POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

Calcolo della prestazione energetica nella ristrutturazione di edifici residenziali.

Confronto tra la specifica tecnica UNI/TS 11300-1 e il Passive House Planning Package.

Relatori:
Prof. Vincenzo Corrado
Prof. Carlo Caldera
Correlatori:
Arch. Giovanni Murano
Dr. Phys. Francesco Nesi

Candidata:
Elide Cappellero

Luglio 2018

Sommario

Il lavoro di tesi si pone l'obiettivo di confrontare l'approccio della normativa tecnica italiana e dello Standard Passivhaus per quanto riguarda il calcolo della prestazione energetica degli edifici nell'ottica della loro trasformazione in patrimonio edilizio ad altissima efficienza energetica. Lo studio è articolato in cinque capitoli.

Il primo capitolo è l'introduzione, in cui i due approcci analizzati vengono presentati. Sono qui descritti i due modelli di calcolo studiati, la normativa tecnica nazionale UNI/TS 11300-1 e il software di calcolo Passive House Planning Package (PHPP), e i criteri che ciascun modello adotta per la ristrutturazione in modo da migliorare la prestazione energetica dell'edificio esistente, rispettivamente il decreto requisiti minimi e lo standard EnerPHit. Questi ultimi vengono messi a confronto per capire come ristrutturare l'edificio per rispettarli entrambi.

Il secondo capitolo affronta il confronto tra i modelli di calcolo. Esso mette a confronto le procedure di calcolo secondo i due approcci, la scelta dei dati di ingresso e la determinazione dei dati di ingresso precalcolati sottolineandone le differenze.

Nel terzo capitolo si passa all'applicazione dei modelli di calcolo studiati. Viene presentato il caso studio scelto su cui progettare un intervento di ristrutturazione dal punto di vista energetico. Si tratta di un edificio residenziale multifamiliare degli anni sessanta sito a Savigliano (CN). Di questo edificio viene valutato il fabbisogno energetico ideale prima e dopo l'intervento di ristrutturazione.

Al capitolo successivo, il quarto vengono discussi tutti i risultati ottenuti in maniera critica. Dal confronto dei risultati del fabbisogno per l'edificio esistente e ristrutturato attraverso le due metodologie di calcolo, si passa a confrontare i diversi risultati parziali della procedura di calcolo. In questo modo è possibile andare a evidenziare quali differenze tra i modelli incidono di più sulla valutazione della prestazione energetica dell'edificio.

Infine, all'interno del capitolo conclusivo vengono messi in evidenza i risultati più significativi della ricerca, analizzando come questi possano essere utilizzati e quali altri studi si possano effettuare per approfondire questo tema.

Indice

SOMMARIO **3**

1. INTRODUZIONE **6**

1.1 Obiettivo del lavoro **7**

1.2 Modelli di calcolo **8**
1.2.1 UNI/TS 11300-1:2014 9
1.2.2 Passive House Planning Package (PHPP) 10

1.3 Criteri per la ristrutturazione **12**
1.3.1 Decreto Requisiti minimi 12
1.3.2 Standard EnerPHit 17
1.3.3 Differenze tra i criteri 19

2. CONFRONTO TRA I MODELLI DI CALCOLO **20**

2.1 Procedura di calcolo **20**

2.2 Condizioni al contorno **33**
2.2.1 Caratteristiche tipologiche dell'edificio 33
2.2.2 Caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio 34
2.2.3 Ventilazione 40
2.2.4 Dati climatici 44
2.2.5 Modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio 44

2.3 Dati precalcolati **48**

2.4 Riassunto dell'analisi di confronto **54**

3. APPLICAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO **56**

3.1 Opzioni per la congruenza dei modelli **56**

3.2 Caso studio **57**
3.2.1 Presentazione del caso studio 57
3.2.2 Dati di ingresso edificio esistente 64

3.3 Edificio ristrutturato **73**
3.3.1 Intervento di ristrutturazione 73
3.3.2 Dati di ingresso edificio ristrutturato 75
3.3.3 Valutazione dei requisiti minimi 84

4. VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI **87**

4.1 Confronto dei risultati tra i due modelli **87**
4.1.1 Edificio esistente 88
4.1.2 Edificio ristrutturato 104

4.2 Commento critico dei risultati **120**

5. CONCLUSIONI **122**

APPENDICE A .....

APPENDICE B .....

BIBLIOGRAFIA .....

ALLEGATO 1 .....

ALLEGATO 2 .....

1. Introduzione

Fino a pochi anni fa si pensava che il benessere delle società post-industriali dipendesse in larga misura soltanto dalla disponibilità di energia a basso costo. Tuttavia, sono sempre più evidenti i problemi causati da questo pensiero: molte nazioni sono diventate totalmente dipendenti dalle risorse fossili, facendo aumentare al contempo l'inquinamento ambientale. Intanto è ormai risaputo che queste materie prime ancora oggi disponibili non lo saranno più in un futuro sempre più prossimo e avranno prezzi non più contenuti; tenendo conto che l'umanità in continua espansione richiede un crescente fabbisogno di energia primaria. Gli unici contributi ragionevoli per la risoluzione di questi problemi vengono da interventi di trasformazione verso il risparmio delle risorse. Uno dei concetti trainanti è il miglioramento dell'efficienza energetica. Qualsiasi intervento in merito all'efficienza permette un risparmio sulle risorse in termini di approvvigionamento da parte delle generazioni future. Se l'efficienza diventa un concetto conveniente economicamente, allora equivale a una nuova fonte di energia senza impatto sull'ambiente, durevole e distribuibile. È in questo scenario che anche il settore delle costruzioni deve abbracciare il concetto di efficienza energetica. (1)

Diventa perciò necessario adottare soluzioni tecnologiche volte a ridurre il fabbisogno energetico degli edifici sia in periodo invernale sia in periodo estivo, per ridurre il consumo di energia da fonti non rinnovabili e le emissioni da gas a effetto serra nel settore delle costruzioni. Inoltre, occorre avere a supporto metodologie di calcolo per poter correttamente quantificare i benefici indotti dalle soluzioni tecnologiche stesse. (2)

Le prime azioni volte a perseguire questi obiettivi hanno vita intorno alla fine degli anni Ottanta. Nel 1989 nasce lo Standard Passivhaus da un'intuizione del fisico edile Wolfgang Feist all'interno del Progetto di Ricerca Passivhaus. Egli intese sviluppare un approccio progettuale al bilancio energetico e al comfort abitativo degli edifici che si basasse su procedure verificate e replicabili ma che fosse soprattutto semplice e robusto. La ricerca culmina con la costruzione della prima Passivhaus campione, a Darmstadt città vicino a Francoforte, che fu occupata nel 1991. Essa fu la dimostrazione che è possibile costruire edifici caratterizzati da consumi energetici estremamente ridotti. Questo successo porta il Prof. Dr. Wolfgang Feist alla fondazione del Passivhaus Institut nel 1996, di cui ancora oggi è direttore, non che anche titolare di una cattedra presso l'Istituto di fisica edile dell'Università di Innsbruck. L'istituto, da allora è specializzato in ricerca e sviluppo nel campo dell'efficienza energetica e nel 1998 introduce sul mercato il suo primo software semistazionario PHPP (*Passive House Planning Package*). Questo, assieme alla diffusione di corsi di formazione per progettisti e operatori di cantiere ha permesso di ampliare il mercato e la conoscenza

dello Standard costruttivo Passivhaus. Da quel momento a oggi un gran numero di progetti Passivhaus sono stati realizzati in tutto il mondo e il loro monitoraggio ha portato a estendere l'approccio a diversi tipi di edifici (anche non residenziali, ristrutturazioni, etc.). (3) (4) In Italia, la diffusione di corsi di formazione per progettisti e operatori di cantiere ha avuto il via dopo la fondazione, nel 2011 dell'Istituto italiano ZEPHIR (*Zero Energy and Passivhaus Institute for Research*) Passivhaus Italia che è ufficialmente accreditato dal Passivhaus Institut. (5) Questo, oggi ha portato alla diffusione dello Standard Passivhaus anche nel nostro Paese.

Parallelamente anche la legislazione europea ha avuto la necessità di recepire questi nuovi concetti legati all'efficienza energetica per fronteggiare i problemi riscontrati nella nostra società post-industriale. Ecco che per il settore delle costruzioni viene emanata la direttiva europea 2002/91/CE (EPBD) sul rendimento energetico dell'edilizia, poi modificata e aggiornata dall'emanazione della nuova direttiva europea 2010/31/UE (EPBD *recast*) sulla prestazione energetica nell'edilizia. Queste vengono recepite dal CEN (Comitato Europeo di Normazione) che ne realizza la normativa tecnica europea. In questo modo i singoli Paesi dell'Unione Europea, come l'Italia possono recepire la legislazione e le norme tecniche europee per poterle trasformare e adeguare nella legislazione e nelle norme tecniche nazionali. (6)

In questo contesto si colloca il lavoro di tesi, che si pone l'obiettivo di confrontare l'approccio della normativa tecnica italiana e dello Standard Passivhaus per quanto riguarda il calcolo della prestazione energetica degli edifici nell'ottica della loro trasformazione in patrimonio edilizio ad altissima efficienza energetica.

1.1 Obiettivo del lavoro

Il lavoro di tesi ha lo scopo di confrontare lo Standard Passivhaus con il panorama normativo italiano nell'ottica dell'efficientamento energetico degli edifici.

Nel dettaglio si è scelto di comparare l'approccio nei due ambiti per quanto riguarda il tema della ristrutturazione energetica del patrimonio costruito. Questa scelta è stata guidata dal fatto che al giorno d'oggi si va sempre più esaurendo la disponibilità di suolo e al tempo stesso il vasto patrimonio degli edifici esistenti ha un consumo energetico di molto superiore alla media degli edifici di nuova realizzazione. (3) Per poter correttamente valutare la riduzione del fabbisogno energetico degli edifici dovuta all'intervento di ristrutturazione è necessario avere a supporto una metodologia di calcolo.

Per poter confrontare i due approcci presi in esame nell'ottica di una ristrutturazione energetica è necessario, innanzitutto fare un raffronto a livello teorico tra i due modelli di calcolo utilizzati. Successivamente viene testata l'applicazione dei modelli su un caso studio, un edificio esistente a destinazione d'uso residenziale, scelto per essere ristrutturato dal punto di vista energetico. Si procede quindi alla progettazione dell'intervento di ristrutturazione, secondo i principi del risparmio energetico, andando a confrontare i requisiti minimi richiesti all'edificio in accordo alle due diverse metodologie. Infine, il calcolo del fabbisogno energetico viene ripetuto attraverso i due metodi per verificare i benefici del progetto di ristrutturazione, controllando il raggiungimento e il rispetto dei requisiti minimi richiesti. Alla luce dei risultati ottenuti il lavoro si conclude con la loro discussione critica.

La tesi sviluppa il lavoro sopra spiegato limitandosi unicamente al livello del “fabbricato”, ovvero si considera il calcolo del fabbisogno ideale di energia per la climatizzazione, trascurando i calcoli relativi al sistema impianto.

1.2 Modelli di calcolo

Un modello matematico è una descrizione del comportamento di un sistema caratterizzato da:

- variabili di ingresso;
- descrizione del funzionamento del sistema;
- variabili di uscita.

L’obiettivo della modellazione matematica è quello di determinare una delle tre componenti conoscendo le restanti due. Un approccio diretto consiste nel prevedere le variabili di uscita, conoscendo la struttura del sistema e i dati di ingresso. In generale, i modelli di calcolo diretti possono essere classificati in funzione dell’ambito di applicazione e della variazione e della scansione temporale delle condizioni al contorno.

I modelli di calcolo messi a confronto in questo lavoro di tesi si riferiscono:

- per quanto riguarda l’ambito di applicazione, all’intero fabbricato compreso di tutti gli impianti;
- per quanto riguarda la variazione temporale delle condizioni al contorno, a grandezze costanti nel tempo;
- per quanto riguarda la scansione temporale delle condizioni al contorno, a dati aggregati in un periodo di tempo, quale il mese.

Sono, però modelli di calcolo quasi-stazionari, perché introducono le variabili dinamiche nel modello di calcolo stazionario attraverso parametri aggregati in questo modo vanno a considerare i fenomeni dinamici che hanno effetto sull’inerzia dell’edificio.

Questi modelli di calcolo si riferiscono entrambi alla norma UNI EN ISO 13790 (7) in riferimento al metodo per il calcolo del fabbisogno di energia termica dell’edificio mensile quasi-stazionario. Il calcolo dei termini del bilancio termico dell’edificio è effettuato considerando condizioni stazionarie mensili e si tiene conto degli effetti dinamici attraverso parametri semplificati determinati empiricamente (fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni). (2) (8) (9) (10)

Le modalità per l’applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790, come sopra descritta sono definite dalla specifica tecnica UNI/TS 11300-1 (11). Anche il software di calcolo PHPP è stato sviluppato sulla base della stessa norma europea. Entrambi i modelli di calcolo derivano da questa normativa, ma vanno ad apportare modifiche e migliorie per rispondere ognuno alle proprie esigenze specifiche: per la UNI/TS 11300-1 si tratta della necessità di adattare il calcolo sviluppato a livello europeo allo Stato italiano, per il software PHPP si tratta di dettagliare il calcolo sviluppato per tutti gli edifici al caso specifico degli edifici passivi.

Nei paragrafi successivi sono presentati con maggiore dettaglio i modelli di calcolo analizzati in questo studio.

1.2.1 UNI/TS 11300-1:2014

La definizione delle prestazioni energetiche degli edifici richiede metodi di calcolo per:

- il fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente;
- il fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria;
- il fabbisogno di energia per la ventilazione meccanica;
- l'efficienza e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di riscaldamento o di climatizzazione invernale;
- l'efficienza e il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;
- l'efficienza e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di raffrescamento o di climatizzazione estiva;
- il fabbisogno di energia per l'illuminazione degli ambienti interni ed esterni di pertinenza dell'edificio.

La norma tecnica italiana per il calcolo dalle prestazioni energetiche degli edifici è stata sviluppata in maniera coerente con le norme elaborate dal CEN nell'ambito del mandato M/343 a supporto della direttiva Europea 2002/91/CE che è stata modificata e aggiornata dall'emanazione della nuova direttiva europea 2010/31/UE (EPBD *recast*). (11)

La norma che descrive i suddetti metodi di calcolo è la specifica tecnica UNI/TS 11300, nata con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici. Essa, al momento, è suddivisa in sei parti (12):

- UNI/TS 11300-1:2014
  Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI/TS 11300-2:2014
  Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali;
- UNI/TS 11300-3:2010
  Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
- UNI/TS 11300-4:2012
  Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- UNI/TS 11300-5:2016
  Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili;
- UNI/TS 11300-6:2016
  Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili.

Come già introdotto, in questo lavoro di tesi lo studio è limitato a livello del fabbricato per il calcolo del solo fabbisogno energetico ideale, perciò fa riferimento soltanto alla parte 1 della specifica tecnica.

La specifica tecnica definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento. La specifica tecnica è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008 calcolo di progetto (*design rating*), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (*asset rating*) o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (*tailored rating*). (12)

La valutazione energetica sul progetto o standard permette di determinare un fabbisogno convenzionale, utile per confrontare edifici indipendentemente dal loro reale utilizzo. La valutazione adattata all'utenza può consentire una stima realistica dei consumi energetici.

Tabella 1.1 - *Classificazione tipologie di valutazione energetica per applicazioni omogenee all'intero edificio. (11)*

Tipo di valutazione		Dati di ingresso		
		Uso	Clima	Edificio
A1	Sul progetto (*Design Rating*)	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard (*Asset Rating*)	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all'utenza (*Tailored rating*)	In funzione dello scopo		Reale

La procedura di calcolo comprende i seguenti passi:

- definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
- definizione dei confini delle diverse zone di calcolo, se richiesta;
- definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni ideali di energia termica per riscaldamento e raffrescamento;
- calcolo della stagione di riscaldamento e di raffrescamento;
- per i mesi estremi della stagione di riscaldamento e di raffrescamento, eventuale ricalcolo dei fabbisogni di energia sulle frazioni di mese comprese rispettivamente nelle stagioni di riscaldamento e di raffrescamento;
- eventuale calcolo, per ogni mese o frazione di mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per umidificazione e per deumidificazione;
- aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi e alle diverse zone servite dagli stessi impianti. (11)

1.2.2 Passive House Planning Package (PHPP)

Il software PHPP è una cartella di lavoro basata su Excel con diversi fogli di calcolo per l'inserimento dei dati di input dell'edificio. Nato come media mensile del software di simulazione dinamica DynBil, esso permette di calcolare il bilancio energetico dell'immobile in accordo alla UNI EN ISO 13790 (7) secondo la procedura mensile.

La differenza del software con i consueti approcci per calcolare il bilancio energetico è la sua precisione nella determinazione dei singoli consumi, spesso rivisitando le normative vigenti migliorandole e superandole con approcci fisico-edili più aderenti alla realtà.

Spesso vengono utilizzate condizioni al contorno differenti dalle procedure e dai programmi di calcolo usati a livello nazionale e internazionale. Nel dettaglio, sono assunti apporti interni più adeguati a un edificio caratterizzato da bassissimi consumi e apparecchiature energeticamente efficienti, senza tendere a sovrastimarli a favore di sicurezza.

Per realizzare una Passivhaus, è possibile utilizzare componenti certificati Passivhaus oppure considerare l'idoneità di componenti convenzionali in base alla zona climatica e prestazioni, con particolare riferimento al criterio igienico e al criterio di comfort.

La robustezza dello standard Passivhaus è data dal fatto che sono numerosi i fattori di sicurezza inseriti nel calcolo e l'approccio stazionario riduce di molto i margini di incertezza consentendo previsioni di consumo molto vicine alla realtà e in buona parte indipendenti dall'andamento climatico e dall'utilizzo.

Il PHPP permette di calcolare il coefficiente di lavoro annuo delle pompe di calore e del sistema di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, stimare la copertura solare sui consumi dell'edificio e il grado di integrazione solare al riscaldamento, determinare la percentuale di contributo alle dispersioni termiche di ciascun elemento costruttivo o componente, mettere in evidenza il grado di discomfort associato al calore sensibile e al calore latente in estate e infine calcolare l'entità dei consumi globali dell'edificio in termini di energia primaria. Come già introdotto, in questo lavoro di tesi lo studio è limitato a livello del fabbricato per il calcolo del solo fabbisogno energetico ideale.

Il software permette anche di effettuare un'analisi di diverse soluzioni costruttive collegandole ai rispettivi costi di investimento e determinando dunque il rapporto costi/benefici, cioè l'effettivo rientro dell'investimento per ciascun intervento di efficientamento energetico, nell'ottica dell'approccio LCC (*life cycle cost*). (3)

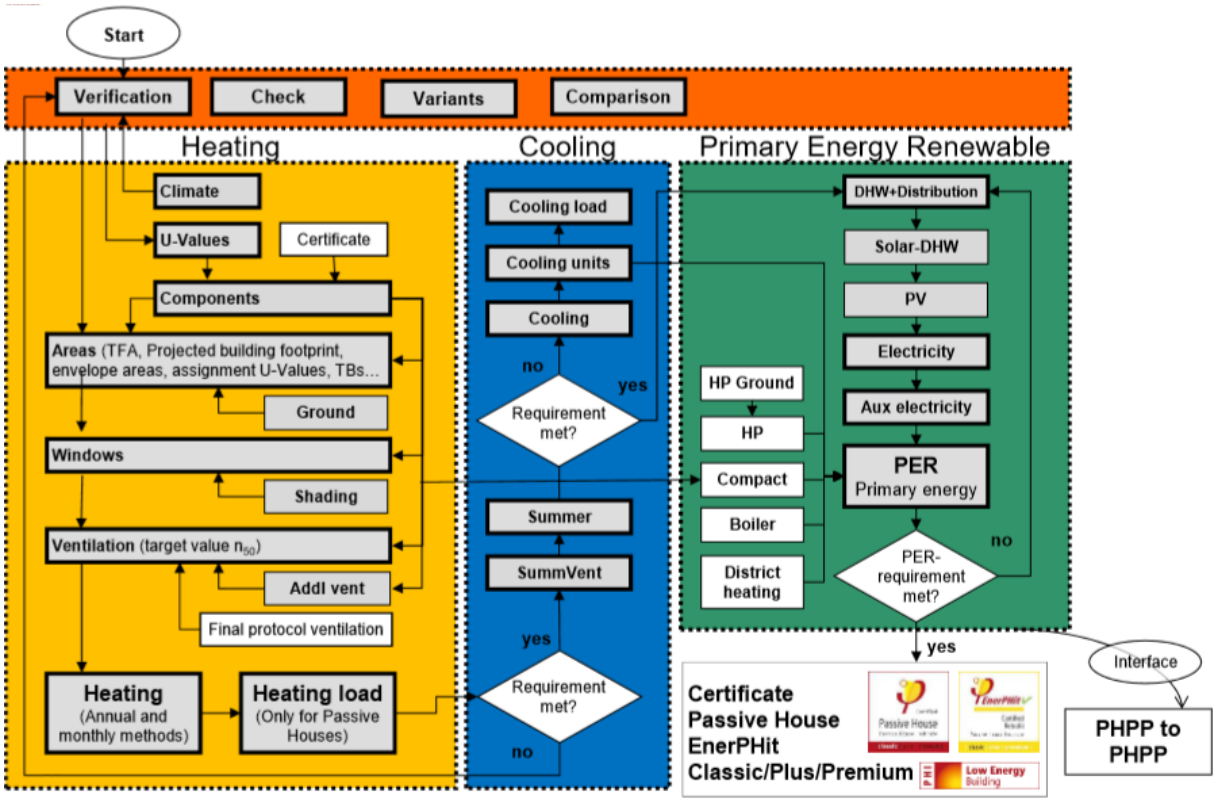


Figura 1.1 – *Diagramma di flusso per illustrare la logica del PHPP (13)*

1.3 Criteri per la ristrutturazione

Il tema delle ristrutturazioni del patrimonio costruito è sempre più attuale man mano che al giorno d'oggi si va sempre più esaurendo la disponibilità di suolo e al tempo stesso il vasto patrimonio degli edifici esistenti ha un consumo energetico di molto superiore alla media degli edifici di nuova realizzazione. (3)

L'urgenza di questo tema a reso necessario lo sviluppo di una metodologia che permetta di stimare i parametri di riferimento riferiti alle ristrutturazioni dal punto di vista energetico e quantificare il miglioramento dell'efficienza energetica raggiunto.

Questo è stato fatto: in Italia, recependo la direttiva europea 2010/31/UE (EPBD *recast*); dal Passive House Institute, introducendo un nuovo Standard con requisiti meno restrittivi rispetto allo Standard Passivhaus, per la certificazione.

Nei paragrafi seguenti sono descritti i criteri di ristrutturazione secondo le due metodologie di calcolo.

1.3.1 Decreto Requisiti minimi

In Italia il recepimento della direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia, considerando anche il decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e successive modificazioni, il decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, il decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115, di attuazione della direttiva 2006/32/CE, il decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, di attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica e il decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013, n. 74 è avvenuto con l'emanazione del decreto interministeriale 26 giugno 2015 dal titolo "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", anche detto decreto requisiti minimi. (14)

Il decreto prescrive i requisiti minimi da rispettare in funzione del tipo di intervento si vuole effettuare sull'edificio, cioè se si vuole realizzare una nuova costruzione, una ristrutturazione importante o una riqualificazione energetica. Il lavoro di tesi studia un caso di ristrutturazione importante dell'edificio che nel decreto è ancora suddiviso in due sottocategorie:

- ristrutturazioni importanti di primo livello: l'intervento, oltre a interessare l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprende anche la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio. In tali casi i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati;
- ristrutturazioni importanti di secondo livello; l'intervento interessa l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva. In tali casi, i requisiti di prestazione energetica da verificare riguardano le caratteristiche termo-fisiche delle sole porzioni e delle quote di elementi e componenti

dell'involucro dell'edificio interessati dai lavori di riqualificazione energetica e il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (H'_T) determinato per l'intera parete, comprensiva di tutti i componenti su cui si è intervenuti. (14)

Lo studio è limitato alla valutazione del fabbisogno energetico ideale dell'intero fabbricato esistente e poi ristrutturato, perciò si tratta di un intervento di ristrutturazione importante di primo livello, anche se la parte impiantistica non viene trattata in questo ambito. Da qui in avanti verranno descritte tutte le prescrizioni richieste relative al livello del fabbricato e saranno omesse tutte le nozioni relative alla parte impiantistica.

Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno è necessario procedere alla verifica:

- dell'assenza di rischio di formazione di muffe;
- di condensazioni interstiziali
- che il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T, risulti inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 1.2;
- che l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$, risulti inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 1.3;
- che gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$, risultino inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento (rispettivamente $EP_{H,nd,limite}$ e $EP_{C,nd,limite}$).

Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T si calcola come:

$$H'_T[W/m^2K] = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k}$$

dove $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNI/TS 11300-1, A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro.

Il valore di H'_T deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 1.2 in funzione della zona climatica e del rapporto S/V.

Tabella 1.2 - *Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico* H'_T $[W/m^2K]$

Numero Riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	S/V ≥ 0,7	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	0,7 > S/V ≥ 0,4	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	0,4 > S/V	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Numero Riga	**TIPOLOGIA DI INTERVENTO**	**Zona climatica**				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

L'area solare equivalente estiva $A_{sol,est}$ dell'edificio si calcola come sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato k:

$$A_{sol,est}[m^2] = \sum_k F_{sh,ob}\ g_{gl+sh}\ (1 - F_F)\ A_{w,p}\ F_{sol,est}$$

dove $F_{sh,ob}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k–esima, riferito al mese di luglio, g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata, F_F è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato, $A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra), $F_{sol,est}$ è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale.

Il valore di $A_{sol,est}$ rapportato all'area della superficie utile $A_{sup\ utile}$ deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 1.3.

Tabella 1.3 - *Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile* $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ $[-]$

#	Categoria edificio	Tutte le zone climatiche
1	Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)	$\leq 0{,}030$
2	Tutti gli altri edifici	$\leq 0{,}040$

L'edificio di riferimento o target per un edificio sottoposto a verifica progettuale, diagnosi, o altra valutazione energetica è definito alla lettera l-novies), del comma 1, dell'articolo 2, del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e successive modificazioni come un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno, e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati. (15)

I parametri energetici predeterminati sono indicati dal decreto requisiti minimi e presentati nelle tabelle seguenti (l'apice 1 indica che i parametri vanno rispettati dal primo luglio 2015 per tutti gli edifici, mentre l'apice 2 indica che i parametri vanno rispettati dal primo gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal primo gennaio 2021 per tutti gli altri edifici). Per i tutti i dati di input e i parametri non definiti si utilizzano i valori dell'edificio reale.

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non climatizzati, si assume come trasmittanza il valore della pertinente tabella diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella norma UNI TS 11300-1 in forma tabellare.

Tabella 1.4 - *Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra (14)*

Zona climatica	U (W/m^{2}K)	
	2015[1]	**2019/2021**[2]
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 1.5 - *Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati (14)*

Zona climatica	U (W/m^{2}K)	
	2015[1]	**2019/2021**[2]
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Tabella 1.6 - *Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra (14)*

Zona climatica	U (W/m^{2}K)	
	2015[1]	**2019/2021**[2]
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 1.7 - *Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (14)*

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015(1)	2019/2021(2)
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Tabella 1.8 - *Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti (14)*

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015(1)	2019/2021(2)
Tutte le zone	0,8	0,8

Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori delle pertinenti tabelle devono essere confrontati con i valori della trasmittanza termica equivalente calcolati in base alle UNI EN ISO 13370 (16).

I valori di trasmittanza delle successive tabelle si considerano comprensivi dell'effetto dei ponti termici.

Per le strutture opache verso l'esterno si considera il coefficiente di assorbimento solare dell'edificio reale.

Per i componenti finestrati si assume il fattore di trasmissione globale di energia solare attraverso i componenti finestrati g_{gl+sh} riportato in Tabella 1.9, in presenza di una schermatura mobile.

Tabella 1.9 - *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}	
	2015(1)	2019/2021(2)
Tutte le zone	0,35	0,35

Nel lavoro di tesi tutti i parametri dell'edificio di riferimento considerati fanno riferimento ai limiti di legge che entreranno in vigore dal primo gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal primo gennaio 2021 per tutti gli altri edifici.

1.3.2 Standard EnerPHit

In vecchi edifici lo standard Passivhaus diventa spesso difficile da raggiungere per una serie di motivi, se non a fronte di un notevole impegno anche economico. Per questi edifici è stato introdotto un nuovo standard chiamato EnerPHit.

Ristrutturare secondo lo standard EnerPHit utilizzando componenti Passivhaus per la maggior parte degli elementi costruttivi significativi porta comunque a notevoli miglioramenti in termini di comfort termico, durabilità strutturale, convenienza economica sul ciclo di vita dei materiali e risparmio energetico.

Lo Standard EnerPHit può essere raggiunto sulla base dei requisiti per i singoli componenti dell'edificio (Tabella 1.10) o sui requisiti per il fabbisogno termico per riscaldamento (Tabella 1.11). È sufficiente soddisfare i criteri di almeno uno di questi due metodi. La zona climatica da utilizzare per l'edificio in esame viene determinata automaticamente sulla base dei dati climatici selezionati nel Pacchetto di Progettazione Passivhaus (PHPP).

I criteri mostrati in Tabella 1.10 corrispondono generalmente ai criteri per i componenti certificati Passivhaus. I valori limite richiesti devono essere rispettati in media per l'intero edificio. In alcune zone è consentito avere un valore più elevato purché venga compensato mediante una migliore protezione termica in altre parti dell'edificio.

Tabella 1.10 - *Criteri EnerPHit: metodo per componenti (17)*

Zona climatica secondo PHPP	Involucro opaco[1] verso...				Serramenti (includendo anche porte esterne)					Ventilazione	
	...terreno	...aria esterna			Totale[4]			Vetratura[5]	Carico solare[6]		
	Coibentazione	Coibentaz. esterna	Coibentaz. interna[2]	Pittura esterna[3]	Max coefficiente di trasmittanza termica ($U_{D/W,installato}$)			Fattore solare (valore g)	Max carico solare specifico durante il periodo di raffrescamento	Efficienza minima recupero di calore[7]	Indice minimo recupero umidità[8]
	Max coefficiente di trasmittanza termica (valore U)			Colori riflettenti							
	[W/(m²K)]			-	[W/(m²K)]			-	[kWh/m²a]	%	
Artico	Determinato esplicitamente nel PHPP per ogni progetto a partire dai gradi giorno per riscaldamento e raffrescamento verso terreno.	0.09	0.25	-	0.45	0.50	0.60	Ug - g*0,7 ≤ 0	100	80%	-
Freddo		0.12	0.30	-	0.65	0.70	0.80	Ug - g*1,0 ≤ 0		80%	-
Fresco - temperato		0.15	0.35	-	0.85	1.00	1.10	Ug - g*1,6 ≤ 0		75%	-
Caldo - temperato		0.30	0.50	-	1.05	1.10	1.20	Ug - g*2,8 ≤ -1		75%	-
Caldo		0.50	0.75	-	1.25	1.30	1.40	-		-	-
Molto caldo		0.50	0.75	sì	1.25	1.30	1.40	-		-	60 % (clima umido)
Torrido		0.25	0.45	sì	1.05	1.10	1.20	-		-	60 % (clima umido)

Tabella 1.11 - *Criteri EnerPHit: metodo fabbisogno termico per riscaldamento (alternativa alla Tabella 1.10) (17)*

Zona climatica secondo PHPP	Riscaldamento	Raffrescamento
	Fabbisogno termico annuo per risc. massimo	Fabbisogno frig. annuo per raffrescamento + deumidificazione massimo
	[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]
Artico	35	uguale ai requisiti Passivhaus
Freddo	30	
Fresco - temperato	25	
Caldo - temperato	20	
Caldo	15	
Molto caldo	-	
Torrido	-	

I valori limite alla Tabella 1.10 per i coefficienti di trasmittanza termica degli elementi costruttivi dell'involucro esterno possono essere superati se assolutamente necessario per uno o più dei seguenti validi motivi:

- immobili sottoposti a vincoli culturali o paesaggistici;
- se un intervento richiesto non è vantaggioso economicamente a causa di circostanze eccezionali o requisiti aggiuntivi;
- in presenza di specifici requisiti di legge;
- se l'implementazione degli standard di coibentazione termica richiesti comporta una limitazione inaccettabile nell'utilizzo dell'edificio o delle aree esterne adiacenti;
- se esistono particolari requisiti aggiuntivi (ad esempio, la sicurezza antincendio) e non ci sono componenti disponibili sul mercato che soddisfino anche i criteri EnerPHit;
- se il coefficiente di trasmittanza termica (valore U) delle finestre aumenta a causa di un ponte termico di posa (valore Psi) per il fatto che l'installazione risulta spostata rispetto allo strato di coibentazione termica, specialmente nel caso di coibentazione termica interna;
- se è possibile ottenere un edificio confortevole e senza alcuna conseguenza dal punto di vista fisico-edile o strutturale (muffa, condensa) solamente se si utilizzano minori spessori di coibentazione termica interna;
- esistono altri motivi di forza maggiore relativi a questioni pratiche di cantiere.

