole a confronto.

Come è risaputo, la caldaia è un dispositivo che fornisce al fluido termovettore dell'impianto la potenza termica da esso richiesta tramite un processo di combustione di opportune sostanze, chiamate appunto combustibili. I combustibili possono essere solidi, liquidi o gassosi (nel caso d'interesse viene utilizzato il metano) e sono caratterizzati da un parametro chiamato potere calorifico.

Il potere calorifico è la quantità di calore estraibile, per unità di massa di combustibile, dai prodotti di una combustione completa (fumi) quando essi sono raffreddati fino alla temperatura iniziale dei

reagenti, cioè della miscela di combustibile e comburente (quest'ultimo è in genere l'ossigeno contenuto nell'aria). Il potere calorifico può essere di due tipi:

- Inferiore (PCI), nel caso in cui l'acqua presente nei prodotti della combustione non condensa e viene evacuata dal camino sotto forma di vapore;
- Superiore (PCS), se in esso si tiene conto anche del calore dovuto alla condensazione del vapore acqueo presente nei prodotti di combustione.

Il PCI e il PCS risultano quindi legati dalla seguente relazione:

$$PCS - PCI = (m_{H_2O}^*)_s \cdot r_0 \quad (9)$$

In cui:

$(m_{H_2O}^*)_s$ è la frazione di acqua presente nei fumi in condizioni stechiometriche;

r_0 è il calore latente di vaporizzazione dell'acqua (pari a 2465 kJ/kg a 15 °C).

Ad esempio, per il metano abbiamo un PCI = 50 050 kJ/kg ed un PCS = 55 550 kJ/kg.

Il rendimento della caldaia è pertanto esprimibile come:

$$\eta = \frac{\text{Calore utile}}{\text{Energia combustibile}} = \frac{\dot{Q}_U}{\dot{m}_c \cdot PCI} = \frac{\dot{m}_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot (T_{in} - T_{out})}{\dot{m}_c \cdot PCI} \quad (10)$$

dove:

\dot{m}_{H_2O} è la portata massica di acqua che viene scaldata all'interno della caldaia;

\dot{m}_c è la portata massica di combustibile utilizzato;

c_{H_2O} è il calore specifico dell'acqua $(4,186 \frac{kJ}{kg \cdot K})$;

T_{in} e T_{out} sono rispettivamente le temperature di mandata e di ritorno del circuito di riscaldamento.

In base allo sfruttamento del calore disponibile, le caldaie possono essere suddivise in due tipologie:

- Le caldaie "tradizionali", che non sono in grado di utilizzare il calore latente del vapore acqueo presente nei fumi di combustione;
- Le caldaie a condensazione, che sono invece progettate per riuscire a sfruttare anche il calore latente del vapore acqueo presente nei suddetti fumi.

Come visto in precedenza, il vapore acqueo è un prodotto della combustione in grado di contenere una notevole quantità di calore latente di condensazione (nella combustione del metano, questo è pari a circa l'11% del corrispondente PCI). Il suo recupero pertanto permetterebbe di migliorare notevolmente il rendimento di una caldaia idonea a realizzarlo. Tuttavia, la condensazione del vapore acqueo presente nei fumi in caldaia richiede l'uso di specifici materiali resistenti alla corrosione (ad esempio acciaio inox, leghe di alluminio o ghise grigie) oltre che la presenza di un apposito sistema per la raccolta e lo scarico della condensa, che sia anche in grado di ridurne l'acidità (come i neutralizzatori). Inoltre, nelle caldaie a condensazione è necessario che la temperatura dell'acqua di ritorno dall'impianto di

riscaldamento sia la più bassa possibile, in modo da favorire la condensazione dei fumi e quindi un maggior recupero di calore latente del vapore in essi presente.

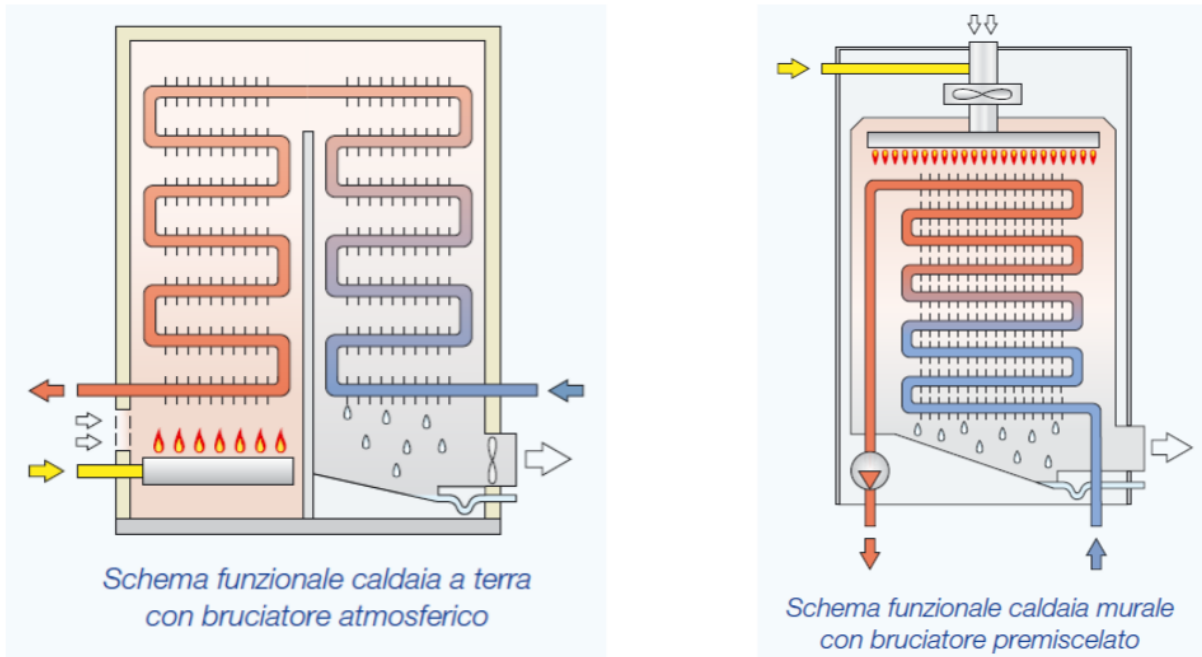


Figura 17, schemi funzionali caldaie a condensazione [20]

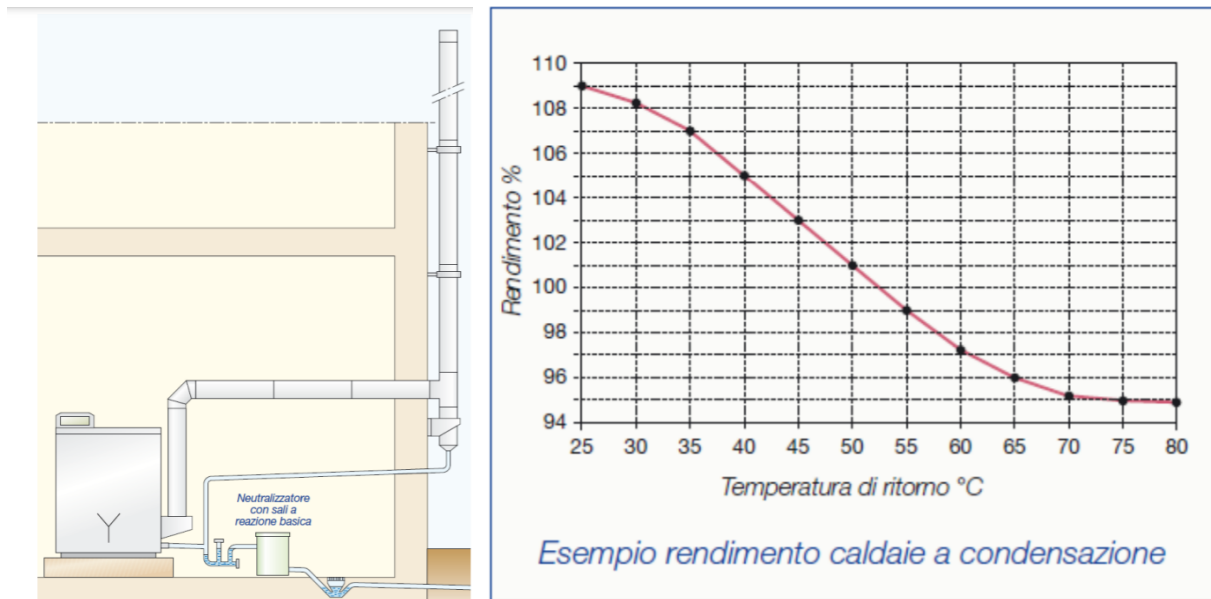


Figura 18, sistema per lo scarico della condensa ed esempio di rendimento delle caldaie a condensazione in funzione della temperatura di ritorno [20]

La maggior efficienza delle caldaie a condensazione appare evidente confrontando i rendimenti delle due tipologie. Infatti, a livello commerciale queste vengono dichiarate con rendimenti addirittura superiori al 100%: un risultato che sembrerebbe violare le leggi della termodinamica. Tuttavia non è così, poiché tale valore si ottiene per poter confrontare il rendimento delle caldaie a condensazione con quelle tradizionali che storicamente erano sempre state valutate prendendo il PCI come riferimento (si veda la formula n.10), in quanto non si pensava fosse possibile costruire generatori che potessero sfruttare anche il calore di condensazione dei fumi. Ovviamente quando

riferito al PCS, il rendimento di una qualsiasi caldaia (anche a condensazione) risulterà sempre inferiore al 100% [17].

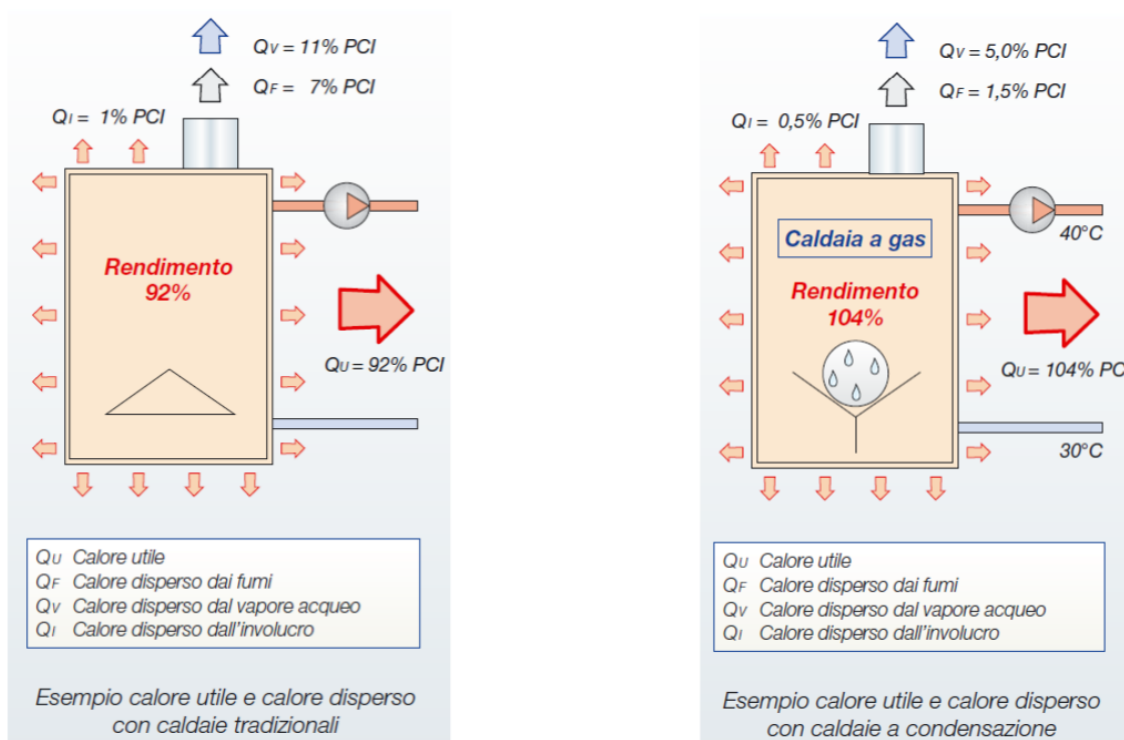


Figura 19, prestazioni della caldaia tradizionale e di quella condensazione a confronto [20]

Per tutti i motivi elencati fin ora è quindi chiaro perché le caldaie a condensazione stiano progressivamente sostituendo le altre nel mercato e perché questo modello sia stato scelto anche per l'impianto di nostro interesse. Si riporta di seguito un breve confronto fra le proprietà del generatore precedente e quello di nuova generazione che si è deciso di installare.

Tabella 16, confronto fra le prestazioni della nuova caldaia a condensazione installata e quelle della caldaia tradizionale sostituita

Specifiche del generatore	Simat mod. MINI 27 MCSI	Chaffoteaux mod. Mira Advance Link 30 EU
Tipo	Tradizionale	A condensazione modulante 1:10
Fluido termovettore	Acqua	Acqua
Potenza utile riscaldamento max/min (80°C-60°C) [kW]	27,80	27,50
Combustibile utilizzato	Metano	Metano
Rendimento termico utile al 100% Pn	93,50	98,40
Rendimento termico utile al 30 % Pn	-	109,50

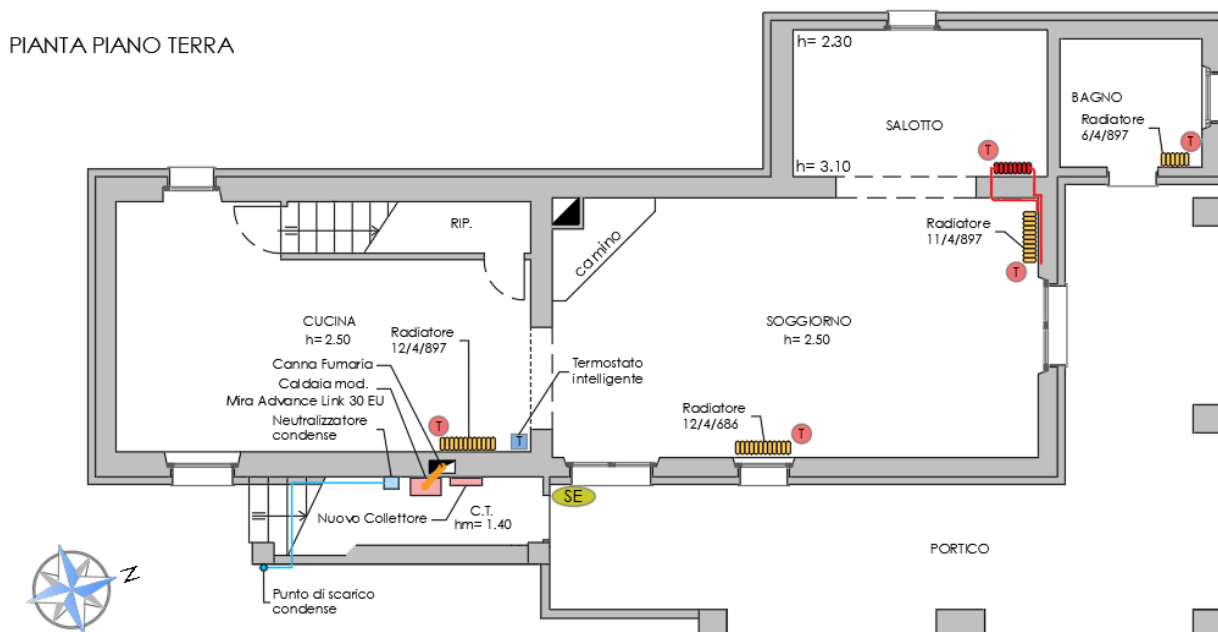
4. Situazione post-intervento

Nel seguente capitolo si andranno a spiegare singolarmente gli interventi effettuati, illustrandone la loro utilità ai fini del miglioramento energetico dell'edificio. Si ricorda che tutti i lavori effettuati sono sottoposti alle normative imposte dal Superbonus per poter poi ottenere una detrazione fiscale pari al 110% delle spese effettuate.

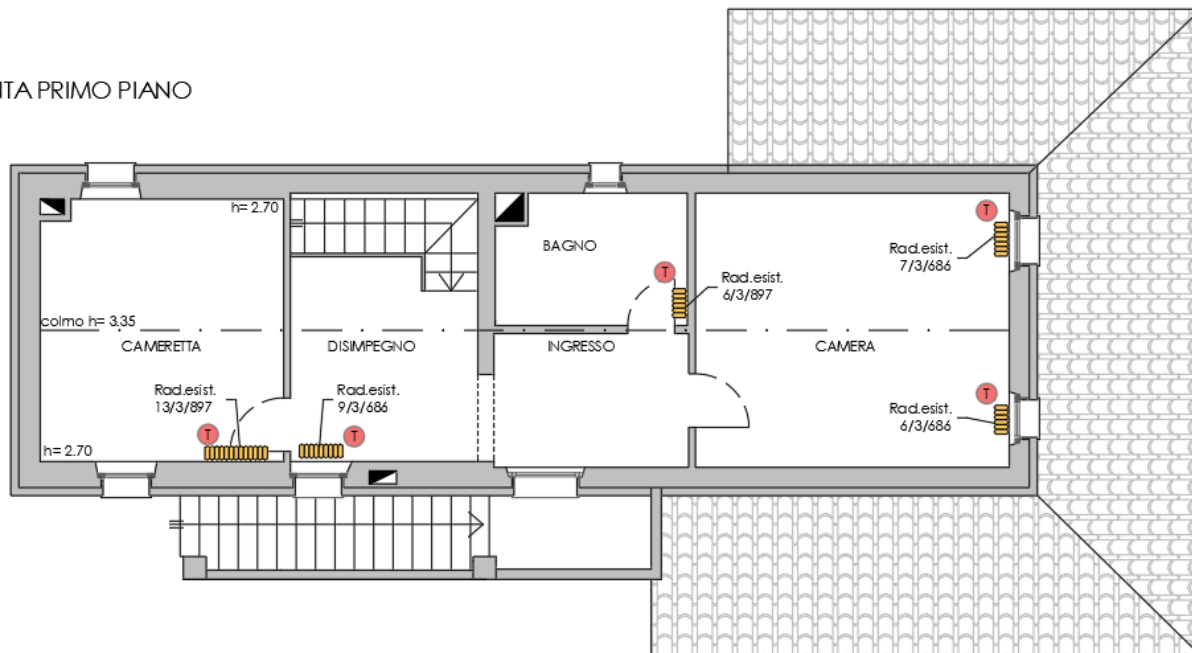
Si analizzeranno per primi gli interventi definiti trainanti (o principali) e in secondo luogo i trainati (o secondari). Infine, poiché secondo le normative del D.M. 26/6/2015 la riqualificazione energetica effettuata è anche considerata una ristrutturazione importante di secondo livello, si andrà a verificare che l'edificio in questione disponga almeno dei requisiti minimi elencati nel decreto sopracitato.

4.1 Intervento trainante – Impianto di riscaldamento

Si inizia con la descrizione delle modifiche effettuate sull'impianto di riscaldamento. Oltre che la sostituzione della caldaia murale con una a condensazione modulante (modifica già analizzata nella soluzione C del capitolo 3) è stato creato un nuovo sistema di termoregolazione intelligente e sono state aggiunte valvole termostatiche sui radiatori presenti. Infine, è stato installato in salotto un nuovo termosifone in acciaio poiché la configurazione precedente dei corpi scaldanti non era sufficiente a riscaldare completamente tutto l'ambiente.



PIANTA PRIMO PIANO



LEGENDA RICOSTRUZIONI	
	RADIATORE ESISTENTE IN GHISA
	NUOVO RADIATORE IN ACCIAIO
	NUOVA TUBAZIONE IN RAME PER ALLACCIO RADIATORE
	NUOVA TUBAZIONE SCARICO CONDENZA
	CANNA FUMARIA
	NUOVA VALVOLA TERMOSTATICA
	NUOVO TEOSTATO INTELLIGENTE
	NUOVA SONDA ESTERNA

PROSPETTO EST

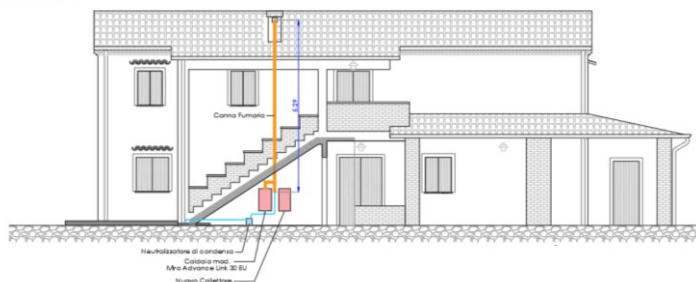


Figura 20, impianto di riscaldamento dopo gli interventi effettuati

Il sistema di termoregolazione evoluto da installare deve appartenere alle classi V, VI o VIII per poter accedere alla detrazione fiscale prevista dal Superbonus [21]. Di seguito si riportano i requisiti di ognuna di queste classi:

- Classe V: corrisponde ad un sistema di termoregolazione in grado di controllare la caldaia a condensazione in maniera tale da far variare la temperatura dell'acqua di mandata al variare delle condizioni ambientali;
- Classe VI: corrisponde ad un sistema elettronico che permette una regolazione di tipo climatico (ovvero basata sulla temperatura esterna) ed è capace di variare la temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia a condensazione considerando la temperatura ambiente e la temperatura misurata all'esterno;
- Classe VIII: corrisponde ad un sistema di regolazione che prevede almeno tre punti di misura temperatura ambiente e con regolazione della temperatura dell'acqua di mandata dipendente da tutti i valori rilevati nei vari ambienti.

Per questo progetto si è scelto di utilizzarne uno di classe VI perché risultava sufficientemente adatto ad ottenere le massime prestazioni per l'abitazione considerata. Visto che la casa si

sviluppa in due piani si è inoltre deciso di creare due zone climatiche: la zona giorno (piano terra) e la zona notte (primo piano). In ciascuna di queste due zone sono presenti cinque corpi scaldanti, ognuno dei quali ha nel nuovo collettore una valvola elettrica in corrispondenza della mandata. Questa è comandata dal termostato in modo che ci sia una regolazione automatica del flusso nei radiatori delle varie zone in funzione della temperatura rilevata e del momento della giornata in cui ci si trova. Questa soluzione permette di evitare gli inutili sprechi di energia che si verificavano con il semplice termostato on/off presente in passato da cui dipendeva il riscaldamento dell'intera abitazione; grazie al nuovo sistema sarà invece possibile riscaldare unicamente la zona d'interesse (che chiaramente varierà durante l'arco della giornata).