Se lo spessore della coibentazione termica viene quindi limitato a causa di uno qualsiasi dei motivi elencati sopra e bisogna andare in deroga, allora occorre realizzare lo spessore di coibentazione ancora possibile con un materiale coibente ad alte prestazioni caratterizzato da una conducibilità termica $\lambda \leq 0.025$ W/(mK), purché questo non costituisca un ostacolo insormontabile sotto il profilo dei costi e non causi danni fisico-edili (nel caso di coibentazione termica interna). Nel caso di solette di fondazione e dei soffitti dei piani interrati, si deve verificare la possibilità di impiegare una "gonnella coibente" addizionale tutto intorno al perimetro. Anche in questo caso, questo intervento dovrebbe essere attuato solo a fronte di un vantaggio economico sostenibile.

Oltre ad un elevato livello di efficienza energetica, gli edifici Passivhaus e gli edifici ristrutturati con lo standard EnerPHit offrono un livello ottimale di comfort termico, un alto grado di soddisfazione degli utenti ed una salubrità eccezionale degli elementi costruttivi, in particolare assenza di muffa o condensa. Per garantire ciò si dovrebbero rispettare anche i seguenti criteri minimi.

La frequenza di surriscaldamento, cioè la percentuale di ore annue caratterizzate da temperature interne superiori a 25 °C deve essere minore o uguale al 10% senza raffrescamento o, con raffrescamento attivo l'impianto deve essere adeguatamente dimensionato.

La frequenza di superamento del benessere igrometrico, cioè la percentuale di ore annue caratterizzate da umidità assoluta dell'aria interna superiore a 12 g/kg deve essere minore o uguale al 20% senza raffrescamento o, con raffrescamento attivo minore o uguale al 10%. (17)

1.3.3 Differenze tra i criteri

I criteri per la ristrutturazione prescritti dal decreto requisiti minimi sono cogenti e perciò devono sempre essere rispettati in Italia. I criteri definiti dallo standard EnerPHit, invece devono essere rispettati per poter ottenere la certificazione energetica dell'edificio da parte del Passive House Institute. Pertanto, è obbligatorio rispettare i requisiti minimi del decreto, mentre è una scelta del progettista decidere sa adottare o meno lo standard EnerPHit.

In questa tesi, dovendo valutare il confronto tra due modelli di calcolo che richiedono la veridica di criteri per la ristrutturazione differenti si è cercato di soddisfare le verifiche di legge e allo stesso tempo di raggiungere lo standard EnerPHit.

Per rispondere alle prescrizioni sul coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T, sull'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ e sugli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$ sono stati ipotizzati interventi sulle stratigrafie dell'edificio. In particolare, si è scelto di rispettare i valori delle trasmittanze termiche proposti dai due approcci depurate del contributo dei ponti termici presenti nell'edificio, cioè ridotte del 20%. Il valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati è anch'esso fissato nell'edificio di riferimento e questo è stato rispettato anche nell'edificio ristrutturato.

La verifica degli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$ è stata fatta con questi valori di trasmittanza iniziali e in caso di esito negativo della verifica deve essere effettuato nuovamente con dati di ingresso ancora più performanti. Si tratta di un processo iterativo che può fermarsi solamente a verifica avvenuta.

È stata anche ipotizzata l'installazione di un nuovo impianto per la ventilazione meccanica controllata che migliora la prestazione energetica e aiuta a rispettare i requisiti di comfort richiesti dallo standard EnerPHit, ma che non incide sulla verifica del decreto dell'edificio di riferimento.

I criteri di comfort, come suddetto sono stati verificati per rispettare lo standard EnerPHit, infatti non sono richiesti nelle verifiche del decreto, a eccezione delle verifiche di assenza muffe e condensa.

2. Confronto tra i modelli di calcolo

Il secondo capitolo analizza il confronto tra i modelli di calcolo, presi in esame dallo studio in maniera qualitativa. Vengono qui confrontate le formule che permettono di calcolare la prestazione energetica degli edifici, senza ancora metterle in pratica su un caso studio. In questo modo, vengono messe a fuoco tutte le principali differenze presenti tra i modelli che dovranno essere indagate più a fondo nei successivi capitoli.

I modelli di calcolo possono essere diversi tra loro in diversi modi:

- Per la procedura di calcolo adottata;
- Per le condizioni al contorno considerate;
- Per i dati precalcolati inseriti.

Questi tre aspetti verranno quindi analizzati nei paragrafi successivi per quanto concerne la specifica tecnica UNI/TS 11300-1 e il software PHPP andando, per ogni punto a compararne gli approcci e le differenze.

In entrambi i modelli di calcolo sono state messe a confronto le procedure di calcolo che si riferiscono al metodo di calcolo mensile quasi-stazionario della norma UNI EN ISO 13790 (7), per questo successivamente si farà spesso riferimento a questa norma.

Dopo aver analizzato questi tre aspetti del confronto tra i modelli di calcolo in maniera qualitativa, tutta l'analisi viene riassunta nell'ultimo paragrafo in maniera sintetica per evidenziare le principali differenze emerse.

2.1 Procedura di calcolo

In questo paragrafo viene presentata la procedura di calcolo del fabbisogno energetico ideale nella stagione di riscaldamento e in quella di raffrescamento.

La descrizione è stata fatta ponendo particolare attenzione al confronto tra i due modelli di calcolo e per questo motivo è stata presentata in una tabella che permette di fare una comparazione diretta per ogni punto analizzato.

L'analisi comincia dalla descrizione della formula di calcolo del fabbisogno energetico ideale nella stagione di riscaldamento e in quella di raffrescamento e continua andando ad approfondire tutti i fattori che la compongono spingendosi sempre più nel dettaglio. I principali punti in cui è stata suddivisa l'analisi sono:

- la zonizzazione termica;
- il fabbisogno energetico ideale di riscaldamento e di raffrescamento;
- le dispersioni termiche per trasmissione;
- le dispersioni termiche per ventilazione;
- gli apporti termici dovuti a sorgenti interne;
- gli apporti termici solari;
- il fattore di utilizzazione degli apporti termici;
- il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

Tabella 2.1 – *Confronto della procedura di calcolo (11) (18)*

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
1. Zonizzazione termica	
Nella presente norma tecnica è prevista la zonizzazione termica. Ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica. La zonizzazione non è richiesta se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni: · le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4 K; · gli ambienti non sono raffrescati o comunque le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4 K; · gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di climatizzazione; · se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4; · se vi è il controllo dell'umidità, le umidità relative interne di regolazione differiscono di non oltre 20 punti percentuali. (11) Essendo previsto il calcolo per zone termiche è possibile dividere un edificio in zone termiche anche se le condizioni di cui sopra non vengono raggiunte.	Il software non prevede la divisione in zone termiche dell'edificio. L'approccio Passivhaus considera l'edificio sempre come un tutt'uno. Questo perché in una Passivhaus è necessario garantire uno strato continuo di tenuta all'aria per tutto l'edificio e suddividendolo in zone termiche il calcolo delle dispersioni per ventilazione risulterebbe sovrastimato. Inoltre, anche considerare la ventilazione dell'edificio in maniera globale risulta più corretto. Se all'interno dello stesso edificio sono presenti ambienti le cui temperature interne di regolazione differiscono di 4 o 5 K o di più potrebbe essere necessaria una simulazione dinamica.
2. Fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento e raffrescamento	
Il fabbisogno di energia termica mensile per riscaldamento e raffrescamento viene calcolato, mese per mese, rispettivamente secondo le seguenti equazioni, in entrambe le metodologie di calcolo: $Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} * Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} * (Q_{int} + Q_{sol})$	

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} *\ Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} * (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$ dove $Q_{H/C,nd}$ è il fabbisogno netto di energia della zona termica per riscaldamento/raffrescamento, $Q_{H/C,ht}$ è lo scambio di energia termica totale, $Q_{H/C,tr}$ è lo scambio di energia termica per trasmissione, $Q_{H/C,ve}$ è lo scambio di energia termica per ventilazione, Q_{gn} sono gli apporti totali di energia termica, Q_{int} sono gli apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne, Q_{sol} sono gli apporti termici solari, $\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica, $\eta_{C,gn}$ è il fattore di utilizzazione delle dispersioni di energia termica.	
3. Dispersioni termiche per trasmissione	
Le dispersioni termiche per trasmissione nella normativa tecnica si differenziano da quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 13790 per la presenza del termine relativo allo scambio termico radiativo verso la volta celeste e del termine relativo agli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi. $Q_{H/C,tr} = H_{tr,adj}\left(\theta_{int,set,H/C} - \theta_e\right) t + \left\{\sum_k F_{r,k}\phi_{r,mn,k}\right\} t + \left\{\sum_l (1 - b_{tr,l}) F_{r,l}\phi_{r,mn,u,l}\right\} t - Q_{sol,op}$	Le dispersioni termiche per trasmissione all'interno del software vengono calcolate secondo la norma UNI EN ISO 13790. A differenza della norma, nel software vengono trascurati i termini relativi agli ambienti non climatizzati. $Q_{H/C,tr} = H_{tr,adj}\left(\theta_{int,set,H/C} - \theta_e\right) t + \left(\sum_i H_{r,i}\right)\left(\theta_{int,set,H/C} - \theta_{sky}\right) t + \left(\sum_i H_{c,i}\right)\left(\theta_{int,set,H/C} - \theta_e\right) t$
Dove $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno, $\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento, $\theta_{int,set,C}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamentoθ_e è la temperatura esterna media del mese considerato, t è la durata del mese considerato, $F_{r,k}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio k–esimo e la volta celeste, $\phi_{r,mn,k}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k–esimo, $b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione delle dispersioni per l'ambiente non climatizzato avente il componente l-esimo soggetto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste, $F_{r,l}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio l–esimo dell'ambiente non climatizzato e la volta	

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
celeste, $\phi_{r,mn,u,l}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio l–esimo dell'ambiente non climatizzato, $Q_{sol,op}$ sono gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi, $H_{r,i}$ è il coefficiente di scambio termico per irraggiamento dei componenti edilizi opachi, θ_{sky} è la temperatura apparente del cielo, $H_{c,i}$ è il coefficiente di correzione dello scambio termico per convezione dei componenti edilizi opachi. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione si ricava come: $H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$ dove H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno, H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno, H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati, H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone climatizzate a temperatura diversa. Il calcolo del coefficiente H_g di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno è effettuato secondo la UNI EN ISO 13370 e si calcola in modo diverso in base ai diversi casi trattati dalla norma, quali: · pavimento controterra non isolato o uniformemente isolato; · pavimento controterra con isolamento perimetrale; · pavimento su intercapedine; · piano interrato riscaldato; · piano interrato non riscaldato o parzialmente riscaldato. Il calcolo dei coefficienti H_D, H_U e H_A di scambio termico per trasmissione è effettuato secondo la UNI EN ISO 13789. Il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno si calcola come: $H_D = \sum_i A_i\, U_i + \sum_k l_k\, \Psi_k + \sum_j \chi_j$ dove A_i è l'area dell'elemento i dell'involucro edilizio, U_i è la trasmittanza termica dell'elemento *i* dell'involucro edilizio, l_k è la lunghezza del ponte termico lineare *k*, Ψ_k è la trasmittanza termica lineare del ponte termico *k*, χ_j è la trasmittanza termica puntuale del ponte termico puntuale *j*.	
Nella norma tecnica il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati si calcola come:	Nel software il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati si calcola come:

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
$H_U = \sum_k H_{iu,k}\, b_{tr,u,k}$ Possono essere considerati diversi ambienti non climatizzati a temperature diverse tra loro, confinanti con l'ambiente climatizzato.	$H_U = H_{iu}\, b_{tr,u}$ All'interno del software Passivhaus è consentito considerare diversi ambienti non riscaldati, confinanti con l'ambiente climatizzato solamente considerandoli tutti alla stessa temperatura.
Dove H_{iu} è il coefficiente di trasferimento del calore diretto tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato, calcolato come H_D, $b_{tr,u}$ è il fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato.	
Il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone climatizzate a temperatura diversa, secondo la norma italiana si calcola come: $H_A = \sum_k H_{ia,k}\, b_{tr,a,k}$ dove $H_{ia,k}$ è il coefficiente di trasferimento del calore diretto tra l'ambiente climatizzato e l'edificio adiacente, calcolato come H_D, $b_{tr,a,k}$ è il fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato ed edificio adiacente.	Nel PHPP, se sono presenti zone termiche a temperatura diversa di non più di 4/5 K, confinanti nello stesso edificio è possibile applicare il software separatamente per i due ambienti, considerando un'interfaccia adiabatica tra i due. Nel caso in cui le due zone abbiano temperature estremamente differenti, il PHPP arriva al suo limite e una simulazione dinamica potrebbe essere necessaria.
Nella UNI/TS 11300-1 per considerare l'effetto della volta celeste che si trova a temperatura inferiore rispetto a quella dell'aria esterna, si utilizza un termine aggiuntivo che quantifica queste extra dispersioni. Il fattore di forma tra il componente edilizio k–esimo e la volta celeste $F_{r,k}$ si calcola come: $F_{r,k} = F_{sh,ob,d,k}\, F$	Nel PHPP l'effetto della volta celeste si considera calcolando direttamente il flusso disperso dall'ambiente verso di essa. Questo effetto si considera, al contrario della UNI/TS 11300-1, soltanto sui componenti opachi dell'involucro edilizio. Il coefficiente di scambio termico per irraggiamento dei componenti edilizi opachi $H_{r,i}$ si calcola come:

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
dove $F_{sh,ob,d,k}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, mentre F è il fattore di vista della volta celeste calcolato come nel PHPP. L'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k–esimo $\phi_{r,mn,k}$ viene ricavato come: $\phi_{r,mn,k} = R_{se} * U_c * A_c * h_r * \Delta\theta_{er}$ dove U è la trasmittanza termica dell'elemento dell'involucro edilizio, A_c è l'area dell'elemento dell'involucro edilizio, h_r è il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento, $\Delta\theta_{er}$ è la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo. Il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento h_r è determinato con la seguente equazione. $h_r = \varepsilon\,\sigma\,\frac{(\theta_e + 273)^4 - (\theta_{sky} + 273)^4}{\theta_e - \theta_{sky}}$ dove ε è l'emissività della superficie esterna del component σ e, è la costante di Stefan-Boltzmann pari a $5{,}67\ x\ 10^{-8}\ W/m^2K^4$. La differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo $\Delta\theta_{er}$ si calcola come: $\Delta\theta_{er} = \theta_e - \theta_{sky}$ La temperatura apparente del cielo θ_{sky} vale: $\theta_{sky} = 18 - 51{,}6\ e^{-\frac{p_{v,e}}{1000}}$	$H_{r,i} = \frac{\varepsilon\ F_{sh,ob}\ h_{r0}\ F}{1 + \left(\frac{1}{R_{se,corr}}\right)\left(\frac{1}{U_c} - R_{se}\right)}\ A_c$ dove ε è l'emissività emisferica della superficie, $F_{sh,ob}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo a elementi esterni, h_{r0} è il coefficiente radiativo di un corpo nero pari a $5\ W/(m^2K)$, F è il fattore di vista della volta celeste, $R_{se,corr}$ è la resistenza termica superficiale esterna corretta del componente opaco secondo il PHPP, U_c è la trasmittanza termica del componente edilizio opaco, R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna del componente pari a $0{,}04\ W/(m^2K)$secondo la UNI EN ISO 6946 (19), A_c è l'area del componente edilizio opaco. Il fattore di vista della volta celeste F si calcola come: $F = \frac{1 + cos\,\Sigma}{2}$ dove Σ è l'angolo di inclinazione del componente edilizio opaco sull'orizzonte. La resistenza termica superficiale esterna del componente R_{se} e la resistenza termica superficiale esterna corretta del componente $R_{se,corr}$ sono determinate secondo la formula: $R_{se}, R_{se,corr} = \frac{1}{h_c + \varepsilon h_{r0}\,F}$ dove h_c è il coefficiente convettivo che dipende dalla velocità del vento considerata. La UNI EN ISO 6946 (19) considera le condizioni di progetto per calcolare la resistenza termica superficiale esterna del componente e perciò il coefficiente convettivo

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
dove $p_{v,e}$ è la pressione parziale del vapore d'acqua media del mese considerato.	h_c risulta pari a 20 $W/(m^2K)$. Nel PHPP vengono considerate condizioni medie, anziché quelle di progetto, cioè una velocità del vento minore che determina un coefficiente convettivo h_c pari a 15 $W/(m^2K)$. In questo modo correggono la resistenza termica superficiale esterna del componente in condizioni di progetto R_{se} e considerano una resistenza termica superficiale esterna corretta del componente in condizioni medie $R_{se,corr}$ che si avvicina di più alle condizioni di esercizio reali. Nel PHPP la temperatura apparente del cielo θ_{sky} vale: $\theta_{sky} = min\{max[x;(\theta_e - 25)];\theta_e\}$ con $x = -9{,}16 + 358{,}82\ \frac{\theta_{ru}}{241{,}2 + \theta_{ru}}$ $se\ \theta_{ru} non\ è\ nota \Longrightarrow\ x = \theta_e - 25$ dove θ_{ru} è la temperatura di rugiada.
Con la UNI/TS 11300-1, il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione $H_{tr,adj}$ considera già al suo interno il contributo convettivo di scambio termico con l'aria esterna e quello radiativo di scambio termico con tutte le superfici esterne considerate alla stessa temperatura dell'aria esterna.	Nel PHPP, il coefficiente di correzione dello scambio termico per convezione dei componenti edilizi opachi $H_{c,i}$ si calcola come: $H_{c,i} = \left\{ \frac{h_c + \varepsilon\left(1 - F_{sh,ob}\right) h_{r0}\, F}{1 + (h_c + \varepsilon h_{r0}\, F)\left(\frac{1}{U_c} - R_{se}\right)} - U_c \right\} A_c$
4. Dispersioni termiche per ventilazione	
Le dispersioni termiche per ventilazione vengono calcolate in entrambe le metodologie, secondo la UNI EN ISO 13790, nel seguente modo:	

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
$Q_{H/C,ve} = H_{ve,adj}\left(\theta_{int,set,H/C} - \theta_e\right) t$ dove $H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno.	
Secondo la UNI/TS 11300-1 il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione si ricava come: $H_{ve,adj} = \rho_a * c_a \left\{\sum_k b_{ve,k} * q_{ve,k,mn}\right\}$	Secondo il PHPP il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione si ricava come: $H_{ve,adj} = \rho_a * c_a \left\{\sum_k q_{ve,k,mn}\right\}$
dove $\rho_a * c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,33 $Wh/(m^3K)$, $b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo in ventilazione naturale, $q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo.	
5. Apporti termici dovuti a sorgenti interne	
Gli apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne vengono calcolati in accordo con la norma UNI EN ISO 13790. $Q_{int} = \left\{\sum_k \Phi_{int,mn,k}\right\} t + \left\{\sum_l \left(1 - b_{tr,l}\right) \Phi_{int,mn,u,l}\right\} t$	Gli apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne vengono calcolati in accordo con la norma UNI EN ISO 13790, ma all'interno del software vengono trascurati i contributi relativi agli ambienti non climatizzati. $Q_{int} = \left\{\sum_k \Phi_{int,mn,k}\right\} t$
Dove $\Phi_{int,mn,k}$ è il flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo, $\Phi_{int,mn,u,l}$ il flusso termico prodotto dalla l-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente *u*.	
6. Apporti termici solari	
Nella UNI/TS 11300-1 il calcolo degli apporti solari viene suddiviso in base a quale elemento costruttivo essi irradiano, ovvero i componenti	Nel PHPP gli apporti solari vengono calcolati trascurando il contributo dovuto agli ambienti non climatizzati.

<table>
<tr><th>UNI/TS 11300-1:2014</th><th>PHPP</th></tr>
<tr><td>opachi e i componenti vetrati. Questa divisione è dovuta al fatto che gli apporti termici solari sui componenti opachi non vengono considerati nella procedura di calcolo guadagni termici immediati, ma si considerano una diminuzione delle dispersioni termiche per trasmissione.
$Q_{sol,w}=\left\{\sum_j \phi_{sol,w,mn,j}\right\}t$
$Q_{sol,op}=\left\{\sum_k \phi_{sol,op,mn,k}\right\}t+\left\{\sum_l (1-b_{tr,l})\phi_{sol,mn,u,l}\right\}t$</td><td>$Q_{sol}=\left\{\sum_j \phi_{sol,w,mn,j}\right\}t+\left\{\sum_k \phi_{sol,op,mn,k}\right\}t$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dove $Q_{sol,w}$ sono gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti vetrati, $\phi_{sol,w,mn,j}$ è il flusso termico j-esimo di origine solare incidente sui componenti vetrati, mediato sul tempo, $Q_{sol,op}$ sono gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi, $\phi_{sol,op,mn,k}$ è il flusso termico k-esimo di origine solare incidente sui componenti opachi, mediato sul tempo, $\phi_{sol,mn,u,l}$ il flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo.
I flussi solari $\phi_{sol,w,mn,j}$, $\phi_{sol,op,mn,k}$ e $\phi_{sol,mn,u,l}$, vengono calcolati come:
$\phi_{sol,mn,k}=F_{sh,ob,k}*A_{sol,w/op,k}*I_{sol,k}$
Dove $F_{sh,ob,k}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k–esima, $A_{sol,w/op,k}$ è l'area di captazione solare effettiva della superfice vetrata od opaca k–esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato, $I_{sol,k}$ è l'irradianza solare media del mese considerato o della frazione di mese, sulla superficie k–esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale.</td></tr>
<tr><td>L'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,w}$, di un componente vetrato dell'involucro è calcolata con la seguente equazione:
$A_{sol,w}=F_{sh,gl}*g_{gl}\,(1-F_F)\,A_{w,p}$</td><td>Nel software l'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,w}$, di un componente vetrato dell'involucro è calcolata come:
$A_{sol,w}=F_{sh,gl}*g_{gl}\,(1-F_F)\,*r_{Dirt}*A_{w,p}$</td></tr>
</table>

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
dove $F_{sh,gl}$ è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili, g_{gl} è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente, F_F è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato, $A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato, r_{Dirt} è il fattore di riduzione per tenere conto dello sporco che si deposita sulle finestre di valore standard pari a 0,95.	
L'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,op}$, di un componente opaco dell'involucro edilizio è calcolata con la seguente equazione: $A_{sol,op} = \frac{R_{se}}{\frac{1}{U_{c,eq}}}\ \alpha_{sol,c}\ A_c$	Nel PHPP l'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,op}$, di un componente opaco dell'involucro edilizio è calcolata con la seguente equazione: $A_{sol,op} = \frac{R_{se,corr}}{\frac{1}{U_c} - R_{se} + R_{se,corr}}\ \alpha_{sol,c}\ A_c$
dove $\alpha_{sol,c}$ è il fattore di assorbimento solare del componente opaco, $U_{c,eq}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco (nel caso di componente opaco senza intercapedine d'aria $U_{c,eq} = U_c$ trasmittanza termica del componente), A_c è l'area proiettata del componente opaco.	
7. Fattore di utilizzazione degli apporti termici	
Il fattore di utilizzazione degli apporti termici $\eta_{H,gn}$ per il calcolo del fabbisogno di riscaldamento si calcola, conformemente alla UNI EN ISO 13790 come: $se\ \gamma_H > 0\ e\ \gamma_H \neq 1: \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$ $se\ \gamma_H = 1: \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1}$ Con: $\gamma_H = \frac{Q_{gn}}{Q_{H,ht}}$ $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$	

UNI/TS 11300-1:2014	PHPP
Dove γ_H è il rapporto apporti/dispersioni durante il periodo di riscaldamento; $a_{H,0}$ è un parametro numerico di riferimento adimensionale, pari a 1; τ è la costante di tempo termica della zona termica, $\tau_{H,0}$ è una costante di tempo di riferimento.	
Nella UNI/TS 11300-1 la costante di tempo di riferimento $\tau_{H,0}$ è pari a 15 h.	Nel PHPP la costante di tempo di riferimento $\tau_{H,0}$ è pari a 16 h.
La costante di tempo termica della zona termica τ si calcola come: $\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$ dove C_m è la capacità termica interna della zona termica considerata.	
Nella UNI/TS 11300-1 il calcolo della capacità termica interna della zona termica considerata C_m va effettuato secondo la UNI EN ISO 13786, secondo la formula: $C_m = \sum_i \kappa_i A_i$ dove κ_i è capacità termica interna dei componenti della struttura edilizia, A_i è l'area dell'i-esimo componente edilizio della zona termica. (20)	Nel PHPP il calcolo della capacità termica interna della zona termica considerata C_m si calcola come: $C_m = \kappa_{i,tot}\, A_f$ con $se\ \kappa_{i,tot,utente} < 10 \Longrightarrow \kappa_{i,tot} = 10$ $se\ 10 < \kappa_{i,tot,utente} < 500 \Longrightarrow \kappa_{i,tot} = \kappa_{i,tot,utente}$ $se\ \kappa_{i,tot,utente} > 500 \Longrightarrow \kappa_{i,tot} = 500$ $se\ \kappa_{i,tot,utente} non\ è\ nota \Longrightarrow \kappa_{i,tot} = 10$ dove $\kappa_{i,tot}$ è la capacità termica specifica per unità di superficie utile dell'intero edificio, A_f è la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato, $\kappa_{i,tot,utente}$ è la capacità termica specifica per unità di superficie utile dell'intero edificio definita dall'utente.
8. Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche	

<table>
<tr><th>UNI/TS 11300-1:2014</th><th>PHPP</th></tr>
<tr><td colspan="2">Il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche $\eta_{C,ls}$ per il calcolo del fabbisogno di raffrescamento si calcola come:

$se\ \gamma_C > 0\ e\ \gamma_C \neq 1: \eta_{C,ls} = \frac{1-\gamma_C^{-a_C}}{1-\gamma_C^{-(a_C+1)}}$

$se\ \gamma_C = 1: \eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C+1}$

$se\ \gamma_C < 0: \eta_{C,ls} = 1$

con:

$\gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{C,ht}}$
dove γ_C è il rapporto apporti/dispersioni durante il periodo di raffrescamento.</td></tr>
<tr><td>Con, nella UNI/TS 11300-1:

$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} - k\frac{A_w}{A_f}$

dove $a_{C,0}$ e k sono parametri numerici di riferimento adimensionale, pari rispettivamente a 8,1 e 13; $\tau_{C,0}$ è una costante di tempo di riferimento, pari a 17 h; A_w è l'area finestrata; A_f è l'area climatizzata.</td><td>Con, nel PHPP:

$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}$

dove $a_{C,0}$ è un parametro numerico di riferimento adimensionale, pari 1, $\tau_{C,0}$ è una costante di tempo di riferimento, pari a 16 h.</td></tr>
</table>

2.2 Condizioni al contorno

In questo paragrafo vengono descritte tutte le condizioni al contorno che è necessario fissare per poter eseguire la procedura di calcolo sopra descritta.

Si è scelto di procedere alla loro descrizione secondo l'ordine proposto dalla norma UNI/TS 11300-1. Essa suddivide le condizioni al contorno tra:

- caratteristiche tipologiche dell'edificio;
- caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio;
- ventilazione;
- dati climatici;
- modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio.

Per ogni categoria vengono presentati i parametri che ne fanno parte e descritti secondo i due modelli di calcolo analizzati, con particolare attenzione alle eventuali differenze presenti.

2.2.1 Caratteristiche tipologiche dell'edificio

I dati di ingresso relativi alle caratteristiche tipologiche dell'edificio comprendono:

- il volume interno (o netto) dell'ambiente climatizzato V;
- la superficie lorda dell'ambiente climatizzato $A_{f,G}$;
- la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato A_f;
- le superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia A;
- le tipologie e le dimensioni dei ponti termici lineari l;
- gli orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio;
- le caratteristiche geometriche di tutti gli elementi esterni (altri edifici, aggetti, ecc.) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio;
- la riflettanza solare dell'ambiente esterno ρ_{sol}. (11)

Tutte queste caratteristiche vengono considerate in modo equivalente dai due modelli di calcolo studiati. Soltanto la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato A_f viene ricavata secondo due procedure differenti.

Nella UNI/TS 11300-1 la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato A_f corrisponde alla superficie netta calpestabile dei locali riscaldati al netto di tramezzi e muri esterni.

Nel PHPP la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato A_f viene chiamata *treated floor area* TFA e il suo calcolo si basa sulle linee guida disposte nell'ordinanza sull'edilizia residenziale in Germania.

In Tabella 2.2 di seguito viene spiegato il calcolo.

Tabella 2.2 – *Calcolo della superficie utile dell'ambiente climatizzato per gli edifici residenziali secondo il PHPP. (18)*

<table>
<tr><td colspan="3">Quanto segue viene preso in considerazione nel calcolo della superficie utile:
· sotto finestra o sotto porta d'ingresso di una profondità superiore a 0,13 m;
· battiscopa, mobili da incasso, vasche da bagno;
· sotto scala (a seconda dell'altezza, vedi sotto);
· pianerottolo di partenza e arrivo delle scale.</td></tr>
<tr><th>Preso in considerazione al 100%</th><th>Preso in considerazione al 60%</th><th>Preso in considerazione al 0%</th></tr>
<tr><td>· spazio abitabile in cui vengono spesi lunghi periodi di tempo, per esempio con un'area finestrata maggiore del 10% della superficie di pavimento
· bagni
· stanze ausiliarie all'interno delle abitazioni
· aree di accesso e di circolazione all'interno delle abitazioni</td><td>· Stanze ausiliarie fuori dalle abitazioni
· aree di accesso e di circolazione fuori delle abitazioni</td><td>· rampe di scale con più di tre gradini
· vani ascensore
· cavedi/canne fumarie > 0,1 m²
· pilastri/rivestimenti interni a tutt'altezza > 0,1 m²
· vuoti (vuoto sopra la stanza a doppia altezza
· rientranze di porte d'ingresso e finestre dal pavimento al soffitto fino a 0,13 m di profondità
· stanze al di fuori dell'involucro termico</td></tr>
<tr><td colspan="3">Quanto segue si applica a tutte le stanze / aree parziali:
· altezza libera da 1 a 2 m, la superficie utile viene ridotta del 50%;
· altezza libera inferiore a 1 m, la superficie utile non viene presa in considerazione.</td></tr>
</table>

2.2.2 Caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio

I dati relativi alle caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio comprendono:

- le trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio U;
- le capacità termiche areiche dei componenti della struttura dell'edificio κ;
- le trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio g_{gl};
- i fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio $\alpha_{sol,c}$;
- le emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio ε;
- i fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili F_{sh};

- i fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio $1 - F_F$;
- i coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici Ψ. (11)

I punti appena presentati vengono descritti nei successivi paragrafi per una maggiore chiarezza nell'esposizione dei contenuti.

Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio *U*

I componenti dell'involucro edilizio si possono distinguere tra i componenti opachi e i componenti trasparenti.

Il calcolo della trasmittanza termica dei componenti opachi U_o si basa sulla norma UNI EN ISO 6946 per entrambi i modelli di calcolo analizzati e si effettua secondo la seguente formula:

$$U_o = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^{n} \frac{s_i}{\lambda_i} + \sum_{j=1}^{m} R_j + R_{se}}$$

dove R_{si} è la resistenza termica alla superficie interna dell'elemento costruttivo, s_i è lo spessore dell'i-esimo strato omogeneo di materiale che compone l'elemento costruttivo, λ_i è la conducibilità termica dell'i-esimo strato omogeneo di materiale che compone l'elemento costruttivo, R_j è la resistenza termica del j-esimo strato non omogeneo di materiale che compone l'elemento costruttivo, R_{se} è la resistenza termica alla superficie esterna dell'elemento costruttivo. (19)

Vi è, però una differenza tra i modelli nel modo di interpretare la norma per quanto riguarda le resistenze termiche superficiali. In particolare, i valori delle resistenze termiche superficiali dipendono dalla direzione del flusso termico secondo la Tabella 2.3:

Tabella 2.3 – *Determinazione delle resistenze termiche superficiali. Il flusso si considera orizzontale per inclinazioni comprese entro ±30°, altrimenti è verticale. (19)*

	Direzione del flusso termico		
	Ascendente	**Orizzontale**	**Discendente**
Resistenza termica superficiale interna R_{si} $[m^2K/W]$	0,10	0,13	0,17
Resistenza termica superficiale esterna R_{se} $[m^2K/W]$	0,04	0,04	0,04

La norma specifica inoltre che per una direzione del flusso termico non nota, il valore di resistenza termica superficiale interna R_{si} deve essere considerato pari a 0,13 m^2K/W per superfici aventi una qualunque inclinazione. (19)

Secondo la UNI/TS 11300-1 il flusso termico deve sempre essere considerato uscente durante il periodo invernale e per questo le resistenze superficiali interne utilizzate nel calcolo delle trasmittanze termiche sono sempre quelle indicate in Tabella 2.3. Invece, secondo il software PHPP la direzione del flusso termico dipende dal tipo di clima in cui ci si trova. In Italia il clima viene considerato principalmente di tipo caldo-temperato e in queste condizioni non si riesce a distinguere se nel periodo di riscaldamento il flusso di calore tenda ad essere verso il basso o verso

l'alto. Essendo la situazione "mista" in zona calda temperata, i valori di resistenza termica superficiale interna ascendente e discendente vengono mediati utilizzando di fatto un valore di resistenza superficiale interna R_{si} sempre pari a 0,13 m^2K/W per superfici aventi una qualunque inclinazione. Per questo i valori di trasmittanza termica dei componenti opachi risultano diversi nei due modelli di calcolo quando entrano in gioco le resistenze superficiali interne ascendenti e discendenti. In particolare, nel caso di componenti edilizi opachi orizzontali che delimitano superiormente l'involucro termico entra in gioco la resistenza superficiale interna ascendente, perciò il valore di trasmittanza termica del componente risulta maggiore nell'approccio che segue la norma UNI/TS 11300-1 rispetto al valore calcolato con il software PHPP. Al contrario, il valore di trasmittanza termica del componente edilizio opaco orizzontale che delimita l'involucro termico inferiormente, risulta maggiore nel PHPP rispetto alla UNI/TS 11300-1 perché entra in gioco la resistenza superficiale interna discendente. Questo confronto è stato riassunto nella Tabella 2.4 seguente.

Tabella 2.4 – *Confronto dei valori di trasmittanza termica relativi ai componenti opachi*

Direzione del flusso termico	UNI/TS 11300-1	PHPP	Confronto
Ascendente	$R_{si} = 0{,}10\ m^2K/W$	$R_{si} = 0{,}13\ m^2K/W$	$U_{UNI/TS\ 11300-1} > U_{PHPP}$
Discendente	$R_{si} = 0{,}17\ m^2K/W$		$U_{UNI/TS\ 11300-1} < U_{PHPP}$

Il calcolo della trasmittanza termica dei componenti trasparenti U_w risulta equivalente nei due modelli di calcolo, ma vi è presente una differenza di procedimento nell'applicazione delle equazioni di calcolo, ma che non porta a una differenza in termini quantitativi sul risultato. Questa differenza di procedimento è dovuta al fatto che nel software PHPP viene valutato il criterio di comfort sull'intero serramento, installato in una parete attraverso la formula della trasmittanza termica dei componenti trasparenti.

Nella norma UNI/TS 11300-1 il calcolo della trasmittanza termica dei componenti trasparenti si calcola secondo la UNI EN ISO 10077-1, secondo l'equazione seguente.

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

Dove A_g è l'area del vetro, U_g è la trasmittanza termica del vetro, A_f è l'area del telaio, U_f è la trasmittanza termica del telaio, l_g è il perimetro totale del vetro, Ψ_g è la trasmittanza termica lineare dovuta alla presenza del distanziatore posto tra i vetri in corrispondenza del telaio (da considerare solo in caso di vetro camera). (21)

Nel PHPP il calcolo della trasmittanza termica dei componenti trasparenti si calcola secondo la UNI EN ISO 10077-1 accoppiata alla UNI EN ISO 10211 (22) in modo da considerare anche il ponte termico di installazione del serramento, secondo l'equazione seguente.

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g + l_{install} \Psi_{install}}{A_g + A_f}$$

Dove $l_{install}$ è il perimetro totale del serramento, $\Psi_{install}$ è la trasmittanza termica lineare dovuta al tipo di installazione del serramento nella parete. (18)

Il valore della trasmittanza termica dei componenti trasparenti U_w risulta quindi diverso nei due modelli di calcolo. Il ponte termico di installazione del serramento nella parete è un termine che viene considerato anche nella norma UNI/TS 11300-1, ma viene considerato insieme a tutti gli altri ponti termici presenti nell'edificio. In ogni caso sia il valore della trasmittanza termica dei componenti trasparenti U_w, sia il valore del ponte termico di installazione del serramento nella parete confluiscono nell'equazione di H_D ed è per questo che il risultato finale del coefficiente di scambio termico per trasmissione non cambia tra i due modelli di calcolo.

Nella norma UNI/TS 11300-1 viene anche considerato l'effetto di attenuazione notturna della trasmittanza termica dei componenti trasparenti dovuto alla presenza delle chiusure oscuranti. Questo deve essere tenuto in conto mediante la frazione adimensionale della differenza cumulata di temperatura, derivante dal modello orario di utilizzo, calcolata mediante l'equazione:

$$U_{w,corr} = U_{w+shut} * f_{shut} + U_w * (1 - f_{shut})$$

dove$U_{w,corr}$ è la trasmittanza termica ridotta del componente trasparente e della chiusura oscurante, U_{w+shut} è la trasmittanza termica del componente trasparente e della chiusura oscurante insieme, f_{shut} è la frazione adimensionale della differenza cumulata di temperatura, derivante dal profilo orario di utilizzo della chiusura oscurante e dal profilo orario della differenza tra temperatura interna ed esterna (in mancanza di dati precisi sui profili giornalieri della temperatura esterna si assuma $f_{shut} = 0{,}6$). (11)

L'effetto di attenuazione notturna della trasmittanza termica dei componenti trasparenti dovuto alla presenza delle chiusure oscuranti viene invece trascurato nel PHPP.

Capacità termiche areiche dell'edificio κ

Secondo la UNI/TS 11300-1 il calcolo della capacità termica interna dei componenti della struttura edilizia κ_i deve essere effettuato in maniera dettagliata secondo la UNI EN ISO 13786. (20)

Nel PHPP la capacità termica specifica per unità di superficie utile $\kappa_{i,tot,utente}$ viene valutata globalmente per l'intero edificio e può essere inserita nel software secondo la seguente formula:

$$\kappa_{i,tot,utente} = 60 + n_{tm} * 8 + n_m * 24$$

dove n_{tm} è il numero di pareti parzialmente massive di una tipica stanza (ad esempio solai e pareti composti da calcestruzzo poroso o mattoni leggeri), n_m è il numero di pareti massive di una tipica stanza (ad esempio pareti in muratura di calce-arenaria o mattoni pieni, pareti e solai di calcestruzzo e massetto in calcestruzzo di spessore maggiore di 5cm su un soffitto leggero). (18)

Il valore della capacità termica interna per unità di superficie utile κ_i risulta, perciò maggiormente approssimativo nella valutazione effettuata con il PHPP, rispetto a quella fatta seguendo le indicazioni della UNI/TS 11300-1.

Trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio g_{gl}

Secondo la norma UNI/TS 11300-1, i valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati g_{gl} possono essere ricavati come segue:

$$g_{gl} = g_{gl,n} * F_w$$

dove $g_{gl,n}$ è la trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale, F_w è un fattore di esposizione che considera la variazione della trasmittanza di energia solare totale in funzione dell'angolo d'incidenza della radiazione solare.

I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati $g_{gl,n}$ possono essere determinati attraverso la UNI EN 410 (23), secondo entrambi gli approcci presi in esame. Nella UNI/TS 11300-1 sono anche presenti alcuni valori tabellati nel caso ci si trovi in assenza di dati documentati che permettano il calcolo rigoroso della trasmittanza.

I valori del fattore di esposizione F_w sono tabellati in funzione del tipo di vetro presente nel serramento, del mese e dell'orientamento, secondo la UNI/TS 11300-1. (11)

Secondo il PHPP il fattore di esposizione F_w è considerato un valore costante pari a 0,85 nel periodo invernale e 0,90 nel periodo estivo.

Fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio $\alpha_{sol,c}$

Nella norma UNI/TS 11300-1 è specificato che il fattore di assorbimento solare di un componente opaco $\alpha_{sol,c}$, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, può essere assunto pari a:

- 0,3 per colore chiaro della superficie esterna;
- 0,6 per colore medio della superficie esterna;
- 0,9 per colore scuro della superficie esterna. (11)

Nel software PHPP vengono anche suggeriti dei valori tipici del fattore di assorbimento solare di un componente opaco $\alpha_{sol,c}$, quali:

- fino a 0,1 per colori speciali;
- 0,4 per i muri intonacati di bianco;
- 0,8 per le coperture rivestite a tegole;
- 0,95 per superfici nere.

Emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio ε

In entrambi i modelli di calcolo per l'emissività della superficie esterna del componente opaco, viene riconosciuto come valore tipico 0,9 per i materiali da costruzione.

Nella UNI/TS 11300-1 viene indicato il valore dell'emissività della superficie esterna tipico per i vetri senza deposito superficiale, pari a 0,837.

Nel PHPP non si considera l'emissività della superficie esterna del componente trasparente, in quanto questo dato è utilizzato solo nel calcolo dello scambio termico radiativo con la volta celeste che in questo software viene fatto solo per i componenti opachi.

Fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili $F_{sh,gl}$

Il fattore di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili $F_{sh,gl}$, è ricavato dalla seguente espressione in entrambi i modelli di calcolo analizzati:

$$F_{sh,gl} = \frac{\left(1 - f_{sh,with}\right) * g_{gl} + f_{sh,with} * g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

dove $f_{sh,with}$ è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente, g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata.

È da sottolineare che nel PHPP, nonostante il calcolo complessivo del fattore di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili $F_{sh,gl}$ sia lo stesso, i dati di ingresso richiesti non lo sono. È richiesta la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata $f_{sh,with}$, ma la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata g_{gl+sh} non è richiesta. Al suo posto il dato da inserire è il fattore di riduzione per schermature mobili temporanee g_{gl+sh}/g_{gl}, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura.

La frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente $f_{sh,with}$ dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione. I suoi valori sono ricavati in funzione del mese e dell'orientamento in maniera tabellare nella UNI/TS 11300-1. (11)

Per quanto riguarda il software PHPP, l'utilizzo delle schermature mobili viene considerato soltanto durante i mesi estivi, nei mesi invernali il fattore di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili $F_{sh,gl}$ è uguale a 1. In estate, la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata $f_{sh,with}$ assume un valore costante pari a 0,7 che diventa 0,8 nel caso in cui il controllo degli elementi di schermatura sia fatto in maniera automatica o nel caso la vista verso l'esterno sia ancora possibile nonostante l'ombreggiatura chiusa. (18)

Secondo la UNI/TS 11300-1 la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata g_{gl+sh}, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, può essere valutata attraverso le norme UNI EN ISO 52022-1 (24) e UNI EN ISO 52022-3 (25) o, se applicabili, attraverso i fattori di riduzione per schermature mobili temporanee g_{gl+sh}/g_{gl} tabellati. (11)

Nel PHPP il fattore di riduzione per schermature mobili temporanee g_{gl+sh}/g_{gl} può essere ricavato secondo la norma DIN V 18599-2 (26)o attraverso le UNI EN ISO 52022-1 (24) e UNI EN ISO 52022-3 (25).

Fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio $1 - F_F$

Il fattore di correzione dovuto al telaio $1 - F_F$ è pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale del serramento e si calcola in questo modo in entrambe le metodologie.

Coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici Ψ

Nel software PHPP i coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici Ψ possono essere richiamati dalle connessioni certificate dallo standard o essere definiti dall'utente. In questo secondo caso il calcolo dei coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici Ψ risulta uguale in entrambe le metodologie di calcolo.

I valori di trasmittanza termica lineare Ψ devono essere determinati esclusivamente attraverso il calcolo numerico in accordo alla UNI EN ISO 10211 (22) oppure attraverso l'uso di atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683 (27).

2.2.3 Ventilazione

I dati relativi alla ventilazione comprendono:

- il tipo di ventilazione (ventilazione naturale, ventilazione meccanica, ventilazione ibrida);
- il tasso di ricambio d'aria n o la portata minima di progetto $q_{ve,0}$;
- il regime di funzionamento dell'impianto di ventilazione (periodi di attivazione);
- il regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione (continuo, intermittente, attenuato);
- la tipologia di impianto di ventilazione (singolo condotto/doppio condotto, ventilatore in estrazione/ventilatore premente, recupero termico, pre-riscaldamento o pre-raffreddamento);
- le tipologie di terminale e di regolazione;
- la portata dell'impianto di condizioni di progetto $q_{ve,des}$. (11)

All'interno della procedura per il calcolo del fabbisogno energetico ideale di un edificio, si tiene conto delle dispersioni termiche per ventilazione con l'equazione $Q_{H/C,ve}$. Per ricavare il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione $H_{ve,adj}$ è necessario conoscere la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo $q_{ve,k,mn}$.

Il calcolo della portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo è diverso a seconda che vi sia presente la sola ventilazione naturale o che si abbia la presenza di un impianto di ventilazione meccanica

Ventilazione naturale

Secondo la UNI/TS 11300-1 la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo $q_{ve,k,mn}$, nel caso in cui non vi sia alcun impianto di ventilazione, si calcola come:

$$q_{ve,k,mn} = q_{ve,0,k} * f_{ve,t,k}$$

dove $q_{ve,0,k}$ è la portata minima di progetto di aria esterna, $f_{ve,t,k}$ è il fattore di correzione che rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il flusso d'aria k-esimo e che tiene conto dell'effettivo profilo di utilizzo e delle infiltrazioni che si hanno quando non si opera l'areazione.

Il fattore di correzione $f_{ve,t,k}$ viene ricavato in maniera tabellare sempre dalla norma UNI/TS 11300-1. La portata minima di progetto di aria esterna $q_{ve,0,k}$, per le abitazioni civili si calcola con l'equazione seguente:

$$q_{ve,0,k} = \frac{n * V}{3600}$$

dove n è il tasso di ricambio d'aria, V è il volume netto della zona termica considerata comprensivo di cucine, bagni, corridoi e locali di servizio.

Per le abitazioni civili si assume un tasso di ricambio d'aria di progetto pari a 0,5 h^{-1}, come riportato al punto D.5.1 della UNI EN 12831:2006 (28). (11)

Nel PHPP la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo $q_{ve,k,mn}$, si calcola come:

$$q_{ve,k,mn} = V * \left(n_{ig} + n_{V,Res}\right)$$

dove n_{ig} è il tasso di ricambio d'aria minimo per ragioni di igiene pari a 0,3 h^{-1}, $n_{V,Res}$ è il tasso di ricambio d'aria di infiltrazione.

Il tasso di ricambio d'aria di infiltrazione $n_{V,Res}$ si calcola secondo la seguente equazione:

$$n_{V,Res} = \frac{V_{n50}}{V} * n_{50} * e$$

dove V_{n50} è il volume d'aria netto misurato durante il *Blower-Door-Test*, n_{50} è il tasso di ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno, e è il coefficiente di esposizione al vento, ricavato in maniera tabellare secondo la norma UNI EN ISO 13789 (29).

Ventilazione meccanica

Nel caso sia installato un impianto di ventilazione meccanica, la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo $q_{ve,k,mn}$ si calcola, secondo la UNI/TS 11300-1, come:

$$q_{ve,k,mn} = \left(\overline{q'_{ve,x}}\right)_k * (1 - \beta_k) + \left(q_{ve,f} * b_{ve} * FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}}\right)_k * \beta_k$$

dove $\overline{q'_{ve,x}}$ è la portata d'aria addizionale media dovuta agli effetti del vento, nel periodo di non funzionamento della ventilazione meccanica, β_k è la frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica funzionante per il flusso d'aria k-esimo (le ore cumulate giornaliere, valore medio mensile, di presenza di persone corrispondente al profilo di occupazione relativo alla destinazione d'uso considerata rapportate alle 24 ore, tabellati nella normativa), $q_{ve,f}$ è la portata nominale della ventilazione meccanica, b_{ve} è il fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel k-esimo flusso d'aria, FC_{ve} è il fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica tabellato nella norma, $\overline{q_{ve,x}}$ è la portata d'aria

media giornaliera addizionale con ventilazione meccanica funzionante dovuta a ventilazione naturale termica e trasversale.

La portata d'aria addizionale media dovuta agli effetti del vento, nel periodo di non funzionamento della ventilazione meccanica $\overline{q'_{ve,x}}$ si calcola come:

$$\overline{q'_{ve,x}} = \frac{V * n_{50} * e}{3600}$$

La portata nominale della ventilazione meccanica $q_{ve,f}$ si calcola come:

$$q_{ve,f} = max\left[q_{ve,des}; q_{ve,0}\right]$$

dove $q_{ve,des}$ è la portata di esercizio dell'impianto di ventilazione meccanica in condizioni di progetto.

La portata di progetto della ventilazione meccanica $q_{ve,des}$, ricavata secondo la UNI 10339 (30), coincide con:

- nel caso di ventilazione meccanica per estrazione, la portata di estrazione $q_{ve,ext}$;
- nel caso di ventilazione meccanica per immissione, la portata di immissione $q_{ve,sup}$;
- nel caso ventilazione meccanica bilanciata, con la massima tra la portata di immissione e quella di estrazione.

Il fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel k-esimo flusso d'aria b_{ve}, per ventilatore in estrazione o ventilatore premente senza alcun trattamento dell'aria è pari a:

$$b_{ve} = 1$$

Per ventilatore premente con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento, è pari a:

$$b_{ve} = \frac{\theta_{int,set} - \theta_{sup}}{\theta_{int,set} - \theta_e}$$

dove θ_{sup} è il valore della temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre-raffreddamento.

La portata d'aria media giornaliera addizionale con ventilazione meccanica funzionante dovuta a ventilazione naturale termica e trasversale $\overline{q_{ve,x}}$, si calcola come:

$$\overline{q_{ve,x}} = \frac{\overline{q'_{ve,x}}}{1 + \frac{f}{e}\left(\frac{q_{ve,sup} - q_{ve,ext}}{\frac{V * n_{50}}{3600}}\right)^2}$$

dove f è il coefficiente di esposizione al vento, ricavato in maniera tabellare secondo la norma UNI EN ISO 13789 (29). (11)

Nel PHPP la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo $q_{ve,k,mn}$ si calcola come:

$$q_{ve,k,mn} = V * \left(n_{V,system} * (1 - \eta *_{SHX}) * \left(1 - \eta_{HR,eff}\right) + n_{V,Res}\right)$$

dove $n_{V,system}$ in questo caso è il tasso medio di cambio dell'aria raggiunto attraverso il sistema di ventilazione, $\eta *_{SHX}$ è l'efficienza dello scambiatore di calore del sottosuolo (o dei condotti interrati per la presa d'aria fresca), $\eta_{HR,eff}$ è l'efficienza del sistema di recupero del calore che considera anche le perdite di calore dei condotti fra l'unità di recupero di calore e l'involucro esterno.

Il tasso medio di cambio dell'aria raggiunto attraverso il sistema di ventilazione $n_{V,system}$, si calcola come:

$$n_{V,system} = \frac{q_{V,system}}{V}$$

La portata d'aria di immissione $q_{V,system}$ è data da:

$$q_{V,system} = max[0{,}77\ q_{ve,des}; q_{ig}]$$

dove 0,77 $q_{ve,des}$ è la portata di esercizio dell'impianto di ventilazione meccanica in condizioni di progetto, ridotta per considerarne un uso in condizioni standard e q_{ig} è la portata d'igiene che deve garantire il ricambio d'aria minimo di 0,3 volumi l'ora.

La portata di esercizio dell'impianto di ventilazione meccanica in condizioni di progetto $q_{ve,des}$, nel PHPP si calcola come:

$$q_{ve,des} = max[q_{ve,sup}; q_{ve,ext}]$$

La portata di immissione $q_{ve,sup}$, per le abitazioni, vale:

$$q_{ve,sup} = n_p\ 30\ m^3/(h\ persona)$$

dove n_p è il numero di persone per unità abitativa negli edifici residenziali e si calcola secondo l'equazione seguente.

$$n_p = \left\{1 + a\left(1 - e^{-b\left(\frac{A_f}{n_{ua}} - c\right)^2}\right) + d\ \frac{A_f}{n_{ua}}\right\} n_{ua}$$

Con:

$a = 1{,}9$

$b = 0{,}00013$

$c = 7$

$d = 0{,}001$

Dove a, b, c e d sono dei parametri empirici e n_{ua} è il numero di unità abitative.

La portata di estrazione $q_{ve,ext}$, si calcola come:

$$q_{ve,ext} = n_k\ 60\ m^3/h + n_b\ 40\ m^3/h + n_s\ 20\ m^3/h + n_{WC}\ 20\ m^3/h$$

dove n_k è il numero di cucine, n_b è il numero di stanze da bagno, n_s è il numero di bagni in cui è presente solo la doccia, n_{WC} è il numero di servizi igienici. (18)

2.2.4 Dati climatici

I dati climatici rappresentano il punto di partenza per qualunque progettazione energetica e devono quindi corrispondere il più possibile alla situazione reale.

I dati climatici comprendono:

- le medie mensili della temperatura esterna media giornaliera θ_e;
- le medie mensili dell'umidità massica media giornaliera x_e;
- l'irradianza solare totale media mensile sul piano orizzontale $I_{sol,h}$;
- l'irradianza solare totale media mensile per ciascun orientamento I_{sol}.

Secondo la UNI/TS 11300-1 vanno ricavati secondo quanto riportato nella UNI 10349. (31) I valori di irradianza solare totale media mensile sono ricavati dai valori di irradiazione solare giornaliera media mensile forniti dalla UNI 10349. I valori medi mensili della temperatura esterna media giornaliera e della pressione media giornaliera del vapore sono forniti dalla UNI 10349. Per le località non comprese nella UNI 10349 si assumono gli stessi valori di umidità relativa di quelli delle località di riferimento individuate. (11)

Nel software PHPP è possibile selezionare un set di dati climatici tra quelli già certificati dal Passivhaus Institut reperibili sul portale Passipedia, indispensabile per la certificazione dell'edificio, oppure vi è la possibilità per l'utente di inserirli. È anche possibile richiedere al Passivhaus Institut un set di dati climatici certificati per una località di cui mancano. I dati climatici relativi al territorio italiano, validati dal Passivhaus Institut derivano dalle stesse fonti usate per sviluppare la norma UNI 10349 e dal database EOSWEB (32) della NASA, ripreso ed elaborato dal Passivhaus Institut stesso. Nell'applicazione della norma UNI 10349 vi è una differenza nel caso di località non presenti nella norma stessa. In questo caso la norma prescrive di ricercare la stazione di riferimento più vicina alla località in esame applicando quindi una correzione alla temperatura della stazione di rilevazione $\theta_{e,rif}$ che tenga conto della differenza di altitudine fra quella della località z e quella della stazione di riferimento z_{rif} secondo la relazione:

$$\theta_e = \theta_{e,rif} - (z - z_{rif}) * d$$

dove d è il gradiente verticale di temperatura tabulato per ciascuna località all'interno della norma. Nel PHPP si assume per semplicità per tutte le località $d = 0{,}6\ °C/100\ m$, in maniera comunque estremamente consistente con i valori della norma. (3)

2.2.5 Modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio

I dati relativi all'utenza comprendono:

- La temperatura e l'umidità relativa interne di regolazione;
- la durata del periodo di riscaldamento;
- la durata del periodo di raffrescamento;
- gli apporti di energia termica interni Q_{int}.

Temperatura e umidità relativa interne di regolazione

La temperatura di set-point invernale $\theta_{int,set,H}$ di edifici residenziali è fissata, sia per la certificazione Passivhaus/EnerPHit, sia secondo l'approccio della norma UNI/TS 11300-1, a 20°C.

La temperatura di set-point estiva $\theta_{int,set,C}$ di edifici residenziali si assume pari a 26°C, secondo la UNI/TS 11300-1. (11)

Per la certificazione Passivhaus/EnerPHit, è fissata a 25°C. Questa temperatura è stata molto dibattuta negli scorsi anni e sovente si sono analizzati casi in cui la temperatura estiva era assunta pari a 26°C, specialmente in area mediterranea. A tutt'oggi tuttavia non vi sono motivi sufficienti per specificare una diversa condizione al contorno per rispettare il requisito di comfort secondo la UNI EN ISO 7730 sebbene evidenze dimostrino che un diverso vestiario come quello più leggero tipico del clima caldo-temperato e caldo garantisca il rispetto del comfort abitativo anche per temperature interne più elevate. (3)

L'umidità relativa interna di regolazione $\phi_{int,set,H/C}$ si assume pari al 50% sia in climatizzazione invernale che estiva, secondo entrambe le metodologie di calcolo.

Durata del periodo di riscaldamento

La stagione di riscaldamento è il periodo durante il quale è necessario un apporto dell'impianto di climatizzazione per mantenere all'interno dell'edificio una temperatura interna non inferiore a quella di progetto.

Nella UNI/TS 11300-1 per ciascuna zona termica, il primo e l'ultimo giorno del periodo di riscaldamento reale sono calcolati, secondo il metodo riportato nella UNI EN ISO 13790 (7), come i giorni in cui il rapporto adimensionale apporti–dispersioni per la modalità di riscaldamento, γ_H, è uguale al suo valore limite:

$$\gamma_{H,lim} = \frac{a_H + 1}{a_H}$$

La stagione di riscaldamento è estesa a tutti i giorni per i quali risulta $\gamma_H < \gamma_{H,lim}$. Il calcolo della frazione di mese che è parte del periodo di riscaldamento f_H si individua per interpolazione lineare tra i valori medi mensili adiacenti, secondo la procedura seguente.

Il valore di γ_H a inizio mese è pari al valore medio di γ_H del mese considerato e del mese precedente. Il valore di γ_H a fine mese è pari al valore medio di γ_H del mese considerato e del mese successivo. Il più basso tra i due γ_H (inizio/fine mese) è $\gamma_{H,1}$. Il più alto tra i due γ_H (inizio/fine mese) è $\gamma_{H,2}$.

$$Se\ \gamma_{H,2} < \gamma_{H,lim} \implies f_H = 1$$

ossia l'intero mese è all'interno del periodo di riscaldamento.

$$Se\ \gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim} \implies f_H = 0$$

ossia l'intero mese è all'esterno del periodo di riscaldamento.

$$Se\ \gamma_H > \gamma_{H,lim} \implies f_H = 0{,}5 * \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1}}{\gamma_H - \gamma_{H,1}}$$

$$Se\ \gamma_H \leq \gamma_{H,lim} \implies f_H = 0{,}5 + 0{,}5 * \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_H}{\gamma_{H,2} - \gamma_H}$$

La durata della stagione di riscaldamento è comunque limitata in funzione della zona climatica in relazione ai gradi giorno della località, secondo il DPR 74/2013 (33). (11)

Nel PHPP, fanno parte della stagione di riscaldamento, tutti i mesi in cui è stato calcolato un fabbisogno energetico ideale per il riscaldamento $Q_{H,nd} > 0{,}1\ kWh$. (18)

Durata del periodo di raffrescamento

La stagione di raffrescamento è il periodo durante il quale è necessario un apporto dell'impianto di climatizzazione per mantenere all'interno dell'edificio una temperatura interna non superiore a quella di progetto.

Per ciascuna zona termica, il primo e l'ultimo giorno del periodo di raffrescamento reale sono calcolati, secondo il metodo riportato nella UNI EN ISO 13790 (7), come i giorni in cui il rapporto adimensionale dispersioni-apporti per la modalità di raffrescamento, $1/\gamma_C$, è uguale al suo valore limite:

$$\gamma_{C,lim} = \frac{a_C + 1}{a_C}$$

La stagione di riscaldamento è estesa a tutti i giorni per i quali risulta $1/\gamma_C < (1/\gamma_C)_{lim}$. Il calcolo della frazione di mese che è parte del periodo di riscaldamento f_C si individua per interpolazione lineare tra i valori medi mensili adiacenti, secondo la procedura seguente.

Il valore di $1/\gamma_C$ a inizio mese è pari al valore medio di $1/\gamma_C$ del mese considerato e del mese precedente. Il valore di $1/\gamma_C$ a fine mese è pari al valore medio di $1/\gamma_C$ del mese considerato e del mese successivo. Il più basso tra i due $1/\gamma_C$ (inizio/fine mese) è $(1/\gamma_C)_1$. Il più alto tra i due γ_H (inizio/fine mese) è $(1/\gamma_C)_2$.

$$Se\ (1/\gamma_C)_2 . < (1/\gamma_C)_{lim} \implies f_C = 1$$

ossia l'intero mese è all'interno del periodo di riscaldamento.

$$Se\ (1/\gamma_C)_1 > (1/\gamma_C)_{lim} \implies f_C = 0$$

ossia l'intero mese è all'esterno del periodo di riscaldamento.

$$Se\ 1/\gamma_C > (1/\gamma_C)_{lim} \implies f_C = 0{,}5 * \frac{(1/\gamma_C)_{lim} - (1/\gamma_C)_1}{(1/\gamma_C) - (1/\gamma_C)_1}$$

$$Se\ 1/\gamma_C \leq (1/\gamma_C)_{lim} \implies f_C = 0{,}5 + 0{,}5 * \frac{(1/\gamma_C)_{lim} - (1/\gamma_C)}{(1/\gamma_C)_2 - (1/\gamma_C)}$$

(11)

Nel PHPP, fanno parte della stagione di raffrescamento, tutti i mesi in cui è stato calcolato un fabbisogno energetico ideale per il raffrescamento $Q_{C,nd} > 0{,}1\ kWh$. Inoltre, il mese di luglio viene

ulteriormente suddiviso in quattro parti: la prima considera il giorno più caldo (di picco), la seconda i successivi quattro giorni più caldi, la terza gli ulteriori dodici giorni più caldi successivi e la quarta i rimanenti giorni del mese. (18)

Apporti di energia termica interni Q_{int}

Il flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo $\Phi_{int,mn,k}$, per gli edifici residenziali dipende dalla superficie utile di pavimento A_f.

$$Se\ A_f \leq 120\ m^2 \Longrightarrow \Phi_{int,mn,k} = 7{,}987 * A_f - 0{,}0353 * {A_f}^2$$

$$Se\ A_f > 120\ m^2 \Longrightarrow \Phi_{int,mn,k} = 450W$$

In assenza di informazioni che ne dimostrino la rilevanza, è lecito trascurare l'effetto degli apporti termici prodotti all'interno di ambienti non climatizzati.

Nel software PHPP il flusso termico per unità di superficie prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo $\Phi_{int,mn,k}$ per gli edifici residenziali dipende anche qui dalla superficie utile di pavimento A_f, ma secondo una relazione diversa.

$$se\ n_{ua} > 0\ e\ \frac{A_f}{n_{ua}} > \frac{50}{4{,}1 - 2{,}1} \Longrightarrow \Phi_{int,mn,k} = 2{,}1\ W/m^2K + 50 * \frac{n_{ua}}{A_f}$$

$$se\ n_{ua} = 0\ e\ \frac{A_f}{n_{ua}} \leq \frac{50}{4{,}1 - 2{,}1} \Longrightarrow \Phi_{int,mn,k} = 4{,}1\ W/m^2K$$

Questa funzione approssima bene il modello base di 5 fattori quali: il calore sensibile rilasciato dalle persone, gli apparecchi elettrici che dissipano calore in un edificio, l'acqua fredda presente nella rete idrica che assorbe calore dall'ambiente, l'acqua calda sanitaria presente nella rete idrica che cede calore all'ambiente, l'evaporazione di acqua da asciugamani, piante, vestiti bagnati etc. che causa una riduzione degli apporti interni. La funzione non opera altrettanto bene per unità abitative molto piccole con superficie utile netta A_f minore di 25 m^2. Per questo il Passivhaus Institut ha convenuto che in ambito residenziale non vengano presi in considerazione carichi interni invernali maggiori di 4,1 W/m^2, possibili per appartamenti estremamente piccoli per cui è opportuno svolgere un calcolo più approfondito. (3)

Si tratta di due modelli di approssimazione degli apporti interni completamente diversi, come si può notare dal grafico in Figura 2.1.

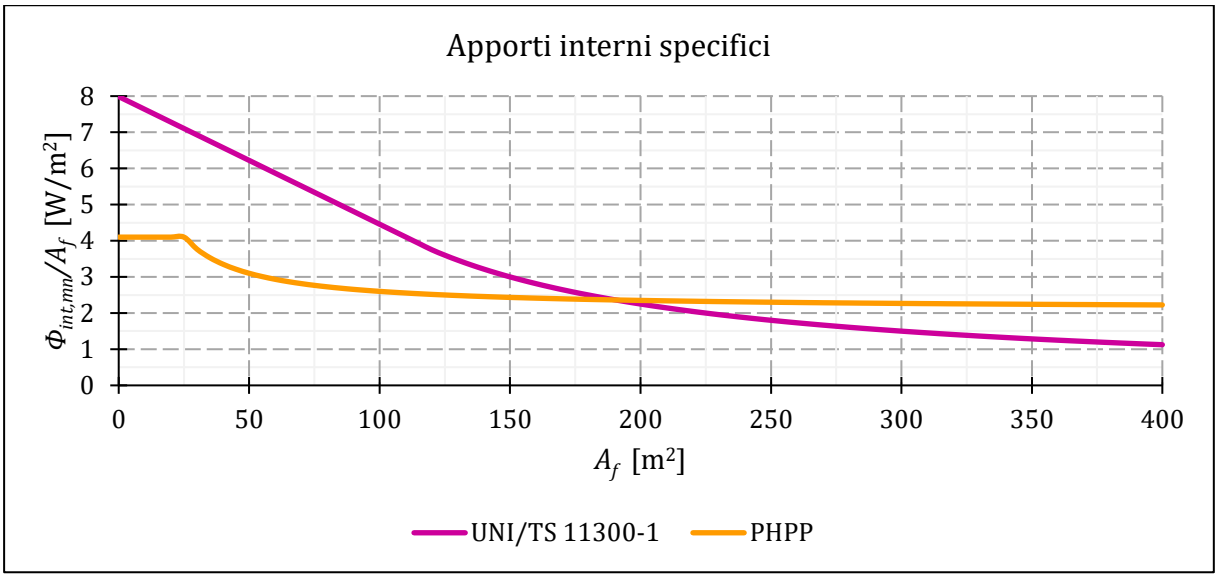


Figura 2.1 – *Apporti interni specifici in edifici residenziali secondo il modello di calcolo della norma UNI/TS 11300 e secondo il modello di calcolo del software PHPP messi a confronto.*

2.3 Dati precalcolati

I dati precalcolati sono quei parametri che vanno inseriti nella procedura di calcolo come dati di ingresso, ma che è necessario ricavare tramite una dedicata procedura di calcolo.