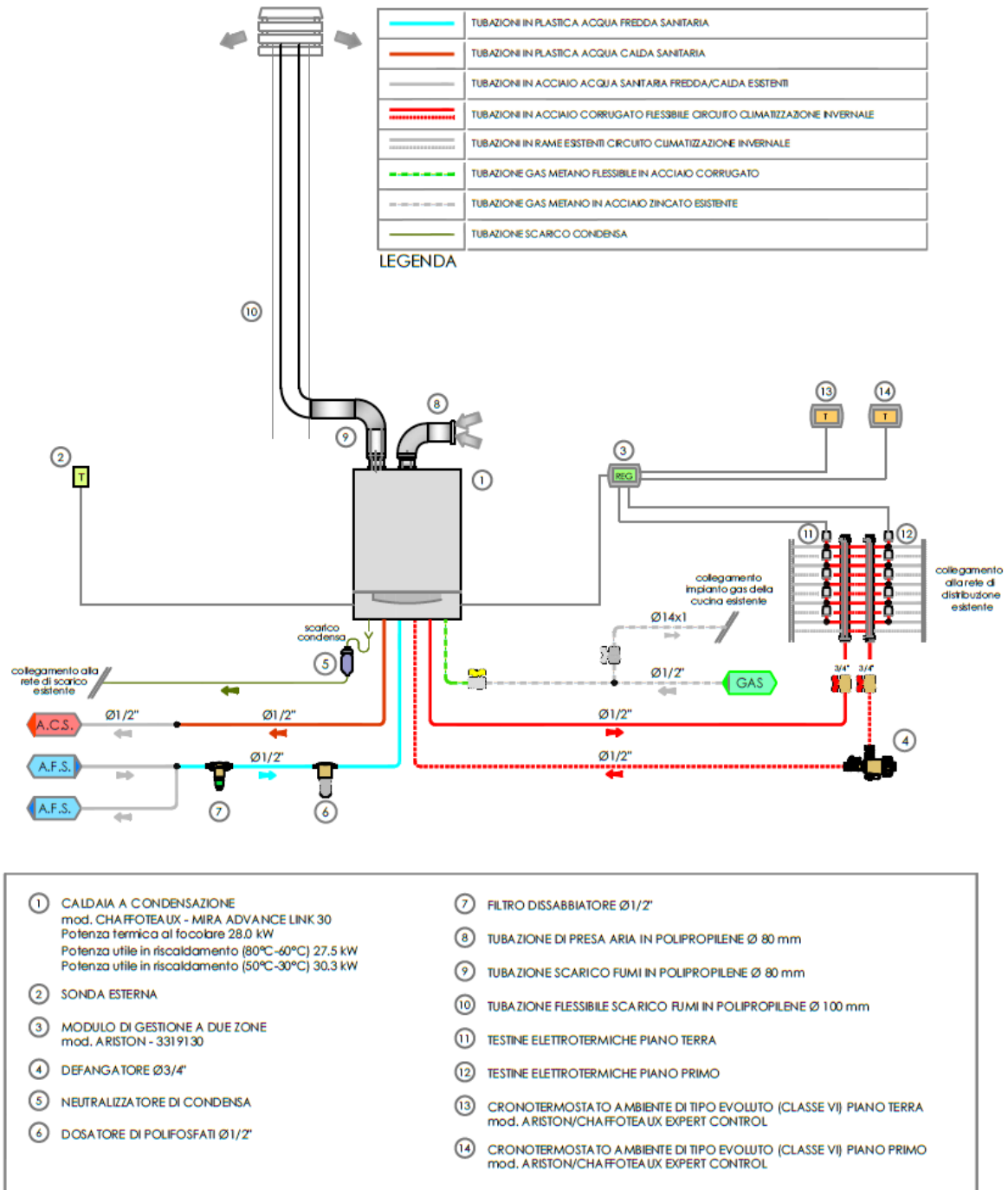


Figura 21, schema funzionale dell'impianto di riscaldamento

Le valvole termostatiche aggiunte ai radiatori permettono un'ulteriore regolazione manuale della temperatura dei corpi scaldanti. Esse consentono infatti di regolare l'afflusso di acqua calda all'interno del singolo radiatore, in modo da ottenere il riscaldamento alla temperatura desiderata. Le valvole presentano una scala di valori da 1 a 5, dove 1 corrisponde alla temperatura più bassa e 5 alla più alta. Grazie all'aggiunta di questi dispositivi manuali sui termosifoni, l'utilizzatore avrà un altro strumento a disposizione per decidere autonomamente il grado di riscaldamento di ciascun ambiente domestico.

4.2 Intervento trainante – Cappotto termico

Il secondo intervento trainante eseguito consiste nella messa in posa del cappotto termico per un'incidenza superiore al 25% delle superfici opache verticali costituenti l'involucro edilizio. Lo scopo di questo intervento è quello di diminuire le dispersioni termiche attraverso le pareti perimetrali della nostra abitazione riducendone la trasmittanza (il valore della trasmittanza dell'elemento edilizio è calcolato secondo la norma UNI EN ISO 6946).

Per l'ammissibilità alle detrazioni fiscali previste dal Superbonus 110% bisogna rispettare:

- i requisiti tecnici previsti dal decreto 26/06/2015 "requisiti minimi" o dagli equivalenti regolamenti regionali;
- i requisiti tecnici previsti dalla normativa, che per gli interventi sull'involucro riguardano i valori limite delle trasmittanze termiche differenziate per zone climatiche.
 - Per gli interventi con data di inizio lavori antecedente il 6 ottobre 2020 (data di entrata in vigore del Decreto interministeriale 6 agosto 2020) si applicano i limiti riportati nel decreto 11 marzo 2008 coordinato con il decreto 26 gennaio 2010;
 - Per gli interventi con data di inizio lavori a partire dal 6 ottobre 2020 si applicano i limiti riportati nell'Allegato E del decreto interministeriale 6 agosto 2020 [22].

Tabella 17, allegato E del decreto interministeriale 6 agosto 2020 - Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso alle detrazioni [21]

Tipologia di intervento	Requisiti tecnici di soglia per la tipologia di intervento	
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	$\leq 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
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	$\leq 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

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	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
Sostituzione di finestre compressive 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		

Il cappotto termico sarà costituito da un pannello in polistirene, che verrà posto all'esterno della parete esistente, in questo modo non andremo a togliere spazio utile all'abitazione ed otterremo un migliore isolamento termico globale di tutta la struttura, riducendo in parte anche la presenza di ponti termici. Il pannello scelto avrà spessore pari a 120 mm, conducibilità termica $0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ e classe di reazione al fuoco E.

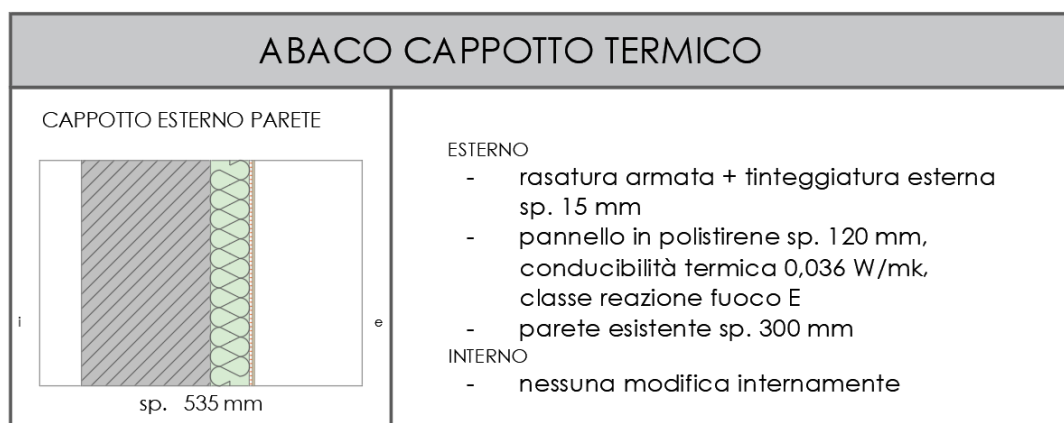


Figura 22, dettagli del cappotto termico

Grazie alle modifiche effettuate, la trasmittanza U si ridurrà rispetto ai valori presenti nella situazione in cui non era ancora presente la coibentazione termica esterna; pertanto, per effetto della formula (1), avremo una netta diminuzione del flusso termico \dot{Q} che attraversa le pareti.

Verifichiamo quindi che la trasmittanza sia sufficientemente bassa da soddisfare le normative sulle zone climatiche menzionante in precedenza.

Tabella 18, valori delle trasmittanze delle pareti opache verticali nella situazione ante e post-intervento

Pareti Opache Verticali			
Superficie (m ²)	Trasmittanza Ante (W/m ² ·K)	Trasmittanza Post (W/m ² ·K)	Trasmittanza termica periodica YIE (W/m ² ·K)
15,13	2,26	0,23	0,06
160,86	1,76	0,22	0,02
54,49	1,36	0,22	0,01
3,11	2,26	0,26	0,07
13,05	1,76	0,25	0,02
4,52	1,36	0,24	0,01
Superficie lorda complessiva disperdente	473,52 m ²	Superficie totale disperdente oggetto dell'intervento	251,16 m ²

Tutte le trasmittanze risultano inferiori a 0,26 W/m²·K quindi l'edificio si attiene alle normative del Decreto interministeriale 6 agosto 2020.



Figura 23, posa in opera del cappotto termico

4.3 Intervento trainato – Nuovi infissi

Definiti quindi gli interventi “trainanti” effettuati nell’abitazione in questione, ricordiamo che possono usufruire della detrazione fiscale pari al 110% delle spese effettuate anche gli interventi secondari, definiti “trainati”, a condizione che questi vengano eseguiti congiuntamente ad almeno un intervento principale (o “trainante”).

Il committente ha quindi deciso di sfruttare la detrazione fiscale anche per sostituire gli infissi presenti con altri in legno dotati di telaio ad alte prestazioni termiche e vetro camera a bassa emissività. Questo intervento figura fra quelli trainati poiché anche le finestre, nonostante la loro piccola superficie disperdente, sono responsabili di una quota non indifferente della dispersione termica dell’edificio a causa della loro trasmittanza che (per via delle proprietà del vetro) risulta decisamente più alta di quella delle pareti in muratura. Il coefficiente di trasmissione globale delle pareti vetrate si può determinare con la seguente formula:

$$U_w = \frac{\sum U_g \cdot A_g + \sum U_f \cdot A_f + \sum \Psi_g \cdot L_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (11)$$

dove:

$$U_g = \text{trasmissione termica dell'elemento vetrato} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \sum R' + \frac{1}{\alpha_2}};$$

R' = resistenza termica delle intercapedini (nulla nel caso di vetrata singola) in $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$;

U_f = trasmissione termica del telaio $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$;

Ψ_g = trasmissione termica lineare dovuta alla presenza di un eventuale distanziatore posto tra due vetri (nulla per vetro singolo) in $\left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$;

L_g = lunghezza perimetrale della superficie vetrata (m) [17].

Per poter accedere al Superbonus, la trasmissione dei nuovi infissi dovrà necessariamente essere inferiore ai seguenti valori limite, riferiti alla zona climatica D:

- Valore di riferimento per la zona climatica secondo il D.M. 26/6/15: 1,8 W/(m²·K);
- Valore limite di ogni serramento per accedere al superbonus: 1,67 W/(m²·K).

I nuovi infissi, oltre che essere ad alte prestazioni termiche e dotati di vetro camera a bassa emissività, dispongono anche di chiusura oscurante. Quest'ultima viene considerata come una resistenza termica supplementare (UNI 11300-1) a quella della finestra, che agisce nelle ore notturne del periodo invernale limitando le dispersioni termiche (UNI 10349) [23]. Nella seguente tabella sono riepilogati i miglioramenti ottenuti rispetto alla situazione precedente (per le nuove finestre sono stati riportati i dati forniti dal costruttore).

Tabella 19, confronto fra le proprietà degli infissi ante e post-intervento

Proprietà Infissi						
Superficie (m ²)	Ante-Intervento			Post-Intervento		
	Telaio	Vetro	Trasmittanza (W/m ² ·K)	Telaio	Vetro	Trasmittanza (W/m ² ·K)
6,25	Legno	Doppio	3,31	Legno	A bassa emissione	1,22
1,92	Legno	Doppio	3,26	Legno	A bassa emissione	1,17
2,20	Legno	Doppio	3,31	Legno	A bassa emissione	1,22
1,18	Legno	Doppio	3,19	Legno	A bassa emissione	1,24
4,44	Legno	Doppio	3,18	Legno	A bassa emissione	1,24
0,81	Legno	Doppio	3,13	Legno	A bassa emissione	1,24
0,66	Legno	Doppio	3,02	Legno	A bassa emissione	1,24
2,10	Legno	Doppio	3,19	Legno	A bassa emissione	1,24
1,22	Legno	Doppio	3,23	Legno	A bassa emissione	1,24
Area complessiva infissi			Trasmittanza termica (Uw) - valore medio	Trasmittanza termica (Uw) - valore medio con il contributo degli oscuranti		
20,781 m ²			1,3 W/m ² ·K	1,1 W/m ² ·K		

4.4 Intervento trainato – Impianto fotovoltaico

L'ultimo intervento oggetto dell'analisi effettuata sarà l'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura dell'edificio che provvederà alla produzione di energia elettrica per l'abitazione.

Se la produzione dell'impianto sarà inferiore alle necessità dell'edificio si ricorrerà alla rete elettrica nazionale; al contrario, nel caso in cui l'energia elettrica generata risulterà superiore alla richiesta energetica dell'unità residenziale, questa verrà ceduta al G.S.E. (Gestore dei Servizi Energetici) mediante il servizio di scambio sul posto. Questo definisce il meccanismo che regola la vendita e l'immissione in rete dell'energia prodotta dall'impianto privato e che consentirà al proprietario di trarre profitto dall'energia in eccesso.

L'impianto fotovoltaico realizzato è costituito da 28 moduli da 345 Wp, che generano una potenza nominale (o di picco) pari a 9,66 kWp; esso risulta inoltre abbinato ad un sistema di accumulo dotato di una capacità pari a 16 kWh (capacità utile). Dal punto di vista normativo è classificato come "Impianto su edificio" di tipo grid-connected e sfrutta la modalità di connessione "Trifase in bassa tensione". L'impianto è inoltre realizzato a regola d'arte, come prescritto dalla legge 1° marzo 1968 n. 186 e dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 e risulta conforme:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- alle delibere dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas (AEEG);
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) con particolare riferimento alla Norma CEI 64-8, Norma CEI 11-20 e Norma CEI 82-25.

Di seguito si riportano lo schema di funzionamento dell'impianto e una breve rassegna sui componenti che lo costituiscono.

Tabella 20, caratteristiche dell'impianto fotovoltaico

Dati tecnici	
Potenza totale	9.66 kW
Numero totale moduli	28
Numero totale inverter	1
Batteria per accumulo	4x4 = 16 kWh
Modulo	
Marca – Modello	Jinko Solar JKM345M-6TL3-B
Potenza nominale	345W
Inverter	
Marca – Modello	SolarEdge SE10K-RWS
Potenza nominale	10kW
Stringhe x Moduli	2 x 14
Batteria	
Marca – Modello	BYD LVS 16.0
Capacità nominale	4x4Wh = 16Wh
Capacità utile	4x4kWh= 16 kWh

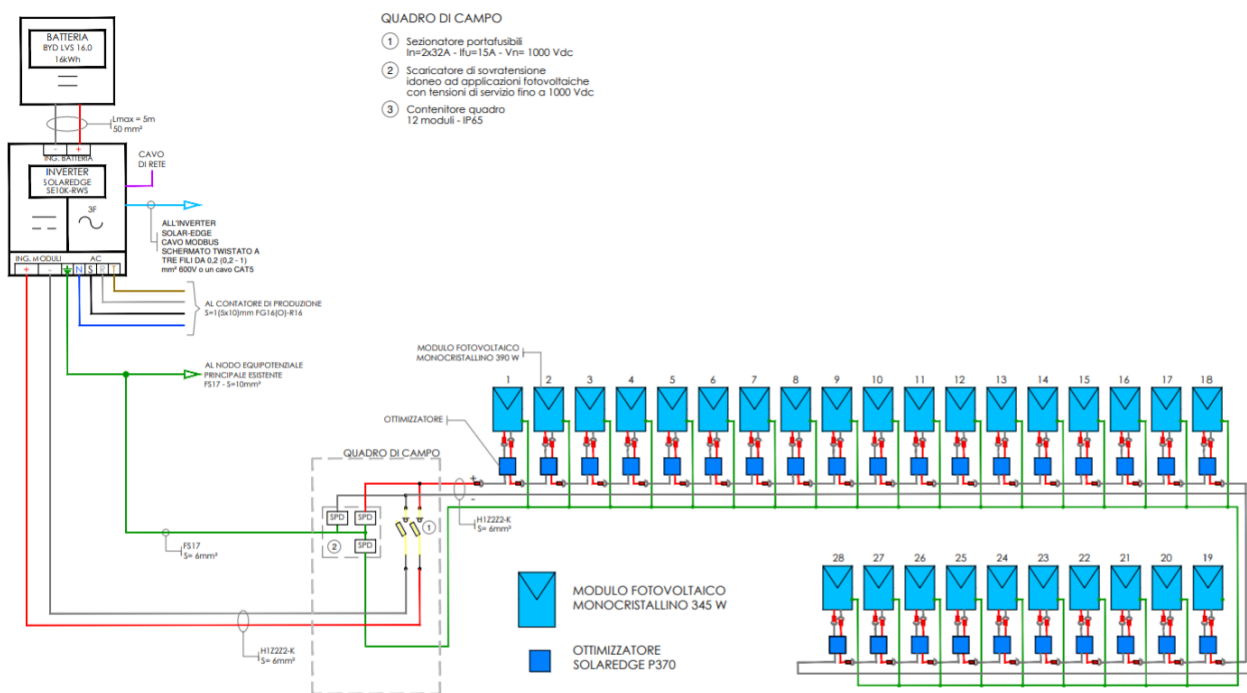


Figura 24, schema dell'impianto fotovoltaico

Come si può notare dallo schema, l'impianto è costituito da un circuito in corrente continua formato da 28 moduli fotovoltaici monocristallini da 345Wp posti in serie, che possono generare una potenza nominale pari a 9,66 kWp.

Ogni modulo fotovoltaico presenta al suo ingresso un ottimizzatore che permette alla corrente di fluire unicamente dal pannello verso la rete, impedendo al modulo che sta proteggendo di consumare la tensione accumulata dagli altri nel caso questo dovesse trovarsi in una condizione non ottimale (ad esempio se vi è un malfunzionamento o il pannello non è sottoposto a sufficiente irraggiamento). Il circuito si collega all'inverter SolarEdge avente potenza nominale pari a 10 kW, che trasforma la corrente da continua in alternata in modo da poter essere utilizzata all'interno dell'abitazione. L'inverter risulta a sua volta connesso ad un sistema di accumulo di capacità pari a 16 kWh, costituito da un gruppo di batterie al litio, che ha lo scopo di massimizzare l'autoconsumo dell'energia elettrica prodotta. Un sistema di misurazione dell'energia immessa/prelevata consente la gestione della carica/scarica del sistema di accumulo. Per la configurazione del sistema di accumulo è stato utilizzato il secondo schema di collegamento presente nella norma CEI 0-21.



Figura 25, realizzazione dell'impianto fotovoltaico sul tetto dell'abitazione

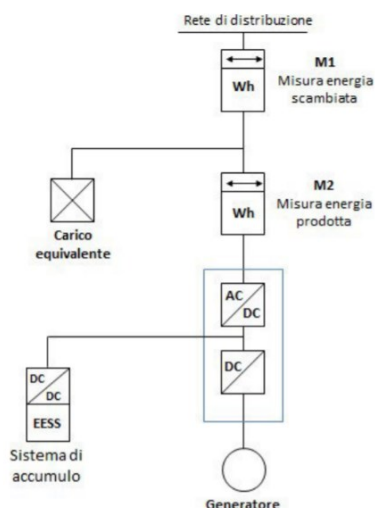


Figura 26, schema di collegamento utilizzato per la configurazione del sistema di accumulo

Infine, l'impianto fotovoltaico risulta protetto sia dalle sovracorrenti che dalle sovratensioni. Per le sovracorrenti sono posti fusibili a protezione dell'inverter, mentre per le sovratensioni di origine atmosferica i dispositivi di protezione utilizzati sono gli SPD (Surge Protection Device), in grado di scongiurare l'insorgenza di tensioni pericolose sia in caso di fulminazione diretta che nel caso di fulminazione indiretta. Gli SPD, infatti, se sottoposti ad una tensione troppo elevata, si cortocircuitano e scaricano a terra la corrente, evitando così il danneggiamento o la distruzione dell'impianto.

Il principio progettuale normalmente utilizzato per la collocazione e l'orientamento di un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile. Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati. Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incideranno sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Nel caso di interesse, per determinare l'orientamento ottimale ed eseguire l'analisi di produttività dell'impianto fotovoltaico è stato utilizzato il sito della commissione europea PVGIS, il quale permette di ottenere le informazioni necessarie per massimizzare la produzione energetica inserendo la località ed altri parametri tecnici qui sotto riportati.

PVGIS-5 stima del rendimento energetico FV:

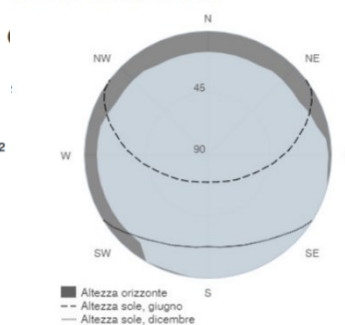
Valori inseriti:

Lat./Long.: 43.486, 13.483
 Orizzonte: Calcolato
 Database solare: PVGIS-SARAH
 Tecnologia FV: Silicio cristallino
 FV installato: 9.66 kWp
 Perdite di sistema: 14 %

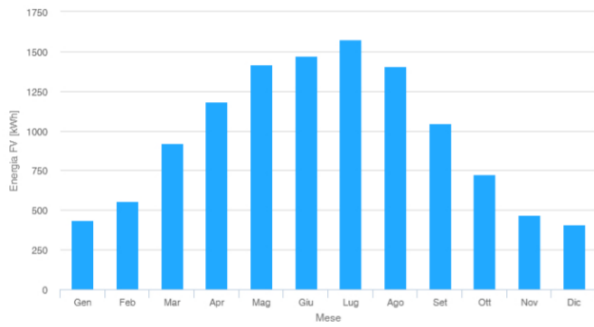
Output del calcolo

Angolo inclinazione: 21 °
 Angolo orientamento: -71 °
 Produzione annuale FV: 11613.74 kWh
 Irraggiamento annuale: 1553.86 kWh/m²
 Variazione interannuale: 482.07 kWh
 Variazione di produzione a causa di:
 Angolo d'incidenza: -3.32 %
 Effetti spettrali: 0.92 %
 Temperatura e irradianza bassa: -7.8 %
 Perdite totali: -22.63 %

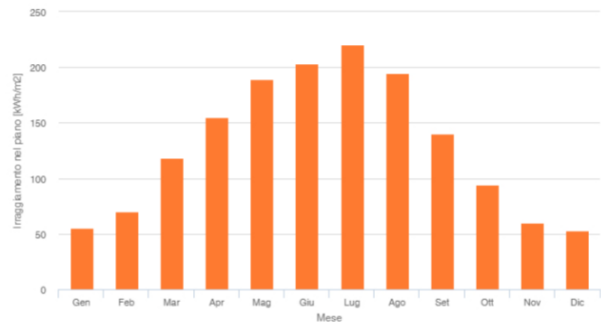
Grafico dell'orizzonte:



Energia prodotta dal sistema FV fisso fisso:



Irraggiamento mensile sul piano fisso:



Energia FV ed irraggiamento mensile

Mese	E_m	H(i)_m	SD_m
Gennaio	434.5	55.5	73.6
Febbraio	555.0	69.9	101.3
Marzo	923.8	118.0	124.7
Aprile	1181.5	155.0	117.3
Maggio	1415.4	189.4	121.0
Giugno	1473.9	203.0	85.6
Luglio	1576.5	220.6	80.5
Agosto	1406.3	194.7	100.7
Settembre	1044.3	140.3	80.0
Ottobre	724.1	94.5	88.3
Novembre	467.0	60.2	75.0
Dicembre	411.2	52.8	53.0

E_m: Media mensile del rendimento energetico dal sistema scelto [kWh].

H(i)_m: Media mensile di irraggiamento al metro quadro sui moduli del sistem scelto [kWh/m²].

SD_m: Variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh].