Per entrambi i modelli di calcolo, si tratta del fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato e del fattore di riduzione per ombreggiatura.

Nei sotto paragrafi successivi il metodo di calcolo di queste grandezze viene analizzato, andando a sottolineare le eventuali differenze tra il calcolo secondo la norma UNI/TS 11300-1 e il PHPP.

Fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato $b_{tr,U}$

Il fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato $b_{tr,U}$, per entrambi i modelli di calcolo, è diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia diversa da quella dell'ambiente esterno. Si ha mediante:

$$b_{tr,U} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

dove H_{ue} è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno, H_{iu} è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato. Entrambi vanno determinati secondo la UNI EN ISO 13789.

I coefficienti di scambio termico H_{ue} e H_{iu} comprendono i trasferimenti di calore per trasmissione e ventilazione. Questi sono calcolati secondo le equazioni:

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue}$$

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu}$$

dove $H_{T,ue}$ e $H_{T,iu}$ sono i coefficienti globali di scambio termico per trasmissione della zona considerata, $H_{V,ue}$ e $H_{V,iu}$ sono i coefficienti globali di scambio termico per ventilazione della zona considerata.

I coefficienti globali di scambio termico per ventilazione della zona considerata $H_{V,ue}$ e $H_{V,iu}$ si calcolano come:

$$H_{V,ue} = \rho_a * c_a * V_u * n_{ue}$$

$$H_{V,iu} = \rho_a * c_a * V_u * n_{iu}$$

dove V_u è il volume netto dell'ambiente non climatizzato, n_{ue} e n_{iu} sono il tasso di ricambio d'aria tra l'ambiente non climatizzato e rispettivamente l'ambiente esterno e l'ambiente climatizzato. (29)

La norma tecnica UNI/TS 11300-1 permette di considerare la presenza di più zone non climatizzate. Inoltre, la procedura di calcolo per il fabbisogno energetico ideale dell'edificio inizia con la divisione in zone termiche dell'edificio, per questo c'è la necessità di calcolare anche un fattore di riduzione delle dispersioni tra la zona termica z-esima e l'ambiente non climatizzato $b'_{tr,l,z}$, secondo la formula:

$$b'_{tr,l,z} = \frac{H_{iu,z}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

Dove $H_{iu,z}$ è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e la generica zona termica z-esima, calcolato come H_{iu}, ma riferito sempre alla zona z-esima.

Questo valore modifica le dispersioni per trasmissione, gli apporti termici interni e gli apporti solari sui componenti opachi come segue:

$$Q_{H/C,tr} = H_{tr,adj}\left(\theta_{int,set,H/C} - \theta_e\right) t + \left\{\sum_k F_{r,k}\phi_{r,mn,k}\right\} t + \left\{\sum_l b'_{tr,l,z} F_{r,l}\phi_{r,mn,u,l}\right\} t - Q_{sol,op}$$

$$Q_{int} = \left\{\sum_k \Phi_{int,mn,k}\right\} t + \left\{\sum_l b'_{tr,l,z}\,\Phi_{int,mn,u,l}\right\} t$$

$$Q_{sol,op} = \left\{\sum_k \phi_{sol,op,mn,k}\right\} t + \left\{\sum_l b'_{tr,l,z}\phi_{sol,mn,u,l}\right\} t$$

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori del fattore $b_{tr,U}$ si possono assumere dalla tabella della UNI EN 12831 (28). (11)

Con il software PHPP il calcolo deve essere fatto sull'intero edificio, perciò con un'unica zona termica ed è consentito inserire un solo fattore di correzione dello scambio di energia termica tra

ambiente climatizzato e non climatizzato $b_{tr,U}$. Se sono presenti diversi ambienti non climatizzati questi vengono considerati alla stessa temperatura e quindi valutati con un unico fattore.

Invece, nel caso di sottotetto non climatizzato è possibile ovviare il problema del fattore di correzione dello scambio di energia termica $b_{tr,U}$.perché il software permette di calcolare la trasmittanza equivalente del solaio del sottotetto. In questo modo si tiene in considerazione la presenza del sottotetto e delle caratteristiche della copertura, senza introdurre alcun fattore di correzione.

Fattore di riduzione per ombreggiatura $F_{sh,ob}$

Il fattore di riduzione per ombreggiatura è un fattore moltiplicativo della radiazione solare incidente per tenere conto dell'effetto di ombreggiatura permanente sull'elemento considerato, risultante da: altri edifici, topografia (alture, alberi …), aggetti, altri elementi dello stesso edificio, parte esterna della parete sulla quale è montato l'elemento vetrato.

Secondo la UNI/TS 11300-1 esistono due tipi di fattori di riduzione per ombreggiatura: quello diretto $F_{sh,ob}$ e quello diffuso $F_{sh,ob,d}$. Il primo viene utilizzato per il calcolo degli apporti termici, il secondo quando si calcolano le extra dispersioni verso la volta celeste. La procedura di calcolo di questi due fattori è la medesima, solo che i dati da inserire nel calcolo devono essere scelti riferiti all'ombreggiatura diretta o diffusa rispettivamente. Questi fattori possono essere calcolati in funzione dei fattori di ombreggiatura relativi ad ostruzioni esterne F_{hor}, ad aggetti orizzontali F_{ov} e verticali F_{fin}.

$$F_{sh,ob} = F_{hor} * min(F_{ov};\ F_{fin})$$

Questi valori sono tabellati all'appendice D della normativa. Le tabelle relative all'ombreggiatura diretta dipendono dalla latitudine, dall'esposizione dell'elemento ombreggiato, dal clima, dal mese considerato e dal parametro angolare, come si vede dalla Figura 2.2 e dalla Figura 2.3. Le tabelle relative all'ombreggiatura diffusa dipendono invece, soltanto dal parametro angolare, sempre secondo la Figura 2.2 e la Figura 2.3.

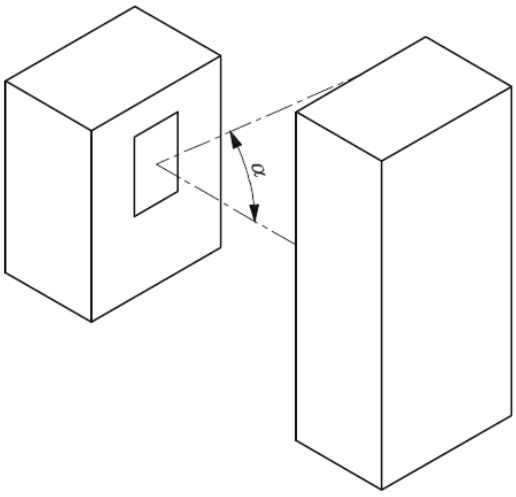


Figura 2.2 - *Angolo dell'orizzonte ombreggiato da un'ostruzione esterna (11)*

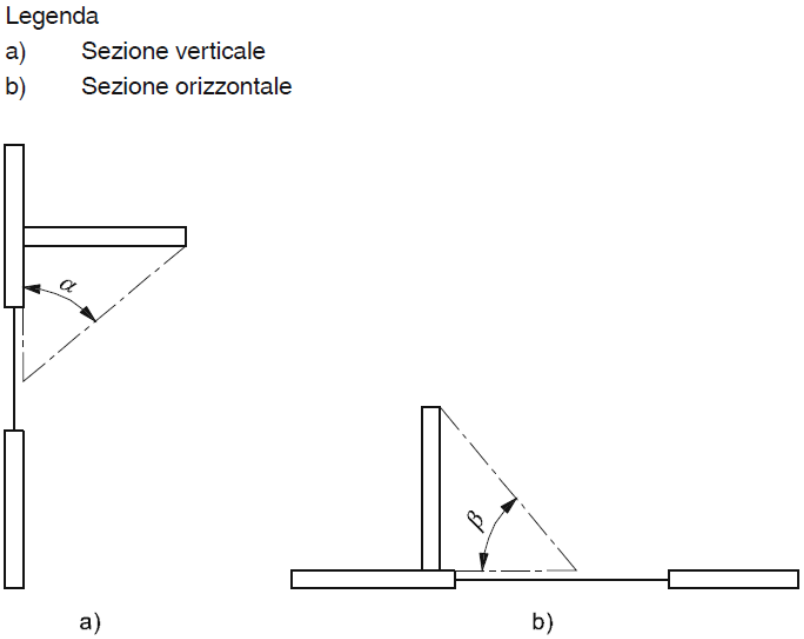


Figura 2.3 – *Aggetto orizzontale e verticale (11)*

I fattori di ombreggiatura possono essere determinati attraverso l'interpolazione lineare dei valori riportati sotto forma tabellare, in relazione, per l'ombreggiatura diretta, al parametro angolare, all'orientamento dell'edificio e alla latitudine della località; per l'ombreggiatura diffusa, in relazione soltanto al parametro angolare.

Il calcolo degli angoli caratterizzanti le ombreggiature si effettua secondo la seguente procedura:

- componenti vetrati:
  - considerare la superficie esterna degli elementi comprensiva del telaio;
  - trovare il baricentro di tale superficie e da esso determinare la distanza d e la profondità h dell'aggetto, fermandosi all'intradosso dell'aggetto stesso;
  - analogamente calcolare l'angolo formato dalle ostruzioni partendo sempre dal baricentro dell'intero componente finestrato;
- superfici opache:
  - considerare la superficie esterna;
  - trovare il baricentro di tale superficie e da esso determinare la distanza d e la profondità h dell'aggetto, fermandosi all'intradosso dell'aggetto stesso;
  - analogamente calcolare l'angolo formato dalle ostruzioni partendo sempre dal baricentro della superficie opaca.

Sia per i componenti vetrati sia per quelli opachi, in caso di presenza di più aggetti od ostruzioni della stessa tipologia, si considera solo quello che determina l'angolo maggiore o comunque quello che per esposizione incide maggiormente. (11)

Secondo il software PHPP, il fattore di riduzione per ombreggiatura $F_{sh,ob}$ si calcola come:

$$F_{sh,ob} = r_H * r_R * r_O * r_{other}$$

dove r_H è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alle ostruzioni esterne dovute a un orizzonte, r_R è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo agli aggetti verticali, r_O è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo agli aggetti orizzontali, r_{other} è il fattore di riduzione per ombreggiatura addizionale.

Gli algoritmi di calcolo derivano dai risultati delle simulazioni dinamiche su edifici. I fattori di riduzione calcolati dipendono dalla geometria delle finestre e dagli elementi di ombreggiatura, come mostrato dalla Figura 2.4, dalla Figura 2.5 e dalla Figura 2.6, dall'orientamento delle aree finestrate, dal periodo dell'anno e dalla latitudine. Diversi fattori di riduzione sono calcolati per l'inverno e l'estate.

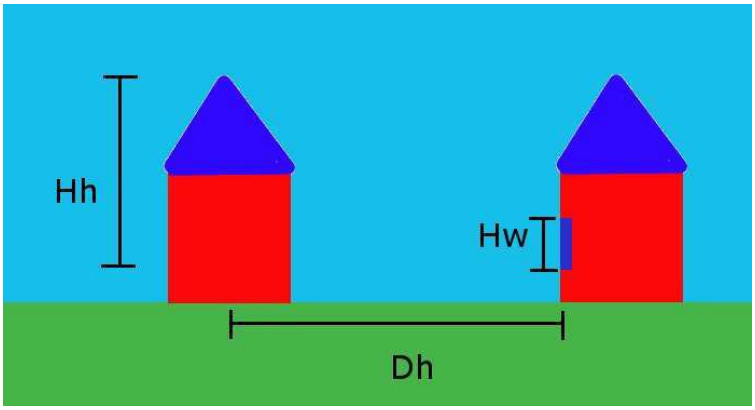


Figura 2.4 – *Schema grafico dei parametri geometrici relativi all'ombreggiamento per ostruzione di un orizzonte, in questo caso di case a schiera. H_h è l'altezza dell'orizzonte, D_h è la distanza dall'orizzonte, H_w è l'altezza della finestra. (34)*

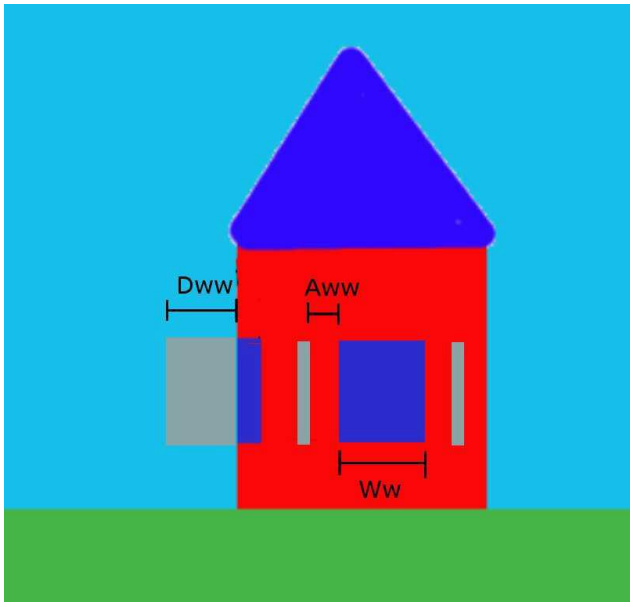


Figura 2.5 - *Schema grafico dei parametri geometrici relativi all'ombreggiamento per aggetti verticali. D_{ww} è la profondità dell'aggetto verticale, A_{ww} è la distanza dell'aggetto verticale, W_w è la larghezza della finestra. (34)*

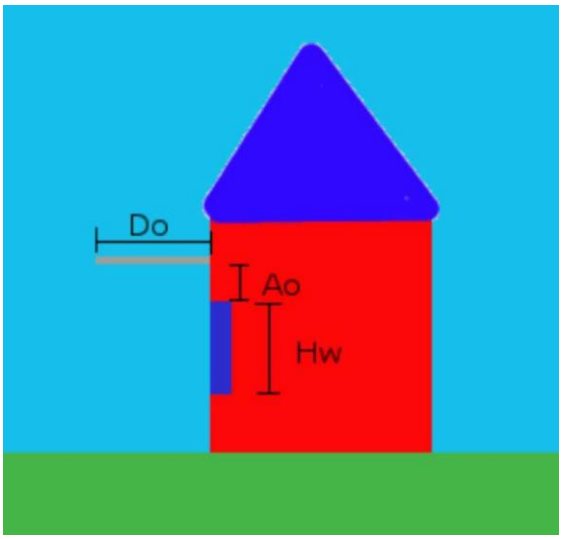


Figura 2.6 - *Schema grafico dei parametri geometrici relativi all'ombreggiamento per aggetti orizzontali. D_o è la profondità dell'aggetto orizzontale, A_o è la distanza dell'aggetto orizzontale, H_w è l'altezza della finestra. (34)*

I fattori di riduzione per ombreggiatura r_H, r_R, r_O si calcolano secondo le seguenti equazioni:

$$r_{H/R/O} = r + \frac{1 - r}{(1 + x^2)^{\alpha}}$$

$$r_{H/R/O} = m * e^{ax} - m + 1$$

dove

$$per\ r_H \Longrightarrow x = \frac{H_h}{D_h}$$

$$per\ r_R \Longrightarrow x = \frac{D_{ww}}{0{,}5 * W_w + A_{ww}}$$

$$per\ r_O \Longrightarrow x = \frac{D_o}{0{,}5 * H_w + A_o}$$

La scelta di usare la prima o la seconda equazione per il calcolo dei fattori di riduzione per ombreggiatura r_H, r_R, r_O, dipende da quale coppia di coefficienti può essere calcolata:

- r, α oppure
- m, a.

Si può calcolare una coppia di coefficienti, piuttosto che l'altra in base all'orientamento dell'elemento costruttivo analizzato e alla sua inclinazione, cioè se questo si presenta come orizzontale o verticale.

Il calcolo dei singoli coefficienti r, α, m, e a dipende dall'azimut, dall'inclinazione e dalla latitudine dell'elemento costruttivo analizzato. (34)

Il fattore per ombreggiatura addizionale, r_{other} si usa per considerare elementi di ombreggiatura esclusi dai tre fattori precedenti o per porre una correzione ai tre fattori precedenti in situazioni che si allontanano dalle casistiche spiegate sopra. Questo fattore addizionale deve essere inserito

separatamente in inverno e in estate. Alcuni casi tipici in cui vi è la necessità di calcolare l'ulteriore fattore di ombreggiatura addizionale sono:

- Presenza di singole ostruzioni che non formano un orizzonte continuo;
- Presenza di alberi decidui;
- Presenza di uno sporto del tetto che si estende oltre il bordo superiore della vetratura della finestra;
- Presenza di aggetti verticali su un lato solo della finestra
- Presenza di cortili interni all'edificio.

Il calcolo del fattore per ombreggiatura addizionali r_{other} viene stimato dall'utente valutando singolarmente ogni possibile caso. (18)

2.4 Riassunto dell'analisi di confronto

Le principali differenze tra i modelli di calcolo emerse dall'analisi di confronto sono:

- la zonizzazione termica non è prevista dal PHPP;
- nel calcolo delle trasmittanze termiche dei componenti opachi nel PHPP le resistenze superficiali interne R_{si} ascendenti e discendenti vengono mediate e perciò considerate sempre pari a 0,13 m^2K/W;
- la trasmittanza termica ridotta del componente trasparente e della chiusura oscurante $U_{w,corr}$ viene trascurata nel PHPP;
- gli apporti termici sui componenti opachi $Q_{sol,op}$ vengono considerati come minori dispersioni termiche per trasmissione dalla UNI/TS 11300-1, mentre si sommano agli apporti solari nel PHPP;
- la portata d'aria per infiltrazione nel PHPP viene calcolata come nella UNI/TS 11300-1, ma viene considerata sempre in aggiunta alla portata d'aria per igiene o per la ventilazione meccanica;
- la portata d'aria che si ha in caso di utilizzo della ventilazione meccanica è calcolata in maniera diversa nei due metodi;
- la UNI/TS 11300-1 considera le extra dispersioni verso la volta celeste e dipende dal fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa $F_{sh,ob,d,k}$, mentre il PHPP calcola, soltanto per i componenti opachi, direttamente il flusso disperso dall'ambiente esterno verso di essa che non dipende dalla presenza degli ombreggiamenti;
- l'extra-flusso verso la volta celeste, gli apporti interni e gli apporti sui componenti opachi sono valutati anche per le superfici degli ambienti non riscaldati rivolte verso l'esterno nella UNI/TS 11300-1, mentre nel PHPP questi contributi vengono trascurati;
- la resistenza termica superficiale esterna viene considerata costante e di progetto (R_{se}) nella UNI/TS 11300-1, mentre nel PHPP viene considerata media ($R_{se,corr}$) e variabile rispetto a ε e perciò è più corretta;
- il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento h_r nella UNI/TS 11300-1 dipende da ε, θ_e, θ_{sky}, mentre nel PHPP dipende solo da ε;
- i fattori per ombreggiatura diretta $F_{sh,ob}$ calcolati a partire da modelli di calcolo diversi;
- l'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,w}$, di un componente vetrato dell'involucro, solo nel PHPP viene ridotta con il fattore r_{Dirt} per tenere conto dello sporco che si deposita sulle finestre;

- il fattore di esposizione F_w è considerato costante nel PHPP, mentre nella UNI/TS 11300-1 è sempre un valore precalcolato, ma in maniera tabellata più dettagliata perché dipende dal tipo di vetro presente nel serramento, dal mese e dall'orientamento;
- la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata $f_{sh,with}$ è considerata costante nel PHPP, mentre nella UNI/TS 11300-1 viene pesata sull'irraggiamento solare incidente secondo calcoli illuminotecnici;
- il calcolo della capacità termica interna della zona termica considerata C_m viene effettuato in maniera approssimata, anziché dettagliata nel PHPP;
- per calcolare il fattore di utilizzazione degli apporti termici $\eta_{H,gn}$ vengono usate due costanti di tempo di riferimento $\tau_{H,0}$ diverse.;
- per calcolare il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche $\eta_{C,ls}$ viene usato un parametro a_C diverso;
- la durata del periodo di riscaldamento e la durata del periodo di raffrescamento sono calcolate in maniera più semplice nel PHPP, trascurando la possibilità di valutare solo una frazione dei mesi all'estremità delle stagioni.

Le principali differenze tra i dati di ingresso dei modelli emerse dall'analisi di confronto sono:

- la trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale $g_{gl,n}$ secondo il PHPP deve essere calcolata in maniera dettagliata, mentre nella UNI/TS 11300-1 sono proposti valori approssimati;
- il fattore di assorbimento solare di un componente opaco $\alpha_{sol,c}$ può essere determinato secondo valori tipici, in maniera semplificata, ma i due metodi di calcolo propongono valori diversi;
- il fattore di riduzione per schermature mobili temporanee g_{gl+sh}/g_{gl} può essere calcolato in maniera dettagliata per entrambi i metodi o può essere ricavato da valori tabellati differenti perché riferiti a normative diverse;
- le portate d'aria di immissione $q_{ve,sup}$ ed estrazione $q_{ve,ext}$ di progetto per la ventilazione meccanica sono ricavate seguendo normative di riferimento diverse;
- i dati climatici vengono ottenuti da fonti diverse;
- la temperatura apparente del cielo θ_{sky} è calcolata secondo formule empiriche diverse nei due modelli;
- la temperatura estiva di progetto $\theta_{int,set,C}$ assume valori diversi;
- il flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo $\Phi_{int,mn,k}$ è approssimato da formule empiriche che si riferiscono a due modelli di calcolo diversi.

3. Applicazione dei modelli di calcolo

Dopo aver analizzato a fondo tutte le differenze presenti tra i due modelli di calcolo, nel capitolo 3 si passa alla loro applicazione su un caso studio.

Per poter applicare i modelli di calcolo a un caso studio con lo scopo di confrontarli è necessario renderli congruenti e cioè farli lavorare a partire dalle stesse condizioni al contorno. Per questo nel capitolo vengono prima discusse le opzioni per la congruenza dei modelli.

Successivamente l'applicazione dei modelli di calcolo viene discussa prima sul caso studio e poi sull'intervento di ristrutturazione proposto dallo studio.

3.1 Opzioni per la congruenza dei modelli

A seguito del confronto tra i modelli di calcolo analizzati, avvenuto nel capitolo 2, è emerso come vi siano alcune differenze all'interno della procedura di calcolo e nell'inserimento dei dati di ingresso. Lo scopo di questo studio è di confrontare i modelli di calcolo, per questo è necessario avere gli stessi dati di ingresso da cui partire per l'analisi. Questo è necessario per rendere i due modelli tra loro congruenti.

Con dati di ingresso si considerano tutti quei parametri necessari per un corretto svolgimento della procedura di calcolo. Di seguito sono stati elencati tutti i dati di ingresso che avrebbero dovuto risultare differenti tra i due modelli, ma che sono stati resi coerenti. Seguendo l'ordine del capitolo 2:

- la trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale $g_{gl,n}$, ricavata secondo il prospetto B.5 della norma UNI/TS 11300-1;
- il fattore di assorbimento solare di un componente opaco $\alpha_{sol,c}$, scelto tra i valori consigliati dalla norma UNI/TS 11300-1;
- il fattore di riduzione per schermature mobili temporanee g_{gl+sh}/g_{gl}, ricavato secondo il prospetto B.6 della norma UNI/TS 11300-1;
- le portate d'aria di immissione $q_{ve,sup}$ ed estrazione $q_{ve,ext}$ di progetto per la ventilazione meccanica, ricavate secondo la norma UNI 10339 (30);

- i dati climatici vanno ricavati secondo quanto riportato nella UNI 10349 (31);
- la temperatura apparente del cielo θ_{sky}, ricavata secondo la formula della norma UNI/TS 11300-1;
- la temperatura di set-point estiva $\theta_{int,set,C}$ di edifici residenziali, scelta secondo le prescrizioni della norma UNI/TS 11300-1;
- il flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo $\Phi_{int,mn,k}$, calcolato secondo la formula empirica usata nel software PHPP.

3.2 Caso studio

In questo paragrafo viene descritta l'applicazione dei due modelli di calcolo a un caso studio.

Per prima cosa il caso studio viene presentato, poi vengono descritti i dati di ingresso usati nell'applicazione dei due modelli di calcolo.

3.2.1 Presentazione del caso studio

La ricerca del caso studio è stata finalizzata a trovare edifici esistenti a destinazione d'uso residenziale in cui vi era la possibilità di effettuare una ristrutturazione dell'involucro dal punto di vista dell'efficientamento energetico. Per rispondere a queste esigenze ho scelto il progetto firmato dall'architetto Oreste Garzino, gentilmente concessomi dal Professor Ingegnere Giorgio Garzino. Il progetto è datato 1965 ed è sito nella città di Savigliano, in provincia di Cuneo.

Si tratta di un progetto realizzato esclusivamente in formato cartaceo e per questo è stato necessario un lavoro preliminare di interpretazione delle carte, anche grazie all'osservazione diretta, dall'esterno dell'edificio esistente.

Il fabbricato si trova ubicato in una zona residenziale della città di Savigliano (si veda la Figura 3.1), caratterizzata dalla presenza di costruzioni medio piccole indipendenti le une dalle altre e dotate di un'area di spazio esterno privato.

Il caso studio si presenta come un edificio multifamiliare a quattro piani: un piano di servizio seminterrato sui lati verso la strada e piano terra verso il cortile privato e tre piani a destinazione d'uso residenziale soprastanti.

L'ingresso principale dell'edificio si trova prospiciente a via Sclaverani attraverso cui si accede al cortile interno o al fabbricato per mezzo di un passo carraio. È presente un secondo ingresso pedonale prospiciente corso Alcide de Gasperi. Nella parte compresa tra la strada e il fabbricato è presente una zona sistemata a giardino che si trova a una quota maggiore rispetto al piano stradale e anche l'ingresso all'edificio risulta perciò rialzato. Per accedere al cortile, invece è necessario scendere a una quota inferiore. Dal cortile si accede anche a una tettoria per il ricovero delle auto, a un'altra tettoia per il ricovero delle biciclette e a una seconda zona sistemata a verde.

Figura 3.1 – *Ubicazione del caso studio nella città di Savigliano (CN), con coni di vista delle fotografie scattate sul posto. La foto è orientata con la direzione del Nord verso l'alto (35)*

L'architettura del fabbricato, come si può vedere in Figura 3.2, si trova pienamente inserita e in armonia con quella del luogo e denota alcuni caratteri riconoscibili che gli conferiscono una sua identità. L'edificio è rifinito a intonaco di colore chiaro, giallo-beige, con alcuni inserti in materiale diverso. Il prospetto principale, prospiciente via Sclaverani presenta due strisce verticali a tutta altezza rifinite in paramano faccia a vista di colore pietra, unite in basso dallo stesso rivestimento che funge da zoccolatura. Una striscia corrisponde al pilastro di sostegno ai terrazzi all'estremità del prospetto e l'altra si trova posizionata centralmente al prospetto su parte dell'involucro. È presente una terza striscia a evidenziare una colonna di serramenti, questa volta rivestita con delle piastrelle in stile mosaico di colore bordeaux. Questa, allo stesso modo, viene ripresa anche sul prospetto prospicente corso Alcide de Gasperi. Su tutti i prospetti, a meno del principale, la zoccolatura è stata fatta in lastre di pietra, anziché in paramano. Un altro aspetto caratteristico dei prospetti dell'edificio sono le fasce in lamiera di colore scuro usate a evidenziare tutti gli aggetti di copertura e tettoie presenti. Anche i serramenti posseggono una particolarità caratterizzante, tutti hanno una cornice costituita da quattro lastre di marmo bianco posate una per lato. Infine, l'edificio è caratterizzato anche dalla presenza di aggetti in muratura dai particolari contorni inclinati. Questi hanno una forte connotazione nella facciata principale del caso studio, sotto forma di aggetti rastremati presenti a quasi tutta altezza che vanno ad evidenziare l'ingresso all'edificio. Altre decorazioni in stile sono presenti negli altri prospetti come aggetti puntuali a sostegno dello sporto del tetto e come chiusura dei terrazzi prospicenti il cortile.

Per poter trasformare l'edificio esistente in un progetto su supporto digitale, oltre all'osservazione diretta del fabbricato è stato necessario analizzare le carte del progetto originale, in modo da ricavarne tutte le caratteristiche geometriche e dimensionali e poter comprendere l'organizzazione interna del manufatto. Il progetto cartaceo è composto dai documenti del permesso di costruire e dalle tavole grafiche, presenti come: una planimetria in scala 1:2000, le piante e i prospetti del progetto architettonico in scala 1:100 e 1:50, una sezione in scala 1:50, le piante del progetto della struttura di fondazione e di elevazione in scala 1:50.

Figura 3.2 – *Immagini dell'edificio esistente (foto dell'autrice). Le lettere richiamano i rispettivi coni di vista indicati in Figura 3.1.*

Per poter comprendere la distribuzione interna degli ambienti e la loro funzione è stato indispensabile consultare le piante architettoniche del progetto in scala 1:50 (stralcio in Figura 3.3).

Il piano terreno è il piano di servizio che è adibito, verso Est a box auto e verso Sud-Ovest a cantine, centrale termica e spazio condominiale. Il piano primo ha funzione residenziale ed è diviso in due unità immobiliari. L'unità esposta a Sud-Ovest è un bilocale avente un bagno, un piccolo cucinino e una grande terrazza. L'unità esposta a Est è un trilocale avente un bagno, un piccolo terrazzo e un balcone. Il piano secondo e il piano terzo sono caratterizzati dalla stessa distribuzione interna. Ogni piano ospita una sola unità abitativa composta da cinque camere, cucina e un bagno e conta due terrazzi e un balcone.

Il disegno di sezione in Figura 3.4, rappresenta il vano scala che collega i diversi piani. Essa è stata indispensabile per conoscere le quote altimetriche dei vari piani e per risolvere il problema non banale del raccordo dei diversi livelli presenti nell'edificio. Infatti, verso Ovest il piano terreno risulta seminterrato e perciò l'ingresso all'edificio avviene tramite un pianerottolo intermedio della scala.

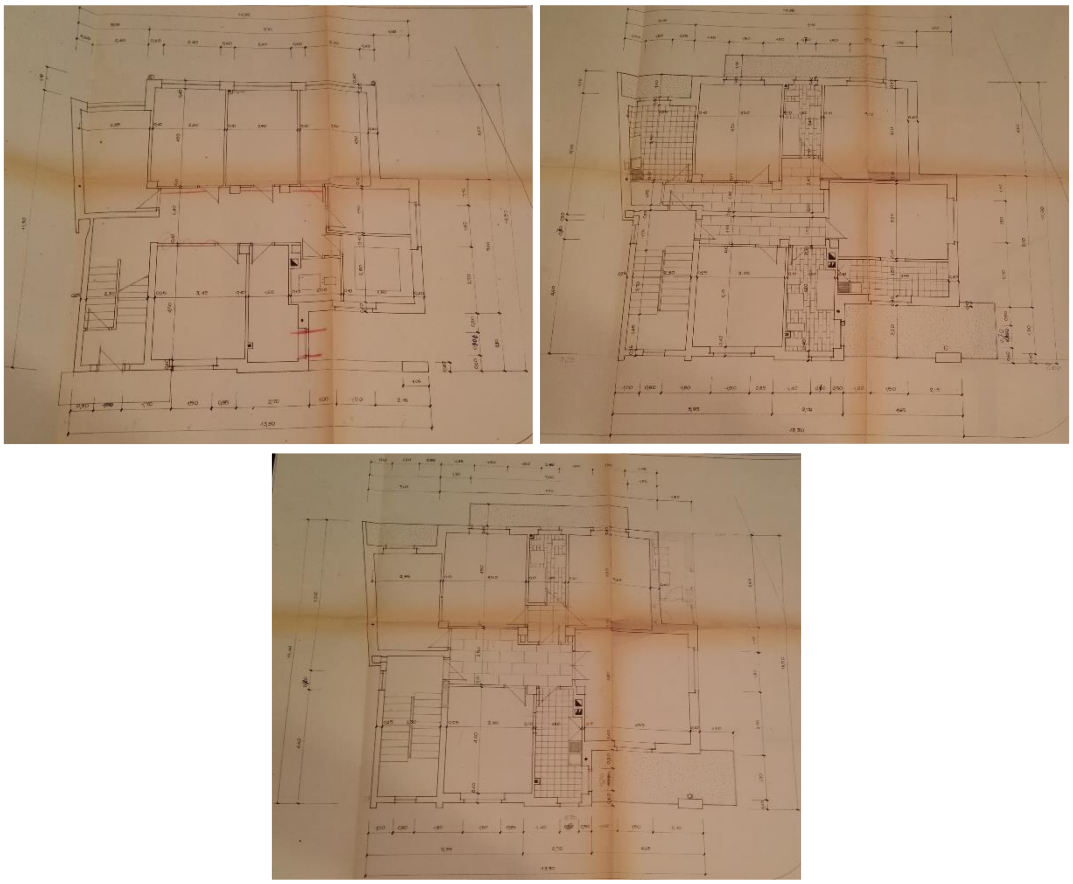


Figura 3.3 – *Piante del progetto architettonico (originali in scala 1:50). Dall'alto a sinistra in senso orario: pianta piano terreno, pianta piano primo, pianta piano secondo e terzo. (36) Le piante sono orientate con la direzione del Nord verso sinistra.*

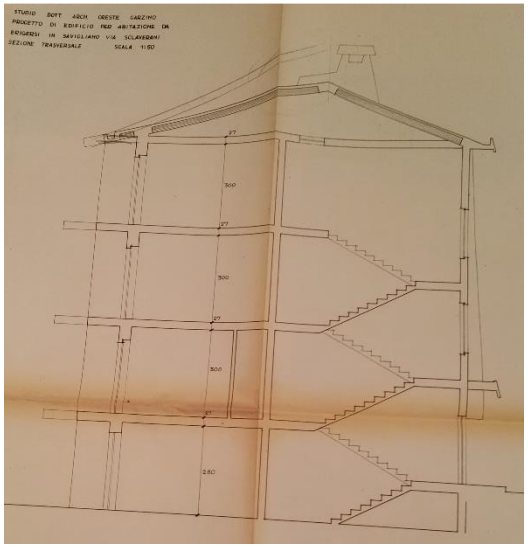


Figura 3.4 – *Sezione del progetto architettonico (originali in scala 1:50). (36)*

Per riprodurre fedelmente l'architettura caratterizzante l'edificio, ho utilizzato le tavole di prospetto alla scala del 50 di Figura 3.5.

Ulteriori informazioni sui caratteri tipologici e costruttivi del fabbricato sono raccolte nelle tavole di progetto strutturale. Queste hanno contribuito a dare informazioni non soltanto su come sia fatto lo scheletro portante dell'edificio, ma anche su quali materiali compongono la struttura e perciò un grande suggerimento sulla consistenza delle stratigrafie esistenti.

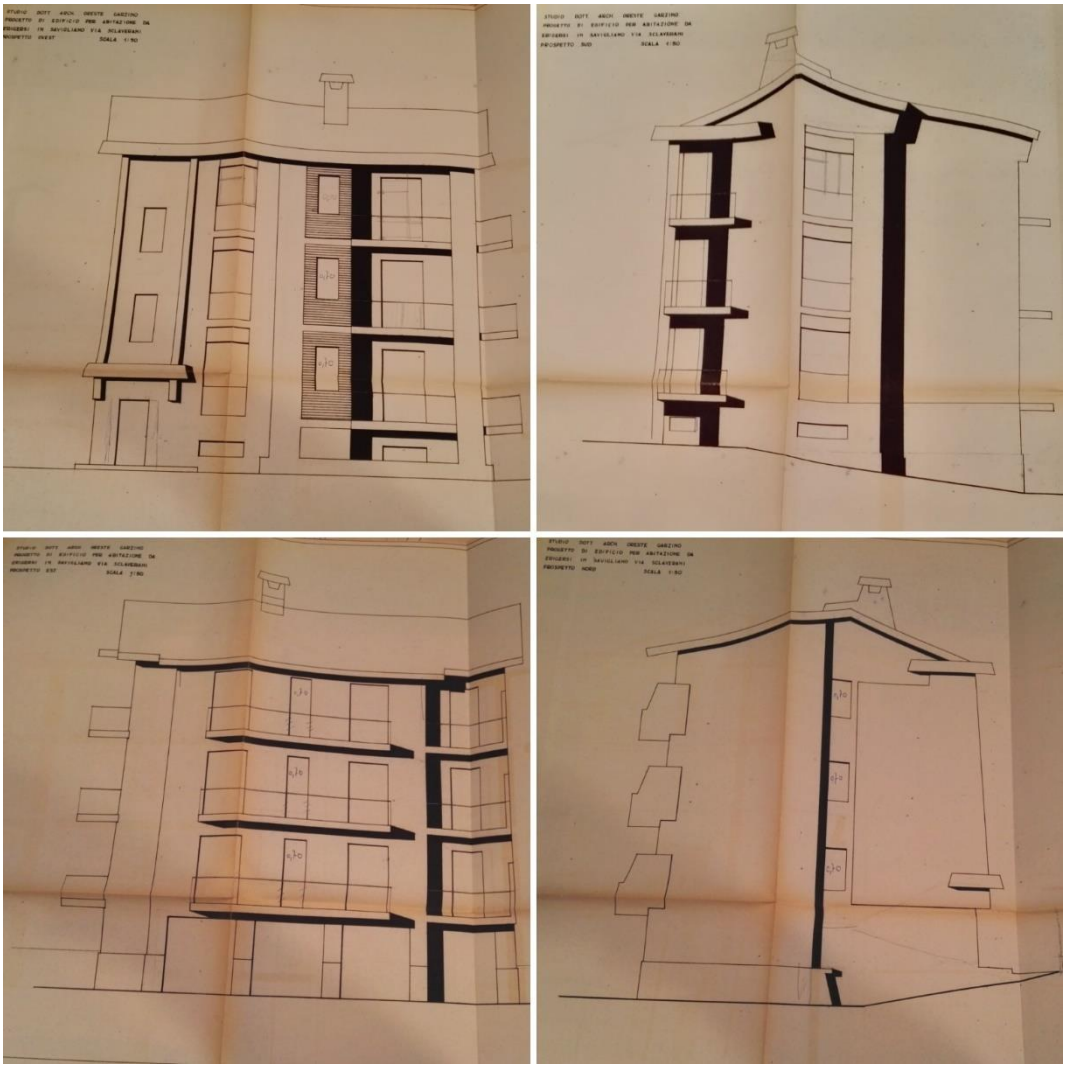


Figura 3.5 – *Prospetti del progetto architettonico (originali in scala 1:50). Dall'alto a sinistra in senso orario: prospetto Ovest, prospetto Sud, prospetto Nord, Prospetto Est. (36)*

In Figura 3.6 è presente uno stralcio del progetto strutturale. Da esso si evince come l'edificio sia costituito da una struttura mista formata da una commistione tra la muratura portante e la struttura a telaio in calcestruzzo armato più moderna. La muratura portante coincide con la muratura perimetrale e di sostegno alla scala, a ogni solaio è interrotta da un cordolo perimetrale in calcestruzzo armato. Internamente all'edificio la struttura in elevazione è a telaio in calcestruzzo armato. Sono presenti cinque pilastri e la struttura dei solai è in latero cemento. È presente un sesto pilastro esterno alla muratura portante, a sostegno del grande terrazzo, costruito in muratura

portante. Le fondazioni sono anch'esse in calcestruzzo armato e sono costituite da plinti come fondazioni dei pilastri e da un cordolo continuo come fondazione della muratura portante.

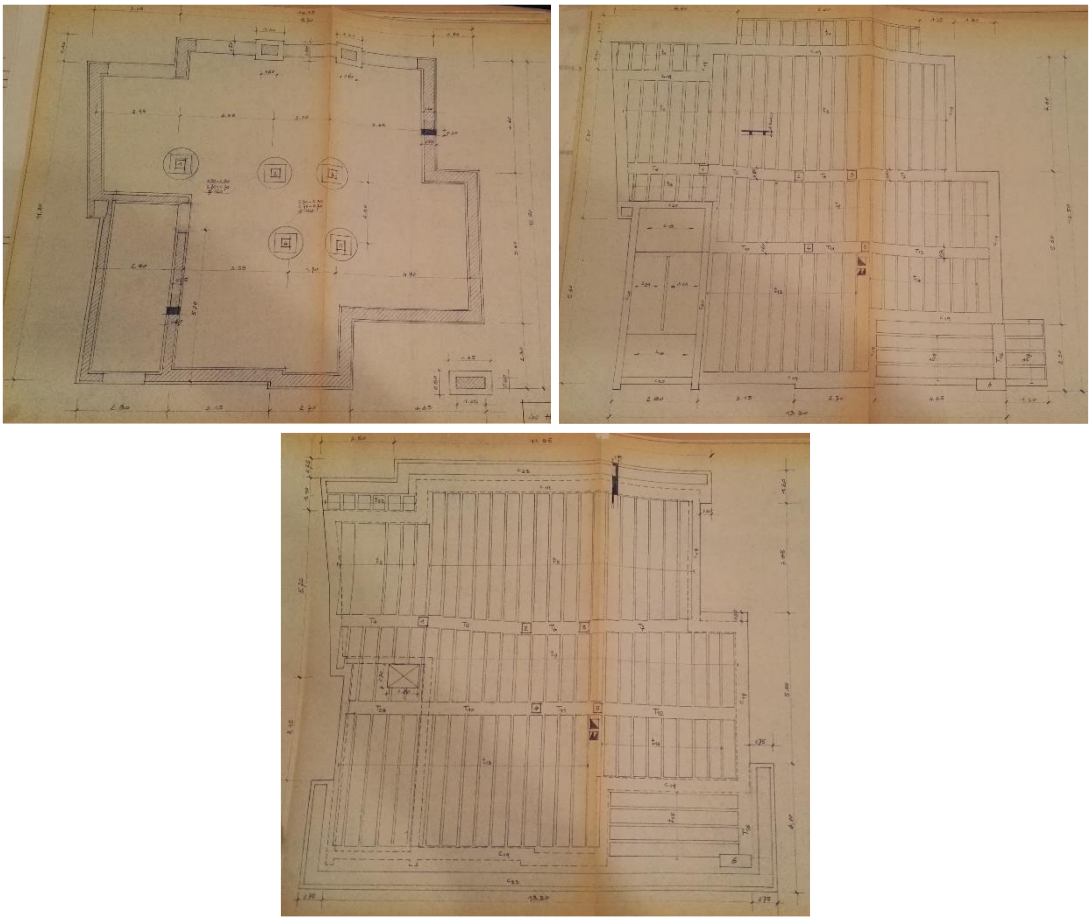


Figura 3.6 - *Piante del progetto strutturale (originali in scala 1:50). Dall'alto a sinistra in senso orario: pianta delle fondazioni, soletta in calcestruzzo armato dei piani primo-secondo-terzo, soletta in calcestruzzo armato del sottotetto. (36) Le piante sono orientate con la direzione del Nord verso sinistra.*

Per quanto concerne la situazione impiantistica dell'edificio, dai documenti del permesso di costruire è dato sapere solamente della presenta di un impianto di riscaldamento centralizzato con terminali in ambiente, i termosifoni. La generazione è garantita per mezzo di una caldaia a combustione in quanto dalle piante architettoniche e strutturali si evince la presenza di un cavedio con funzione di canna fumaria, in quanto collega il locale al piano terra adibito a centrale termica con il camino in copertura.

Dalla comparazione dell'edificio esistente con le tavole di progetto si nota una differenza sulla facciata esposta a Nord. In particolare, vi è un volume di fabbricato aggiuntivo. Questo corrisponde a un intervento successivo alla prima progettazione dell'opera e di cui è andata persa la datazione. Si tratta dell'inserimento di un volume tecnico a uso elevatore. In Figura 3.7 si riporta uno stralcio di questo progetto.

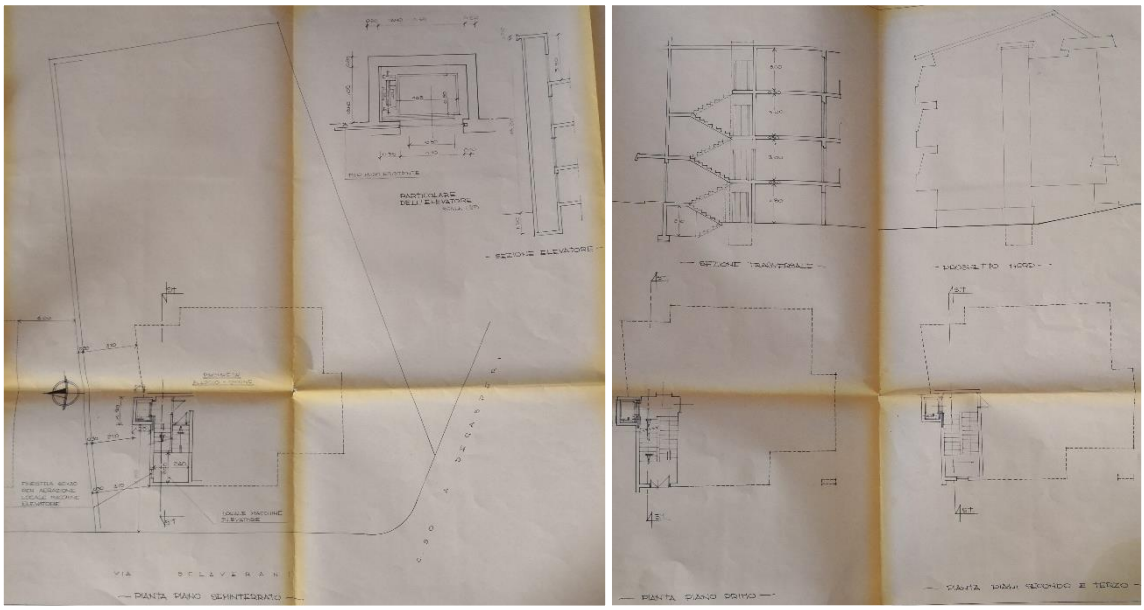


Figura 3.7 – *Planimetria generale, piante, particolare, sezione e prospetto dell'intervento successivo al progetto di inserimento dell'elevatore (originali in scala 1:100). (36)*

Il contesto circostante l'edificio esistente è stato tradotto sul supporto digitale, in maniera sufficientemente corretta grazie alla cartografia di Piano Regolatore Generale Comunale della città di Savigliano in Figura 3.8.

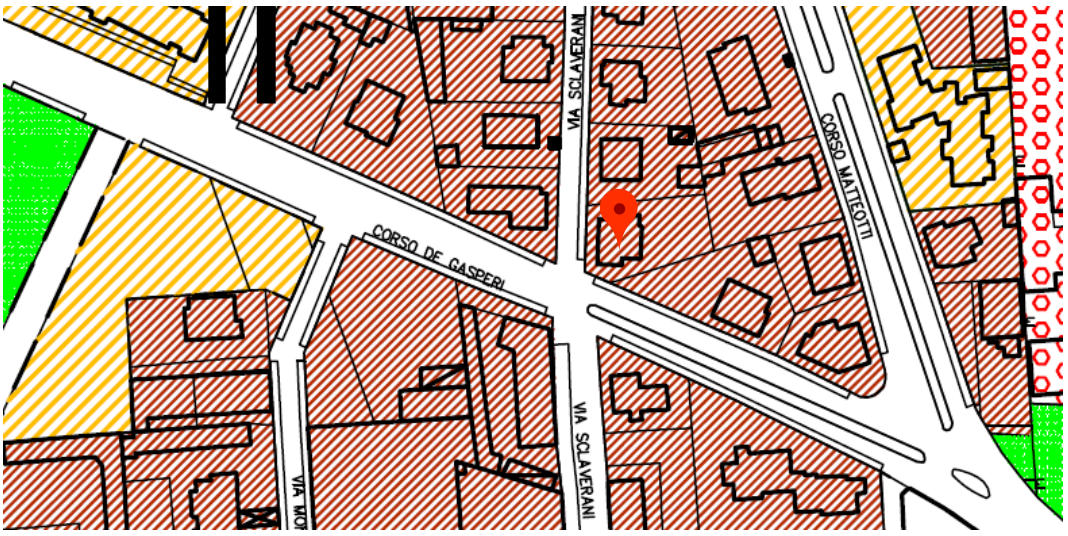


Figura 3.8 – *Stralcio della Tavola 5.1 della cartografia di Piano Regolatore Generale Comunale della città di Savigliano. (37)*

Le principali difficoltà legate alla consultazione di questo materiale cartaceo riguardano la mancanza di alcune informazioni, quali parte delle quote del disegno, tavole alla scala di dettaglio, caratterizzazione completa dei materiali e perciò delle stratigrafie. Queste sono dovute alla datazione del progetto, in quanto negli anni '60 non erano richieste tutte queste informazioni a cor-

redo della progettazione di un fabbricato destinato a civile abitazione privata. Per tutti questi motivi è stato necessario un lavoro di interpretazione dei documenti per riuscire a dare una soluzione a queste lacune. Questa attività è stata fatta tenendo presente l'epoca di costruzione del manufatto, in modo da considerare le soluzioni tradizionali dell'architettura del tempo.

Le tavole grafiche dell'edificio esistente così sviluppato si trovano in Allegato 1. Il progetto dell'edificio esistente è composto da tavole architettoniche alla scala 1:100 e 1:50 rappresentanti piante, prospetti e sezioni.

Dall'analisi del progetto originale risulta che nell'edificio esistente non è presente nessun tipo di isolamento termico, perciò è necessaria una ristrutturazione dal punto di vista energetico. Per impostare questo intervento si presuppone che l'edificio si trovi in buone condizioni di conservazione, sia dal punto di vista della struttura che dei materiali. Queste ipotesi andrebbero controllate con una serie di indagini diagnostiche da effettuarsi direttamente sul manufatto in una situazione di ristrutturazione reale.

L'intervento di ristrutturazione dal punto di vista energetico è stato progettato con una particolare attenzione a salvaguardare l'identità architettonica del fabbricato, senza perciò stravolgerne l'immagine caratteristica all'interno del contesto entro cui si colloca.

3.2.2 Dati di ingresso edificio esistente

Per poter effettuare il calcolo della prestazione energetica di un edificio è necessario, prima di tutto ricavarsi i dati climatici relativi alla posizione dell'edificio. Come già detto al paragrafo 3.1, i dati climatici sono stati ricavati seguendo le indicazioni della norma italiana UNI 10349 (31) riferiti alla città di Savigliano (CN) dove si trova il caso studio e sono indicati in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – *Dati climatici di Savigliano (CN) secondo la norma UNI 10349 (31).*

		Mesi											
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**
outdoor air temperature	θ_e [°C]	1,8	3,7	8,2	11,0	16,8	21,5	23,3	21,5	17,4	12,3	6,8	2,0
monthly mean value of the daily global solar radiation $I_{sol,d}$ [MJ/(m²d)]	H	5,9	8,6	13,5	16,1	18,3	21,0	22,4	18,9	14,4	9,2	5,3	4,7
	N	1,7	2,6	3,6	5,2	7,5	9,1	9,2	6,7	4,1	2,8	1,7	1,5
	NE/NW	2,0	3,4	5,8	8,0	9,9	11,6	12,1	9,7	6,7	3,9	2,0	1,6
	E/W	5,0	6,7	10,0	11,0	11,9	13,4	14,5	12,6	10,3	6,9	4,3	4,0
	SE/SW	9,2	10,2	12,7	11,6	11,1	11,8	12,9	12,5	11,9	9,6	7,1	7,6
	S	11,9	12,2	13,4	10,4	9,2	9,4	10,3	10,7	11,5	10,9	9,0	9,9
	HOR	5,9	8,6	13,5	16,1	18,3	21,0	22,4	18,9	14,4	9,2	5,3	4,7
Vapor pressure	$p_{v,e}$ [Pa]	506,7	552,3	661,5	853,4	1262,0	1678,7	1719,2	1979,6	1559,9	1123,5	893,6	559,7

L'edificio presentato al paragrafo precedente è stato considerato come un'unica zona termica, le cui caratteristiche geometriche sono presentate in Tabella 3.2.

Tabella 3.2 – *Caratteristiche geometriche dell'edificio esistente.*

	UNI/TS 11300-1	PHPP
V_G [m³]	1365,48	
V [m³]	988,54	
$A_{f,G}$ [m²]	405,19	
A [m²]	329,51	
κ_i [kJ/m²K]	59,29	45,78

Le condizioni interne di progetto considerate sono indicate in Tabella 3.3.

Tabella 3.3 – *Condizioni interne di progetto dell'edificio esistente.*

$\vartheta_{int,set,H}$ [°C]	20
$\vartheta_{int,set,C}$ [°C]	26
$\phi_{int,mn}$ [W/m²]	2,71

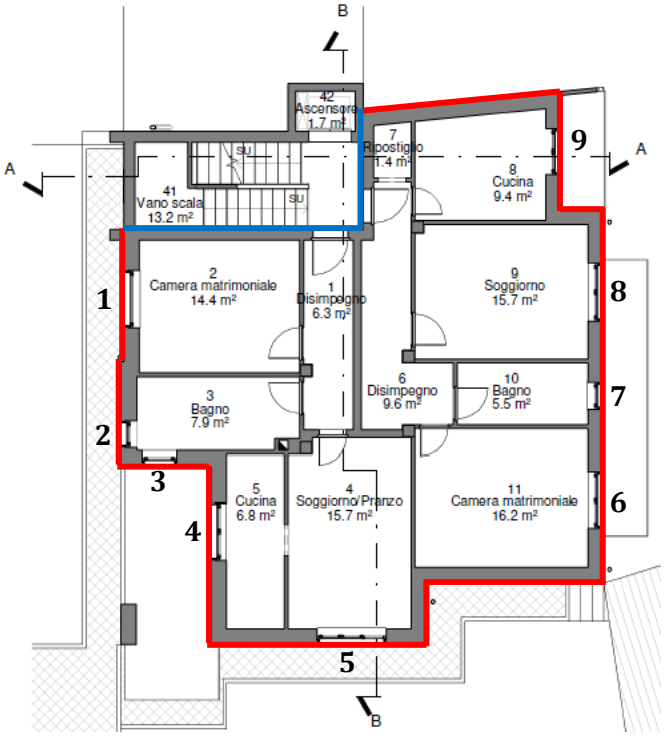


Figura 3.9 – *Pianta piano primo con indicazione delle diverse stratigrafie.*

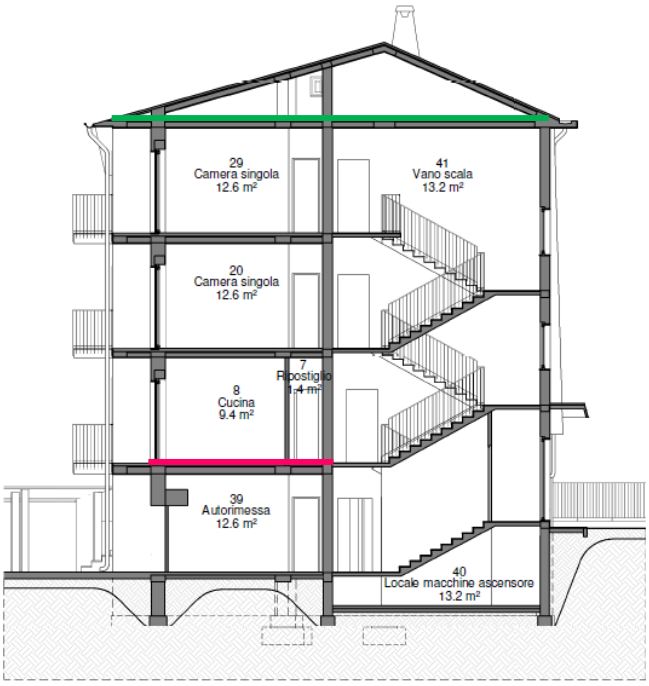


Figura 3.10 – *Sezione trasversale AA con indicazione delle diverse stratigrafie.*

Nella zona termica sono presenti diverse tipologie di stratigrafie delle pareti, individuate in ***Figura 3.9*** di seguito vengono presentate insieme alle loro caratteristiche termiche.

- Involucro termico esterno (indicato in rosso in ***Figura 3.9***):

Tabella 3.4 – *Stratigrafia dell'involucro termico esterno dell'edificio esistente. (38)*

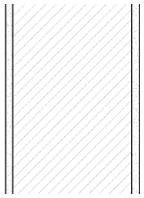
Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie esterna							0,040		
Malta di cemento	0,015	2000	1,400	837	30	30,0	0,011	0,450	0,837
Laterizi pieni sp.38 cm.rif.1.1.02	0,380	1776	0,809	837	20	674,9	0,470	7,600	0,544
Intonaco di gesso puro	0,015	1200	0,350	837	10	18,0	0,043	0,150	0,349
Superficie interna							0,130		

	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	1,442	
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

- Parete scala (indicata in blu in ***Figura 3.9***):

Tabella 3.5 - *Stratigrafia della parete della scala dell'edificio esistente. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie interna							0,130		
Intonaco di gesso puro	0,015	1200	0,350	837	10	18,0	0,043	0,150	0,349
Laterizi pieni sp.25 cm.rif.1.1.02	0,250	1800	0,781	837	15	450,0	0,320	3,750	0,519
Intonaco di gesso puro	0,015	1200	0,350	837	10	18,0	0,043	0,150	0,349
Superficie interna							0,130		

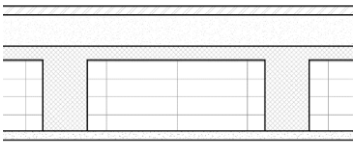


	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	1,502	
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

- Pavimento su ambiente non riscaldato (indicato in rosa in ***Figura 3.10***):

Tabella 3.6 - *Stratigrafia del pavimento su ambiente non riscaldato dell'edificio esistente. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie interna							0,170		
Intonaco di gesso puro	0,020	1200	0,350	837	10	24,0	0,057	0,200	0,349
Laterocemento sp.18 cm.rif.2.1.03	0,190	950	0,600	837	15	180,5	0,317	2,850	0,755
Massetto	0,060	1800	1,350	837	24	108,0	0,044	1,440	0,896
Malta di cemento	0,010	2000	1,400	837	30	20,0	0,007	0,300	0,837
Piastrelle in ceramica	0,020	2300	1,000	837	200	46,0	0,020	4,000	0,520
Superficie interna							0,170		

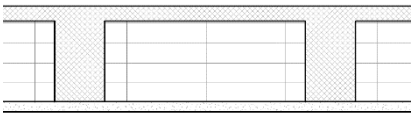


	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	1,273	1,418
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

- Soffitto sotto ambiente non riscaldato (indicato in verde in ***Figura 3.10***):

Tabella 3.7 - *Stratigrafia del soffitto sotto ambiente non riscaldato dell'edificio esistente. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie interna							0,100		
Intonaco di gesso puro	0,020	1200	0,350	837	10	24,0	0,057	0,200	0,349
Laterocemento sp.18 cm.rif.2.1.03	0,190	950	0,600	837	15	180,5	0,317	2,850	0,755
Superficie interna							0,100		



	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	1,743	1,620
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

Tabella 3.8 – *Caratteristiche geometriche e termiche dei serramenti dell'edificio esistente.*

	b [m]	h [m]	A_w [m²]	A_g [m²]	U_g [W/m²K]	A_f [m²]	U_f [W/m²K]	F_F [-]	l_g [m]	Ψ_g [m]	U_w [W/m²K]	U_{w+shut} [W/m²K]	$g_{gl,n}$ [-]	g_{gl+sh}/g_{gl} [-]
1	1,50	1,40	2,10	1,36	1,10	0,74	1,30	0,35	4,66	0,07	1,32	1,02	0,75	0,80
2	0,70	1,40	0,98	0,46	1,10	0,52	1,30	0,53	3,06	0,07	1,41	1,08	0,75	0,80
3	0,90	2,40	2,16	1,34	1,10	0,82	1,30	0,38	5,57	0,07	1,35	1,04	0,75	0,37
4	1,50	2,40	3,60	2,32	1,10	1,28	1,30	0,36	10,81	0,07	1,37	1,05	0,75	0,37
5	1,80	1,40	2,52	1,45	1,10	1,07	1,30	0,42	9,30	0,07	1,43	1,09	0,75	0,80
6	1,50	2,40	3,60	2,32	1,10	1,28	1,30	0,36	10,81	0,07	1,37	1,05	0,75	0,80 0,37
7	0,70	1,40	0,98	0,46	1,10	0,52	1,30	0,53	3,06	0,07	1,41	1,08	0,75	0,80
8	1,50	2,40	3,60	2,32	1,10	1,28	1,30	0,36	10,81	0,07	1,37	1,05	0,75	0,80 0,37
9	1,20	2,40	2,88	1,67	1,10	1,21	1,30	0,42	10,21	0,07	1,42	1,08	0,75	0,80 0,37

Per le misure geometriche delle pareti, quali aree, inclinazione e orientamento si rimanda all'Appendice A in cui sono riportati i calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale dell'edificio esistente.

I serramenti sono gli stessi per ogni piano dell'edificio e sono numerati in ***Figura 3.9***, le loro caratteristiche geometriche sono descritte in ***Tabella 3.8***.

In ***Figura 3.11*** sono indicate tutte le tipologie di ponti termici individuati in pianta e in ***Figura 3.12*** quelli individuati in sezione. In ***Tabella 3.9***, in ***Tabella 3.10*** e in ***Tabella 3.11*** sono indicati i valori dei ponti termici, calcolati agli elementi finiti con il software di calcolo IRIS (38).