Figura 27, stima del rendimento energetico dell'impianto fotovoltaico

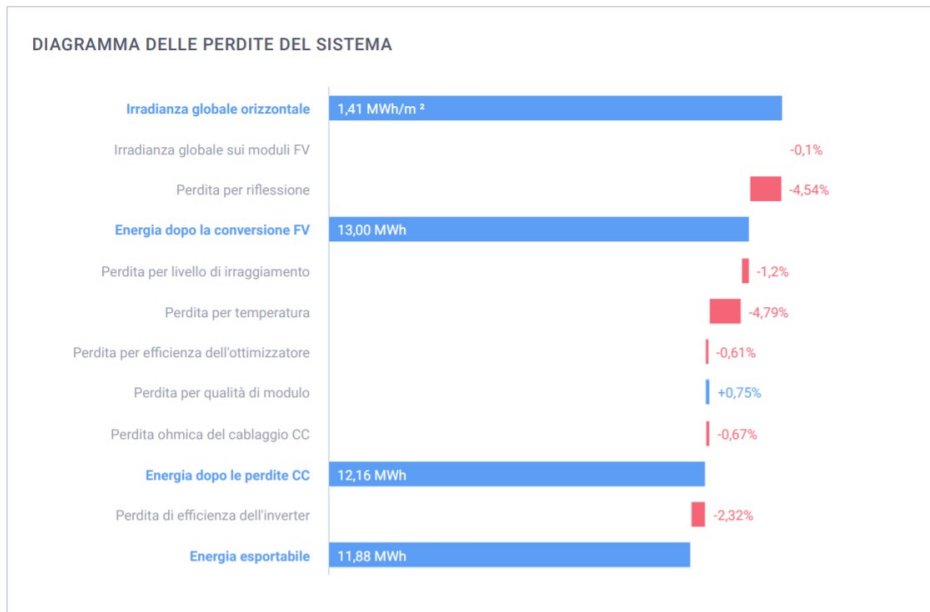


Figura 28, diagramma delle perdite del sistema e prestazioni dell'impianto fotovoltaico

4.5 Simulazione Mc4 della situazione post-intervento

Dopo aver analizzato singolarmente tutti gli interventi effettuati si provvede dunque a realizzare, sempre tramite Mc4Suite, una seconda simulazione della prestazione energetica globale dell'edificio, questa volta però nella situazione post-intervento. È stato quindi modificato il modello dell'edificio di partenza, aggiornandone le caratteristiche secondo quanto dichiarato nei lavori di efficientamento energetico sopra descritti. Anche in questo caso i risultati dei calcoli relativi a tutti gli elementi costitutivi dell'involucro edilizio saranno consultabili nell'Appendice B; di seguito si riporterà solamente l'esempio della parete opaca esterna verticale, già trattata nella simulazione ante-intervento dove era stata presentata come "parete esterna 30 ante", mentre ora, per via dello spessore aggiunto dal cappotto termico in polistirene, è stata rinominata "parete esterna 45 post".

Tabella 21, caratteristiche termiche e igrometriche post-intervento del componente opaco considerato

Descrizione	Parete Esterna 45 Post
Trasmittanza termica teorica	0.223 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.223 (W/m ² K)
Spessore	44.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	8.026 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	566.10 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	507.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.016 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.071 (-)
Sfasamento onda termica	13.0 (h)

Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.50	0.700		0.021	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (b) 280	28.00		2.780	0.360	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso con pelle	12.00	0.031		3.871	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.50	0.300		0.050	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--------------------|----|------------------------------------|
| S | Spessore | R | Resistenza termica | CT | Capacità termica massica |
| λ | Conducibilità utile di calcolo | D | Massa volumica | μ | Resistenza al passaggio del vapore |
| C | Conducibilità unitaria | | | | |

Il dato che risalta immediatamente all'occhio confrontando le due simulazioni eseguite è il netto miglioramento della trasmittanza (già analizzato nella precedente tabella 18 nella sezione dedicata al cappotto termico), che passa da 1,762 W/m²·K della situazione ante-intervento a 0,223 W/m²·K grazie all'inserimento del cappotto.

Analoghi risultati sono già stati ottenuti e commentati per quanto riguarda la sostituzione degli infissi con altri ad alte prestazioni termiche nella tabella 19 a pagina 40.

Prima di procedere alla nuova classificazione energetica dell'edificio, vanno però segnalate le variazioni subite dalle caratteristiche tecnico-costruttive dell'immobile in seguito all'inserimento del cappotto termico. Infatti, per via dello spessore aggiunto dall'isolante, ci sarà un leggero aumento (sia per la zona adibita alla climatizzazione estiva che per quella destinata al riscaldamento) della superficie disperdente che delimita il volume climatizzato e del volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano. Le nuove caratteristiche dell'edificio saranno quindi quelle riportate nella tabella sottostante.

Tabella 22, dati tecnico-costruttivi dell'edificio post-intervento

Climatizzazione invernale

Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano (V)	539.81 (m ³)
Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato (S)	473.52 (m ²)
Rapporto S/V	0.88 (l / m)
Superficie utile climatizzata dell'edificio	126.67 (m ²)
Valore di progetto della temperatura interna	20.0 (°C)
Valore di progetto dell'umidità relativa interna	65.0 (%)

Climatizzazione estiva

Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano (V)	157.84 (m ³)
Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato (S)	139.74 (m ²)
Superficie utile climatizzata dell'edificio	32.72 (m ²)
Valore di progetto della temperatura interna	26.0 (°C)
Valore di progetto dell'umidità relativa interna	50.0 (%)

Una volta tenuto conto di queste variazioni possiamo analizzare le dispersioni dell'edificio nella situazione post-intervento (i calcoli completi sono riportati nell'Appendice D) e confrontarle con quelle iniziali, notando, grazie ai lavori effettuati, una netta riduzione sia dei carichi termici che dei consumi e delle emissioni di CO₂. In particolare, dalla tabella sottostante si può verificare come le dispersioni globali dell'edificio siano passate dal valore di 27313,7 W della situazione iniziale alle attuali 10020,7 W che sono pari al 36,39% delle dispersioni che si avevano inizialmente.

Tabella 23, dispersioni post-intervento dell'unità immobiliare

Ambiente	Temperatura interna (°C)	Volume Ambiente (m³)	Dispersioni (W)
P1 - Camera2	20	57.18	1888.1
P1 - Camera1	20	44.58	1494.4
P1 - BagnoP1	20	16.93	535.0
P1 - Disimpegno	20	33.56	1065.2
P1 - Disimpegno	20	17.22	608.4
PT - Salotto	20	24.77	967.4
PT - BagnoPT	20	10.93	656.7
PT - Soggiorno	20	84.09	1694.3
PT - Cucina	20	55.30	1111.3
Totale unità immobiliare:		344.56	10020.7

Facendo poi riferimento al prossimo grafico, in cui sono riportati i carichi termici ordinati in funzione degli elementi maggiormente disperdenti per la struttura, e confrontando tale diagramma con quello realizzato prima degli interventi, si può notare il drastico calo subito dalle dispersioni di calore attraverso le pareti grazie all'isolamento introdotto con il cappotto termico. L'efficacia dei lavori realizzati è visibile anche grazie ai carichi termici relativi rispettivamente alla copertura e al solaio su terra, poiché questi due elementi sono fra i pochi che non sono stati soggetti ad interventi migliorativi (quindi i loro dati sono rimasti praticamente invariati rispetto alla situazione iniziale) ed ora figurano entrambi fra le parti più disperdenti dell'edificio.

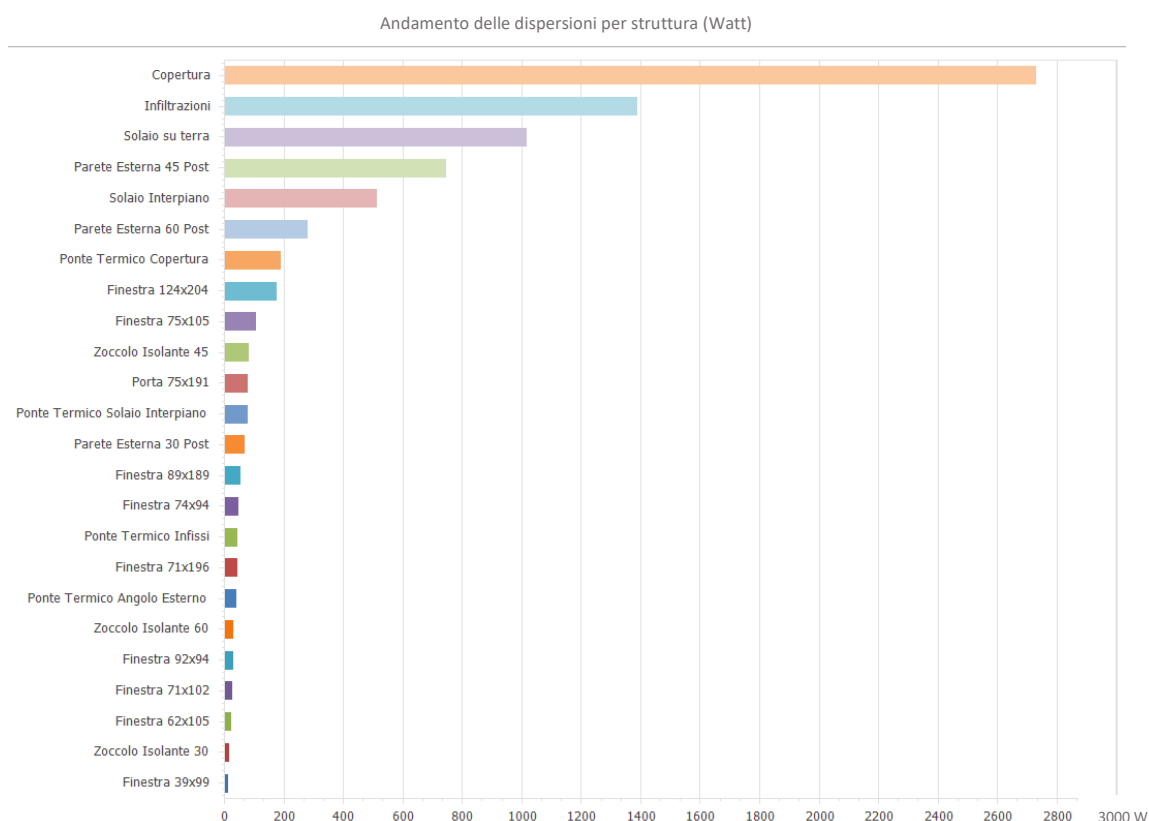


Figura 29, andamento delle dispersioni per struttura nella situazione post-intervento

Come già preannunciato, dalle nuove stime effettuate emergono valori drasticamente ridotti anche per i consumi e per le emissioni di CO₂. Dalla simulazione sul nuovo modello sono stati ottenuti infatti i seguenti dati, i quali mostrano le rispettive considerazioni:

- l'impianto fotovoltaico installato copre completamente il fabbisogno annuale di energia elettrica;
- la richiesta di energia termica annua è passata dal valore di 52609,6 kWh richiesto nella situazione ante-intervento agli attuali 15162,3 kWh, grazie all'isolamento dell'edificio e all'installazione di una caldaia più efficiente. Ciò ha comportato una riduzione del 71,18% dei consumi annui di gas metano (da 5302,05 m³ a 1528,07 m³);
- in seguito al calo dei consumi c'è stata una conseguente riduzione del 71,5% anche nella produzione annua di CO₂; l'edificio ha infatti ridotto le sue emissioni da 9978,45 kg agli attuali 2843,29 kg.

Tabella 24, energia primaria totale annua assorbita nella situazione post-intervento

Energia primaria totale annua assorbita E_{P,TOT} (kWh)				
COMBUSTIBILE	Climatizzazione invernale (H)	Climatizzazione estiva (C)	Produzione di acqua calda sanitaria (W)	Globale
Gas naturale (metano)	12.805,30		2.356,95	15.162,30
Energia elettrica da fonte rinnovabile in-situ	3.006,51	3.824,96	3.475,72	10.307,20
Energia esportata prodotta in-situ	-2.966,87	-3.558,53	-3.468,43	-9.993,83
TOTALE	12.844,94	266,43	2.364,24	15.475,67

Tabella 25, consumo annuo di metano ed energia elettrica nella situazione post-intervento

Consumo annuo di vettore energetico				
COMBUSTIBILE	H	C	W	Globale
Gas naturale (metano) [m ³]	1.290,53		237,54	1.528,07
Energia elettrica da fonte rinnovabile in-situ	39,64	266,43	7,30	313,36

Tabella 26, produzione annua di CO₂ in kg nella situazione post-intervento

Produzione annua di CO₂ (kg)				
COMBUSTIBILE	H	C	W	Globale
Gas naturale (metano)	2.401,30		441,99	2.843,29
TOTALE	2.401,30		441,99	2.843,29

Per la valutazione della nuova prestazione energetica dell'edificio si farà ancora riferimento all'APE convenzionale prodotta tramite il modello realizzato su Mc4Suite, questa volta però valutando chiaramente i risultati relativi alla situazione post-intervento.

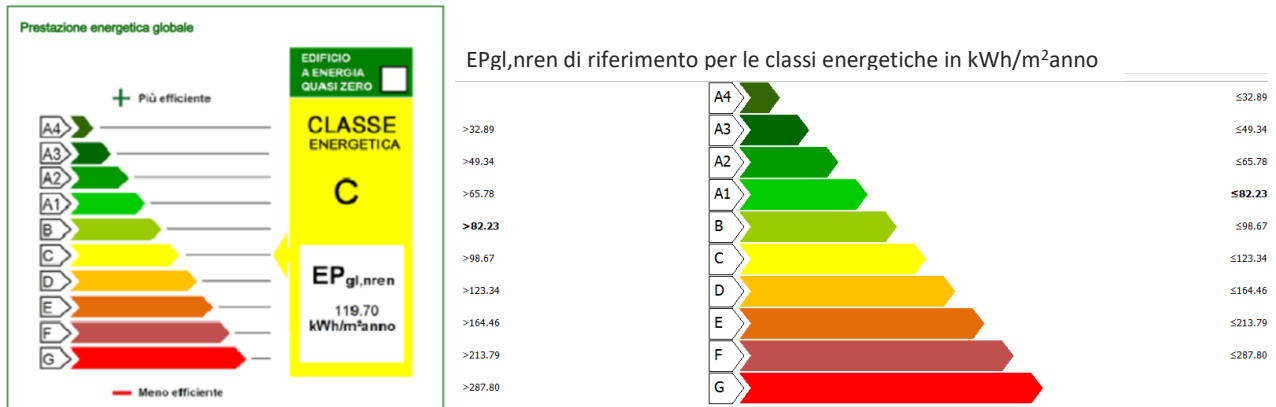


Figura 30, classe energetica dell'edificio estratta dall'APE post-intervento e scala di classificazione energetica

Appare subito evidente che le modifiche effettuate nell'edificio non solo hanno consentito di effettuare il doppio salto di classe energetica previsto per poter accedere al Superbonus 110%, ma si è addirittura passati dalla classe G alla C: un risultato che testimonia l'assoluta efficacia degli interventi realizzati ed un miglioramento netto sia della prestazione energetica che dell'impatto ambientale dell'abitazione. In seguito al calo di energia richiesta e all'introduzione di fonti di energia rinnovabile, come l'impianto fotovoltaico, l'indice di energia non rinnovabile è diminuito dai 419,47 kWh/m²anno iniziali agli attuali 119,70 kWh/m²anno determinati come:

$$EP_{gl,nren} = \frac{\text{Energia primaria non rinnovabile annua assorbita (kWh)}}{\text{Superficie utile riscaldata (m}^2\text{)}} = \frac{15162,3}{126,67} = 119,70 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

A lato si trovano nuovamente elencate le classi energetiche, determinate sempre in funzione dell'indice $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019-2021) relativo all'edificio di riferimento per la classificazione energetica. In questo caso il valore $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019-2021) risulta pari a 82,23 kWh/m²anno, un valore che si discosta leggermente da quello che era stato ricavato per la situazione iniziale che risultava uguale a 84,05 kWh/m²anno. Questa lieve differenza è dovuta al fatto che il nuovo edificio di riferimento non ha più le stesse caratteristiche tecnico-costruttive dell'immobile di partenza, ma è caratterizzato dai parametri già citati nella tabella 22 a causa dello spessore aggiunto con il cappotto termico alle pareti opache verticali.

Per concludere la trattazione della prestazione energetica dell'edificio riqualificato si riportano infine due tabelle estratte dall'APE-post. Nella prima sono elencati i nuovi consumi di gas naturale, la quantità annua di elettricità autoprodotta consumata e le emissioni di CO₂ espresse in kg/m²anno; nella seconda è visibile un breve resoconto della situazione impiantistica dell'abitazione dopo gli interventi migliorativi realizzati.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia			
	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard	Quantità annua consumata in uso standard
<input type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete		Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} 119.70 kWh/m ² anno
<input checked="" type="checkbox"/>	Gas naturale	1528.07 [m ³]	
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} 2.47 kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico	10307.19	
<input type="checkbox"/>	Solare termico		Emissioni di CO ₂ 22.45 kg/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro:		

Figura 31, prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia estratti dall'APE post-intervento

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI									
Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EPren	EPren
Climatizzazione invernale	1 - Caldaia a condensazione	2021		Gas naturale (metano)	27.50	-	η^H	0.31	101.09
Climatizzazione estiva	1 - HP elettrica aria-aria	2013		Energia elettrica	5.00	-	η^C	2.10	0.00
Produzione acqua calda sanitaria	1 - Caldaia a condensazione	2021		Gas naturale (metano)	27.50	-	η^W	0.06	18.61
Impianti combinati						-			
Produzione da fonti rinnovabili	1 - Impianto fotovoltaico	2021		Energia elettrica	9.66	-			
Ventilazione meccanica						-			
Illuminazione									
Trasporto di persone o cose						-			

Figura 32, dati di dettaglio degli impianti estratti dall'APE post-intervento

Dall'analisi effettuata è stato possibile valutare concretamente i risultati e i miglioramenti ottenibili nelle emissioni e nelle prestazioni di un'abitazione grazie agli interventi di riqualificazione energetica: miglioramenti che probabilmente, senza le misure di incentivazione stanziata dal governo con l'agevolazione Superbonus 110%, non si sarebbero mai verificati o sarebbero stati decisamente più modesti a causa del costo proibitivo dei lavori effettuati, la cui valutazione economica si aggira attorno ai 150000,00 euro. Invece ora grazie all'agevolazione introdotta dal Decreto Rilancio, migliorare le prestazioni della propria abitazione risulta vantaggioso non solo nei

confronti dell'ambiente ma anche da un punto di vista economico, in quanto consente di usufruire di una detrazione fiscale pari al 110% dell'importo speso. Il governo italiano si è mostrato attento alla questione ambientale impegnandosi a rispettare, grazie alle iniziative stanziare, i patti internazionali presi, prima in occasione dell'Accordo di Parigi nel 2015 e poi recentemente nel novembre 2021 alla COP26 di Glasgow, sul taglio delle emissioni dei gas serra e il mantenimento del riscaldamento globale entro limiti accettabili. Lo Stato sta mantenendo le proprie promesse, mettendo a disposizione fondi per effettuare una graduale transizione energetica verso le fonti rinnovabili e a basso impatto ambientale; ora sta ai singoli cittadini prendere le proprie responsabilità e sfruttare gli strumenti che sono stati loro forniti per garantire all'Italia un futuro libero da ogni forma di inquinamento.



Figura 33, edificio prima e dopo gli interventi di riqualificazione effettuati

4.6 Requisiti Decreto Ministeriale 26 giugno 2015

Per poter dare una svolta alla tendenza negativa che si stava verificando nel corso degli anni sul tema dell'efficienza energetica la Comunità Europea ha indicato ai Paesi membri la strada da percorrere con la Direttiva 2002/91/CE "Rendimento energetico nell'edilizia" detta anche EPBD, ovvero Energy Performance Buildings Directive successivamente aggiornata con la Direttiva 2010/31/UE (chiamata anche EPBD2) in vigore dal 9 luglio 2010. L'Italia ha introdotto nel proprio regolamento nazionale le indicazioni delle due direttive attraverso il Decreto Legislativo 192/05 (di recepimento della direttiva 2002/91) e il Decreto Legge 63/13 (di recepimento della direttiva 2010/31), convertito in legge il 3 agosto 2013 dalla Legge 90/13. Ad oggi l'ultimo atto nazionale riguarda la pubblicazione a luglio 2015 del decreto attuativo della Legge 90/13, ovvero il DM 26/6/15. L'evoluzione legislativa in atto però non è conclusa, perché nel maggio 2018 è stato pubblicato un nuovo aggiornamento: si tratta della Direttiva 2018/844/UE che modifica la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia (e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica in generale) [24].

In particolare, con la pubblicazione dei decreti attuativi contenuti nel DM 26/6/15 sono state introdotte delle novità:

- DM requisiti minimi: prescrizioni e requisiti da rispettare nonché definizione dell'edificio ad energia quasi zero;

- Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica: modalità di classificazione e nuovo modello di attestato di certificazione energetica;
- Nuovi modelli per la relazione tecnica.

Fra le novità del D.M. 26/6/15 compare anche l'obbligo di redigere una relazione tecnica, detta "Relazione Legge 10", contenente tutte le informazioni per accertare il rispetto delle verifiche previste. I modelli della nuova relazione tecnica secondo il DM 26/6/15 sono differenziati in funzione dell'ambito di intervento e sono distinti in tre schemi:

- nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo livello, edifici ad energia quasi zero;
- riqualificazione energetica e ristrutturazioni importanti di secondo livello. Costruzioni esistenti con riqualificazione dell'involucro edilizio e di impianti termici;
- riqualificazione degli impianti tecnici.

Il caso in questione viene classificato come una ristrutturazione importante di secondo livello fra gli ambiti di applicazione del D.M. 26/6/15 (All. 1 Art. 1.4.1). In questa casistica rientrano infatti gli interventi in cui c'è una modifica dell'involucro edilizio con un'incidenza maggiore del 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può essere coinvolto l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva [24]. Nel caso in oggetto le verifiche da rispettare in accordo con le regole nazionali sono quelle previste per gli edifici classificati di classe E.1 (1) - abitazioni civili e rurali secondo il DPR 412/93. Per la l'abitazione che si sta analizzando sarà quindi obbligatorio accertarsi che siano verificate le seguenti condizioni:

- $H'_T < H'_{T, \text{limite}}$
dove: H'_T : è il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente ($W/m^2 \cdot K$) (All.1 Art. 3.3 comma 2b.i e Art. 4.2 comma 1b).
 H'_T si calcola come rapporto tra il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro $H_{tr,adj}$ (calcolato secondo UNI/TS 11300-1 ed espresso in W/K) e la sommatoria delle superfici dei componenti opachi e trasparenti costituenti l'intervento ($\sum A_k$ valutata in m^2). Nel caso d'interesse la disuguaglianza risulta verificata in quanto:
$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k} = 0,6794 \leq H'_{T, \text{limite zona D ristrutturazioni importanti 2° livello}} = 0,68 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$
- Trasmittanza strutture opache verticali \leq valori limite
Trasmittanza chiusure tecniche trasparenti o opache \leq valori limite (All.1 Art. 5.2, comma 1 a,b,c, Art. 4.2, comma 1a, Art. 1.4.3 comma 2).
Nella zona climatica di interesse, ossia la D, il valore limite da rispettare per le strutture opache verticali era secondo il D.M. 26/6/15 pari a $0,32 W/m^2 \cdot K$ e per le chiusure tecniche trasparenti pari a $1,80 W/m^2 \cdot K$. Questi valori sono pienamente verificati in quanto per accedere al Superbonus i valori delle trasmittanze concessi e già verificati in precedenza (vedi tabelle trasmittanze cappotto e infissi) erano rispettivamente $0,26 W/m^2 \cdot K$ per le pareti in cui è stato aggiunto il cappotto termico e $1,67 W/m^2 \cdot K$ per gli infissi installati;
- Secondo quanto affermato dalla norma UNI EN ISO 13788, non si formino muffe e ci sia assenza di condensa interstiziale (All. 1 Art. 2.3 comma 2);

Tabella 27, calcolo della temperatura superficiale e della condensa interstiziale secondo la norma UNI EN ISO 13788 per la "Parete Esterna 60 Post"

DEFINIZIONE	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA
Massa di vapore per unità di superficie accumulata in corrispondenza di un'interfaccia	Ma	(kg/m ²)
Resistenza termica specifica	R	(m ² · K/W)
Temperatura	T	(°C)
Fattore di resistenza igroscopica	Mu	
Fattore di temperatura in corrispondenza alla superficie interna	fRsi	
Fattore di temperatura di progetto in corrispondenza alla superficie interna	fRsi,min	
Spessore dello strato corrente	S	(cm)

Parete Esterna 60 Post			
Materiale	Mu	R	S
		(m ² · K/W)	(cm)
Intonaco interno	10	0,014	1
Mattone pieno 1.1.01 (c) 425	9	0,541	42,5
Intonaco esterno	20	0,011	1
Polistirene estruso con pelle	180	3,333	12
Intonaco plastico per cappotto	30	0,033	1
		Totale	Totale
Fattore di qualità = 0,9410		4,102	57,5

Calcolo della condensa										
Mese	Te	URe	Ti	Uri	Pe	Pi	Tmin	Frsi	Gc	Ma
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(kPa)	(kPa)	(°C)		(kg/m ²)	(kg/m ²)
Gennaio	5,4	74	20	65	0,67	1,52	13,8	0,5730		
Febbraio	5,7	66	20	62	0,6	1,44	12,9	0,5000		
Marzo	9,4	64	20	59	0,76	1,38	13,2	0,3620		
Aprile	12,7	64	20	58	0,94	1,36	14,1	0,1850		
Maggio	17,6	57	20	55	1,15	1,29	14,6			
Giugno	21	57	21	57	1,41	1,41	16,2			
Luglio	24,5	52	24,5	52	1,59	1,59	16,9			
Agosto	23,1	56	23,1	56	1,59	1,59	17,3			
Settembre	19,4	64	20	63	1,44	1,47	17,1			
Ottobre	14,5	69	20	63	1,14	1,46	15,7	0,2150		
Novembre	9,8	64	20	59	0,77	1,37	13,2	0,3350		
Dicembre	7,1	74	20	64	0,75	1,5	14,1	0,5410		

Verifiche normative
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
La quantità di condensato è limitata alla quantità rievaporabile
La quantità di condensato non supera i 0.5 kg/m ²
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale

Riepilogo grafico dei mesi

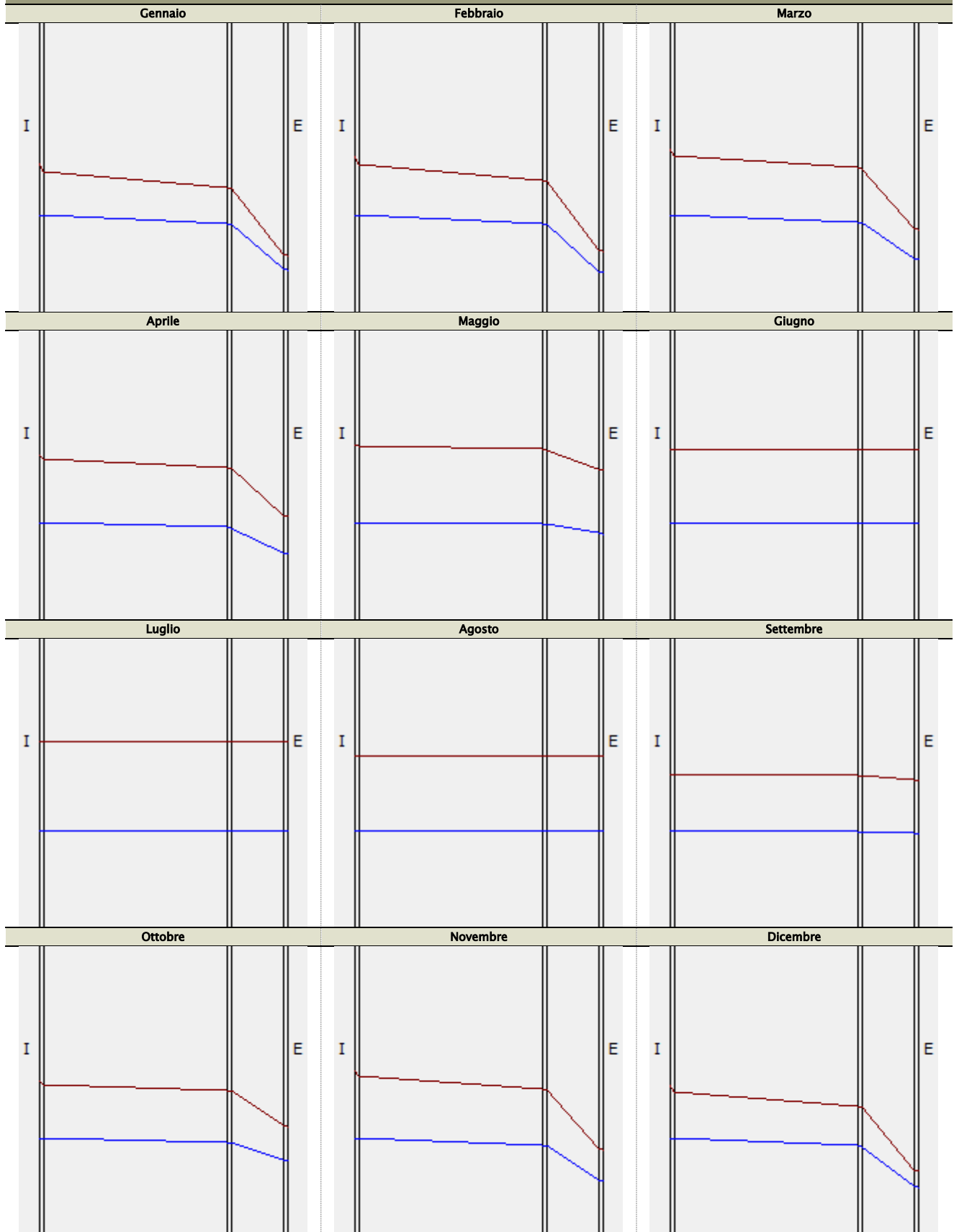


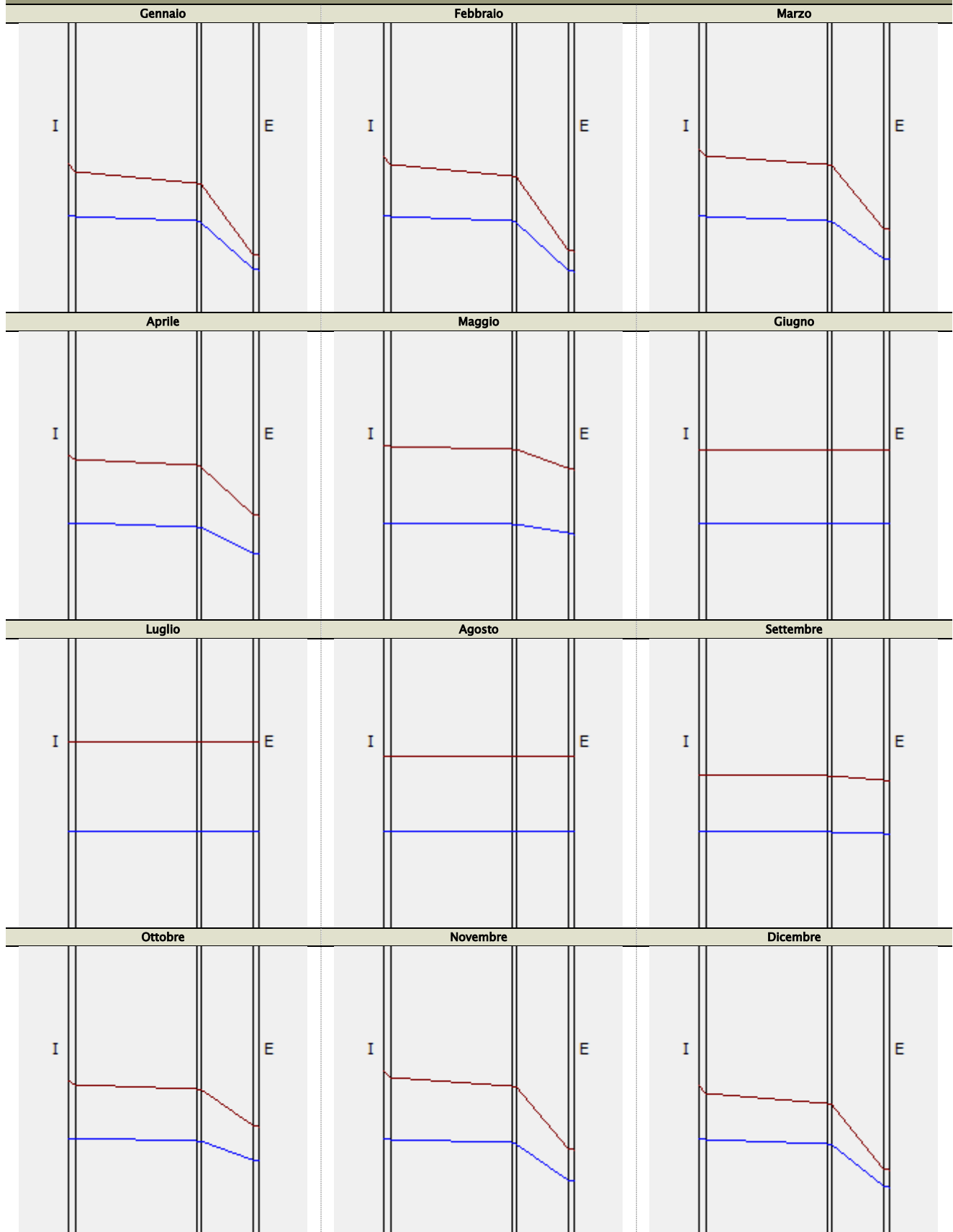
Tabella 28, calcolo della temperatura superficiale e della condensa interstiziale secondo la norma UNI EN ISO 13788 per la "Parete Esterna 45 Post"

Parete Esterna 45 Post			
Materiale	Mu	R	S
		(m ² · K/W)	(cm)
Intonaco interno	10	0,021	1,5
Mattone pieno 1.1.01 (b) 280	9	0,36	28
Intonaco esterno	20	0,011	1
Polistirene estruso con pelle	180	3,333	12
Intonaco plastico per cappotto	30	0,05	1,5
		Totale	Totale
Fattore di qualità = 0,9390		3,945	44

Calcolo della condensa										
Mese	Te	URe	Ti	Uri	Pe	Pi	Tmin	Frsi	Gc	Ma
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(kPa)	(kPa)	(°C)		(kg/m ²)	(kg/m ²)
Gennaio	5,4	74	20	65	0,67	1,52	13,8	0,5730		
Febbraio	5,7	66	20	62	0,6	1,44	12,9	0,5000		
Marzo	9,4	64	20	59	0,76	1,38	13,2	0,3620		
Aprile	12,7	64	20	58	0,94	1,36	14,1	0,1850		
Maggio	17,6	57	20	55	1,15	1,29	14,6			
Giugno	21	57	21	57	1,41	1,41	16,2			
Luglio	24,5	52	24,5	52	1,59	1,59	16,9			
Agosto	23,1	56	23,1	56	1,59	1,59	17,3			
Settembre	19,4	64	20	63	1,44	1,47	17,1			
Ottobre	14,5	69	20	63	1,14	1,46	15,7	0,2150		
Novembre	9,8	64	20	59	0,77	1,37	13,2	0,3350		
Dicembre	7,1	74	20	64	0,75	1,5	14,1	0,5410		

Verifiche normative
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
La quantità di condensato è limitata alla quantità rievaporabile
La quantità di condensato non supera i 0.5 kg/m ²
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale

Riepilogo grafico dei mesi



- Per le chiusure tecniche trasparenti delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno con orientamento Sud, Est e Ovest deve essere verificata la condizione $g_{gl+sh} \leq 0,35$;
dove g_{gl+sh} rappresenta il valore del fattore di trasmissione solare totale della componente finestrata quando la schermatura solare è utilizzata (def. secondo UNI/TS 11300-1).

Tabella 29, fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) delle componenti vetrate esposte nel settore Ovest-Sud-Est

DESCRIZIONE	Fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh})		
	Valore	Limite	Verificata
62x105- Est	0,33	0,35	Si
75x105- Est	0,33	0,35	Si
95x195- Sud	0,29	0,35	Si
80x100- Est	0,33	0,35	Si
130x210- Est	0,33	0,35	Si
130x210- Sud	0,29	0,35	Si
77x108- Sud	0,29	0,35	Si
98x100- Sud	0,29	0,35	Si
75x105- Sud	0,29	0,35	Si

4.7 Detrazioni fiscali ottenute

Le ultime tematiche da analizzare sono le spese sostenute per la realizzazione dei progetti e le detrazioni fiscali ottenute. La normativa superbonus prevede che la detrazione sia riconosciuta con un'aliquota pari al 110%. Per le spese effettuate dal 1° luglio 2020 fino al 31 dicembre 2021 la detrazione è da ripartire tra gli aventi diritto in cinque quote annuali di pari importo, mentre per le spese sostenute nel 2022 in quattro quote annuali di uguale entità.

Il Superbonus prevede inoltre dei limiti di spesa che variano in funzione all'intervento effettuato. Queste limitazioni sono state imposte per evitare che si possa lucrare in modo illecito sulle somme dichiarate in modo da ottenere maggiori detrazioni fiscali. A questo proposito, in ottemperanza al punto 13 dell'allegato A del Decreto Interministeriale 6 agosto 2020, per gli interventi di cui all'art. 119, commi 1 e 2 del Decreto Rilancio, devono essere redatti anche computi metrici estimativi che prevedono il confronto con il prezzario ufficiale in materia di lavori pubblici per verificare che le spese sostenute per ciascun componente degli impianti realizzati siano coerenti con il loro valore di mercato.

Nella trattazione ci si limiterà ad analizzare solamente le spese sostenute dal committente, confrontandole con i limiti di spesa corrispondenti ad ogni intervento svolto e determinando la detrazione fiscale che ne deriva.

Per quanto riguarda gli interventi trainanti effettuati, le spese massime ammissibili sono le seguenti:

- 50.000,00 euro per i lavori relativi al cappotto termico sulle parti opache;

- 30.000,00 euro per i lavori di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti;

Mentre per gli interventi trainati i limiti sono rispettivamente:

- 60.000 € di detrazione massima per unità immobiliare per la sostituzione degli infissi. Dividendo per l'aliquota del 110%, questa corrisponde ad una spesa massima pari a $60.000/1,1 = 54.545,00$ euro;
- 2.400,00 € moltiplicato i kW di potenza installata per l'impianto fotovoltaico. Nel caso in questione la potenza era pari a 9,66 kWp; dunque, ne consegue che la spesa massima consentita su cui calcolare la detrazione è pari a $2.400,00 \cdot 9,66 = 23.184,00$ euro;
- 1.000,00 € moltiplicato per la capacità di accumulo installata per il sistema di accumulo. Quindi, disponendo di una batteria con una capacità pari a 16,00 kWh il limite di spesa sarà di 16.000,00 euro;
- 2.000,00 € per ogni centralina di ricarica di veicoli elettrici installata in edifici unifamiliari. Dato che nel caso d'interesse si ha un'unica colonnina la spesa ammessa sarà di 2.000,00 euro.

Il tutto viene riassunto nella tabella 30 nella quale sono riportate anche le spese effettuate e le detrazioni fiscali risultanti.

Infine occorre ricordare che, come previsto dall'articolo 121 del decreto Rilancio (modificato successivamente dalla Legge di Bilancio 2021 e 2022), i soggetti che negli anni 2020, 2021 e 2022 sostengono spese per gli interventi ammessi al Superbonus possono optare, in luogo dell'utilizzo diretto della detrazione spettante, alternativamente per le seguenti opzioni:

a) un contributo, sotto forma di sconto sul corrispettivo dovuto, di importo massimo non superiore al corrispettivo stesso, anticipato dal fornitore di beni e servizi relativi agli interventi agevolati. Il fornitore recupererà la somma anticipata sotto forma di credito d'imposta di importo pari alla detrazione spettante o, nel caso di sconto "parziale", pari all'importo dello sconto applicato, con facoltà di successive cessioni di tale credito ad altri soggetti, ivi inclusi gli istituti di credito e gli altri intermediari finanziari;

b) la cessione di un credito d'imposta corrispondente alla detrazione spettante, ad altri soggetti, inclusi gli istituti di credito e altri intermediari finanziari, con facoltà di successive cessioni [11].

Nel caso trattato il proprietario ha deciso di usufruire, quando gli è stato possibile, dello sconto in fattura e poi, per la detrazione fiscale disponibile residua, ha sfruttato anche l'opzione della cessione del credito, ottenendo in tal modo un rimborso immediato e quasi totale delle spese effettuate.

Tabella 30, riepilogo interventi e detrazioni fiscali ottenute

RIEPILOGO PER INTERVENTO:

INTERVENTI:	SPESA	LIMITE DI SPESA	SPESA AMMESSA	DETRAZIONE 110%
TRAINANTE: IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	€ 15.768,74	€ 30.000,00	€ 15.768,74	€ 17.345,62
TRAINANTE: ISOLAMENTO A CAPPOTTO	€ 51.019,71	€ 50.000,00	€ 50.000,00	€ 55.000,00
TRAINATO: INFISSI	€ 44.470,83	€ 54.545,00	€ 44.470,83	€ 48.917,91
TRAINATO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO	€ 22.877,65	€ 23.184,00	€ 22.877,65	€ 25.165,42
TRAINATO: SISTEMA DI ACCUMULO	€ 15.526,93	€ 16.000,00	€ 15.526,93	€ 17.079,63
TRAINATO: COLONNINA DI RICARICA AUTO	€ 2.036,66	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.200,00
TOTALE:	€ 151.700,53		€ 150.644,16	€ 165.708,57
TOTALE TRAINANTI:	€ 66.788,46	-	€ 65.768,74	€ 72.345,62
TOTALE TRAINATI:	€ 84.912,07	€ 95.729,00	€ 84.875,41	€ 93.362,95

5. Conclusioni

Dal progetto sulla riqualificazione energetica dell'edificio unifamiliare esaminato risulta evidente perché il Superbonus abbia riscosso così tanto successo fra la popolazione, tanto che al 31 gennaio 2022 risultano più di 107.000 le richieste depositate per l'apertura di cantieri e il totale nazionale degli investimenti ammessi a detrazione ha superato quota 18.300.000.000 euro [25].

Nel caso considerato grazie alle modifiche apportate è stato possibile ridurre enormemente le dispersioni di calore dell'edificio, cambiare il generatore di calore con uno a maggior efficienza, riducendo così di conseguenza le emissioni dei gas serra prodotti nella reazione di combustione ed è stata possibile persino l'installazione di un impianto fotovoltaico completo di sistema di accumulo per l'autoproduzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Come visto, gli interventi agevolabili permettono quindi all'abitazione di effettuare la transizione energetica verso le fonti rinnovabili: il tutto praticamente a costo zero, in quanto le spese sostenute saranno poi rimborsate con il tempo sotto forma di detrazione fiscale, in misura addirittura superiore rispetto all'importo speso.

Se da un lato l'iniziativa del Superbonus 110%, insieme ad altri incentivi quali Ecobonus e Bonus Casa, con le sue continue proroghe (il termine fissato per gli edifici unifamiliari è stato prolungato per i lavori effettuati fino al 31 dicembre 2022) testimonia la volontà del nostro paese di voler rispettare gli accordi internazionali presi al COP26 di Glasgow sulla riduzione della quantità dei gas serra immessi in atmosfera per raggiungere le zero emissioni nel 2050, d'altra parte c'è anche un lato negativo emerso in seguito agli incentivi concessi dallo Stato, grazie ai quali il mercato dell'edilizia ha subito un vero e proprio boom che ha comportato però un eccessivo aumento dei prezzi delle materie prime. Si stima infatti che per effetto del Superbonus ci sia stato un incremento, in media del 50%, dei prezzi dei materiali e delle attrezzature legati all'edilizia (per citarne alcuni si apprezzano rincari pari al 40% per il rame, 80% per il ferro e l'acciaio, 20% per l'alluminio e 30% per il polietilene espanso). Il rincaro dei prezzi delle materie prime è strettamente correlato alla difficoltà di reperire i componenti sul mercato. Questa indisponibilità deriva sicuramente dalle misure restrittive subite negli ultimi anni a causa della pandemia da coronavirus, che ha comportato rallentamenti nella produzione di tutti gli impianti di fabbricazione [26]. Il problema creato da queste dinamiche consiste nel fatto che i lavori vengono spesso programmati e appaltati sulla base di prezziari che, nella fase di passaggio tra la stipula del contratto e l'avvio dei lavori, sono già vecchi e superati a causa del continuo incremento del costo delle materie prime. Ciò ha portato molte imprese ad avere difficoltà nell'avanzamento dei lavori o addirittura a segnalare l'impossibilità di partire per via dell'impossibilità di acquistare il materiale [27].

Un'altra problematica segnalata dagli esperti del settore è la nascita di nuove imprese improvvisate, attratte dalle possibilità offerte dal mercato grazie agli incentivi concessi dallo Stato e alla pressione dei cittadini. Una concorrenza che viene definita sleale e in grado di incidere negativamente sulla qualità dei lavori effettuati. È dunque evidente che per un corretto funzionamento del sistema occorrono più controlli di quelli già presenti, per evitare, come accaduto altre volte in Italia, che uno strumento quasi salvifico come il Superbonus possa tradursi in una beffa.