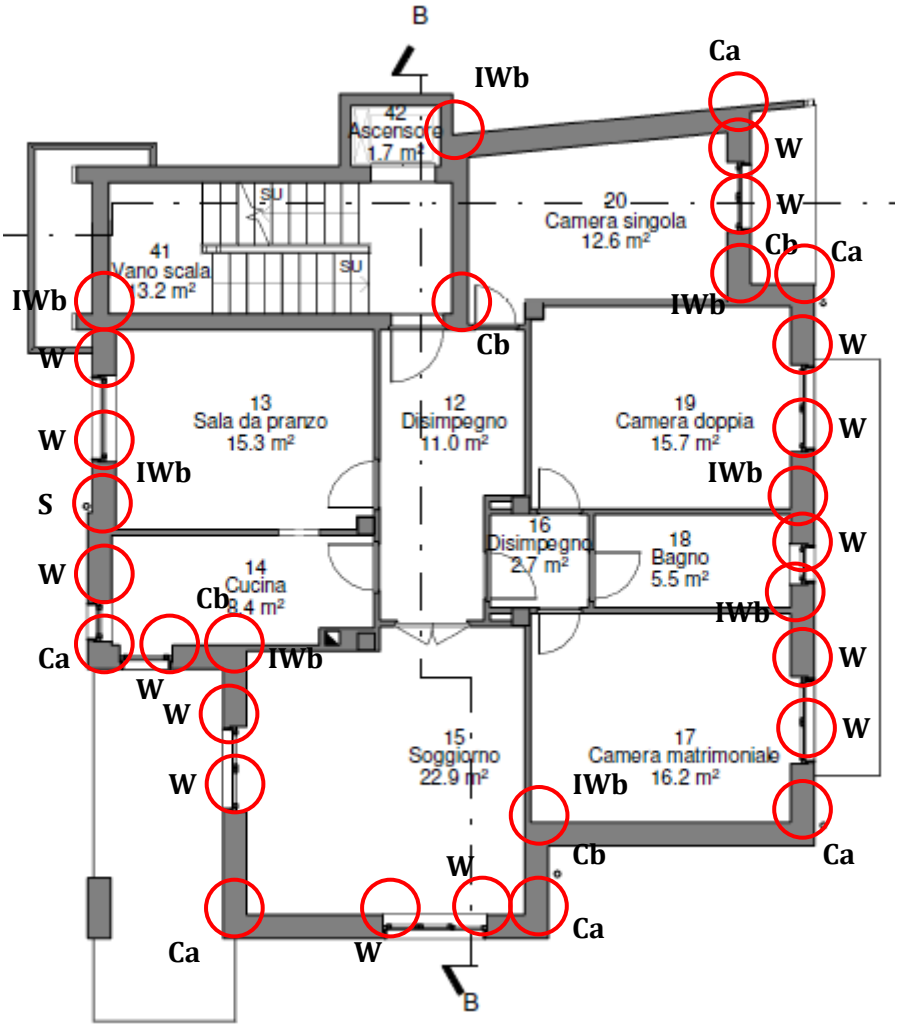


Figura 3.11 – *Pianta del piano tipo con l'individuazione dei ponti termici.*

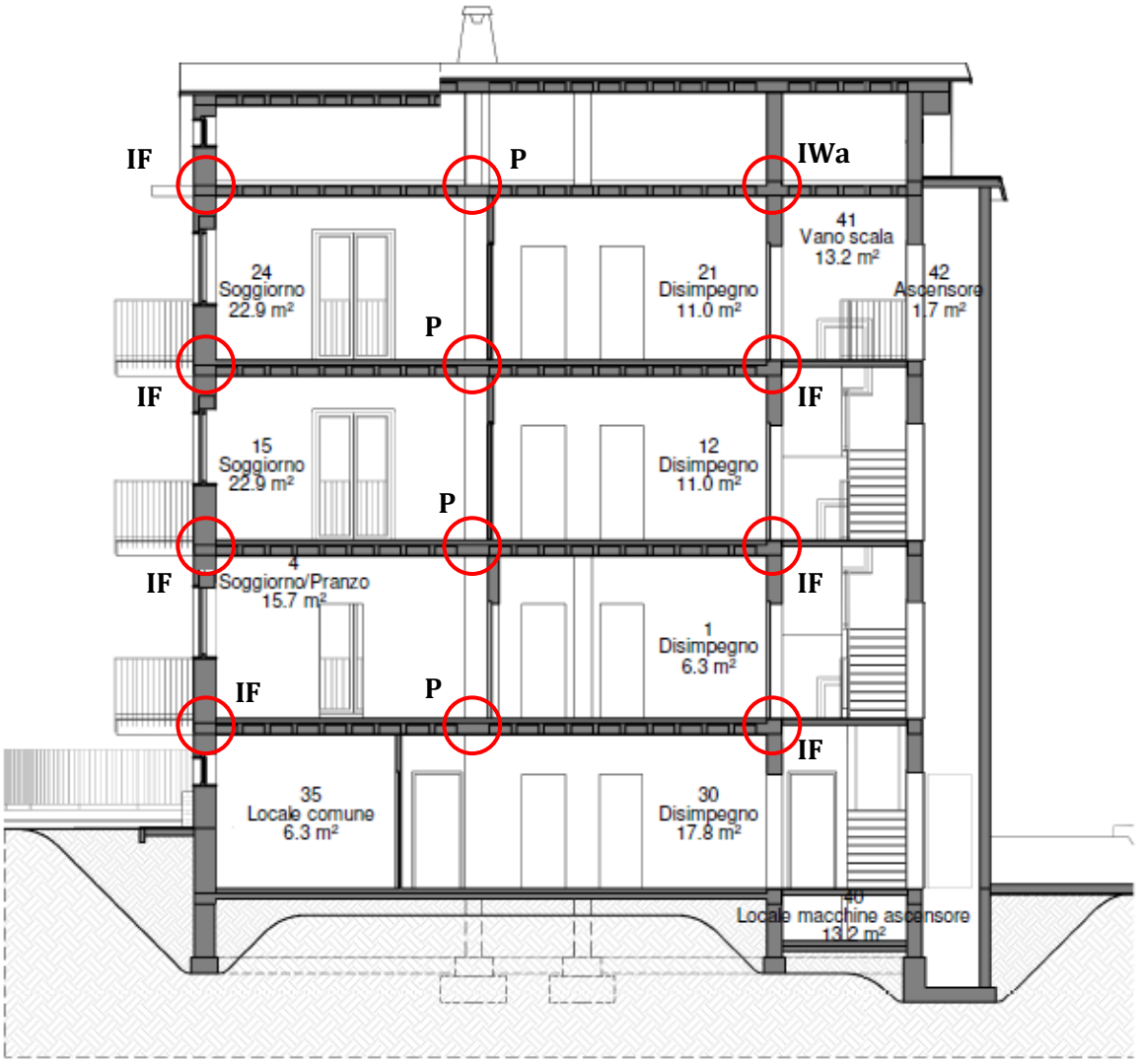


Figura 3.12 – *Sezione longitudinale BB con l'individuazione dei ponti termici.*

Tabella 3.9 – *Valori dei ponti termici del primo piano dell'edificio esistente calcolati con il software IRIS (38).*

Codice	***l* [m]**	**Ψ [W/mK]**
1_IWb_Involucro esterno-Parete scala	1,50	-0,560
1_IWb_Involucro scala-Parete scala	1,50	-0,543
1_W_Serramento	35,20	0,074
1_W_Serramento davanzale	11,30	0,063
1_W_Serramento su cassonetto	11,30	-0,125
1_S_Nicchia destra-Involucro esterno	4,00	0,113
1_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno	4,00	0,054
1_S_Involucro esterno	1,50	-0,036
1_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm	18,00	-0,010

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
1_Ca_Angolo convesso involucro esterno	18,00	-0,941
1_Cb_Angolo concavo involucro esterno	4,50	0,393
1_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore	1,50	-1,104
1_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore	1,50	-1,152
1_Cb_Angolo concavo parete scala	3,00	0,313
1_IWb_Parete scala-Tramezzo 20 cm	3,00	-0,022
1_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm	3,00	0,005
1_IF_Solaio su seminterrato-Involucro esterno	25,61	-0,500
1_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno	25,61	0,208
1_B_Balcone su seminterrato	18,44	-0,508
1_B_Balcone	18,44	0,130
1_IF_Solaio su seminterrato-Parete scala	6,58	-0,614
1_IF_Solaio interpiano-Parete scala	6,58	0,303
1_IF_Pianerottolo su seminterrato-Parete scala	2,07	0,398
1_IF_Pianerottolo-Parete scala	2,07	0,558
1_P_Trave 0.45-Seminterrato	14,07	0,494
1_P_Trave 0.265-Seminterrato	3,43	0,308
1_P_Trave 0,5675-Seminterrato	10,79	0,611
1_P_Trave 0.6-Seminterrato	12,57	0,643

Tabella 3.10 – *Valori dei ponti termici del primo secondo dell'edificio esistente calcolati con il software IRIS (38).*

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
2_IWb_Involucro esterno-Parete scala	1,50	-0,560
2_IWb_Involucro scala-Parete scala	1,50	-0,543
2_W_Serramento	35,20	0,074
2_W_Serramento davanzale	11,30	0,063
2_W_Serramento su cassonetto	11,30	-0,125
2_S_Nicchia destra-Involucro esterno	4,00	0,113
2_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno	4,00	0,054
2_S_Involucro esterno	1,50	-0,036
2_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm	12,00	-0,010
2_Ca_Angolo convesso involucro esterno	18,00	-0,941
2_Cb_Angolo concavo involucro esterno	4,50	0,393
2_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore	1,5	-1,104
2_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore	1,5	-1,152
2_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala	1,50	22,813
2_IWb_Parete scala-Parete scala	1,50	34,223
2_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm	3,00	0,005
2_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno	25,61	0,237

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
2_B_Balcone	18,44	0,130
2_IF_Solaio interpiano-Parete scala	6,58	0,303
2_IF_Pianerottolo-Parete scala	2,07	0,558

Tabella 3.11 – *Valori dei ponti termici del primo terzo dell'edificio esistente calcolati con il software IRIS (38).*

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
3_IWb_Involucro esterno-Parete scala	1,50	-0,560
3_IWb_Involucro scala-Parete scala	1,50	-0,543
3_W_Serramento	35,20	0,074
3_W_Serramento davanzale	11,30	0,063
3_W_Serramento su cassonetto	11,30	-0,125
3_S_Nicchia destra-Involucro esterno	4,00	0,113
3_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno	4,00	0,054
3_S_Involucro esterno	1,50	-0,036
3_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm	12,00	-0,010
3_Ca_Angolo convesso involucro esterno	18,00	-0,941
3_Cb_Angolo concavo involucro esterno	4,50	0,393
3_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore	1,50	-1,104
3_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore	1,50	-1,152
3_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala	1,50	22,813
3_IWb_Parete scala-Parete scala	1,50	34,223
3_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm	3,00	0,005
3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno	17,00	-0,600
3_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno	25,61	0,208
3_B_Balcone	18,44	0,130
3_IWa_Solaio sottotetto-Parete scala	9,3453	-0,387
3_IF_Solaio interpiano-Parete scala	6,58	0,303
3_IF_Pianerottolo-Parete scala	2,0725	0,558
3_IWa_Solaio sottotetto-Involucro esterno	6,9975	-0,71
3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno copertura	15,94	-0,569
3_IF_Solaio su sottotetto-Muro su terrazzo	4,1919	-0,556
3_P_Trave 0.45-Sottotetto	14,0734	0,679
3_P_Trave 0.265-Sottotetto	3,4294	0,419
3_P_Trave 0,5675-Sottotetto	10,79	0,842
3_P_Trave 0.6-Sottotetto	12,5675	0,888

I fattori di riduzione per ombreggiatura calcolati possono essere consultati all'Appendice A e sono, come è stato spiegato al capitolo precedente, diversi per i due metodi di calcolo.

Il calcolo dei fattori di riduzione per gli ambienti non riscaldati si trova in Appendice A. Gli ambienti non riscaldati individuabili nell'edificio sono:

- il seminterrato con $b_{tr,sem} = 0{,}65$;
- il vano scala con $b_{tr,vs} = 0{,}81$;
- il sottotetto con $b_{tr,sott} = 0{,}64$.

In Appendice A si può trovare il calcolo dettagliato dei fabbisogni energetici ideali secondo i due modelli di calcolo. I risultati significativi per lo studio sono stati analizzati, messi a confronto e commentati nel seguente capitolo.

3.3 Edificio ristrutturato

In questo paragrafo viene descritta l'applicazione dei due modelli di calcolo all'intervento di ristrutturazione proposto dallo studio.

Per prima cosa viene descritto l'intervento di ristrutturazione proposto, successivamente viene verificato il rispetto dei requisiti minimi e infine vengono descritti i dati di ingresso usati nell'applicazione dei due modelli di calcolo.

3.3.1 Intervento di ristrutturazione

L'intervento di ristrutturazione proposto dallo studio ha il solo scopo di portare l'edificio esistente a un livello di efficientamento energetico tale da soddisfare il quadro normativo odierno e del prossimo futuro.

Nel lavoro di tesi si è scelto di limitare l'analisi al solo involucro edilizio, perciò anche l'intervento di ristrutturazione riguarda il solo fabbisogno energetico ideale.

Come dimostrato al paragrafo 1.3.3 i criteri per la ristrutturazione più stringenti da rispettare sono quelli che fanno capo alla legislazione italiana. Questo significa dover rispettare il Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015, detto anche Decreto Requisiti Minimi. A tal proposito è necessario inquadrare che tipo di ristrutturazione si vuole andare a effettuare. In questo lavoro di tesi si è scelto di rispettare i criteri della ristrutturazione importante di 1° livello. Questo intervento interessa l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e comprende anche la ristrutturazione dell'impianto termico asservito all'intero edificio. (14) La ristrutturazione dell'impianto termico, come detto, non viene affrontata in questo contesto, ma la scelta di rispettare i criteri relativi alla ristrutturazione importante di primo livello è legata al fatto che, essendo l'involucro edilizio ristrutturato complessivamente, anche l'impianto termico dovrebbe esserlo. Si presuppone quindi, che l'analisi di questo tipo di intervento possa continuare in questa direzione al di là del mio lavoro di tesi.

In relazione al caso studio analizzato le prescrizioni del Decreto Ministeriale Requisiti Minimi, già descritte al paragrafo 1.3.1, da rispettare riguardano:

- verifica dell'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali secondo la normativa UNI EN ISO 13788 (39);

- verifica che il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T, risulti inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 1.2;
- verifica che l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$, risulti inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 1.3;
- verifica che gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$, risultino inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento (rispettivamente $EP_{H,nd,limite}$ e $EP_{C,nd,limite}$). (14)

Per rispettare la verifica dell'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali è necessario capire se ci sono problemi di questo tipo nell'edificio esistente. Si va perciò a verificare tutte le stratigrafie dell'edificio esistente e si ragiona su come si possa intervenire. Nei casi meno gravi pensare di aumentare il livello di isolamento dell'edificio, utilizzando materiali traspiranti può essere sufficiente. In casi più gravi, in cui le stratigrafie esistenti risultano già compromesse da questi fenomeni è necessario attuare delle misure di risanamento delle stesse per garantire l'asciugatura della condensa e/o la rimozione e pulizia delle muffe presenti. Nel lavoro di tesi è stato ipotizzato di partire da un edificio esistente in buone condizioni di conservazione, di conseguenza i suddetti problemi non sono stati presi in considerazione.

Per migliorare il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T è necessario intervenire sui valori di trasmittanza termica dei componenti edilizi costituenti l'involucro termico e sulla trasmittanza termica lineare riferita ai ponti termici. Questo significa ridurre i valori di trasmittanza termica andando a inserire materiale isolante in tutto l'involucro edilizio.

Oltre al suddetto intervento, valido anche per i serramenti dell'involucro, per migliorare l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ è possibile agire anche sulla scelta e la posa del nuovo serramento e sui sistemi di schermatura solare. Questo significa scegliere nuovi serramenti dalle ottime prestazioni termiche, giocare sulla posizione in cui viene posato il nuovo serramento per scegliere se ridurre o aumentare gli ombreggiamenti, garantire una posa di qualità con continuità dell'isolamento termico e trovare il giusto equilibrio nell'uso delle schermature solari per garantire i corretti apporti solari a seconda della stagione.

Attraverso gli interventi già citati è possibile anche correggere il calcolo del fabbisogno energetico ideale in modo da verificare che gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$, risultino inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento (rispettivamente $EP_{H,nd,limite}$ e $EP_{C,nd,limite}$). Infatti, la verifica di questi indici è un processo iterativo. Il calcolo del fabbisogno energetico ideale dell'edificio ristrutturato va ripetuto, apportando modifiche ai suddetti parametri fintanto che non risulti effettivamente inferiore al fabbisogno energetico ideale dell'edificio di riferimento.

Per rispondere a queste esigenze gli interventi di ristrutturazione progettati sono stati: la realizzazione del cappotto termico per coibentare l'intero edificio, l'aggiunta di isolamento termico su componenti edilizi di separazione tra ambienti climatizzati e non climatizzati e tra diverse unità abitative, la sostituzione di tutti i serramenti facenti parte dell'involucro termico, e l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata in ogni unità abitativa.

Per la realizzazione del cappotto termico è stato ipotizzato di intervenire direttamente sulle superfici esistenti, reputate in uno stato di conservazione ottimale, andando ad applicare un materiale isolante in lastre realizzate in grafite con l'aggiunta di uno strato in EPS bianco per la prote-

zione dal sole aventi conducibilità termica $\lambda = 0{,}030\ W/mK$. Le lastre di isolamento vengono applicate per incollaggio e vengono anche tassellate. Il cappotto termico posato viene rifinito a intonaco per mantenere intatto l'aspetto architettonico caratterizzante l'edificio.

I serramenti e i sistemi oscuranti della zona termica sono stati tutti sostituiti con nuovi serramenti ad altissima efficienza energetica in PVC e cassonetti coibentati che sono stati progettati con l'ausilio del software di calcolo Weru – Software progettazione finestre (40).

Il rivestimento di copertura viene sostituito in modo da poterla coibentare. Il nuovo rivestimento è in lamiera grecata metallica.

L'impianto di ventilazione meccanica controllata installato per ogni unità abitativa è a doppio flusso bilanciato.

Le scelte progettuali vengono approfondite nei prossimi paragrafi alla luce del soddisfacimento delle verifiche dei criteri per la ristrutturazione.

Le tavole grafiche dell'edificio ristrutturato sviluppato si trovano in Allegato 2. Il progetto dell'edificio ristrutturato è composto da tavole architettoniche alla scala 1:50 rappresentanti piante, prospetti e sezioni e dalle tavole dei principali dettagli costruttivi studiati alla scala 1:5 con la descrizione dei diversi strati che compongono le stratigrafie.

3.3.2 Dati di ingresso edificio ristrutturato

I dati climatici di partenza della città di Savigliano, per calcolo del fabbisogno energetico ideale sono stati presentati al paragrafo 3.2.2.

L'edificio presentato al paragrafo precedente è stato considerato come un'unica zona termica, le cui caratteristiche geometriche sono presentate in Tabella 3.12.

Tabella 3.12 – *Caratteristiche geometriche dell'edificio esistente.*

	UNI/TS 11300-1	**PHPP**
V_G [m³]	1466,48	
V [m³]	959,80	
$A_{f,G}$ [m²]	423,84	
A [m²]	326,46	
κ_i [kJ/m²K]	48,48	45,78

Le condizioni interne di progetto considerate sono indicate in Tabella 3.13.

Tabella 3.13 – *Condizioni interne di progetto dell'edificio esistente.*

$\vartheta_{int,set,H}$ [°C]	20
$\vartheta_{int,set,C}$ [°C]	26
$\phi_{int,mn}$ [W/m²]	2,71

Nella zona termica sono presenti diverse tipologie di stratigrafie delle pareti, individuate in Tabella 3.13 di seguito vengono presentate insieme alle loro caratteristiche termiche.

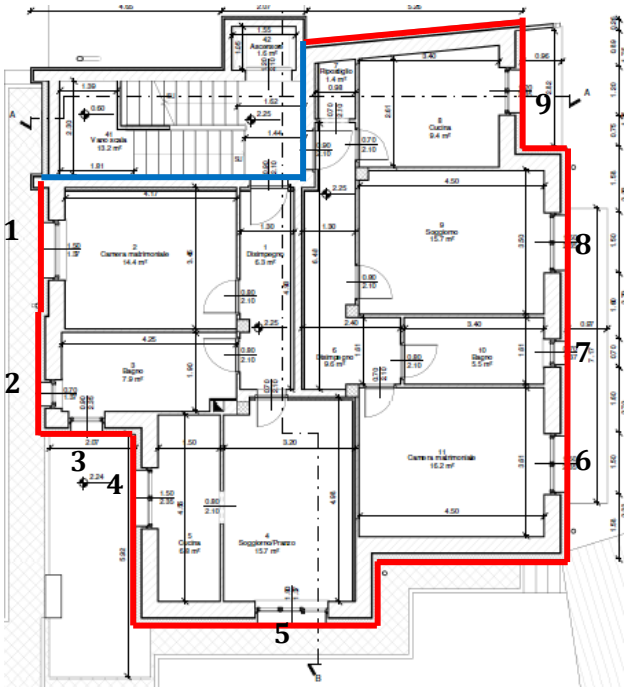


Figura 3.13 – *Pianta piano primo edificio ristrutturato con indicazione delle diverse stratigrafie.*

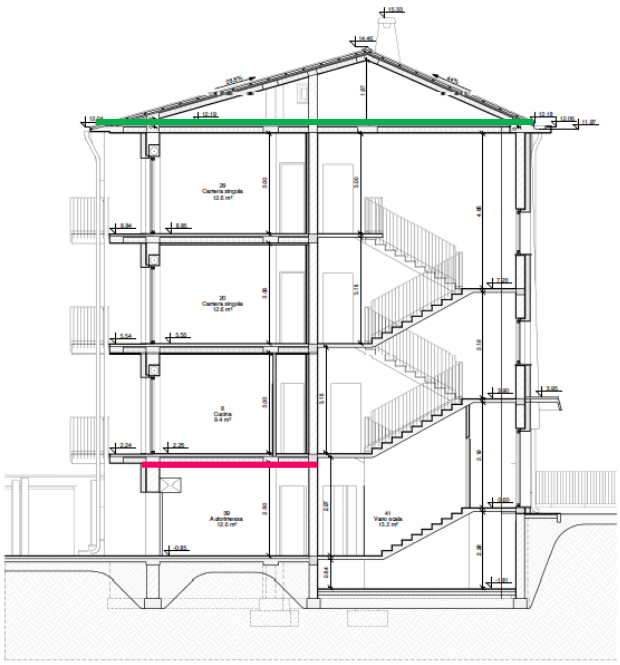
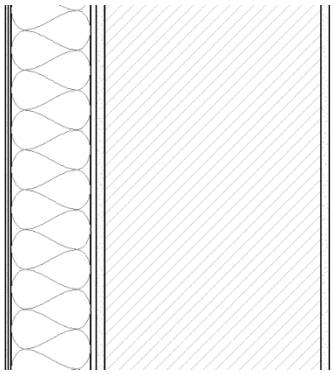


Figura 3.14 - *Sezione trasversale AA edificio ristrutturato con indicazione delle diverse stratigrafie.*

- Involucro termico esterno (indicato in rosso in ***Figura 3.9***):

Tabella 3.14 – *Stratigrafia dell'involucro termico esterno dell'edificio ristrutturato. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie esterna							0,040		
RX 561	0,005	1850	0,740	1000	6	9,3	0,007	0,030	0,400
AL 88	0,005	950	0,380	1000	19	4,8	0,013	0,095	0,400
Hightherm 030	0,140	20	0,030	1450	55	2,8	4,667	7,700	1,034
AL 88	0,010	950	0,380	1000	19	9,5	0,026	0,190	0,400
Malta di cemento	0,015	2000	1,400	837	30	30,0	0,011	0,450	0,837
Laterizi pieni sp.38 cm.rif.1.1.02	0,380	1776	0,809	837	20	674,9	0,470	7,600	0,544
Intonaco di gesso puro	0,015	1200	0,350	837	10	18,0	0,043	0,150	0,349
Superficie interna							0,130		

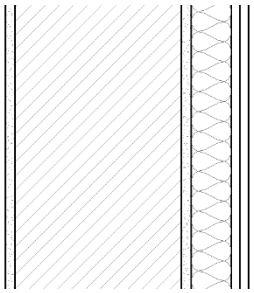
e  i

	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	0,185	
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

- Parete scala (indicata in blu in ***Figura 3.9***):

Tabella 3.15 - *Stratigrafia della parete della scala dell'edificio ristrutturato. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie interna							0,130		
Intonaco di gesso puro	0,015	1200	0,350	837	10	18,0	0,043	0,150	0,349
Laterizi pieni sp.25 cm.rif.1.1.02	0,250	1800	0,781	837	15	450,0	0,320	3,750	0,519
Intonaco di gesso puro	0,015	1200	0,350	837	10	18,0	0,043	0,150	0,349
Neopor 0.12	0,060	20	0,030	1350	40	1,2	2,000	2,400	1,111
Cartongesso in lastre	0,013	1024	0,280	837	7	13,3	0,046	0,091	0,327
Cartongesso in lastre	0,013	1024	0,280	837	7	13,3	0,046	0,091	0,327
Superficie interna							0,130		

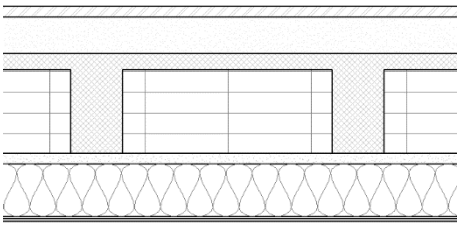


	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	0,292	
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

- Pavimento su ambiente non riscaldato (indicato in rosa in ***Figura 3.10***):

Tabella 3.16 - *Stratigrafia del pavimento su ambiente non riscaldato dell'edificio ristrutturato. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie interna							0,170		
RX 561	0,005	1850	0,740	1000	6	9,3	0,007	0,030	0,400
AL 88	0,005	950	0,380	1000	19	4,8	0,013	0,095	0,400
Neopor 0.12	0,100	20	0,030	1350	40	2,0	3,333	4,000	1,111
AL 88	0,010	950	0,380	1000	19	9,5	0,026	0,190	0,400
Intonaco di gesso puro	0,020	1200	0,350	837	10	24,0	0,057	0,200	0,349
Laterocemento sp.18 cm.rif.2.1.03	0,190	950	0,600	837	15	180,5	0,317	2,850	0,755
Massetto	0,060	1800	1,350	837	24	108,0	0,044	1,440	0,896
Malta di cemento	0,010	2000	1,400	837	30	20,0	0,007	0,300	0,837
Piastrelle in ceramica	0,020	2300	1,000	837	200	46,0	0,020	4,000	0,520
Superficie interna							0,170		

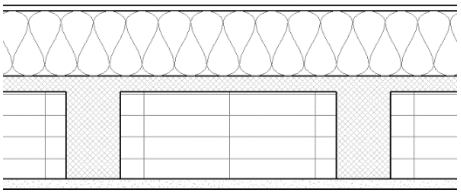


	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	0,240	0,245
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

- Soffitto sotto ambiente non riscaldato (indicato in verde in ***Figura 3.10***):

Tabella 3.17 - *Stratigrafia del soffitto sotto ambiente non riscaldato dell'edificio ristrutturato. (38)*

Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria[m]	Diffusività [m²/Ms]
Superficie interna							0,100		
OSB	0,010	650	0,130	1674	40	6,5	0,077	0,400	0,120
Neopor 0.12	0,120	20	0,030	1350	40	2,4	4,000	4,800	1,111
Laterocemento sp.18 cm.rif.2.1.03	0,190	950	0,600	837	15	180,5	0,317	2,850	0,755
Intonaco di gesso puro	0,020	1200	0,350	837	10	24,0	0,057	0,200	0,349
Superficie interna							0,100		



	UNI/TS 11300-1	PHPP
U_c [W/m²K]	1,743	1,620
$\alpha_{sol,c}$ [-]	0,30	
ε [-]	0,90	

Per le misure geometriche delle pareti, quali aree, inclinazione e orientamento si rimanda all'Appendice B in cui sono riportati i calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale dell'edificio ristrutturato.

Tabella 3.18 – *Caratteristiche geometriche e termiche dei serramenti dell'edificio ristrutturato.*

	b [m]	h [m]	A_w [m²]	A_g [m²]	U_g [W/m²K]	A_f [m²]	U_f [W/m²K]	F_F [-]	l_g [m]	Ψ_g [m]	U_w [W/m²K]	U_{w+shut} [W/m²K]	$g_{gl,n}$ [-]	g_{gl+sh}/g_{gl} [-]
1	1,50	1,31	1,96	1,30	0,40	0,66	1,00	0,34	4,57	0,04	0,69	0,56	0,50	0,65
2	0,70	1,31	0,91	0,46	0,40	0,45	1,00	0,49	2,97	0,04	0,82	0,64	0,50	0,65
3	0,90	2,35	2,12	1,37	0,40	0,74	1,00	0,35	5,57	0,04	0,71	0,57	0,50	0,65
4	1,50	2,35	3,53	2,39	0,40	1,14	1,00	0,32	10,80	0,04	0,71	0,57	0,50	0,65
5	1,80	1,31	2,35	1,48	0,40	0,87	1,00	0,37	7,02	0,04	0,74	0,59	0,50	0,65
6	1,50	2,35	3,53	2,39	0,40	1,14	1,00	0,32	10,80	0,04	0,71	0,57	0,50	0,65 0,55
7	0,70	1,31	0,91	0,46	0,40	0,45	1,00	0,49	2,97	0,04	0,82	0,64	0,50	0,65
8	1,50	2,35	3,53	2,39	0,40	1,14	1,00	0,32	10,80	0,04	0,71	0,57	0,50	0,65 0,55
9	1,20	2,35	2,82	1,75	0,40	1,07	1,00	0,38	10,20	0,04	0,77	0,61	0,50	0,65 0,55

I serramenti sono gli stessi per ogni piano dell'edificio e sono numerati in ***Figura 3.9***, le loro caratteristiche geometriche sono descritte in ***Tabella 3.8***.

In ***Figura 3.11*** sono indicate tutte le tipologie di ponti termici individuati in pianta e in ***Figura 3.12*** quelli individuati in sezione. In ***Tabella 3.9***, in ***Tabella 3.10*** e in ***Tabella 3.11*** sono indicati i valori dei ponti termici, calcolati agli elementi finiti con il software di calcolo IRIS (38).

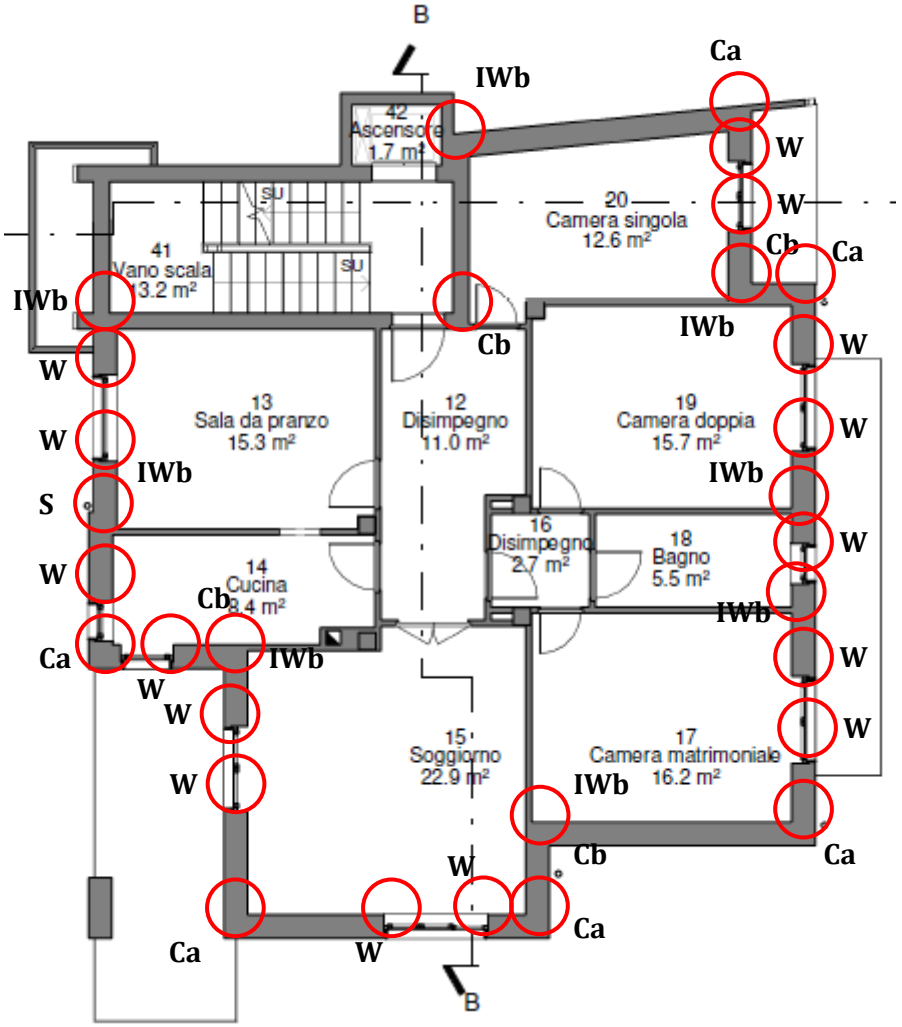


Figura 3.15 – *Pianta del piano tipo con l'individuazione dei ponti termici.*

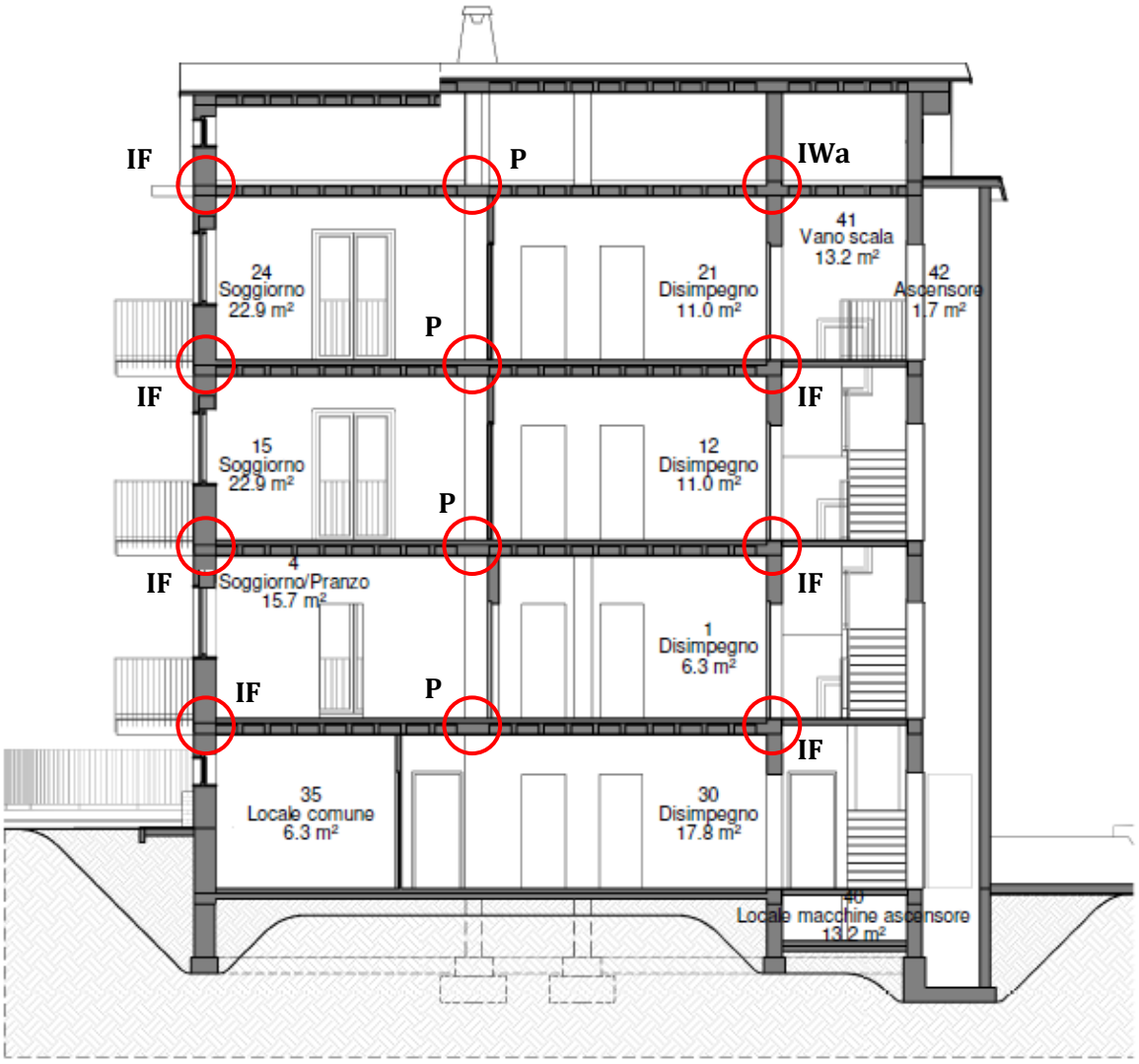


Figura 3.16 – *Sezione longitudinale BB con l'individuazione dei ponti termici.*

Tabella 3.19 – *Valori dei ponti termici del primo piano dell'edificio ristrutturato calcolati con il software IRIS (38).*

Codice	***l* [m]**	**Ψ [W/mK]**
1_IWb_Involucro esterno-Parete scala	1,47	0,065
1_IWb_Involucro scala-Parete scala	1,47	-0,017
1_W_Serramento	33,94	0,050
1_W_Serramento davanzale	11,30	0,251
1_W_Serramento su cassonetto	11,30	0,086
1_S_Nicchia destra-Involucro esterno	4,00	0,002
1_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno	4,00	0,001
1_S_Involucro esterno	1,47	0,016
1_Ca_Angolo convesso involucro esterno	17,64	-0,074

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
1_Cb_Angolo concavo involucro esterno	8,82	0,025
1_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore	1,47	0,180
1_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore	1,47	0,140
1_Cb_Angolo concavo parete scala	2,94	0,139
1_IWb_Parete scala-Tramezzo 20 cm	2,94	0,195
1_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm	2,94	0,103
1_IF_Solaio su seminterrato-Involucro esterno	26,48	0,184
1_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno	26,48	0,001
1_B_Balcone su seminterrato	18,20	0,491
1_B_Balcone	18,20	0,491
1_IF_Solaio su seminterrato-Parete scala	6,58	0,252
1_IF_Solaio interpiano-Parete scala	6,58	0,464
1_IF_Pianerottolo su seminterrato-Parete scala	3,51	-0,083
1_IF_Pianerottolo-Parete scala	3,51	0,050
1_P_Trave 0.45-Seminterrato	14,07	0,009
1_P_Trave 0.265-Seminterrato	3,43	0,006
1_P_Trave 0,5675-Seminterrato	10,79	0,010
1_P_Trave 0.6-Seminterrato	12,57	0,011

Tabella 3.20 – *Valori dei ponti termici del primo secondo dell'edificio ristrutturato calcolati con il software IRIS (38).*

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
2_IWb_Involucro esterno-Parete scala	1,47	0,065
2_IWb_Involucro scala-Parete scala	1,47	-0,017
2_W_Serramento	33,94	0,050
2_W_Serramento davanzale	11,30	0,251
2_W_Serramento su cassonetto	11,30	0,086
2_S_Nicchia destra-Involucro esterno	4,00	0,002
2_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno	4,00	0,001
2_S_Involucro esterno	1,47	0,016
2_Ca_Angolo convesso involucro esterno	17,64	-0,074
2_Cb_Angolo concavo involucro esterno	8,82	0,025
2_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore	1,47	0,180
2_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore	1,47	0,140
2_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala	2,94	0,139
2_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm	2,94	0,103
2_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno	26,48	0,001
2_B_Balcone	18,20	0,491
2_IF_Solaio interpiano-Parete scala	6,58	0,464
2_IF_Pianerottolo-Parete scala	3,51	0,050

Tabella 3.21 – *Valori dei ponti termici del primo terzo dell'edificio ristrutturato calcolati con il software IRIS (38).*

Codice	l **[m]**	Ψ **[W/mK]**
3_IWb_Involucro esterno-Parete scala	1,47	0,065
3_IWb_Involucro scala-Parete scala	1,47	-0,017
3_W_Serramento	33,94	0,050
3_W_Serramento davanzale	11,30	0,251
3_W_Serramento su cassonetto	11,30	0,086
3_S_Nicchia destra-Involucro esterno	4,00	0,002
3_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno	4,00	0,001
3_S_Involucro esterno	1,47	0,016
3_Ca_Angolo convesso involucro esterno	17,64	-0,074
3_Cb_Angolo concavo involucro esterno	8,82	0,025
3_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore	1,47	0,180
3_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore	1,47	0,140
3_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala	2,94	0,139
3_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm	2,94	0,103
3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno	17,00	0,190
3_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno	26,48	0,001
3_B_Balcone	18,20	0,491
3_IWa_Solaio sottotetto-Parete scala	9,59	0,057
3_IF_Solaio interpiano-Parete scala	6,58	0,464
3_IF_Pianerottolo-Parete scala	3,51	0,050
3_IWa_Solaio sottotetto-Involucro esterno	7,00	0,220
3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno copertura	15,94	0,199
3_IF_Solaio su sottotetto-Muro su terrazzo	4,19	0,339
3_P_Trave 0.45-Sottotetto	14,07	0,006
3_P_Trave 0.265-Sottotetto	3,43	0,004
3_P_Trave 0,5675-Sottotetto	10,79	0,008
3_P_Trave 0.6-Sottotetto	12,57	0,008

I fattori di riduzione per ombreggiatura calcolati possono essere consultati all'Appendice B e sono, come è stato spiegato al capitolo precedente, diversi per i due metodi di calcolo.

Il calcolo dei fattori di riduzione per gli ambienti non riscaldati si trova in Appendice B. Gli ambienti non riscaldati individuabili nell'edificio sono:

- il seminterrato con $b_{tr,sem} = 0{,}85$;
- il vano scala con $b_{tr,vs} = 0{,}62$;
- il sottotetto con $b_{tr,sott} = 0{,}78$.

Le portate d'aria di immissione $q_{ve,sup}$ ed estrazione $q_{ve,ext}$ di progetto per la ventilazione meccanica sono state ricavate secondo la norma UNI 10339 (30) per ogni unità immobiliare presente nell'edificio. Queste sono state indicate in Tabella 3.22

Tabella 3.22 – *Condizioni interne di progetto dell'edificio esistente.*

	Abitazione 1	**Abitazione 2**	**Abitazione 3**	**Abitazione 4**
$q_{ve,sup}$ [m³/h]	101,87	82,24	164,48	164,48
$q_{ve,ext}$ [m³/h]	91,68	74,02	131,59	131,59

3.3.3 Valutazione dei requisiti minimi

Come spiegato nel paragrafo 1.3.3, i criteri per la ristrutturazione che è obbligatorio rispettare in Italia sono quelli riferiti al DM 26/06/2015 (14). Sono stati rispettati anche i criteri dello standard EnerPHit, nei casi in cui risultano più stringenti dei valori del decreto.

Per il decreto, i parametri numerici che devono essere verificati sono il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T, l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ e gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$ che devono risultare inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento (rispettivamente $EP_{H,nd,limite}$ e $EP_{C,nd,limite}$). Il calcolo di queste grandezze è stato spiegato nel paragrafo 1.3.1.

Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T per l'edificio ristrutturato è stato verificato in ***Tabella 3.23***. La verifica è superata quando il valore calcolato di H'_T è inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 1.2 in funzione della zona climatica (la città di Savigliano si trova in zona climatica E) e del rapporto S/V calcolato per l'edificio ristrutturato.

Tabella 3.23 – *Verifica del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'_T per l'edificio ristrutturato.*

S	m²	1.001,07	
V	m³	1.466,48	
S/V		0,68	
$H'_{T\ lim}$	W/m²K	0,55	
$H_{tr,adj}$	W/K	266,81	
A_e	m²	1.001,07	
H'_T	W/m²K	0,27	Verificato

L'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ per l'edificio ristrutturato è stata verificata in ***Tabella 3.24***. La verifica è superata quando il valore calcolato di $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ è inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 1.3 per edifici residenziali che è pari a 0,030.

Tabella 3.24 – *Verifica dell'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile* $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ *per l'edificio ristrutturato.*

	$F_{sh,ob,lug}$	g_{gl+sh}	$1\text{-}F_F$	$A_{w,p}$	$F_{sol,est}$	$A_{sol,est}$	$A_{sup\ utile}$	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	
	-	-	-	m²	-	m²	m²	-	
F.01.O_1	0,78	0,29	0,66	1,96	0,91				
F.02.O_1	0,88	0,29	0,51	0,91	0,91				
F.03.S_1	0,64	0,24	0,65	2,12	0,65				
F.04.O_1	0,62	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.05.S_1	0,58	0,24	0,63	2,35	0,65				
F.06.E_1	0,65	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.07.E_1	0,56	0,29	0,51	0,91	0,91				
F.08.E_1	0,74	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.09.E_1	0,75	0,29	0,62	2,82	0,91				
F.01.O_2	0,78	0,29	0,66	1,96	0,91				
F.02.O_2	0,78	0,29	0,51	0,91	0,91				
F.03.S_2	0,45	0,24	0,65	2,12	0,65				
F.04.O_2	0,62	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.05.S_2	0,61	0,24	0,63	2,35	0,65	6,89	326,46	0,02	Verificato
F.06.E_2	0,69	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.07.E_2	0,58	0,29	0,51	0,91	0,91				
F.08.E_2	0,74	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.09.E_2	0,75	0,29	0,62	2,82	0,91				
F.01.O_3	0,77	0,29	0,66	1,96	0,91				
F.02.O_3	0,77	0,29	0,51	0,91	0,91				
F.03.S_3	0,45	0,24	0,65	2,12	0,65				
F.04.O_3	0,62	0,29	0,68	3,53	0,91				
F.05.S_3	0,64	0,24	0,63	2,35	0,65				
F.06.E_3	0,81	0,25	0,68	3,53	0,91				
F.07.E_3	0,77	0,29	0,51	0,91	0,91				
F.08.E_3	0,83	0,25	0,68	3,53	0,91				
F.09.E_3	0,68	0,25	0,62	2,82	0,91				

Per verificare che gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$ siano inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento (rispettivamente $EP_{H,nd,limite}$ e $EP_{C,nd,limite}$) è necessario calcolarli per entrambi gli edifici e metterli a confronto. Si tratta di un calcolo iterativo che va svolto finché la verifica non dà esito positivo. Questa verifica è stata fatta soltanto secondo la UNI/TS 11300-1.

In Appendice B si possono trovare i calcoli dettagliati dei fabbisogni energetici ideali dell'edificio di riferimento e dell'edificio ristrutturato. I dati di ingresso per il calcolo del fabbisogno energetico ideale dell'edificio di riferimento sono stati descritti al paragrafo 1.3.1, mentre i dati di ingresso per il calcolo del fabbisogno energetico ideale dell'edificio ristrutturato sono stati presentati al

paragrafo precedente 3.3.2. Questi ultimi sono quelli che risultano verificati, anche se la riuscita del calcolo ha richiesto due iterazioni.

I valori degli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$ verificati e i valori degli indici limite $EP_{H,nd,limite}$ e $EP_{C,nd,limite}$ sono presentati in ***Tabella 3.25***.

Tabella 3.25 – *Verifica degli indici di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e per il raffrescamento $EP_{C,nd}$ dell'edificio ristrutturato.*

	$\boldsymbol{EP_{H,nd,limite}}$	$\boldsymbol{EP_{C,nd,limite}}$		$\boldsymbol{EP_{H,nd}}$	$\boldsymbol{EP_{C,nd}}$	
	kWh/(m²K)	kWh/(m²K)		kWh/(m²K)	kWh/(m²K)	
Edificio di riferimento	42,40	8,73	Edificio ristrutturato	39,43	7,96	Verificato

I risultati significativi per lo studio, riferiti all'edificio ristrutturato così calcolato, sono stati analizzati, messi a confronto e commentati nel seguente capitolo.

4. Valutazione critica dei risultati

Nel capitolo 4 sono presentati e discussi tutti i risultati ottenuti dall'applicazione dei modelli di calcolo messi a confronto, a seguito della loro applicazione sul caso studio esistente e successivamente alla ristrutturazione.

I risultati vengono prima presentati e messi a confronto per mezzo di istogrammi esplicativi, prima per l'edificio esistente e al paragrafo successivo, per quello ristrutturato.

Infine, vengono commentati i risultati ottenuti per focalizzare maggiormente l'attenzione sulle principali differenze emerse dallo studio.

4.1 Confronto dei risultati tra i due modelli

Nel seguente paragrafo vengono presentati i risultati ottenuti dall'applicazione dei modelli di calcolo sull'edificio esistente prima e a seguire sull'edificio ristrutturato.

L'analisi viene svolta a ritroso, partendo dal risultato del fabbisogno energetico ideale, andando ad entrare nel merito di tutti i risultati parziali che sono stati evidenziati nella descrizione della procedura di calcolo. In questo modo si vanno a sottolineare le differenze tra i modelli anche a livello quantitativo, così da capire quali incidano di più sul calcolo. Questo viene fatto riferito alla stagione di riscaldamento e di raffrescamento in contemporanea.

I risultati mostrati si riferiscono sempre all'intero edificio, cioè un'unica zona termica è stata presa in considerazione e alle durate effettive delle stagioni di riscaldamento e raffrescamento, cioè la stagione di riscaldamento non è stata eventualmente ridotta per rispettare DPR 74/2013 (33) in quanto non adottato dal software PHPP.

Nonostante questo, il calcolo della durata della stagione di riscaldamento e di raffrescamento risulta diverso nei due modelli di calcolo e perciò il confronto dei risultati può essere fatto soltanto tra mesi considerati per tutta la loro lunghezza, perché il frazionamento dei mesi estremi della stagione fatto nella norma UNI/TS 11300-1 non è effettuato nel PHPP.

4.1.1 Edificio esistente

In questo paragrafo vengono discussi i risultati del lavoro di tesi in relazione all'edificio esistente.

I fabbisogni energetici ideali per riscaldamento $Q_{H,nd}$ e per raffrescamento $Q_{C,nd}$ dell'edificio esistente, considerato come un'unica zona termica, calcolati secondo la normativa UNI/TS 11300-1 e il software PHPP sono riassunti in Tabella 4.1 e messi a confronto in Figura 4.1.

Tabella 4.1 - *Valori medi mensili del fabbisogno di energia termica ideale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,nd}$ kWh	15.626	12.283	9.037	6.232	1.353	-	-	-	848	5.592	10.669	15.654	77.294
	$Q_{C,nd}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,nd}$ kWh	16.221	12.783	9.625	6.423	1.273	-	-	-	505	5.400	10.788	15.977	78.996
	$Q_{C,nd}$ kWh	0	0	2	4	16	144	709	148	19	2	0	0	1.044

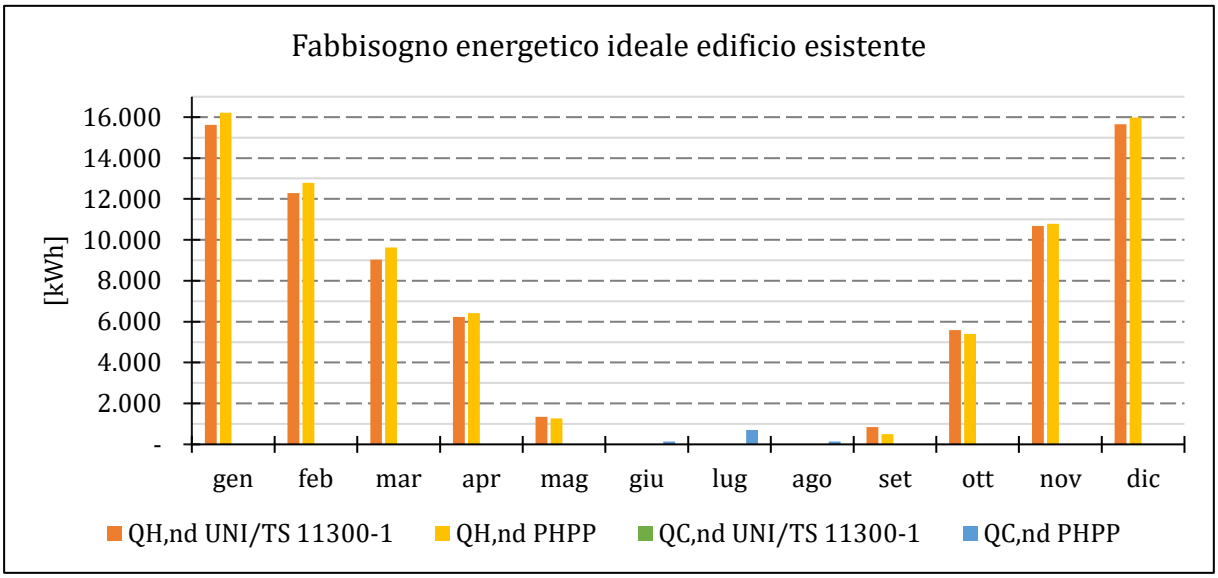


Figura 4.1 - *Risultati medi mensili relativi al fabbisogno di energia termica ideale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.2 sono presentate le differenze percentuali dei risultati del fabbisogno energetico ideale, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.2 *– Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, del fabbisogno energetico ideale nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,nd}$ %	4	4	7	3	-6	-	-	-	-40	-3	1	2	2
	$Q_{C,nd}$ %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.21 si può osservare come il fabbisogno energetico ideale per il riscaldamento, calcolato con il software PHPP sia sempre maggiore dello stesso calcolato con la norma UNI/TS 11300-1, a meno dei mesi estremi della stagione. In particolare, l'incremento del fabbisogno calcolato con il PHPP è di qualche punto percentuale. Nei mesi estremi maggio, settembre e ottobre la tendenza si inverte e i valori della UNI/TS 11300-1 risultano maggiori di qualche punto percentuale a eccezione del mese di settembre dove la differenza tra i modelli risulta più marcata e sproporzionata rispetto agli altri mesi della stagione, nonostante la durata della stagione di riscaldamento nei due modelli sia equivalente e cioè si estende dal primo di settembre al 31 maggio. Nella stagione di raffrescamento non vi è alcun confronto in quanto nel calcolo secondo la UNI/TS 11300-1 non vi è nessuna richiesta di fabbisogno energetico ideale per il raffrescamento.

Per andare a indagare le ragioni di queste differenze e per capire dove queste risultano più marcate, l'analisi procede andando a sviscerare i risultati parziali della procedura di calcolo. Di seguito sono stati analizzati i diversi fattori che compongono le equazioni di calcolo del fabbisogno energetico ideale per il riscaldamento e per il raffrescamento. Per completezza vengono mostrati anche i valori del PHPP relativi alla stagione di raffrescamento, anche se non sono comparabili con la UNI/TS 11300-1, in cui la stessa stagione risulta nulla.

Gli scambi di energia termica totale per il riscaldamento $Q_{H,ht}$ e il raffrescamento $Q_{C,ht}$ sono riassunti in Tabella 4.3 e messi a confronto in Figura 4.11.

Tabella 4.3 - *Valori medi mensili degli scambi di energia termica totale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ht}$ kWh	17.139	13.834	11.043	8.119	2.935	-	-	-	2.183	7.182	11.984	16.987	91.405
	$Q_{C,ht}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,ht}$ kWh	18.134	14.892	12.312	9.085	3.709	-	-	-	2.490	7.526	12.444	17.660	98.253
	$Q_{H,ht}$ kWh	24.886	20.952	18.924	15.424	10.133	5.238	3.548	5.048	8.694	14.049	18.872	24.407	170.175

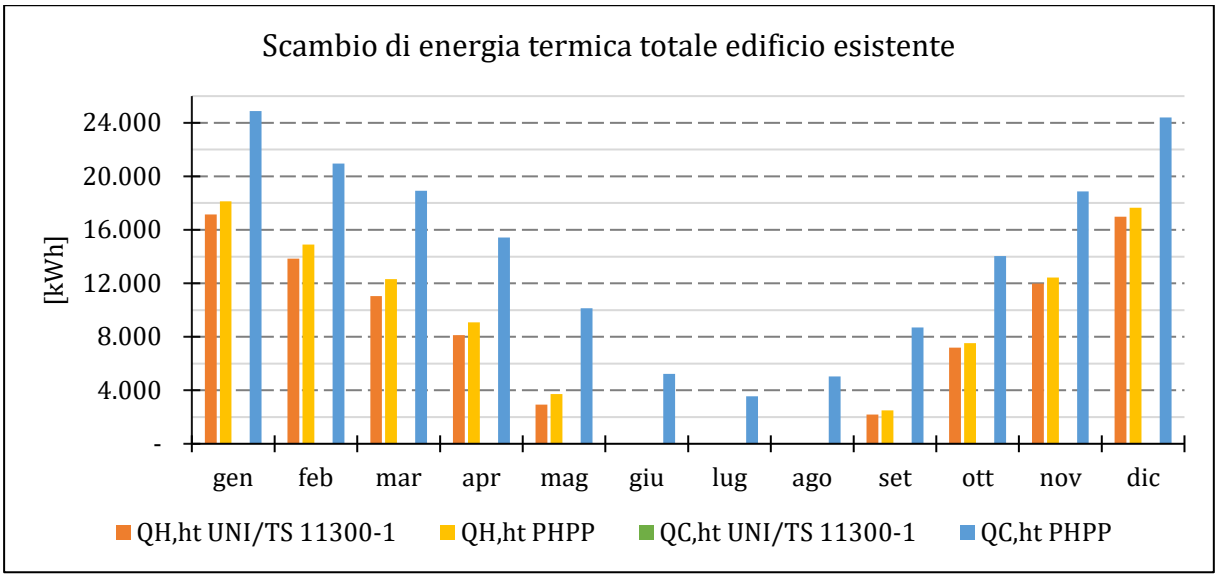


Figura 4.2 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica totale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.23 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica totale, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.4 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica totale nell'edificio esistente.*

		Edificio esistente												
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ht}$ %	6	8	11	12	26	-	-	-	14	5	4	4	7
	$Q_{C,ht}$ %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.23 si può osservare come lo scambio di energia termica totale per il riscaldamento, calcolato con il software PHPP sia sempre maggiore allo stesso calcolato con la norma UNI/TS 11300-1 nell'ordine del 5-10%, a eccezione dei mesi estremi di maggio e settembre in cui la percentuale sale al 15-25%.

Gli apporti totali di energia termica per il riscaldamento $Q_{H,gn}$ e il raffrescamento $Q_{C,gn}$ sono riassunti in Tabella 4.5 e messi a confronto in Figura 4.3.

Tabella 4.5 - *Valori medi mensili degli apporti totali di energia termica per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,gn}$ kWh	1.529	1.576	2.085	2.004	2.117	-	-	-	1.952	1.680	1.336	1.344	15.624
	$Q_{C,gn}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,gn}$ kWh	1.914	2.111	2.698	2.689	2.792	-	-	-	2.625	2.145	1.657	1.684	20.314
	$Q_{C,gn}$ kWh	1.711	1.880	2.406	2.418	2.522	2.711	2.896	2.660	2.352	1.926	1.497	1.516	26.494

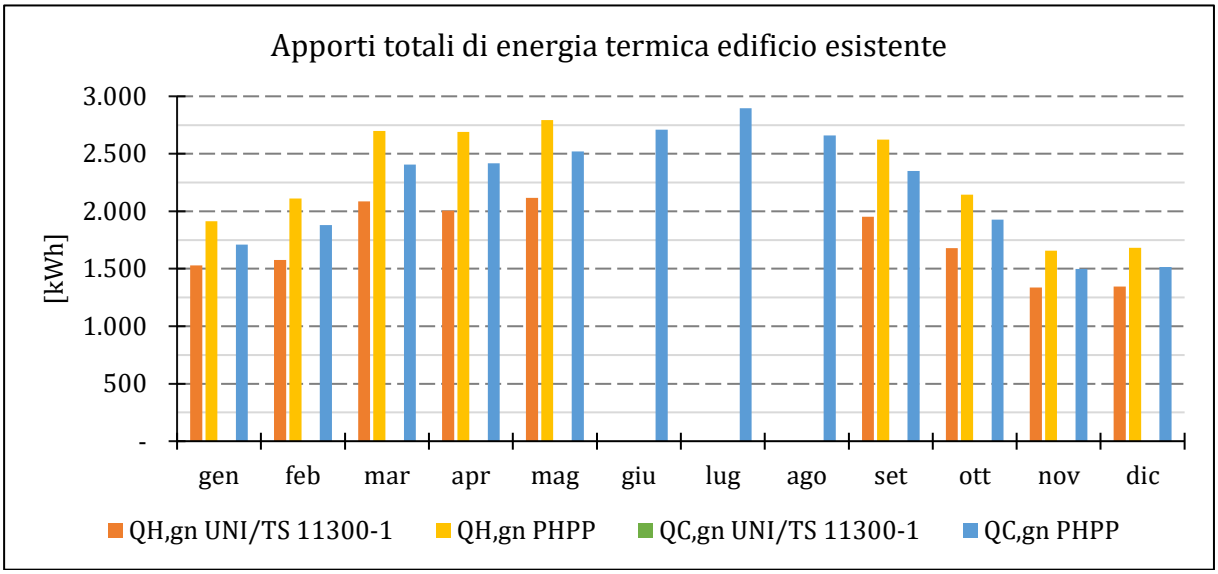


Figura 4.3 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti totali di energia termica per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.25 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli apporti totali di energia termica, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.6 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti totali di energia termica nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,gn}$ %	25	34	29	34	32	-	-	-	34	28	24	25	30
	$Q_{C,gn}$ %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.25 si può osservare come gli apporti di energia termica della stagione di riscaldamento risultino sempre maggiori con il PHPP rispetto alla norma italiana di circa il 25-35%.

I fattori di utilizzazione degli apporti $\eta_{H,gn}$ e delle dispersioni $\eta_{C,ls}$ sono riassunti in *Tabella 4.7* e messi a confronto in Figura 4.4.

Tabella 4.7 - *Valori medi mensili dei fattori di utilizzazione degli apporti/dispersioni con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$\eta_{H,gn}$ -	0,989	0,984	0,962	0,942	0,748	-	-	-	0,684	0,946	0,984	0,991	0,968
	$\eta_{C,ls}$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$\eta_{H,gn}$ -	1,000	0,999	0,996	0,990	0,872	-	-	-	0,756	0,991	0,999	1,000	0,948
	$\eta_{C,ls}$ -	0,069	0,090	0,127	0,157	0,247	0,490	0,616	0,498	0,268	0,137	0,079	0,062	0,150

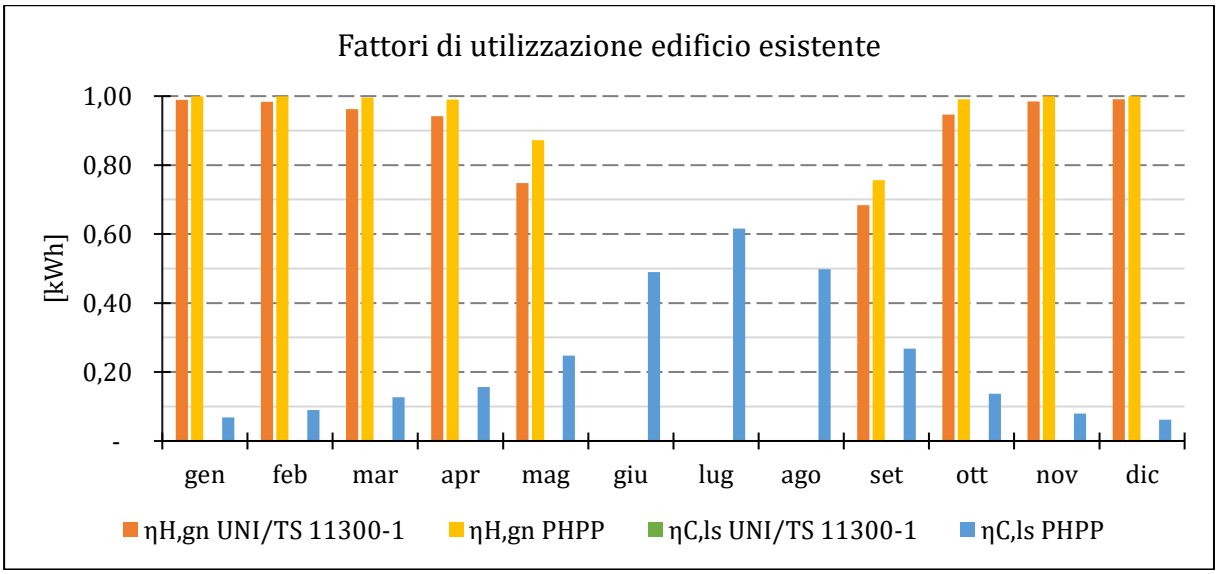


Figura 4.4 - *Risultati medi mensili relativi ai fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.8 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dei fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.8 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dei fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$\eta_{H,gn}$ -	0,010	0,015	0,033	0,045	0,093	-	-	-	0,050	0,042	0,015	0,008	-0,019
	$\eta_{C,ls}$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.8 si nota come, nel periodo di riscaldamento i fattori di utilizzazione siano tutti molto vicini a 1 nei mesi centrali della stagione, mentre si abbassano nei mesi di maggio e settembre. Dove si osservano delle differenze queste sono dovute al diverso modo di concepire i parametri empirici che servono per il calcolo del fattore di utilizzazione degli apporti.

Dopo aver analizzato tutti i fattori che compongono la formula di calcolo del fabbisogno energetico ideale dell'edificio ristrutturato, il confronto continua analizzando i fattori che compongono le dispersioni termiche:

- lo scambio di energia termica per trasmissione;
  - lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti sui componenti opachi;
- lo scambio di energia termica per ventilazione.

Lo scambio di energia termica per trasmissione durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,tr}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,tr}$ sono riassunti in Tabella 4.9 e messi a confronto in Figura 4.14.

Tabella 4.9 - *Valori medi mensili dello scambio di energia termica per trasmissione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr}$ kWh	15.800	12.751	10.175	7.478	2.700	-	-	-	1.998	6.616	11.044	15.663	84.227
	$Q_{C,tr}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,tr}$ kWh	14.936	12.305	10.239	7.555	3.147	-	-	-	2.049	6.174	10.200	14.497	81.100
	$Q_{C,tr}$ kWh	20.105	16.973	15.407	12.557	8.315	4.378	3.015	4.159	7.050	11.342	15.201	19.665	138.168

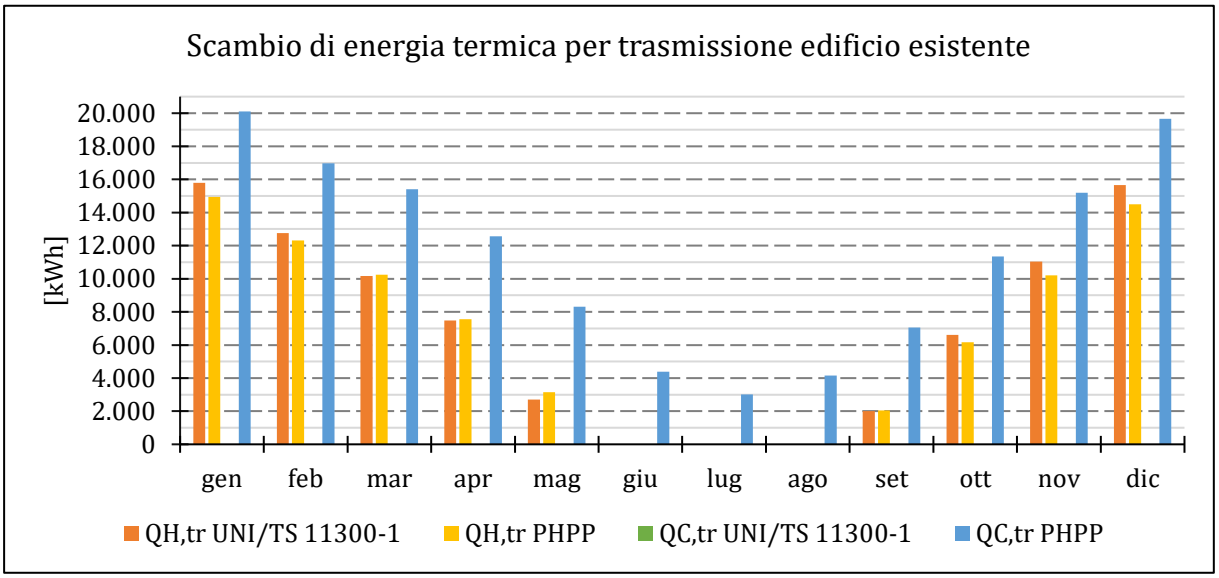


Figura 4.5 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica per trasmissione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.10 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica per trasmissione, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.10 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica per trasmissione nell'edificio esistente.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr}$ kWh	-5	-4	1	1	17	-	-	-	3	-7	-8	-7	-4
	$Q_{C,tr}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.10 si nota come, durante la stagione di riscaldamento lo scambio di energia termica per trasmissione risulti maggiore nella UNI/TS 11300-1 di circa il 5-10%, nei mesi centrali della stagione. Nei mesi estremi di marzo, aprile e settembre la tendenza è invertita e il PHPP è maggiore della specifica tecnica di qualche punto percentuale, invece nel mese di maggio questo incremento arriva al 17%.

Lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nel caso della UNI/TS 11300-1, in quanto non considerati delle minor dispersione nel PHPP ed escluso l'extra-flusso disperso dalle superfici esterne degli ambienti non riscaldati adiacenti alla zona termica, durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,tr,adj+r}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,tr,adj+r}$ sono riassunti in Tabella 4.11 e messi a confronto in Figura 4.6.