Appendice A

Caratteristiche termiche dei componenti finestrati ante-intervento

**Caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti opachi
ante-intervento**

Caratteristiche termiche dei ponti termici ante-intervento

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI UNI EN ISO 6946 – UNI EN ISO 10077

Descrizione **Finestra 62x105**

Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.131 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

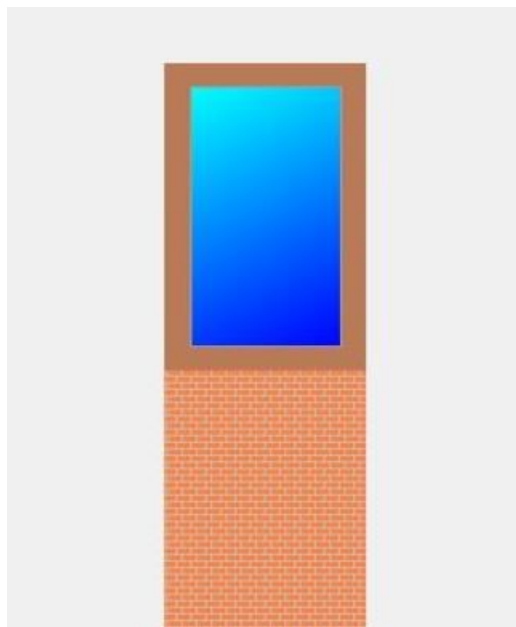
Larghezza	0.62 (m)
Altezza	1.05 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 0.651 (m ²)
Area vetro	A_g 0.409 (m ²)
Area telaio	A_f 0.242 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.63 (-)
Perimetro vetro	L_g 2.700 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.131 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.180 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

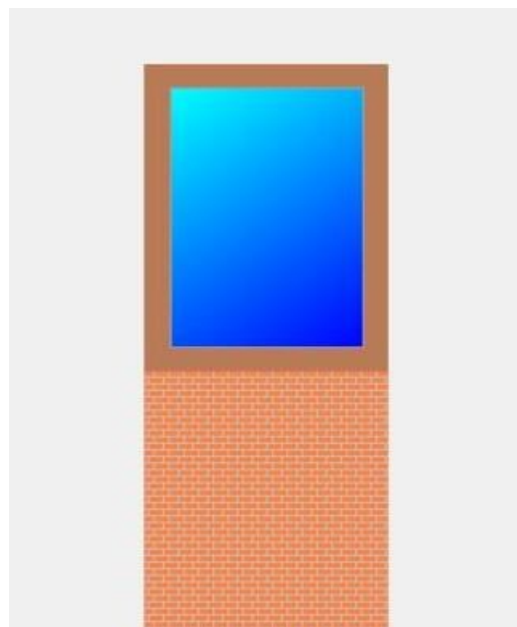
Larghezza	0.75 (m)
Altezza	1.05 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 0.788 (m ²)
Area vetro	A_g 0.525 (m ²)
Area telaio	A_f 0.262 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.67 (-)
Perimetro vetro	L_g 2.960 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.180 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.186 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

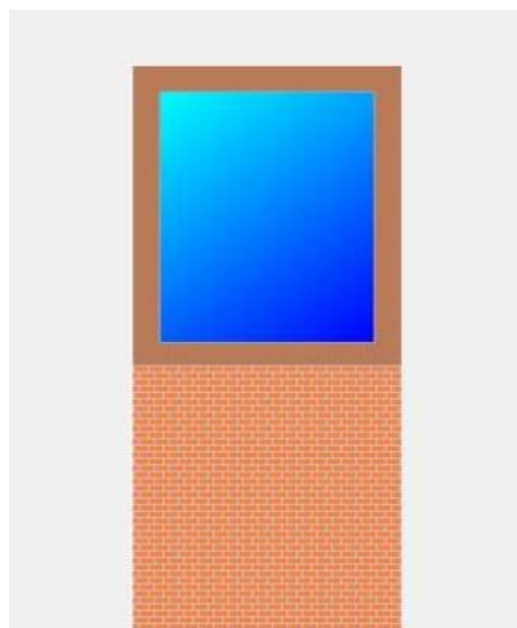
Larghezza	0.80 (m)
Altezza	1.00 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 0.800 (m ²)
Area vetro	A_g 0.538 (m ²)
Area telaio	A_f 0.262 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.67 (-)
Perimetro vetro	L_g 2.960 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.186 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



Descrizione **Finestra 130x210**

Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w 3.314 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f _c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n} 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

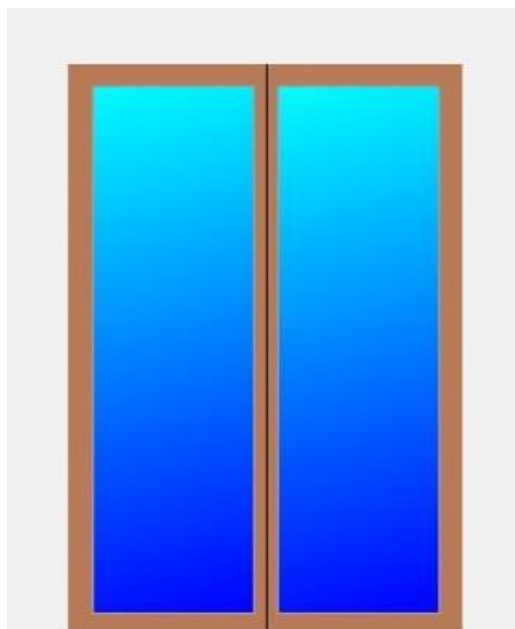
Larghezza	1.30 (m)
Altezza	2.10 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d 0.03 (W/mK)
Area totale	A _w 2.730 (m ²)
Area vetro	A _g 2.056 (m ²)
Area telaio	A _f 0.674 (m ²)
Fattore di forma	F _f 0.75 (-)
Perimetro vetro	L _g 9.880 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.314 (W/m ² K)
----------------------	-------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.190 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

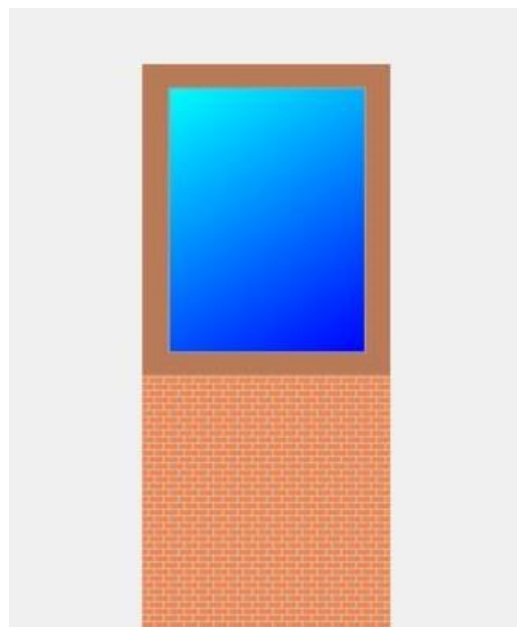
Larghezza	0.77 (m)
Altezza	1.08 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 0.832 (m ²)
Area vetro	A_g 0.561 (m ²)
Area telaio	A_f 0.270 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.67 (-)
Perimetro vetro	L_g 3.060 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.190 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.262 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

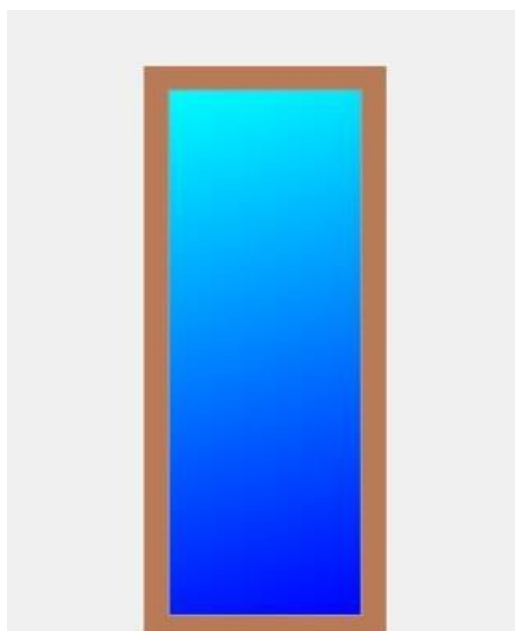
Larghezza	0.77 (m)
Altezza	2.02 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 1.555 (m ²)
Area vetro	A_g 1.135 (m ²)
Area telaio	A_f 0.421 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.73 (-)
Perimetro vetro	L_g 4.940 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.262 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.226 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

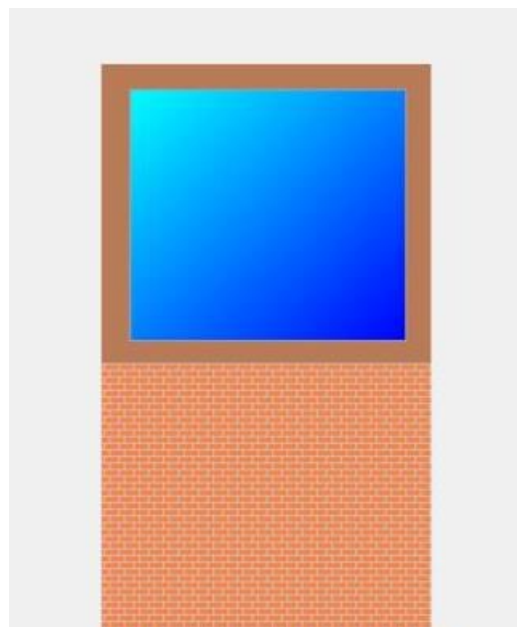
Larghezza	0.98 (m)
Altezza	1.00 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 0.980 (m ²)
Area vetro	A_g 0.689 (m ²)
Area telaio	A_f 0.291 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.70 (-)
Perimetro vetro	L_g 3.320 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.226 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w 3.024 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f _c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n} 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

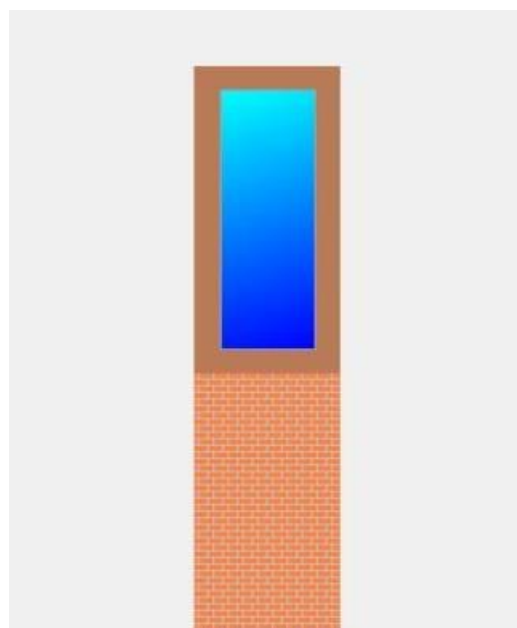
Larghezza	0.45 (m)
Altezza	1.05 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d 0.03 (W/mK)
Area totale	A _w 0.473 (m ²)
Area vetro	A _g 0.258 (m ²)
Area telaio	A _f 0.214 (m ²)
Fattore di forma	F _f 0.55 (-)
Perimetro vetro	L _g 2.360 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U 3.024 (W/m ² K)
----------------------	-------------------------------------



Caratteristiche del serramento

Tipologia	Serramento singolo
Permeabilità	0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w 3.305 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g 3.600 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ 0.837 (-)
Fattore di riduzione schermatura	f_c 0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$ 0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica	0.00 (m ² K/W)
f shut	0.6 (-)

Dimensioni

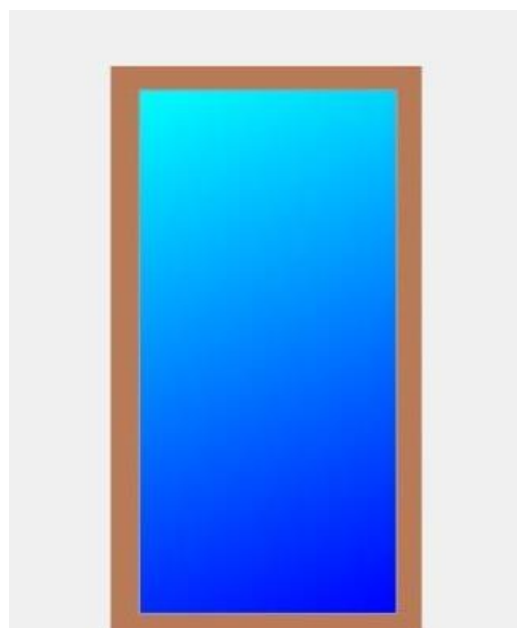
Larghezza	0.95 (m)
Altezza	1.95 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f 2.000 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d 0.03 (W/mK)
Area totale	A_w 1.853 (m ²)
Area vetro	A_g 1.414 (m ²)
Area telaio	A_f 0.438 (m ²)
Fattore di forma	F_f 0.76 (-)
Perimetro vetro	L_g 5.160 (m)

Caratteristiche del modulo

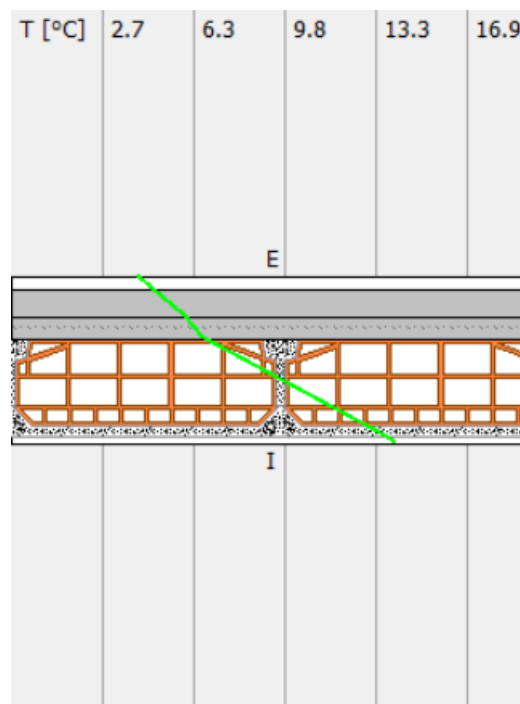
Trasmittanza termica	U 3.305 (W/m ² K)
----------------------	---------------------------------------



CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI UNI EN 12831 – UNI EN ISO 6946 – UNI EN ISO 13370

Descrizione **Solaio Interpiano**

Trasmittanza termica teorica	1.622 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.622 (W/m ² K)
Spessore	30.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	16.502 (10 ⁻)
Massa superficiale (con intonaci)	433.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	415.00 (kg/m ²)



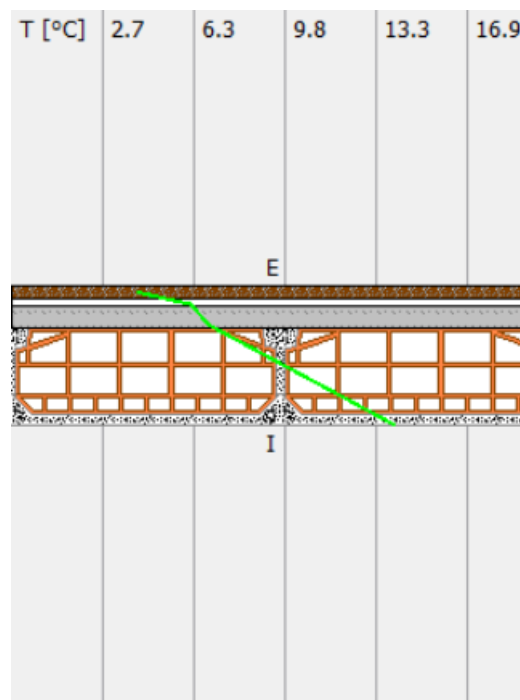
Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.100			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Blocco da solaio 2.1.03i/1 180	18.00		3.330	0.300	950	0.92	9
Calcestruzzo ordinario	4.00	1.280		0.031	2200	0.88	70
Sottofondo in cls magro	5.00	0.930		0.054	2200	0.88	70
Piastrelle	2.00	1.000		0.020	2300	0.84	200
Resistenza superficiale esterna				0.100			

S	Spessore
λ	Conduttività utile di calcolo
C	Conduttanza unitaria
R	Resistenza termica
D	Massa volumica
CT	Capacità termica massica
μ	Resistenza al passaggio del vapore

Descrizione **Copertura**

Trasmittanza termica teorica	1.804 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.804 (W/m ² K)
Spessore	24.10 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	0.978 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	286.20 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	286.20 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.978 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.542 (-)
Sfasamento onda termica	6.3 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.100			
Blocco da solaio 2.1.03i/1 180	18.00		3.330	0.300	950	0.92	9
Calcestruzzo ordinario	4.00	1.280		0.031	2200	0.88	70
Guaina	0.10	0.170		0.006	1200	0.92	2
Tegola	2.00	0.260		0.077	1300	0.88	10000
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

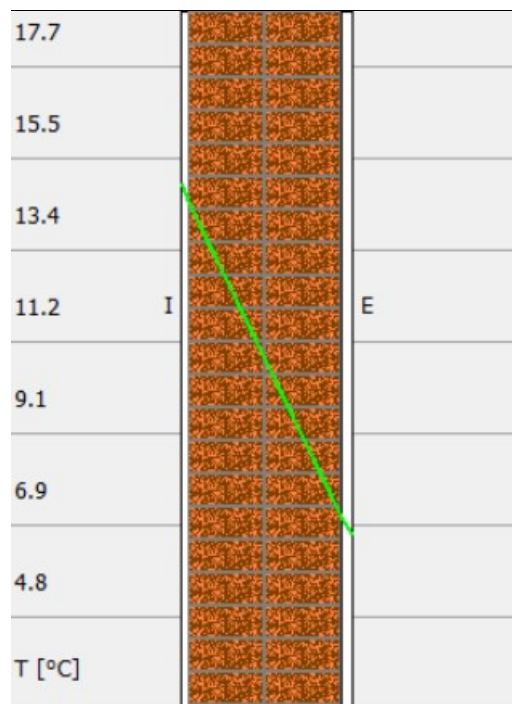
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.6451	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	313.4	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Parete Esterna 30 Ante**

Trasmittanza termica teorica	1.762 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.762 (W/m ² K)
Spessore	31.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	67.340 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	552.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	504.00 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.472 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.268 (-)
Sfasamento onda termica	9.8 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.50	0.700		0.021	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (b) 280	28.00		2.780	0.360	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.50	0.900		0.017	1800	1.00	20
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

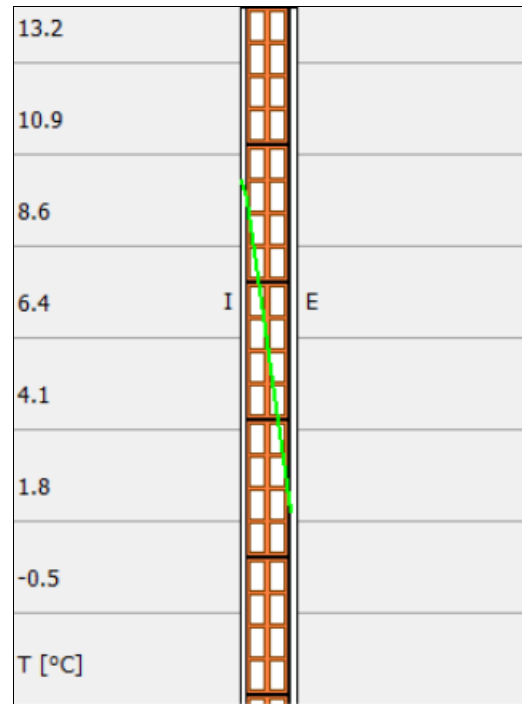
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.6365	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Divisorio**

Trasmittanza termica teorica	<u>2.074</u> (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	<u>0.00</u> (%)
Trasmittanza termica adottata	<u>2.074</u> (W/m ² K)
Spessore	<u>10.00</u> (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	<u>-4.0</u> (°C)
Permeanza	<u>178.571</u> (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	<u>100.00</u> (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	<u>64.00</u> (kg/m ²)



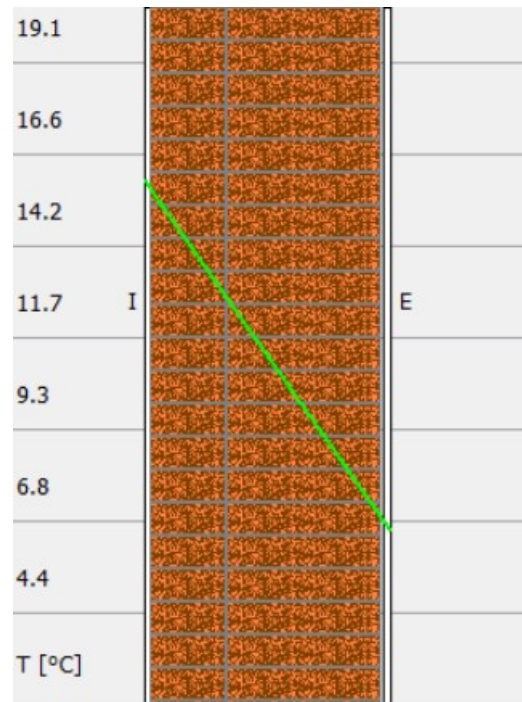
Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Mattoni forati 8	8.00		5.000	0.200	800	1.00	9
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Resistenza superficiale esterna				0.130			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Descrizione **Parete Esterna 45 Ante**

Trasmittanza termica teorica	1.359 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.359 (W/m ² K)
Spessore	44.50 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	48.485 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	797.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	765.00 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.146 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.108 (-)
Sfasamento onda termica	14.3 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.00	0.700		0.014	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (c) 425	42.50		1.850	0.541	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

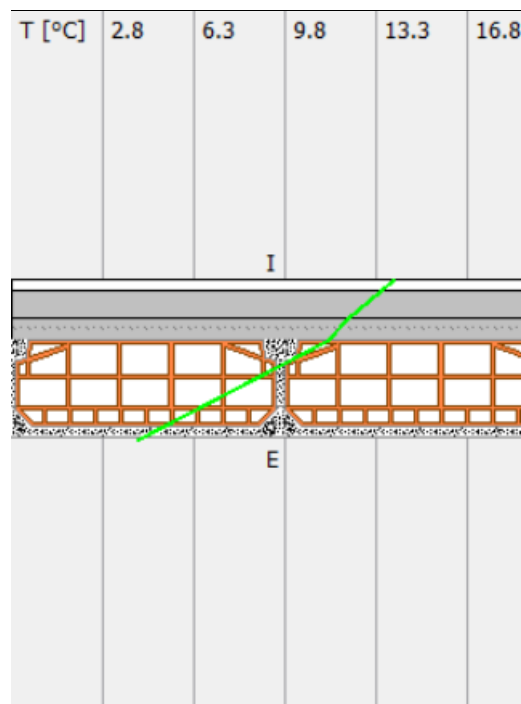
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.7079	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Solaio su terra**

Trasmittanza termica teorica	1.625 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.625 (W/m ² K)
Spessore	29.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	16.779 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	415.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	415.00 (kg/m ²)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.170			
Piastrelle	2.00	1.000		0.020	2300	0.84	200
Sottofondo in cls magro	5.00	0.930		0.054	2200	0.88	70
Calcestruzzo ordinario	4.00	1.280		0.031	2200	0.88	70
Blocco da solaio 2.1.03i/1 180	18.00		3.330	0.300	950	0.92	9
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

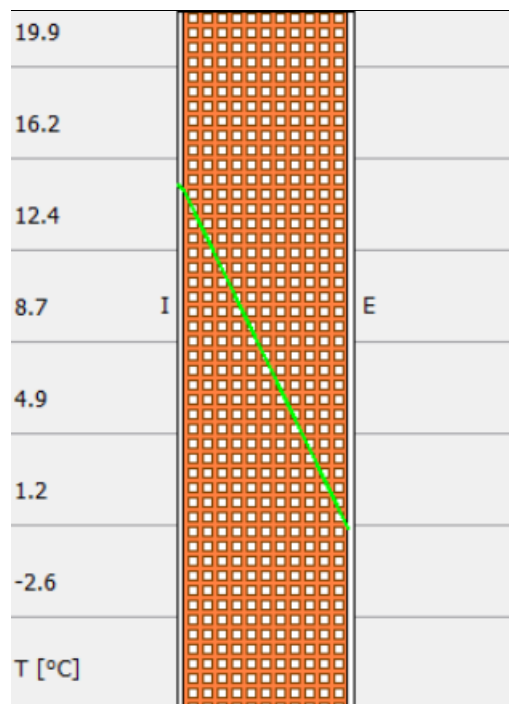
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Aprile			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.6405	≥	1.0000	Negativa

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Aprile			
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Divisorio 35**

Trasmittanza termica teorica	1.021 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.021 (W/m ² K)
Spessore	32.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	90.909 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	396.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	360.00 (kg/m ²)



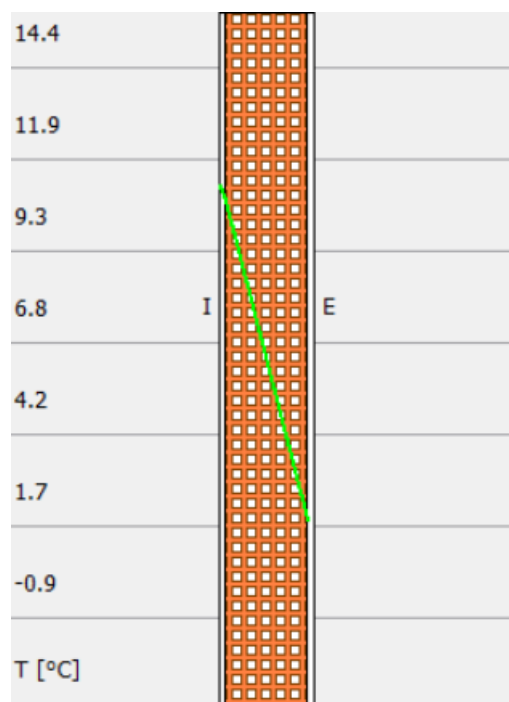
Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Parete interna laterizio 1200	30.00	0.430		0.698	1200	0.84	6
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Resistenza superficiale esterna				0.130			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Descrizione **Parete Esterna 15 Ante**

Trasmittanza termica teorica	2.261 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	2.261 (W/m ² K)
Spessore	17.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	97.561 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	246.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	210.00 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	1.616 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.715 (-)
Sfasamento onda termica	4.5 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Parete esterna laterizio 1400	15.00	0.600		0.250	1400	0.84	11
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.5553	≥	0.5725	Negativa

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI
UNI EN ISO 14683 – UNI EN ISO 10211

Descrizione **Ponte Termico Copertura**

Categoria	Coperture	
Trasmittanza termica lineica esterna	Ψ_{est}	-0.449 (W/mK)
Trasmittanza termica lineica interna	Ψ_{int}	0.956 (W/mK)
Fattore di temperatura	fRsi	-0.371 (-)

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Classe di concentrazione del vapore	810 (Pa)

Verifica della temperatura critica

MESE	Te (°C)	Ti (°C)	Tmin (°C)	Tacc (°C)	VERIFICA
Novembre	9.8	20.0	0.0	13.4	Negativa
Dicembre	7.1	20.0	0.0	14.3	Negativa
Gennaio	5.4	20.0	0.0	14.1	Negativa
Febbraio	5.7	20.0	0.0	13.1	Negativa
Marzo	9.4	20.0	0.0	13.5	Negativa
Aprile	12.7	20.0	0.0	14.2	Negativa

- Te Temperatura media mensile dell'aria
- Ti Temperatura media mensile dell'aria
- Tmin Temperatura superficiale minima
- Tacc Temperatura superficiale minima

Descrizione **Ponte Termico Angolo Esterno**

Categoria	Angoli esterni	
Trasmittanza termica lineica esterna	Ψ_{est}	-1.301 (W/mK)
Trasmittanza termica lineica interna	Ψ_{int}	0.268 (W/mK)
Fattore di temperatura	fRsi	-0.371 (-)

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Classe di concentrazione del vapore	810 (Pa)

Verifica della temperatura critica

MESE	Te (°C)	Ti (°C)	Tmin (°C)	Tacc (°C)	VERIFICA
Novembre	9.8	20.0	0.0	13.4	Negativa
Dicembre	7.1	20.0	0.0	14.3	Negativa
Gennaio	5.4	20.0	0.0	14.1	Negativa
Febbraio	5.7	20.0	0.0	13.1	Negativa
Marzo	9.4	20.0	0.0	13.5	Negativa
Aprile	12.7	20.0	0.0	14.2	Negativa

- Te Temperatura media mensile dell'aria
- Ti Temperatura media mensile dell'aria
- Tmin Temperatura superficiale minima
- Tacc Temperatura superficiale minima

Descrizione **Ponte Termico Solaio Interpiano**

Categoria

Pavimenti interni

Trasmittanza termica lineica esterna Ψ_{est} **0.268** (W/mK)

Trasmittanza termica lineica interna Ψ_{int} **0.765** (W/mK)

Fattore di temperatura fR_{si} **-0.371** (-)

Condizioni al contorno

Temperature esterne

Medie mensili (°C)

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

20.00 (°C)

Classe di concentrazione del vapore

810 (Pa)

Verifica della temperatura critica

MESE	Te (°C)	Ti (°C)	Tmin (°C)	Tacc (°C)	VERIFICA
Novembre	9.8	20.0	0.0	13.4	Negativa
Dicembre	7.1	20.0	0.0	14.3	Negativa
Gennaio	5.4	20.0	0.0	14.1	Negativa
Febbraio	5.7	20.0	0.0	13.1	Negativa
Marzo	9.4	20.0	0.0	13.5	Negativa
Aprile	12.7	20.0	0.0	14.2	Negativa

Te Temperatura media mensile dell'aria

Ti Temperatura media mensile dell'aria

Tmin Temperatura superficiale minima

Tacc Temperatura superficiale minima

Appendice B

Caratteristiche termiche dei componenti finestrati post-intervento

**Caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti opachi
post-intervento**

Caratteristiche termiche dei ponti termici post-intervento

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI UNI EN ISO 6946 – UNI EN ISO 10077

Descrizione **Finestra 62x105**

Caratteristiche del

Tipologia	Serramento singolo	
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U_w	1.240 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U_g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f_c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.00 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

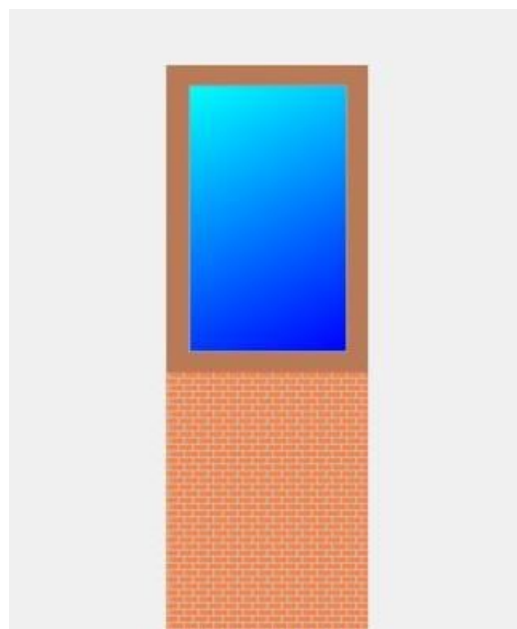
Larghezza		0.62 (m)
Altezza		1.05 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U_f	1.300 (W/m ² K)
K distanziatore	K_d	0.03 (W/mK)
Area totale	A_w	0.651 (m ²)
Area vetro	A_g	0.437 (m ²)
Area telaio	A_f	0.214 (m ²)
Fattore di forma	F_f	0.67 (-)
Perimetro vetro	L_g	2.780 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.240 (W/m ² K)
----------------------	-----	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 75x105**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.240 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

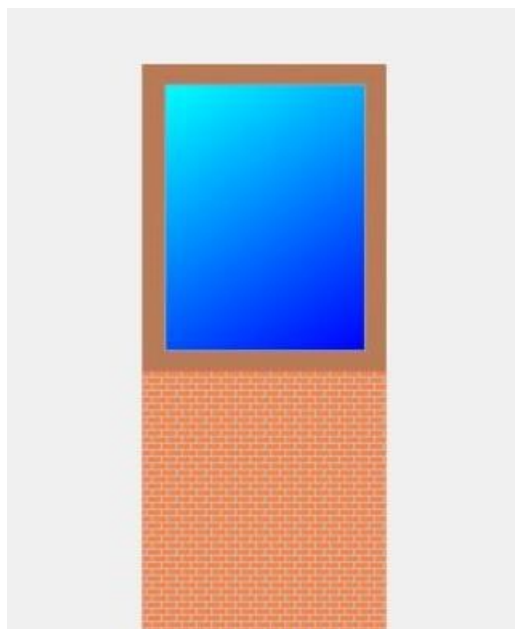
Larghezza		0.75 (m)
Altezza		1.05 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.300 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.04 (W/mK)
Area totale	A _w	0.788 (m ²)
Area vetro	A _g	0.555 (m ²)
Area telaio	A _f	0.232 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.70 (-)
Perimetro vetro	L _g	3.040 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.240 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 74x94**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.240 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

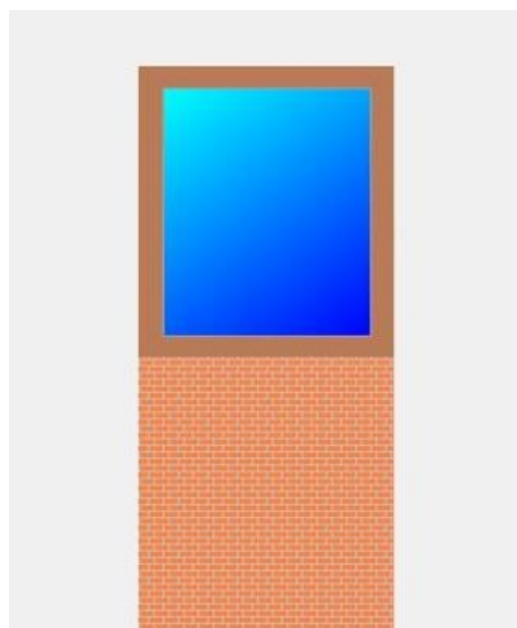
Larghezza		0.74 (m)
Altezza		0.94 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.300 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.04 (W/mK)
Area totale	A _w	0.696 (m ²)
Area vetro	A _g	0.480 (m ²)
Area telaio	A _f	0.216 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.69 (-)
Perimetro vetro	L _g	2.800 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.240 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 124x204**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.220 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

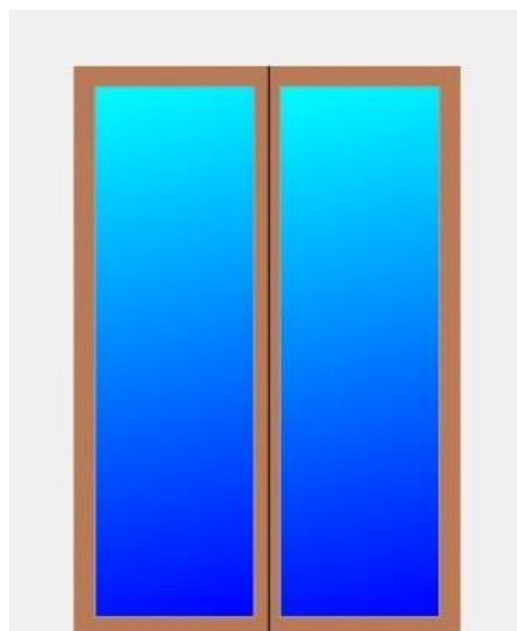
Larghezza		1.24 (m)
Altezza		2.04 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.290 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.04 (W/mK)
Area totale	A _w	2.530 (m ²)
Area vetro	A _g	1.938 (m ²)
Area telaio	A _f	0.592 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.77 (-)
Perimetro vetro	L _g	9.640 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.220 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 71x102**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.240 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

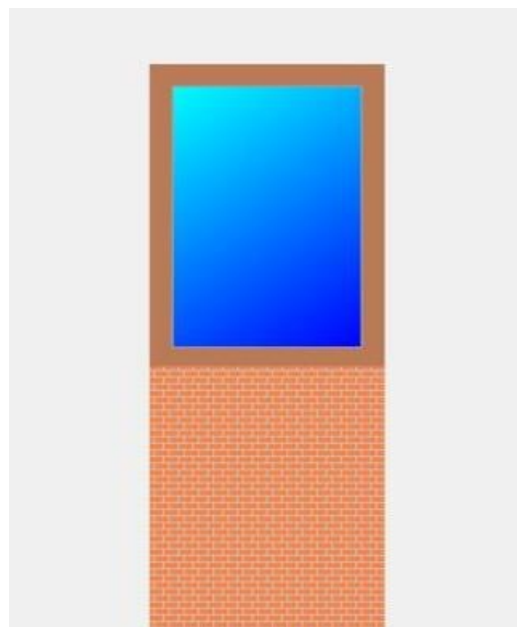
Larghezza		0.71 (m)
Altezza		1.02 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.300 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.04 (W/mK)
Area totale	A _w	0.724 (m ²)
Area vetro	A _g	0.502 (m ²)
Area telaio	A _f	0.223 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.69 (-)
Perimetro vetro	L _g	2.900 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.240 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 71x196**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.170 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.00 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

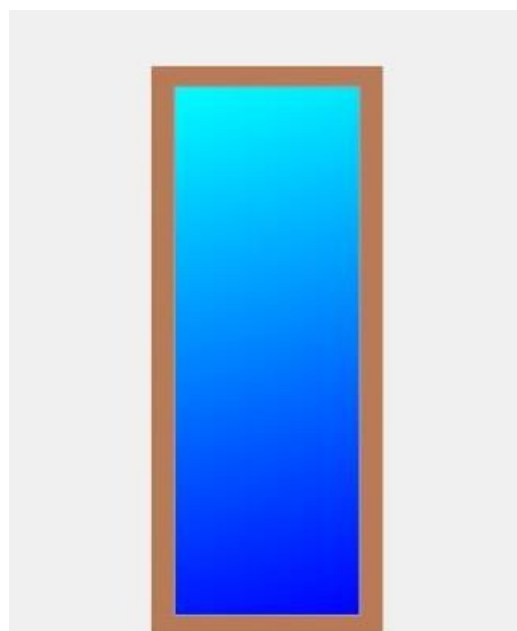
Larghezza		0.71 (m)
Altezza		1.96 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.130 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.04 (W/mK)
Area totale	A _w	1.392 (m ²)
Area vetro	A _g	1.037 (m ²)
Area telaio	A _f	0.354 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.75 (-)
Perimetro vetro	L _g	4.780 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.170 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 92x94**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.240 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

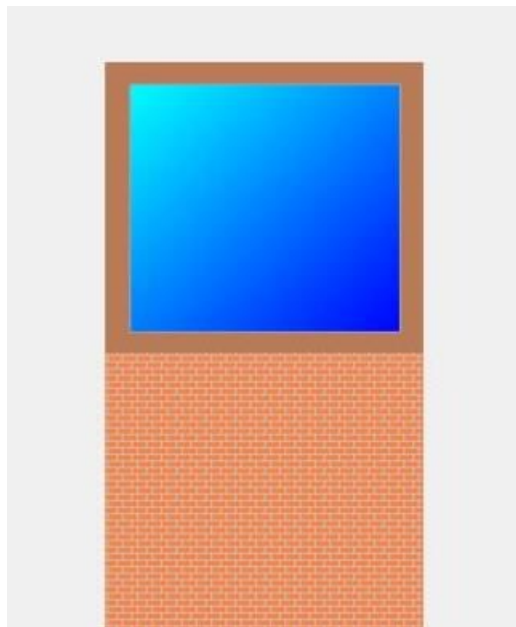
Larghezza		0.92 (m)
Altezza		0.94 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.300 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.04 (W/mK)
Area totale	A _w	0.865 (m ²)
Area vetro	A _g	0.624 (m ²)
Area telaio	A _f	0.241 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.72 (-)
Perimetro vetro	L _g	3.160 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.240 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 39x99**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.240 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

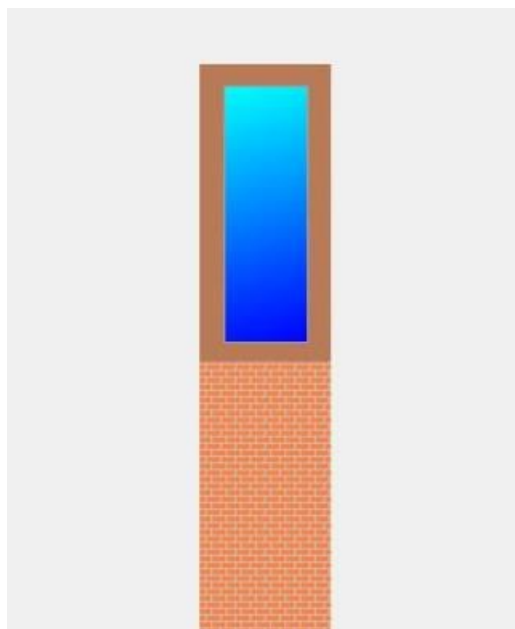
Larghezza		0.39 (m)
Altezza		0.99 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.270 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.02 (W/mK)
Area totale	A _w	0.386 (m ²)
Area vetro	A _g	0.213 (m ²)
Area telaio	A _f	0.174 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.55 (-)
Perimetro vetro	L _g	2.200 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.240 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------



Descrizione **Finestra 89x189**

Caratteristiche del

Tipologia		Serramento singolo
Permeabilità		0.00 (m ³ /h/m ²)
Trasmittanza termica totale	U _w	1.220 (W/m ² K)
Trasmittanza termica solo vetro	U _g	1.000 (W/m ² K)

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ε	0.837 (-)
Fattore di riduzione	f _c	0.50 (-)
Fattore di trasmittanza solare	g _{gl,n}	0.700 (-)

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica		0.10 (m ² K/W)
f shut		0.6 (-)

Dimensioni

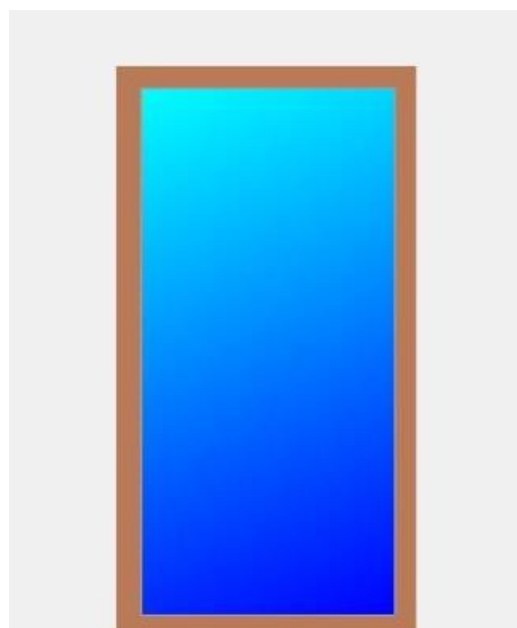
Larghezza		0.89 (m)
Altezza		1.89 (m)

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica	U _f	1.300 (W/m ² K)
K distanziatore	K _d	0.05 (W/mK)
Area totale	A _w	1.682 (m ²)
Area vetro	A _g	1.313 (m ²)
Area telaio	A _f	0.370 (m ²)
Fattore di forma	F _f	0.78 (-)
Perimetro vetro	L _g	5.000 (m)

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica	U	1.220 (W/m ² K)
----------------------	---	-----------------------------------

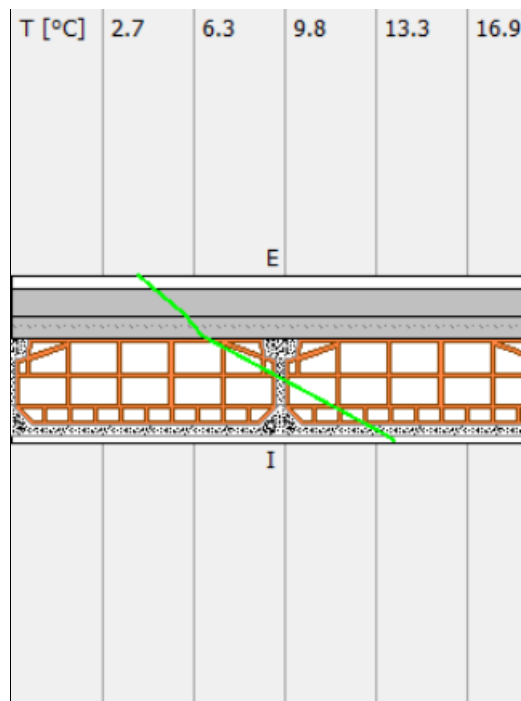


CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

UNI EN 12831 – UNI EN ISO 6946 – UNI EN ISO 13370

Descrizione **Solaio Interpiano**

Trasmittanza termica teorica	1.622 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.622 (W/m ² K)
Spessore	30.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	16.502 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	433.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	415.00 (kg/m ²)



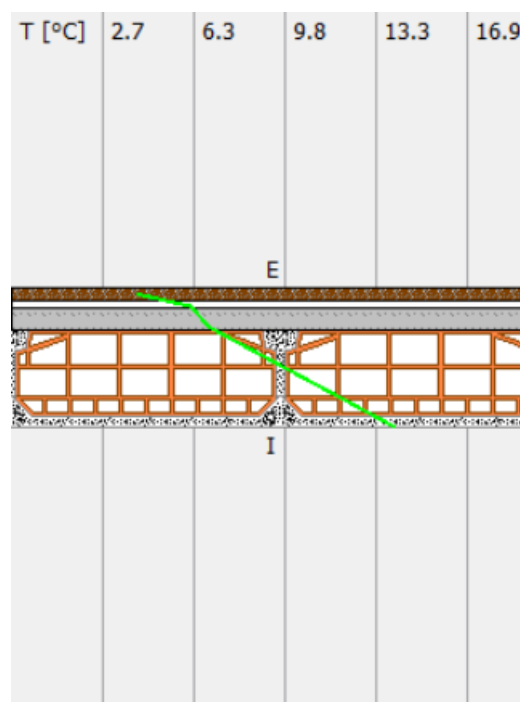
Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.100			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Blocco da solaio 2.1.03i/1 180	18.00		3.330	0.300	950	0.92	9
Calcestruzzo ordinario	4.00	1.280		0.031	2200	0.88	70
Sottofondo in cls magro	5.00	0.930		0.054	2200	0.88	70
Piastrelle	2.00	1.000		0.020	2300	0.84	200
Resistenza superficiale esterna				0.100			

S	Spessore
λ	Conduktività utile di calcolo
C	Conduktivanza unitaria
R	Resistenza termica
D	Massa volumica
CT	Capacità termica massica
μ	Resistenza al passaggio del vapore

Descrizione **Copertura**

Trasmittanza termica teorica	1.804 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.804 (W/m ² K)
Spessore	24.10 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	0.978 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	286.20 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	286.20 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.978 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.542 (-)
Sfasamento onda termica	6.3 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.100			
Blocco da solaio 2.1.03i/1 180	18.00		3.330	0.300	950	0.92	9
Calcestruzzo ordinario	4.00	1.280		0.031	2200	0.88	70
Guaina	0.10	0.170		0.006	1200	0.92	2
Tegola	2.00	0.260		0.077	1300	0.88	10000
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

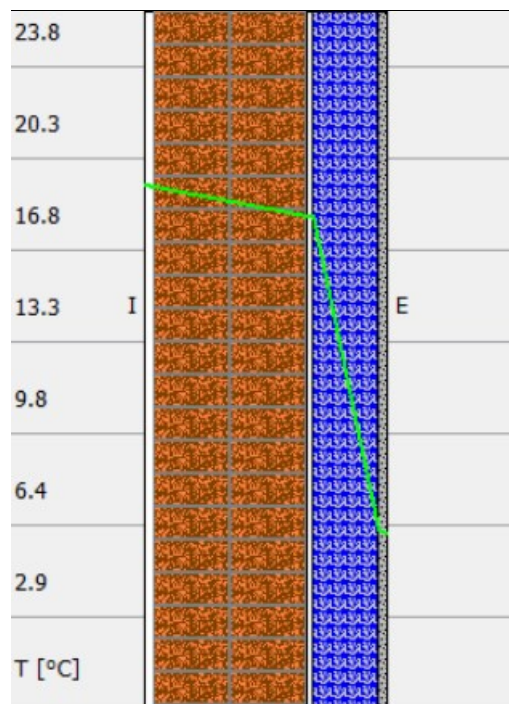
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.6451	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	313.4	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Parete Esterna 45 Post**

Trasmittanza termica teorica	0.223 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.223 (W/m ² K)
Spessore	44.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	8.026 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	566.10 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	507.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.016 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.071 (-)
Sfasamento onda termica	13.0 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.50	0.700		0.021	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (b) 280	28.00		2.780	0.360	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso con pelle	12.00	0.031		3.871	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.50	0.300		0.050	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

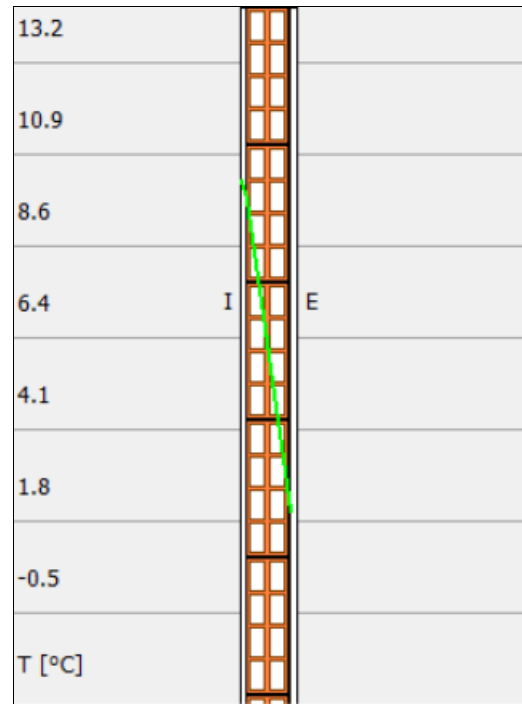
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.9457	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Divisorio**

Trasmittanza termica teorica	<u>2.074</u> (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	<u>0.00</u> (%)
Trasmittanza termica adottata	<u>2.074</u> (W/m ² K)
Spessore	<u>10.00</u> (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	<u>-4.0</u> (°C)
Permeanza	<u>178.571</u> (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	<u>100.00</u> (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	<u>64.00</u> (kg/m ²)



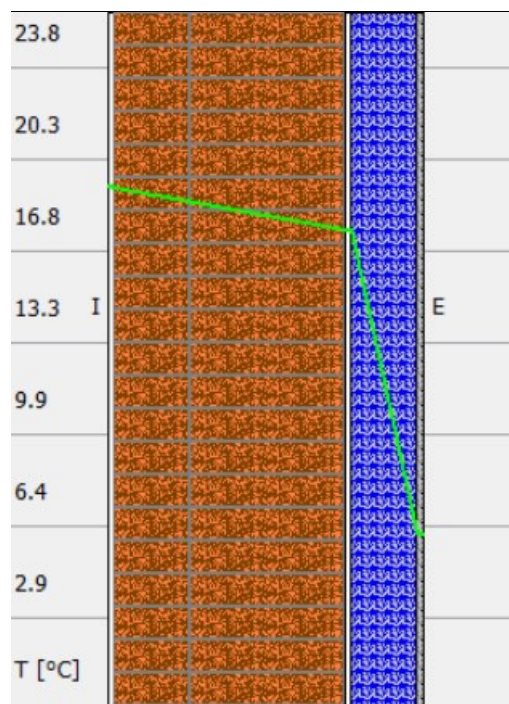
Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Mattoni forati 8	8.00		5.000	0.200	800	1.00	9
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Resistenza superficiale esterna				0.130			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Descrizione **Parete Esterna 60 Post**

Trasmittanza termica teorica	0.216 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.216 (W/m ² K)
Spessore	57.50 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	7.685 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	813.60 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	768.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.005 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.022 (-)
Sfasamento onda termica	17.5 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.00	0.700		0.014	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (c) 425	42.50		1.850	0.541	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso con pelle	12.00	0.031		3.871	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.00	0.300		0.033	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

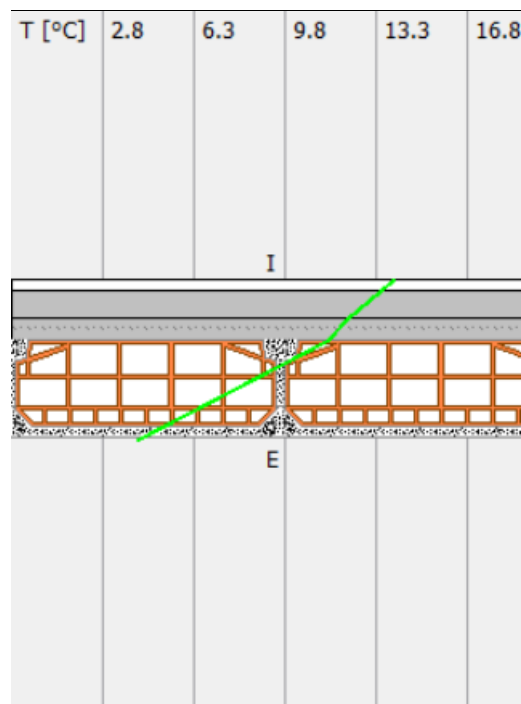
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.9475	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Solaio su terra**

Trasmittanza termica teorica	1.625 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.625 (W/m ² K)
Spessore	29.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	16.779 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	415.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	415.00 (kg/m ²)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.170			
Piastrelle	2.00	1.000		0.020	2300	0.84	200
Sottofondo in cls magro	5.00	0.930		0.054	2200	0.88	70
Calcestruzzo ordinario	4.00	1.280		0.031	2200	0.88	70
Blocco da solaio 2.1.03i/1 180	18.00		3.330	0.300	950	0.92	9
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

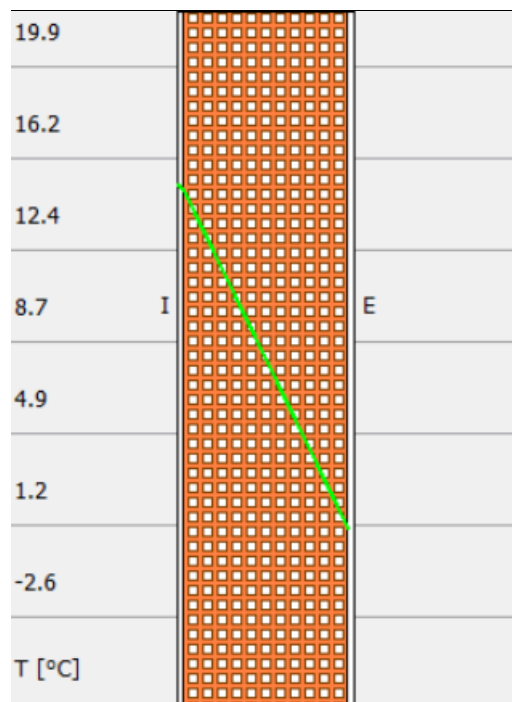
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO:			Aprile			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.6405	≥	1.0000	Negativa

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO:			Aprile			
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Divisorio 35**

Trasmittanza termica teorica	1.021 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	1.021 (W/m ² K)
Spessore	32.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	90.909 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	396.00 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	360.00 (kg/m ²)



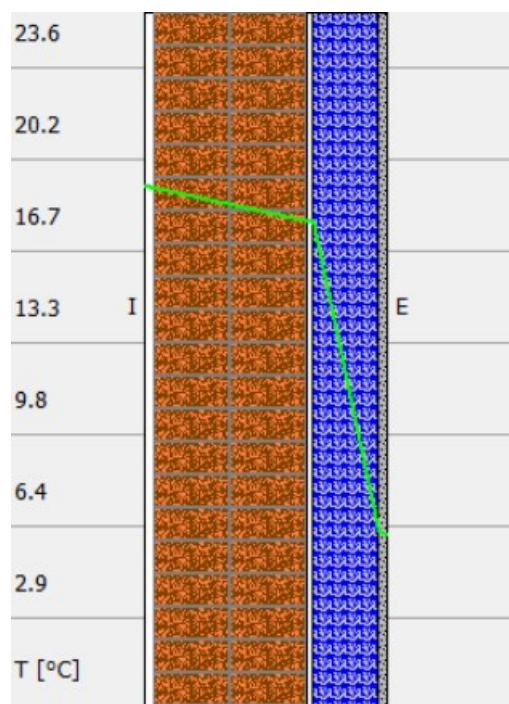
Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Parete interna laterizio 1200	30.00	0.430		0.698	1200	0.84	6
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Resistenza superficiale esterna				0.130			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Descrizione **Zoccolo Isolante 45**

Trasmittanza termica teorica	0.247 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.247 (W/m ² K)
Spessore	44.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	8.026 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	566.10 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	507.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.018 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.072 (-)
Sfasamento onda termica	12.9 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.50	0.700		0.021	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (b) 280	28.00		2.780	0.360	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso	12.00	0.035		3.429	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.50	0.300		0.050	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

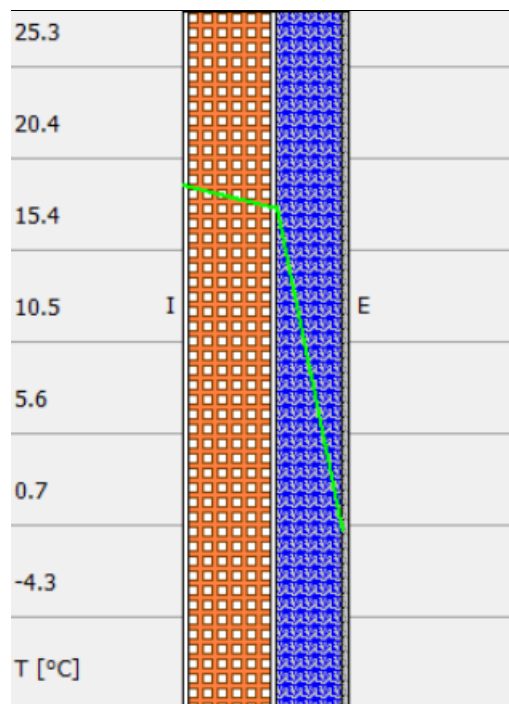
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.9399	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Parete Esterna 30 Post**

Trasmittanza termica teorica	0.230 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.230 (W/m ² K)
Spessore	30.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	8.351 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	262.60 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	213.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.063 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.274 (-)
Sfasamento onda termica	8.1 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Parete esterna laterizio 1400	15.00	0.600		0.250	1400	0.84	11
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso con pelle	12.00	0.031		3.871	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.00	0.300		0.033	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

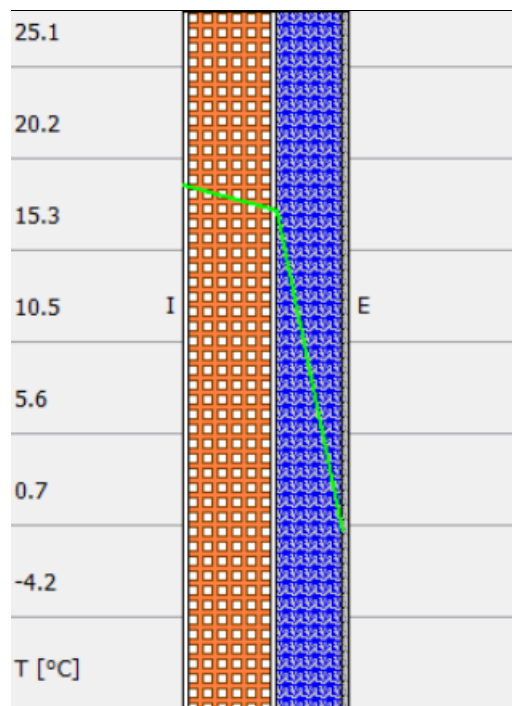
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.9440	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

Descrizione **Zoccolo Isolante 30**

Trasmittanza termica teorica	0.256 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.256 (W/m ² K)
Spessore	30.00 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	8.351 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	262.60 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	213.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.071 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.277 (-)
Sfasamento onda termica	8.0 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Malta di calce o calce cemento	1.00	0.900		0.011	1800	0.91	20
Parete esterna laterizio 1400	15.00	0.600		0.250	1400	0.84	11
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso	12.00	0.035		3.429	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.00	0.300		0.033	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

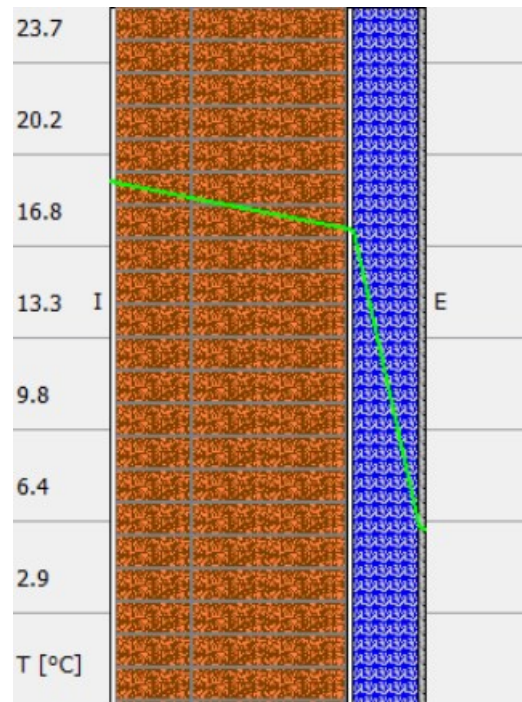
SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.9379	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
			MESE CRITICO: Gennaio			

Descrizione **Zoccolo Isolante 60**

Trasmittanza termica teorica	0.238 (W/m ² K)
Incremento di sicurezza	0.00 (%)
Trasmittanza termica adottata	0.238 (W/m ² K)
Spessore	57.50 (cm)
Temperatura esterna (calcolo della potenza invernale)	-4.0 (°C)
Permeanza	7.685 (10 ⁻¹² kg/sm ² Pa)
Massa superficiale (con intonaci)	813.60 (kg/m ²)
Massa superficiale (senza intonaci)	768.60 (kg/m ²)
Trasmittanza periodica	0.005 (W/m ² K)
Fattore di smorzamento	0.022 (-)
Sfasamento onda termica	17.4 (h)



Stratigrafia

MATERIALE	S (cm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	R (m ² K/W)	D (kg/m ³)	CT (kJ/kgK)	μ (-)
Resistenza superficiale interna				0.130			
Intonaco interno	1.00	0.700		0.014	1400	1.00	10
Mattone pieno 1.1.01 (c) 425	42.50		1.850	0.541	1800	0.92	9
Intonaco esterno	1.00	0.900		0.011	1800	1.00	20
Polistirene estruso	12.00	0.035		3.429	30	1.25	180
Intonaco plastico per cappotto	1.00	0.300		0.033	1300	0.84	30
Resistenza superficiale esterna				0.040			

- S Spessore
- λ Conduttività utile di calcolo
- C Conduttanza unitaria
- R Resistenza termica
- D Massa volumica
- CT Capacità termica massica
- μ Resistenza al passaggio del vapore

Verifica della condensa secondo UNI EN ISO 13788

- La struttura non é soggetta a rischio di formazione di muffe
- La struttura non é soggetta a fenomeni di condensa interstiziale
- La quantità di condensato é limitata alla quantità rievaporabile

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Umidità relativa esterna	Medie mensili (%)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Umidità relativa interna	65.00 (%)
Tipo di edificio (prospetto A.1 UNI EN ISO 13788)	Alloggi con basso indice di affollamento
Classe di umidità interna	0.006 (kg/m ³)

Verifica della condensa superficiale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
fRsi	Fattore di temperatura	(-)	0.9421	≥	0.5725	Positiva

Verifica della condensa interstiziale

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	STRUTTURA		VALORE LIMITE	VERIFICA
MESE CRITICO: Gennaio						
Ma	Quantità di condensa	(g/m ²)	0.0	≤	500.0	Positiva

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

UNI EN ISO 14683 – UNI EN ISO 10211

Descrizione **Ponte Termico Copertura**

Categoria	Coperture	
Trasmittanza termica lineica esterna	Ψ_{est}	0.046 (W/mK)
Trasmittanza termica lineica interna	Ψ_{int}	0.150 (W/mK)
Fattore di temperatura	fRsi	-0.371 (-)

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Classe di concentrazione del vapore	810 (Pa)

Verifica della temperatura critica

MESE	Te (°C)	Ti (°C)	Tmin (°C)	Tacc (°C)	VERIFICA
Novembre	9.8	20.0	0.0	13.4	Negativa
Dicembre	7.1	20.0	0.0	14.3	Negativa
Gennaio	5.4	20.0	0.0	14.1	Negativa
Febbraio	5.7	20.0	0.0	13.1	Negativa
Marzo	9.4	20.0	0.0	13.5	Negativa
Aprile	12.7	20.0	0.0	14.2	Negativa

- Te Temperatura media mensile dell'aria
- Ti Temperatura media mensile dell'aria
- Tmin Temperatura superficiale minima
- Tacc Temperatura superficiale minima

Descrizione **Ponte Termico Angolo Esterno**

Categoria	Angoli esterni	
Trasmittanza termica lineica esterna	Ψ_{est}	-0.095 (W/mK)
Trasmittanza termica lineica interna	Ψ_{int}	0.050 (W/mK)
Fattore di temperatura	fRsi	-0.371 (-)

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Classe di concentrazione del vapore	810 (Pa)

Verifica della temperatura critica

MESE	Te (°C)	Ti (°C)	Tmin (°C)	Tacc (°C)	VERIFICA
Novembre	9.8	20.0	0.0	13.4	Negativa
Dicembre	7.1	20.0	0.0	14.3	Negativa
Gennaio	5.4	20.0	0.0	14.1	Negativa
Febbraio	5.7	20.0	0.0	13.1	Negativa
Marzo	9.4	20.0	0.0	13.5	Negativa
Aprile	12.7	20.0	0.0	14.2	Negativa

- Te Temperatura media mensile dell'aria
Ti Temperatura media mensile dell'aria
Tmin Temperatura superficiale minima
Tacc Temperatura superficiale minima

Descrizione **Ponte Termico Solaio Interpiano**

Categoria	Pavimenti interni	
Trasmittanza termica lineica esterna	Ψ_{est}	0.002 (W/mK)
Trasmittanza termica lineica interna	Ψ_{int}	0.085 (W/mK)
Fattore di temperatura	fRsi	-0.371 (-)

Condizioni al contorno

Temperature esterne	Medie mensili (°C)
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20.00 (°C)
Classe di concentrazione del vapore	810 (Pa)

Verifica della temperatura critica

MESE	Te (°C)	Ti (°C)	Tmin (°C)	Tacc (°C)	VERIFICA
Novembre	9.8	20.0	0.0	13.4	Negativa
Dicembre	7.1	20.0	0.0	14.3	Negativa
Gennaio	5.4	20.0	0.0	14.1	Negativa
Febbraio	5.7	20.0	0.0	13.1	Negativa
Marzo	9.4	20.0	0.0	13.5	Negativa
Aprile	12.7	20.0	0.0	14.2	Negativa

- Te Temperatura media mensile dell'aria
- Ti Temperatura media mensile dell'aria
- Tmin Temperatura superficiale minima
- Tacc Temperatura superficiale minima

Appendice C

**Calcolo delle dispersioni invernali ante-intervento
secondo UNI-EN 12831**

DETTAGLIO AMBIENTI RISCALDATI

DEFINIZIONE	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA
TRASMITTANZA	U	(W/m ² ·K)
TRASMITTANZA LINEICA	U-Lin	(W/m·K)
LUNGHEZZA DEL PONTE TERMICO	Lungh.	(m)
SUPERFICIE NETTA DELLA FRONTIERA	Sup.	(m ²)
INCREMENTO DI SICUREZZA	Inc.	(%)
DIFFERENZA DI TEMPERATURA	ΔT	(°C)
DISPERSIONI TERMICHE	Disp.	(W)

Ambiente: (P1U1)- 1-Camera2		Ui: Immobile					
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	13.53
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	13.53			24.0	658.0
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.89	24.0	10.7
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	4.69	24.0	61.8
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	4.69	24.0	49.5
Esposizione	Nord	Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m ²)	12.19
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 62x105	3.131	0.65			24.0	58.7
Finestra	Finestra 75x105	3.18	0.79			24.0	72.1
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	10.75			24.0	545.6
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	5.74	24.0	22.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	3.37	24.0	46.3
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	3.37	24.0	37.1
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	6.90	24.0	295.6
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	13.39
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	13.39			24.0	622.7
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.85	24.0	10.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	4.69	24.0	59.2
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	4.69	24.0	47.4
Esposizione	Tetto Falda Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.70

Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico Soffitto	Ponte Termico Copertura			0.478	5.33	24.0	70.3
	Copertura	1.804	8.70			24.0	433.2
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	10.23
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico Soffitto	Ponte Termico Copertura			0.478	7.42	24.0	93.5
	Copertura	1.804	10.23			24.0	487.3
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
57.18	0.52	30	24		227.5		
Incremento per intermittenza (%) (W):						1221.39	
Dispersioni (W):						4885.6	
Apporto della ventilazione (W):						0	
TOTALE (W):						4885.6	

Ambiente: (P1U1)- 2-Camera1		Ui: Immobile					
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	10.56
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 75x105	3.18	0.79			24.0	69.1
Parete	Parete Esterna 45 Ante	1.359	9.77			24.0	366.3
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	3.66	24.0	48.2
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	3.66	24.0	38.6
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.89	24.0	10.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	3.60	24.0	147.8
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	10.44
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 75x105	3.18	0.79			24.0	66.1
Parete	Parete Esterna 45 Ante	1.359	9.65			24.0	346.3
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	3.66	24.0	46.1
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	3.66	24.0	36.9
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.85	24.0	10.1
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	3.60	24.0	141.4
Esposizione	Sud	Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	12.19
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	12.19			24.0	515.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	5.74	24.0	18.4

Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.478	4.04	24.0	46.3
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano				0.382	4.04	24.0	37.0
Esposizione	Tetto Falda Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	6.78	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.478	3.66	24.0	48.2
Soffitto	Copertura	1.804	6.78				24.0	337.6
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	7.98	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.478	7.69	24.0	97.0
Soffitto	Copertura	1.804	7.98				24.0	380.0
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)			
44.58	0.45	20	24		177.3			
Incremento per intermittenza (%) (W):								932.77
Dispersioni (W):								3731.1
Apporto della ventilazione (W):								0
TOTALE (W):								3731.1

Ambiente: (P1U1)- 3-BagnoP1				Ui: Immobile				
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	8.40	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Finestra	Finestra 45x105	3.024	0.47				24.0	37.7
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	7.93				24.0	369.0
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.478	2.94	24.0	37.1
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano				0.382	2.94	24.0	29.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi				1.487	3.00	24.0	117.8
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.78	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.478	2.94	24.0	37.1
Soffitto	Copertura	1.804	5.78				24.0	275.1
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)			
17.31	0.58	10	24		68.9			
Incremento per intermittenza (%) (W):								379.27
Dispersioni (W):								1264.2
Apporto della ventilazione (W):								0
TOTALE (W):								1264.2

Ambiente: (P1U1)- 5-Disimpegno				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.13
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 75x105			3.18	0.79			24.0	69.1
Parete	Parete Esterna 45 Ante			1.359	7.34			24.0	275.5
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.58	24.0	34.1
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.382	2.58	24.0	27.3
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					1.487	3.60	24.0	147.8
Esposizione	Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.04
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante			1.762	8.04			24.0	374.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.82	24.0	35.5
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.382	2.82	24.0	28.5
Esposizione	Tetto Falda Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	5.23
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.58	24.0	34.1
Soffitto	Copertura			1.804	5.23			24.0	260.2
Esposizione	Tetto Falda Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	6.15
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.82	24.0	35.5
Soffitto	Copertura			1.804	6.15			24.0	292.8
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)			Dispersione (W)			
34.35	0.44	15	24			136.6			
Incremento per intermittenza (%) (W):								682.91	
Dispersioni (W):								2276.4	
Apporto della ventilazione (W):								0	
TOTALE (W):								2276.4	

Ambiente: (P1U1)- 6-Disimpegno				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.75
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 95x195			3.305	1.66			24.0	151.2
Parete	Parete Esterna 30 Ante			1.762	7.09			24.0	344.5
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.93	24.0	38.6
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.382	2.93	24.0	30.9
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					1.487	5.60	24.0	229.9

Esposizione	Tetto Falda Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.46
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	2.93	24.0	38.6
Soffitto	Copertura	1.804	5.46			24.0	271.9
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	0.35
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Soffitto	Copertura	1.804	0.35			24.0	16.5
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
17.61	0.57	10	24		70.1		
Incremento per intermittenza (%) (W):						465.00	
Dispersioni (W):						1550	
Apporto della ventilazione (W):						0	
TOTALE (W):						1550	

Ambiente: (PTU1)- 2-Salotto			Ui: Immobile				
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	0.19
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 15 Ante	2.261	0.19			24.0	11.6
Esposizione	Nord	Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m²)	1.30
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	1.30			24.0	66.0
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.50	24.0	9.6
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	0.38	24.0	4.2
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	9.99
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 80x100	3.186	0.80			24.0	67.3
Parete	Parete Esterna 15 Ante	2.261	9.19			24.0	548.4
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	5.00	24.0	17.7
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	3.99	24.0	50.4
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	3.60	24.0	141.4
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26	Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m²)	9.91
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra	0.631	9.91			20.0	150.0
Esposizione	Sud	Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	6.33
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	6.33			24.0	267.4
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	2.53	24.0	29.0

Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.134	2.50	24.0	8.0
Esposizione	Tetto piano esterno			Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	9.33
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	6.52	24.0	74.8
Soffitto	Solaio Interpiano			1.622	9.33			24.0	363.4
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)			Dispersione (W)			
24.77	0.40	10	24			98.6			
Incremento per intermittenza (%) (W):								743.98	
Dispersioni (W):								2479.9	
Apporto della ventilazione (W):								0	
TOTALE (W):								2479.9	

Ambiente: (PTU1)- 3-BagnoPT				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.44
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 15 Ante			2.261	4.01			24.0	250.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	1.43	24.0	18.8
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.134	2.50	24.0	9.2
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					1.487	5.32	24.0	218.4
Porta	Porta 75x191			2	1.43			24.0	79.1
Esposizione	Nord			Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.03
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 80x100			3.186	0.80			24.0	73.4
Parete	Parete Esterna 30 Ante			1.762	4.23			24.0	214.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.134	5.00	24.0	19.3
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.01	24.0	27.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					1.487	3.60	24.0	154.2
Esposizione	Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.44
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante			1.762	5.44			24.0	253.0
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.478	2.18	24.0	27.4
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.134	2.50	24.0	8.8
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26			Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m²)	4.37
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra			0.631	4.37			20.0	66.2
Esposizione	Tetto piano esterno			Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	4.37

Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.478	5.61	24.0	64.3
Soffitto	Solaio Interpiano	1.622	4.37			24.0	170.3
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
10.93	0.46	5	24		44.8		
Incremento per intermittenza (%) (W):							662.72
Dispersioni (W):							2209.1
Apporto della ventilazione (W):							0
TOTALE (W):							2209.1

Ambiente: (PTU1)- 5-Soggiorno				Ui: Immobile			
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	21.84
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 130x210	3.314	2.73			24.0	249.7
Finestra	Finestra 77x108	3.19	0.83			24.0	73.2
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	18.28			24.0	888.8
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	8.74	24.0	92.2
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.50	24.0	9.2
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	10.50	24.0	431.1
Esposizione	Nord	Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m ²)	9.40
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 130x210	3.314	2.73			24.0	260.5
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	6.67			24.0	338.4
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	3.76	24.0	41.4
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.50	24.0	9.6
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	6.80	24.0	291.3
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	12.22
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	12.22			24.0	568.2
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	4.89	24.0	49.3
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26	Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m ²)	33.63
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra	0.631	33.63			20.0	509.2
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
84.09	0.54	45	24		342.5		
Incremento per intermittenza (%) (W):							1620.36
Dispersioni (W):							5401.2

Apporto della ventilazione (W):	0
TOTALE (W):	5401.2

Ambiente: (PTU1)- 6-Cucina				Ui: Immobile			
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	14.11
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 98x100	3.226	0.98			24.0	87.3
Parete	Parete Esterna 45 Ante	1.359	13.13			24.0	492.4
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	5.64	24.0	59.6
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.50	24.0	9.2
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	3.96	24.0	162.6
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	14.11
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 77x202	3.262	1.56			24.0	134.0
Parete	Parete Esterna 45 Ante	1.359	12.55			24.0	450.3
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	5.64	24.0	57.0
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	2.50	24.0	8.8
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			1.487	5.58	24.0	219.1
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26	Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m ²)	22.12
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra	0.631	22.12			20.0	334.8
Esposizione	Sud	Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m ²)	9.80
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Ante	1.762	9.80			24.0	414.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.134	5.00	24.0	16.1
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.382	3.92	24.0	36.0
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
55.30	0.54	30	24		223.4		
Incremento per intermittenza (%) (W):							1054.87
Dispersioni (W):							3516.2
Apporto della ventilazione (W):							0
TOTALE (W):							3516.2

Potenze delle zone											
Zona	Aria interna			Aria trattata			Ventilazione				Tot.
	Vol.	Tbs	U.R.	Tbs	U.R.	Portata	Disp	Sens.	Umid.	Appor.	
	(m ³)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(m ³ /h)	(W)	(W)	(W)	(W)	
Zona Climatizzata-Immobile		20.0	65.0				8616.7				8616.7
Zona Riscaldata-Immobile		20.0	65.0				18697.0				18697.0
Totali (W):							27313.7	0.0	0.0	0.0	27313.7

RIEPILOGO PER UNITÀ IMMOBILIARE

Unità immobiliare: Immobile			
Descrizione	Temp. (°C)	Volume (m ³)	Disp.+Vent. (W)
(P1U1)- 1-Camera2	20	57.18	4885.6
(P1U1)- 2-Camera1	20	44.58	3731.1
(P1U1)- 3-BagnoP1	20	17.31	1264.2
(P1U1)- 5-Disimpegno	20	34.35	2276.4
(P1U1)- 6-Disimpegno	20	17.61	1550.0
(PTU1)- 2-Salotto	20	24.77	2479.9
(PTU1)- 3-BagnoPT	20	10.93	2209.1
(PTU1)- 5-Soggiorno	20	84.09	5401.2
(PTU1)- 6-Cucina	20	55.30	3516.2
Totale unità immobiliare:		346.12	27313.7

Appendice D

**Calcolo delle dispersioni invernali post-intervento
secondo UNI-EN 12831**

DETTAGLIO AMBIENTI RISCALDATI

DEFINIZIONE	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA
TRASMITTANZA	U	(W/m ² ·K)
TRASMITTANZA LINEICA	U-Lin	(W/m·K)
LUNGHEZZA DEL PONTE TERMICO	Lungh.	(m)
SUPERFICIE NETTA DELLA FRONTIERA	Sup.	(m ²)
INCREMENTO DI SICUREZZA	Inc.	(%)
DIFFERENZA DI TEMPERATURA	ΔT	(°C)
DISPERSIONI TERMICHE	Disp.	(W)

Ambiente: (P1U1)- 1-Camera2		Ui: Immobile					
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	13.53
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	13.53			24.0	83.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.89	24.0	2.0
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	4.69	24.0	9.7
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	4.69	24.0	5.5
Esposizione	Nord	Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m ²)	12.19
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 62x105	1.24	0.65			24.0	23.2
Finestra	Finestra 75x105	1.24	0.79			24.0	28.1
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	10.75			24.0	69.1
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	5.74	24.0	4.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	3.37	24.0	7.3
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	3.37	24.0	4.1
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	6.90	24.0	5.0
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	13.39
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	13.39			24.0	78.8
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.85	24.0	1.9
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	4.69	24.0	9.3
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	4.69	24.0	5.3
Esposizione	Tetto Falda Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.70

Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico Soffitto	Ponte Termico Copertura			0.075	5.33	24.0	11.0
	Copertura	1.804	8.70			24.0	433.2
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	10.23
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico Soffitto	Ponte Termico Copertura			0.075	7.42	24.0	14.7
	Copertura	1.804	10.23			24.0	487.3
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
57.18	0.52	30	24		227.5		
Incremento per intermittenza (%) (W):							472.01
Dispersioni (W):							1888.1
Apporto della ventilazione (W):							0
TOTALE (W):							1888.1

Ambiente: (P1U1)- 2-Camera1		Ui: Immobile					
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	10.56
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 75x105	1.24	0.79			24.0	26.9
Parete	Parete Esterna 60 Post	0.216	9.77			24.0	58.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	3.66	24.0	7.6
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	3.66	24.0	4.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.89	24.0	2.0
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	3.60	24.0	2.5
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	10.44
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 75x105	1.24	0.79			24.0	25.8
Parete	Parete Esterna 60 Post	0.216	9.65			24.0	54.9
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	3.66	24.0	7.2
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	3.66	24.0	4.1
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.85	24.0	1.9
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	3.60	24.0	2.4
Esposizione	Sud	Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	12.19
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	12.19			24.0	65.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	5.74	24.0	3.4

Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.075	4.04	24.0	7.3
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano				0.043	4.04	24.0	4.1
Esposizione	Tetto Falda Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	6.78	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.075	3.66	24.0	7.6
Soffitto	Copertura	1.804	6.78				24.0	337.6
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	7.98	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.075	7.69	24.0	15.2
Soffitto	Copertura	1.804	7.98				24.0	380.0
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)			
44.58	0.45	20	24		177.3			
Incremento per intermittenza (%) (W):								373.60
Dispersioni (W):								1494.4
Apporto della ventilazione (W):								0
TOTALE (W):								1494.4

Ambiente: (P1U1)- 3-BagnoP1				Ui: Immobile				
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.23	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Finestra	Finestra 39x99	1.24	0.39				24.0	12.6
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	7.84				24.0	46.1
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.075	2.88	24.0	5.7
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano				0.043	2.88	24.0	3.2
Ponte termico	Ponte Termico Infissi				0.025	2.76	24.0	1.8
Esposizione	Tetto Falda Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	5.65	
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.	
Ponte termico	Ponte Termico Copertura				0.075	2.88	24.0	5.7
Soffitto	Copertura	1.804	5.65				24.0	269.0
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)			
16.93	0.59	10	24		67.3			
Incremento per intermittenza (%) (W):								160.51
Dispersioni (W):								535
Apporto della ventilazione (W):								0
TOTALE (W):								535

Ambiente: (P1U1)- 5-Disimpegno				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	7.95
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 75x105			1.24	0.79			24.0	26.9
Parete	Parete Esterna 60 Post			0.216	7.16			24.0	42.6
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	2.52	24.0	5.2
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	2.52	24.0	3.0
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					0.025	3.60	24.0	2.5
Esposizione	Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	7.86
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post			0.223	7.86			24.0	46.3
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	2.75	24.0	5.5
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	2.75	24.0	3.1
Esposizione	Tetto Falda Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	5.11
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	2.52	24.0	5.2
Soffitto	Copertura			1.804	5.11			24.0	254.2
Esposizione	Tetto Falda Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m ²)	6.01
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	2.75	24.0	5.5
Soffitto	Copertura			1.804	6.01			24.0	286.0
Volume (m ³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m ³ /h)	ΔT (°C)			Dispersione (W)			
33.56	0.45	15	24			133.5			
Incremento per intermittenza (%) (W):								319.55	
Dispersioni (W):								1065.2	
Apporto della ventilazione (W):								0	
TOTALE (W):								1065.2	

Ambiente: (P1U1)- 6-Disimpegno				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m ²)	8.75
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 89x189			1.22	1.61			24.0	54.1
Parete	Parete Esterna 45 Post			0.223	7.14			24.0	43.9
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	2.93	24.0	6.1
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	2.93	24.0	3.4
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					0.025	5.48	24.0	3.8

Esposizione	Tetto Falda Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.34
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	2.93	24.0	6.1
Soffitto	Copertura			1.804	5.34			24.0	265.9
Esposizione	Tetto Falda Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	0.34
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Soffitto	Copertura			1.804	0.34			24.0	16.2
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)			Dispersione (W)			
17.22	0.58	10	24			68.5			
Incremento per intermittenza (%) (W):									182.53
Dispersioni (W):									608.4
Apporto della ventilazione (W):									0
TOTALE (W):									608.4

Ambiente: (PTU1)- 2-Salotto				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	0.15
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Post			0.23	0.15			24.0	0.9
Esposizione	Nord			Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m²)	1.30
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post			0.223	1.04			24.0	6.7
Parete	Zoccolo Isolante 45			0.247	0.26			24.0	1.9
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.025	2.50	24.0	1.8
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	0.38	24.0	0.5
Esposizione	Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	9.99
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 74x94			1.24	0.70			24.0	22.8
Parete	Parete Esterna 30 Post			0.23	7.66			24.0	46.5
Parete	Zoccolo Isolante 30			0.256	1.63			24.0	11.0
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.025	5.00	24.0	3.3
Ponte termico	Ponte Termico Copertura					0.075	3.99	24.0	7.9
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					0.025	3.36	24.0	2.2
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26			Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m²)	9.91
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra			0.605	9.91			20.0	143.8
Esposizione	Sud			Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	6.33
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post			0.223	5.06			24.0	27.1

Parete	Zoccolo Isolante 45	0.247	1.27			24.0	7.5
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.50	24.0	1.5
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	2.53	24.0	4.6
Esposizione	Tetto piano esterno	Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	8.83
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	6.52	24.0	11.7
Soffitto	Solaio Interpiano	1.622	8.83			24.0	343.9
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
24.77	0.40	10	24		98.6		
Incremento per intermittenza (%) (W):							290.22
Dispersioni (W):							967.4
Apporto della ventilazione (W):							0
TOTALE (W):							967.4

Ambiente: (PTU1)- 3-BagnoPT		Ui: Immobile					
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.43
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 30 Post	0.23	3.29			24.0	20.9
Parete	Zoccolo Isolante 30	0.256	0.71			24.0	5.0
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	1.43	24.0	3.0
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.50	24.0	1.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	5.32	24.0	3.7
Porta	Porta 75x191	2	1.43			24.0	79.1
Esposizione	Nord	Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.03
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 74x94	1.24	0.70			24.0	24.8
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	3.69			24.0	23.7
Parete	Zoccolo Isolante 45	0.247	0.64			24.0	4.5
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	5.00	24.0	3.6
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	2.01	24.0	4.3
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	3.36	24.0	2.4
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	5.44
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	4.35			24.0	25.6
Parete	Zoccolo Isolante 45	0.247	1.09			24.0	7.1
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.50	24.0	1.6

Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	2.18	24.0	4.3
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26	Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m²)	4.37
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra	0.605	4.37			20.0	63.5
Esposizione	Tetto piano esterno	Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	4.37
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Ponte termico	Ponte Termico Copertura			0.075	5.61	24.0	10.1
Soffitto	Solaio Interpiano	1.622	4.37			24.0	170.3
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)		Dispersione (W)		
10.93	0.46	5	24		45.7		
Incremento per intermittenza (%) (W):							197.01
Dispersioni (W):							656.7
Apporto della ventilazione (W):							0
TOTALE (W):							656.7

Ambiente: (PTU1)- 5-Soggiorno		Ui: Immobile					
Esposizione	Est	Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	21.84
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 124x204	1.22	2.53			24.0	85.2
Finestra	Finestra 71x102	1.24	0.72			24.0	24.8
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	15.20			24.0	93.6
Parete	Zoccolo Isolante 45	0.247	3.39			24.0	23.2
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	8.74	24.0	10.2
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.50	24.0	1.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	10.02	24.0	7.0
Esposizione	Nord	Incr(%)	20	T (°C)	-4.0	S (m²)	9.40
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 124x204	1.22	2.53			24.0	88.9
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	5.61			24.0	36.0
Parete	Zoccolo Isolante 45	0.247	1.26			24.0	9.0
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	3.76	24.0	4.6
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno			0.025	2.50	24.0	1.8
Ponte termico	Ponte Termico Infissi			0.025	6.56	24.0	4.8
Esposizione	Ovest	Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	12.21
Tipo	Descrizione	U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post	0.223	9.77			24.0	57.6
Parete	Zoccolo Isolante 45	0.247	2.44			24.0	16.0

Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	4.89	24.0	5.5
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26			Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m²)	33.63
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra			0.605	33.63			20.0	488.2
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)			Dispersione (W)			
84.09	0.54	45	24			345.3			
Incremento per intermittenza (%) (W):									508.28
Dispersioni (W):									1694.3
Apporto della ventilazione (W):									0
TOTALE (W):									1694.3

Ambiente: (PTU1)- 6-Cucina				Ui: Immobile					
Esposizione	Est			Incr(%)	15	T (°C)	-4.0	S (m²)	14.10
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 92x94			1.24	0.86			24.0	29.6
Parete	Parete Esterna 60 Post			0.216	10.88			24.0	64.7
Parete	Zoccolo Isolante 60			0.238	2.36			24.0	15.5
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	5.64	24.0	6.6
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.025	2.50	24.0	1.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					0.025	3.72	24.0	2.6
Esposizione	Ovest			Incr(%)	10	T (°C)	-4.0	S (m²)	14.11
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Finestra	Finestra 71x196			1.17	1.39			24.0	43.0
Parete	Parete Esterna 60 Post			0.216	10.25			24.0	58.3
Parete	Zoccolo Isolante 60			0.238	2.47			24.0	15.5
Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano					0.043	5.64	24.0	6.3
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.025	2.50	24.0	1.7
Ponte termico	Ponte Termico Infissi					0.025	5.34	24.0	3.6
Esposizione	Pavim. su terreno 13-26			Incr(%)	0	T (°C)	0.0	S (m²)	22.12
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Pavimento	Solaio su terra			0.605	22.12			20.0	321.0
Esposizione	Sud			Incr(%)	0	T (°C)	-4.0	S (m²)	9.80
Tipo	Descrizione			U	Sup.	U-Lin	Lung.	ΔT	Disp.
Parete	Parete Esterna 45 Post			0.223	7.84			24.0	42.0
Parete	Zoccolo Isolante 45			0.247	1.96			24.0	11.6
Ponte termico	Ponte Termico Angolo Esterno					0.025	5.00	24.0	3.0

Ponte termico	Ponte Termico Solaio Interpiano			0.043	3.92	24.0	4.0
Volume (m³)	Infiltrazione (Vol/h)	Portata d'aria (m³/h)	ΔT (°C)	Dispersione (W)			
55.30	0.54	30	24	224.0			
Incremento per intermittenza (%) (W):				333.38			
Dispersioni (W):				1111.3			
Apporto della ventilazione (W):				0			
TOTALE (W):				1111.3			

Potenze delle zone											
Zona	Aria interna			Aria trattata			Ventilazione				
	Vol.	Tbs	U.R.	Tbs	U.R.	Portata	Disp	Sens.	Umid.	Appor.	Tot.
	(m³)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(m³/h)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)
Zona Climatizzata-Immibile		20.0	65.0				3382.5				3382.5
Zona Riscaldata-Immibile		20.0	65.0				6638.3				6638.3
Totali (W):							10020.8	0.0	0.0	0.0	10020.8

RIEPILOGO PER UNITÀ IMMOBILIARE

Unità immobiliare: Immobile			
Descrizione	Temp. (°C)	Volume (m³)	Disp.+Vent. (W)
(P1U1)- 1-Camera2	20	57.18	1888.1
(P1U1)- 2-Camera1	20	44.58	1494.4
(P1U1)- 3-BagnoP1	20	16.93	535.0
(P1U1)- 5-Disimpegno	20	33.56	1065.2
(P1U1)- 6-Disimpegno	20	17.22	608.4
(PTU1)- 2-Salotto	20	24.77	967.4
(PTU1)- 3-BagnoPT	20	10.93	656.7
(PTU1)- 5-Soggiorno	20	84.09	1694.3
(PTU1)- 6-Cucina	20	55.30	1111.3
Totale unità immobiliare:		344.56	10020.7

Bibliografia

- [1] Greenpeace, (08/01/2020), Incendi in Australia, ecco come sono collegati ai cambiamenti climatici. https://www.greenpeace.org/italy/storia/6750/incendi-in-australia-ecco-come-sono-collegati-ai-cambiamenti-climatici/?gclid=Cj0KCQiA2NaNBhDvARIsAEw55hhU2GI06PeD1ewKQgw_bnPCqBOS3wwqgD4z45R96gCK6dNqdia5fIQaAnWuEALw_wcB
- [2] la Repubblica, (16/07/2021), Gli incendi devastano il Nord America. https://www.repubblica.it/green-and-blue/2021/07/16/news/gli_incendi_devastano_il_nord_america_e_il_peggio_deve_arrivare-310552365/
- [3] UNFCCC, (12/12/2015), Accordo di Parigi. <https://unfccc.int/process-andmeetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- [4] RaiNews, (14/11/2021), Cop26: approvato il testo sul clima, ma l'accordo è "annacquato". https://www.rainews.it/archivio-rainews/articoli/cop26-sharma-bozza-equilibrata-momento-della-verita-decisione-0ab5ff4f-b15f-45aa-8a4f-9e56132a442e.html?refresh_ce
- [5] Palmieri, E. L. & Parotto, M. #Terra. Zanichelli, 2017.
- [6] ENEL Green Power, Il cambiamento climatico: le cause, gli effetti, i rimedi. <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/transizione-energetica/cambiamento-climatico-cause-conseguenze>
- [7] WWF, Cambiamenti climatici. https://www.wwf.it/cosa-facciamo/clima/cambiamenti-climatici/?utm_source=google&utm_medium=cpc_grant&utm_campaign=15024844931&ad_group=125590187261&match_type=&device=c&keyword=&utm_term=&gclid=Cj0KCQiA2NaNBhDvARIsAEw55hhZUadh3p-1v7FMGgumcL0SkUKQz-uGcFfX9Jy6PafBrW_B8U2ytQoaAoEFEALw_wcB
- [8] Tarbuck, E. J. & Lutgens, F. K. Elementi di scienze della terra. Pearson, 2013.
- [9] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). <https://climate.nasa.gov/>
- [10] Agenzia delle Entrate, Superbonus 110%. <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/superbonus-110%25>
- [11] l'Agenzia informa, Superbonus 110%, Agenzia delle Entrate. https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Guida_Superbonus_110%25.pdf/21e9100a-9d7e-f582-4f76-2edcf1797e99
- [12] Guida Bonus 110%, ANIT Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e Acustico. <https://www.anit.it/pubblicazione/guida-anit-bonus-110/>
- [13] La situazione energetica nazionale nel 2020, (07/2021), Ministero della Transizione Ecologica. https://dgsaie.mise.gov.it/pub/sen/relazioni/relazione_annuale_situazione_energetica_nazionale_dati_2020.pdf

- [14] European Commission, A European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
- [15] GSE (20/04/2021). Fonti rinnovabili in Italia e in Europa – 2019. https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/GSE%20-%20Fonti%20rinnovabili%20in%20Italia%20e%20in%20Europa%20-%202019.pdf
- [16] La situazione energetica nazionale nel 2020, (07/2021), Ministero della Transizione Ecologica. https://dgsaie.mise.gov.it/pub/sen/relazioni/relazione_annuale_situazione_energetica_nazionale_dati_2020.pdf
- [17] G. Coccia. (A.A 2020/2021) Dispense del corso di impianti termotecnici: Termofisica degli edifici & Impianti di Riscaldamento
- [18] Bettanini, E. & Brunello, P. Lezioni di impianti tecnici. Volume primo. Cleup, 1991.
- [19] Sistemi ibridi compatti, Immergas. <https://www.immergas.com/imp/007BM/TRIO%20V2-SISTEMI%20IBRIDI-S227.pdf>
- [20] Idraulica Caleffi 35, 2008.
- [21] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana Serie Generale n. 246 (5/10/2020). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/10/05/246/sg/pdf>
- [22] ENEA nota sulla prestazione dei materiali isolanti aggiornata al 2 dicembre 2020 https://www.energiaenergetica.enea.it/images/detrazioni/Avvisi/NOTA_ENEA_MATERIALI_ISOLANTI_101220.pdf
- [23] Chiusure oscuranti, ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. <https://strumenti-detrazionifiscali.enea.it/index.php/chiusure-oscuranti>
- [24] Efficienza e certificazione energetica degli edifici, ANIT Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e Acustico. <https://www.anit.it/pubblicazione/guida-anit-nazionale/>
- [25] Dati di utilizzo del Superbonus 110%, ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. <https://www.energiaenergetica.enea.it/detrazioni-fiscali/superbonus/risultati-superbonus.html>
- [26] Edilizia.com, (14/09/2021), Rincarare materie prime pone un freno all'edilizia: cantieri e superbonus in pericolo. <https://www.edilizia.com/economia-finanza/rincarare-materie-prime-pone-un-freno-edilizia-cantieri-e-superbonus-in-pericolo/>
- [27] il Giornale.it, (03/09/2021), Superbonus, scatta l'allarme: "Fa schizzare i prezzi". <https://amp.ilgiornale.it/news/economia/ecco-tutti-ostacoli-superbonus-1972620.html>

Ringraziamenti

Volevo ringraziare tutte le persone che hanno creduto in me e mi sono state vicine in questo percorso, in particolar modo:

Ringrazio tutti gli amici con cui ho trascorso e condiviso questi anni;

Ringrazio tutti gli zii e i cugini con quali ho sempre avuto un bellissimo rapporto;

Ringrazio Nonna Alda e tutti i nonni che non ci sono più e hanno assistito a questo traguardo proteggendomi dall'alto;

Ringrazio Ilaria che mi ha sempre amato e affiancato anche nei momenti più difficili;

Ringrazio mia sorella Giorgia alla quale auguro una carriera accademica una vita ancor migliore della mia;

Ringrazio mamma e papà che mi hanno educato e cresciuto con amore e gioia dal primo giorno della mia vita;

Infine, ringrazio me stesso, per essermi sempre riuscito a rialzare dopo ogni brutta caduta, per aver sempre affrontato a testa alta i problemi che la vita mi ha messo di fronte, per aver imparato a ridere nelle disgrazie e a vedere la luce in mezzo al buio pesto.

A tutti, Grazie.