Tabella 4.11 - *Valori medi mensili dello scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr,adj+r}$ kWh	16.019	13.019	10.622	7.921	3.197	-	-	-	2.500	6.960	11.242	15.811	87.291
	$Q_{C,tr,adj+r}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,tr,adj+r}$ kWh	14.936	12.305	10.239	7.555	3.147	-	-	-	2.049	6.174	10.200	14.497	81.100
	$Q_{C,tr,adj+r}$ kWh	20.105	16.973	15.407	12.557	8.315	4.378	3.015	4.159	7.050	11.342	15.201	19.665	138.168

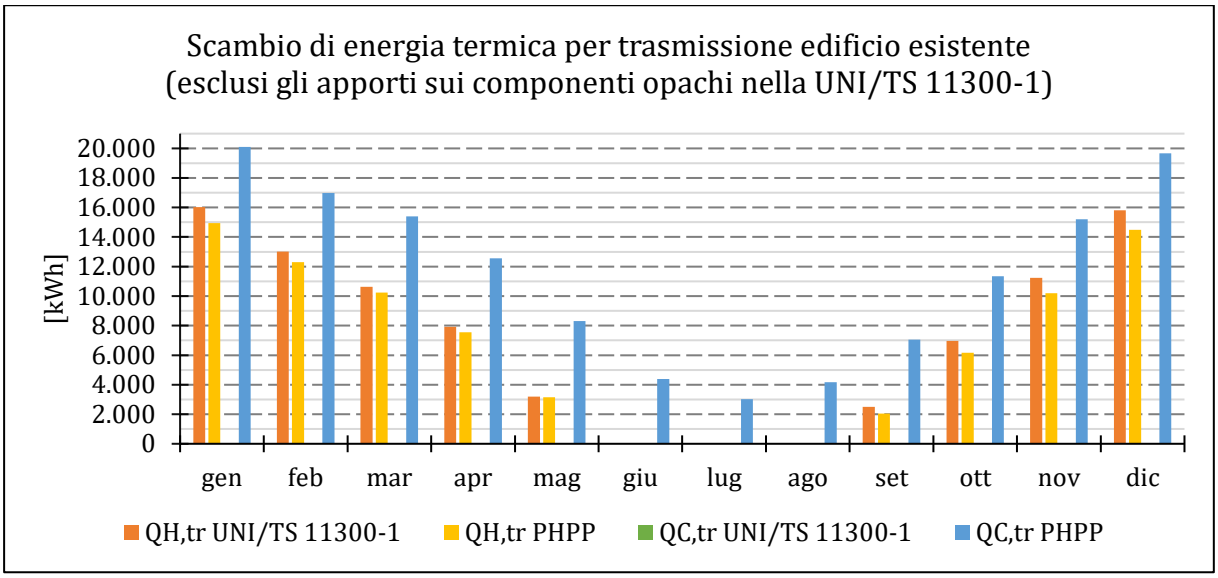


Figura 4.6 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.12 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nel-la UNI/TS 11300-1, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.12 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr,adj}$ kWh	-6,8	-5,5	-3,6	-4,6	-1,6	-	-	-	-18,0	-11,3	-9,3	-8,3	-7,1
	$Q_{C,tr,adj}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.12 si nota come nel periodo di riscaldamento lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 sia sempre maggiore nella norma italiana di circa il 7%.

In entrambi i modelli questo termine tiene conto del calore scambiato dalla superficie esterna dei componenti dell'involucro edilizio per convezione con l'aria esterna, per irraggiamento con il terreno e le superfici esterne considerati a temperatura uguale a quella dell'aria esterna e per irraggiamento con la volta celeste che si trova a una temperatura minore di quella dell'aria esterna. Il modo di calcolare queste tre dispersioni è però diverso nei due modelli di calcolo. Infatti, il PHPP valuta singolarmente queste dispersioni come un flusso scambiato dall'ambiente interno con

l'aria esterna, le superfici esterne alla stessa temperatura dell'aria esterna e con la volta celaste a una temperatura più bassa. La UNI/TS 11300-1 invece calcola complessivamente queste dispersioni considerando in maniera approssimata anche la volta celeste alla stessa temperatura dell'aria esterna. Successivamente, per considerare lo scambio termico aggiuntivo verso la volta celeste a una temperatura in realtà minore dell'aria esterna si aggiunge un termine che considera proprio questo extra-flusso. Inoltre, i flussi scambiati per convezione e con la volta celeste nel PHPP sono calcolati solo per i componenti opachi e non anche per quelli trasparenti come nella UNI/TS 11300-1. Un'altra differenza è dovuta all'uso della resistenza superficiale esterna corretta media nel PHPP anziché quella di progetto. Anche i fattori di riduzione per ombreggiatura utilizzati sono diversi, per il metodo di calcolo e anche perché il PHPP usa sempre quelli diretti, mentre nella UNI/TS 11300-1, per lo scambio termico per trasmissione si usano quelli diffusi.

Lo scambio di energia termica per ventilazione durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,ve}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,ve}$ sono riassunti in Tabella 4.13 e messi a confronto in Figura 4.7.

Tabella 4.13 - *Valori medi mensili dello scambio di energia termica per ventilazione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ve}$ kWh	1.338	1.083	868	640	235	-	-	-	185	566	939	1.324	7.178
	$Q_{C,ve}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,ve}$ kWh	3.198	2.587	2.073	1.530	562	-	-	-	442	1.353	2.245	3.163	17.153
	$Q_{C,ve}$ kWh	4.781	3.979	3.517	2.868	1.817	860	533	889	1.644	2.706	3.671	4.742	32.007

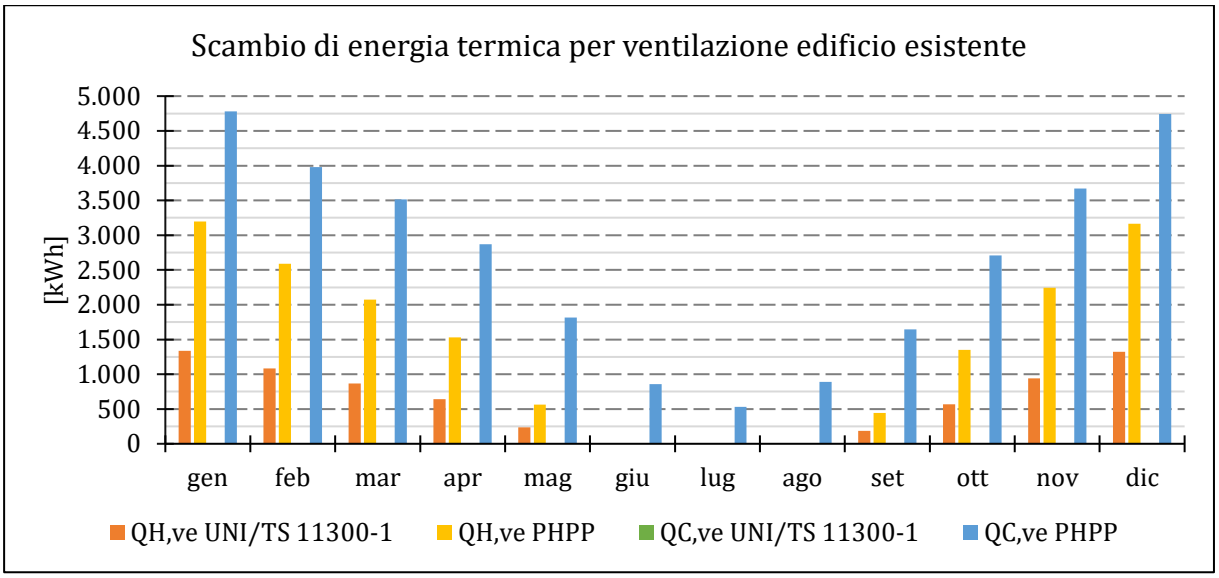


Figura 4.7 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica per ventilazione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.14 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica per ventilazione, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.14 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica per ventilazione nell'edificio esistente.*

		Edificio esistente												
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ve}$ kWh	139	139	139	139	139	-	-	-	139	139	139	139	139
	$Q_{C,ve}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.14 si nota come lo dello scambio di energia termica per ventilazione, per il riscaldamento nel PHPP risulti sempre maggiore e sempre esattamente del 139% rispetto alla UNI/TS 11300-1.

Questa differenza netta è giustificata dal diverso modo di considerare le perdite di ventilazione per infiltrazione nei due modelli di calcolo. Infatti, il PHPP considera le infiltrazioni sempre presenti e calcolate sempre con la stessa formula, mentre nella UNI/TS 11300-1 queste dipendono da che strategia di ventilazione è presente. In particolare, in assenza di impianti di ventilazione si considera soltanto l'apertura dei serramenti da parte dell'utente e la portata di ventilazione che deve essere almeno garantita è quella di igiene in entrambi i metodi, che però nella UNI/TS 11300-1 deriva dal prodotto tra la portata minima di progetto $q_{ve,0,k}$ e il fattore di correzione $f_{ve,t,k}$ che già al suo interno tiene conto delle infiltrazioni che si hanno quando non si opera l'areazione e dell'effettivo profilo di utilizzo.

Dopo aver analizzato tutti i fattori che compongono le dispersioni termiche dell'edificio ristrutturato, il confronto continua analizzando i fattori che compongono gli apporti termici:

- gli apporti termici interni;
- gli apporti termici solari;
  - gli apporti termici solari sui componenti trasparenti;
  - gli apporti termici solari sui componenti opachi.

Per il calcolo degli apporti termici interni è stato inserito il flusso termico per unità di superficie $\Phi_{int,mn,k}$ uguale per i due modelli di calcolo, in modo da renderli congruenti. Questo significa che gli apporti termici interni risultano identici nei due modelli di calcolo e per questo non vanno a influenzare l'analisi di confronto.

Gli apporti termici solari durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,sol}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,sol}$ sono riassunti in Tabella 4.15 e messi a confronto in Figura 4.8.

Tabella 4.15 - *Valori medi mensili degli apporti termici solari per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol}$ kWh	866	977	1.422	1.362	1.453	-	-	-	1.310	1.016	694	681	9.779
	$Q_{C,sol}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,sol}$ kWh	1.250	1.511	2.034	2.047	2.129	-	-	-	1.983	1.482	1.015	1.020	14.470
	$Q_{C,sol}$ kWh	1.047	1.280	1.743	1.775	1.858	2.069	2.232	1.997	1.709	1.263	855	853	18.681

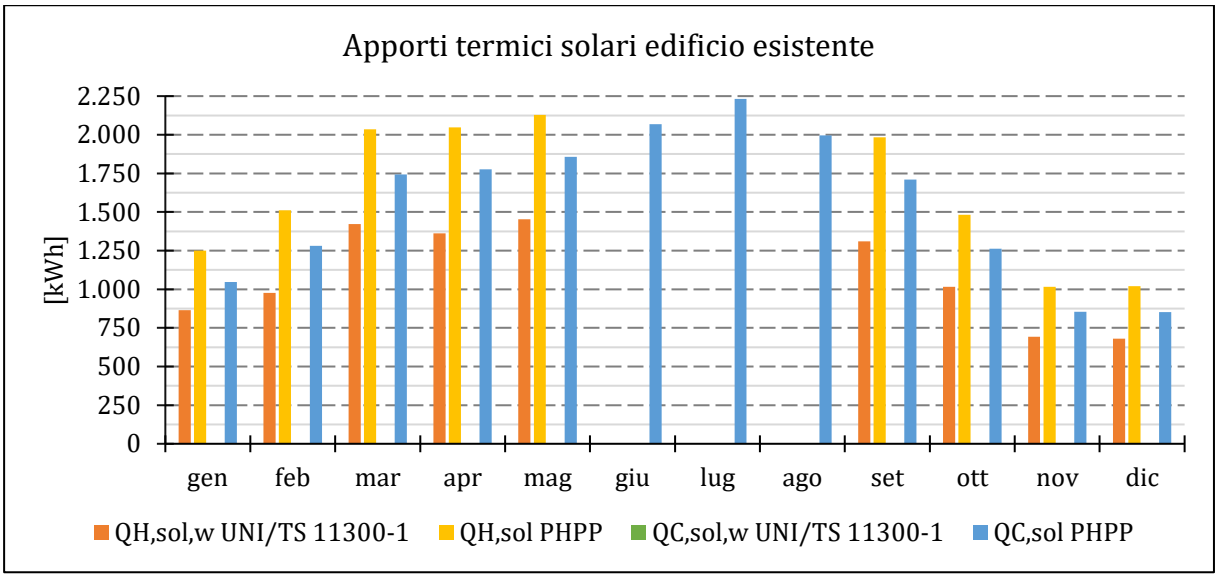


Figura 4.8 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti termici solari per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.16 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli agli apporti termici solari, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.16 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti termici solari nell'edificio esistente.*

		Edificio esistente												
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol}$ kWh	44	55	43	50	46	-	-	-	51	46	46	50	48
	$Q_{C,sol}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.16 si nota come gli apporti solari siano sempre maggiori nel PHPP rispetto alla specifica tecnica italiana, nella stagione di riscaldamento. In particolare, i valori del PHPP sono sempre maggiori di circa il 45-55%.

Gli apporti termici solari sui componenti trasparenti durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,sol,w}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,sol,w}$ sono riassunti in Tabella 4.17 e messi a confronto in Figura 4.9.

Tabella 4.17 - *Valori medi mensili degli apporti termici solari sui componenti trasparenti per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,w}$ kWh	866	977	1.422	1.362	1.453	-	-	-	1.310	1.016	694	681	9.779
	$Q_{C,sol,w}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,sol,w}$ kWh	955	1.168	1.595	1.620	1.685	-	-	-	1.563	1.152	779	777	11.294
	$Q_{C,sol,w}$ kWh	752	938	1.304	1.348	1.414	1.578	1.705	1.521	1.290	933	619	610	14.011

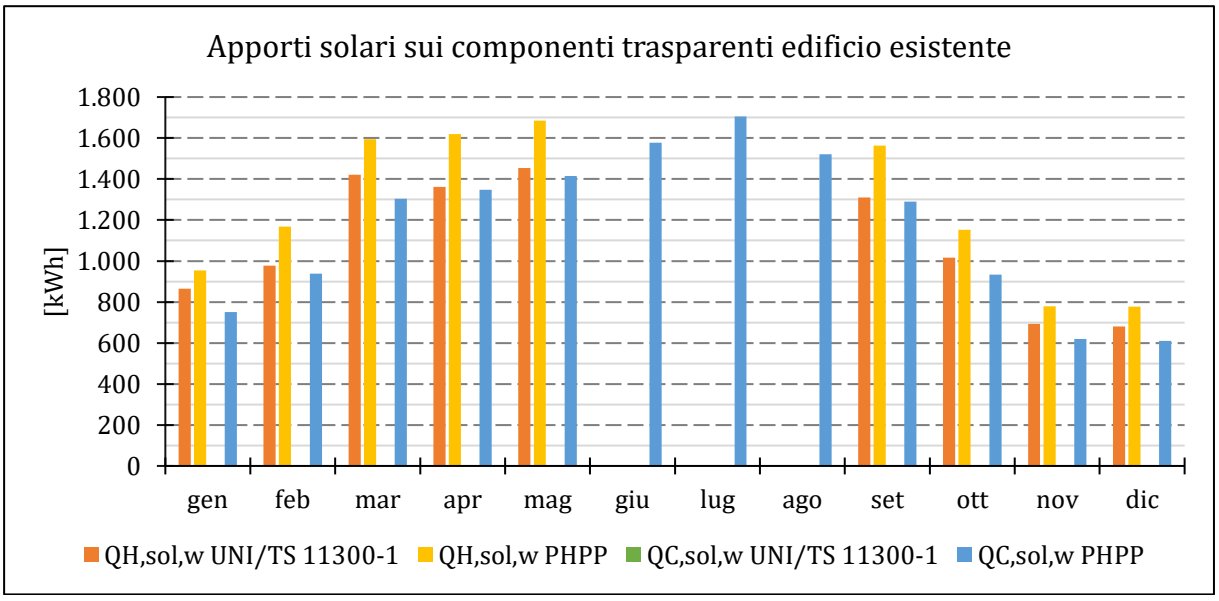


Figura 4.9 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti termici solari sui componenti trasparenti per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.18 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli agli apporti termici solari sui componenti trasparenti, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.18 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti termici solari sui componenti trasparenti nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,w}$ kWh	10	20	12	19	16	-	-	-	19	13	12	14	15
	$Q_{C,sol,w}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.18 si può notare come gli apporti termici solari sui componenti trasparenti, nel periodo di riscaldamento siano maggiori nel PHPP di circa 10-20 punti percentuali.

Il fatto che nel periodo invernale i valori del PHPP risultino maggiori è giustificabile perché in questa stagione non viene considerato il contributo delle schermature solari, invece presente nella UNI/TS 11300-1. Comunque, altre differenze, meno significative si trovano nel fattore di esposizione F_w e anche la valutazione dei fattori di riduzione per ombreggiatura diretta $F_{sh,ob}$ è effettuata per mezzo di approcci empirici differenti.

Gli apporti termici solari sui componenti opachi durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,sol,op}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,sol,op}$ sono riassunti in Tabella 4.19 e messi a confronto in Figura 4.10.

Tabella 4.19 - *Valori medi mensili degli apporti termici solari sui componenti opachi per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,op}$ kWh	317	328	469	433	457	-	-	-	428	355	247	259	3.291
	$Q_{C,sol,op}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHPP	$Q_{H,sol,op}$ kWh	295	343	439	427	444	-	-	-	419	330	236	243	3.176
	$Q_{C,sol,op}$ kWh	295	343	439	427	444	491	527	476	419	330	236	243	4.670

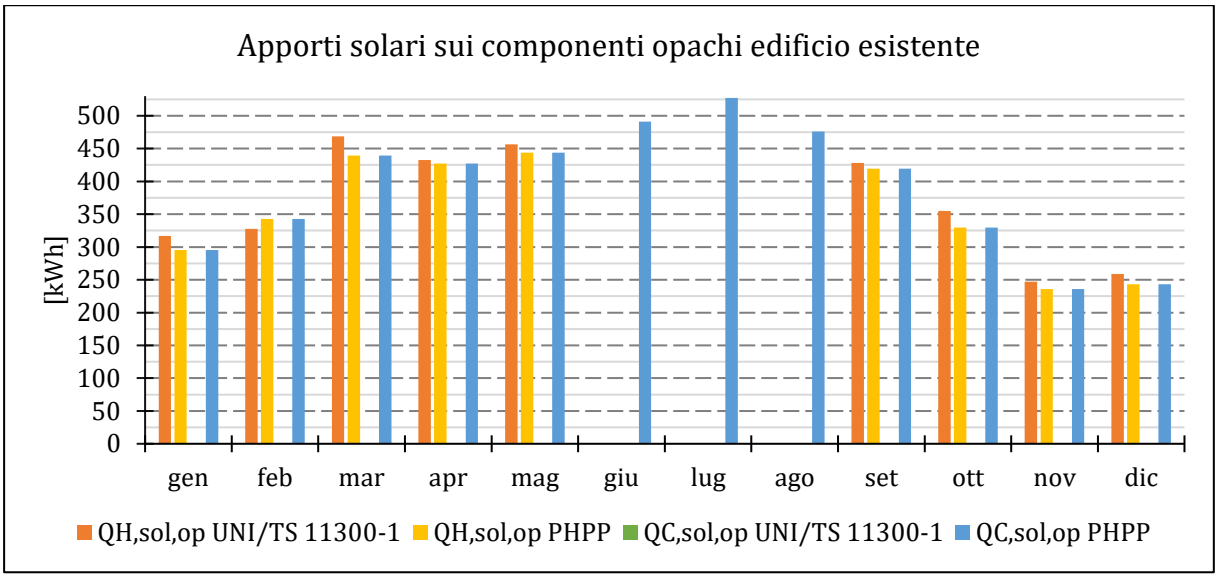


Figura 4.10 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti termici solari sui componenti opachi per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio esistente.*

In Tabella 4.20 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli agli apporti termici solari sui componenti opachi, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.20 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti termici solari sui componenti opachi nell'edificio esistente.*

Edificio esistente														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,op}$ kWh	-7	5	-6	-1	-3	-	-	-	-2	-7	-4	-6	-3
	$Q_{C,sol,op}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla Tabella 4.20 si nota come, nel periodo di riscaldamento gli apporti termici solari sui componenti opachi siano maggiori nella UNI/TS 11300-1 di pochi punti percentuali, a eccezione del mese di febbraio, in cui i valori del PHPP sono maggiori del 5%.

Le piccole differenze riscontrate tra gli apporti termici solari sui componenti opachi nei due modelli di calcolo sono dovute alla maggior accuratezza del PHPP che considera una resistenza superficiale esterna corretta media, anziché quella di progetto come da UNI/TS 11300-1.

4.1.2 Edificio ristrutturato

In questo paragrafo vengono discussi i risultati del lavoro di tesi in relazione all'edificio ristrutturato.

I fabbisogni energetici ideali per riscaldamento $Q_{H,nd}$ e per raffrescamento $Q_{C,nd}$ dell'edificio ristrutturato, considerato come un'unica zona termica, calcolati secondo la normativa UNI/TS 11300-1 e il software PHPP sono riassunti in Tabella 4.21 e messi a confronto in Figura 4.11.

Tabella 4.21 – *Valori medi mensili del fabbisogno di energia termica ideale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,nd}$ kWh	3.111	2.234	1.249	573	-	-	-	-	-	570	1.954	3.181	12.872
	$Q_{C,nd}$ kWh	-	-	-	-	27	678	1.184	680	29	-	-	-	2.598
PHPP	$Q_{H,nd}$ kWh	2.900	2.068	1.119	425	0	-	-	-	-	357	1.735	2.917	11.521
	$Q_{C,nd}$ kWh	-	-	-	0	15	606	1.098	617	24	-	-	-	2.360

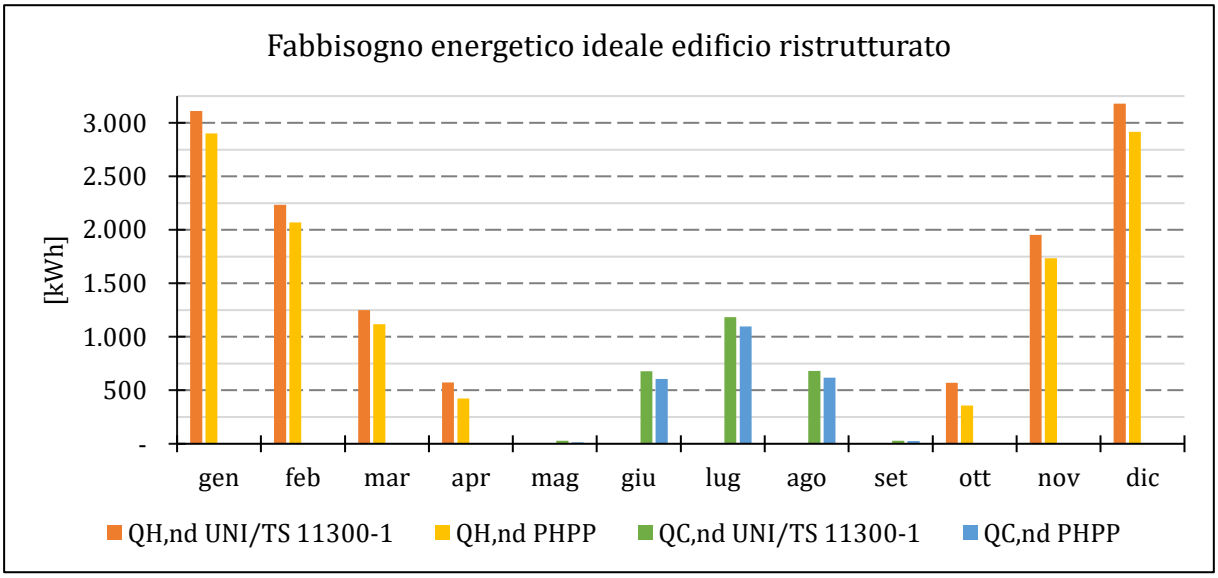


Figura 4.11 – *Risultati medi mensili relativi al fabbisogno di energia termica ideale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.22 sono presentate le differenze percentuali dei risultati del fabbisogno energetico ideale, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.22 – *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, del fabbisogno energetico ideale nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,nd}$ %	-7	-7	-10	-26	-	-	-	-	-	-37	-11	-8	-10
	$Q_{C,nd}$ %	-	-	-	-	-46	-11	-7	-9	-17	-	-	-	-9

Dalla Figura 4.11 si può osservare come il fabbisogno energetico ideale per il riscaldamento, calcolato con il software PHPP sia sempre inferiore dello stesso calcolato con la norma UNI/TS 11300-1. In particolare, il decremento del fabbisogno calcolato con il PHPP è di circa il 10% su tutto l'anno rispetto ai valori ottenuti con la UNI/TS 11300-1. La stessa considerazione può essere fatta per il periodo di raffrescamento, dove il fabbisogno secondo il PHPP risulta inferiore rispetto alla norma tecnica italiana, con un decremento sull'anno del 9%.

Per andare a indagare le ragioni di queste differenze e per capire dove queste risultano più marcate, l'analisi procede andando a sviscerare i risultati parziali della procedura di calcolo. Di seguito sono stati analizzati i diversi fattori che compongono le equazioni di calcolo del fabbisogno energetico ideale per il riscaldamento e per il raffrescamento.

Gli scambi di energia termica totale per il riscaldamento $Q_{H,ht}$ e il raffrescamento $Q_{C,ht}$ sono riassunti in Tabella 4.23 e messi a confronto in Figura 4.12.

Tabella 4.23 - *Valori medi mensili degli scambi di energia termica totale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ht}$ kWh	4.269	3.442	2.741	1.703	-	-	-	-	-	1.479	2.986	4.229	20.849
	$Q_{C,ht}$ kWh	-	-	-	-	367	957	576	972	396	-	-	-	3.269
PHPP	$Q_{H,ht}$ kWh	4.190	3.432	2.819	2.078	829	-	-	-	-	1.739	2.887	4.090	22.065
	$Q_{H,ht}$ kWh	-	-	-	3.451	2.247	1.100	711	1.067	1.940	-	-	-	10.516

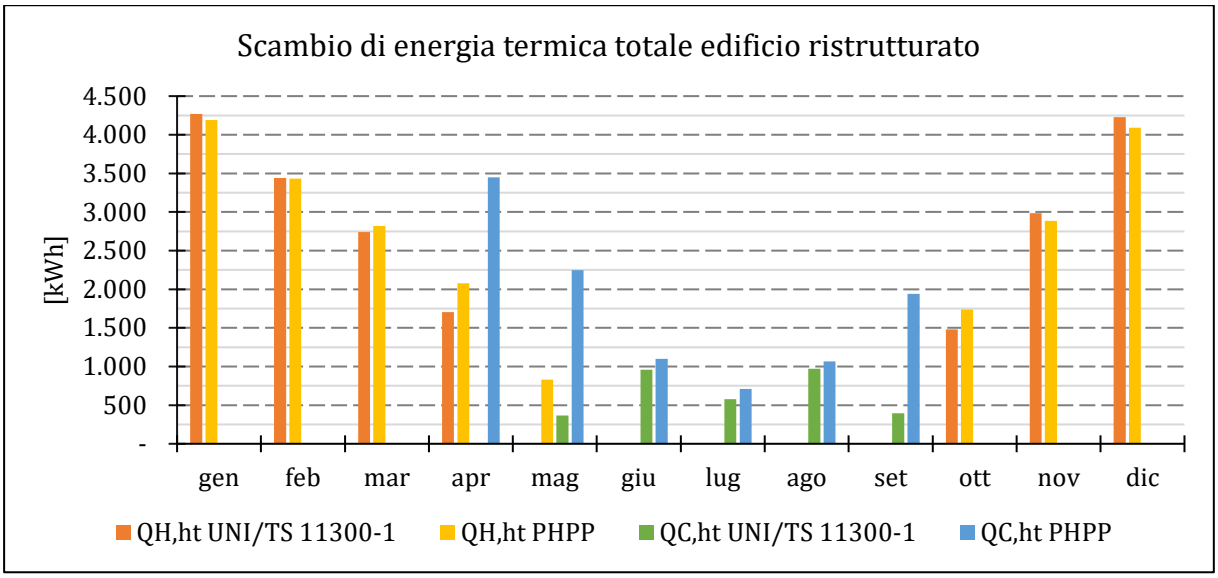


Figura 4.12 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica totale per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.24 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica totale, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.24 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica totale nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ht}$ %	-2	-0	3	22	-	-	-	-	-	18	-3	-3	6
	$Q_{C,ht}$ %	-	-	-	-	512	15	23	10	390	-	-	-	222

Dalla Figura 4.12 si può osservare come lo scambio di energia termica totale per il riscaldamento, calcolato con il software PHPP sia quasi sempre inferiore allo stesso calcolato con la norma UNI/TS 11300-1 nell'ordine di qualche punto percentuale. Dove si osserva un incremento dei valori del PHPP rispetto alla norma italiana, questo è dell'ordine del 20%. Questa anomalia è dovuta al fatto che la durata della stagione di riscaldamento risulta diversa tra le due metodologie (come evidenziato in Tabella 4.24 e in tutte le tabelle del paragrafo) e in particolare, con la UNI/TS 11300-1 si calcolano anche le frazioni di mese facenti parte della stagione. In particolare, la stagione di riscaldamento effettiva nella UNI/TS 11300-1 si estende dal 24 ottobre al 25 aprile, mentre nel PHPP dal primo ottobre al 31 maggio. Questo significa che nei mesi di aprile e ottobre si stanno confrontando scambi di energia termica che si riferiscono a intervalli di tempo diversi.

Per il periodo di raffrescamento lo scambio di energia termica totale secondo il PHPP risulta sempre superiore a quello secondo la UNI/TS 11300 dell'ordine del 10-20%. Dove, invece si osserva

una differenza maggiore è perché di nuovo si stanno confrontando periodi di mese diversi in quanto le stagioni di riscaldamento non coincidono. In particolare, la stagione di raffrescamento effettiva nella UNI/TS 11300-1 si estende dal 6 maggio all'8 settembre, mentre nel PHPP dal primo aprile al 30 settembre.

Gli apporti totali di energia termica per il riscaldamento $Q_{H,gn}$ e il raffrescamento $Q_{C,gn}$ sono riassunti in Tabella 4.25 e messi a confronto in Figura 4.13.

Tabella 4.25 - *Valori medi mensili degli apporti totali di energia termica per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,gn}$ kWh	1.163	1.222	1.575	1.263	-	-	-	-	-	989	1.044	1.052	8.307
	$Q_{C,gn}$ kWh	-	-	-	-	353	1.633	1.761	1.650	382	-	-	-	5.779
PHPP	$Q_{H,gn}$ kWh	1.290	1.364	1.704	1.695	1.758	-	-	-	-	1.416	1.152	1.173	11.552
	$Q_{C,gn}$ kWh	-	-	-	1.541	1.611	1.702	1.808	1.680	1.498	-	-	-	9.839

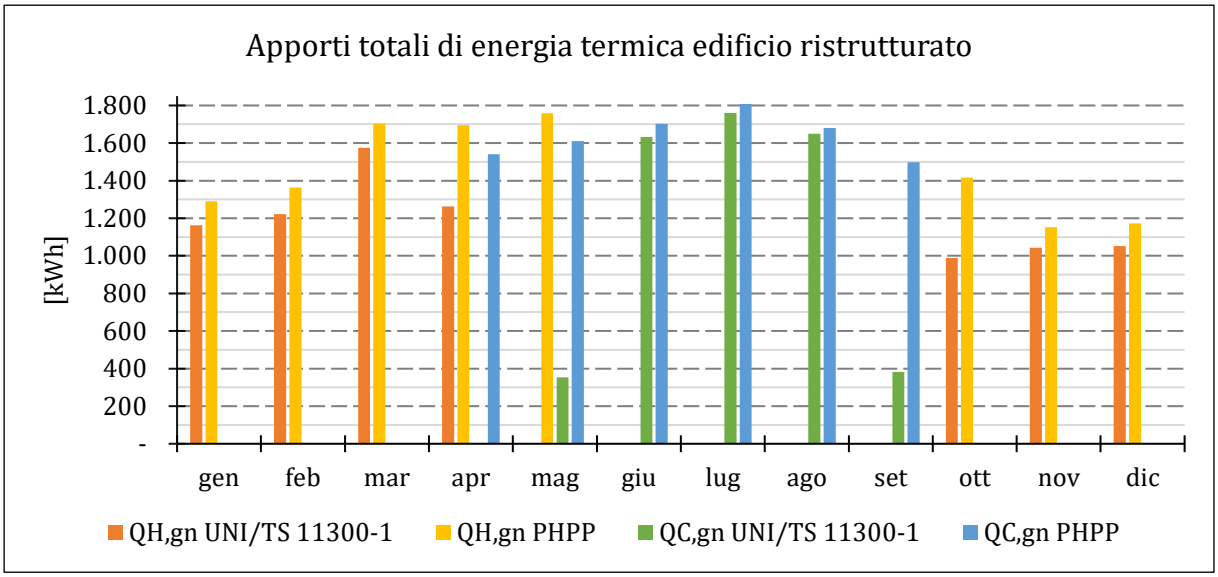


Figura 4.13 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti totali di energia termica per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.26 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli apporti totali di energia termica, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.26 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti totali di energia termica nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,gn}$ %	11	12	8	34	-	-	-	-	-	43	10	12	39
	$Q_{C,gn}$ %	-	-	-	-	356	4	3	2	292	-	-	-	70

Dalla Figura 4.13 si può osservare come gli apporti di energia termica della stagione di riscaldamento risultino sempre maggiori con il PHPP rispetto alla norma italiana di circa il 10%, escludendo i dati non confrontabili appartenenti ai mesi estremi della stagione.

Nel periodo di raffrescamento si osserva sempre un superamento da parte del PHPP, ma di un ordine di grandezza inferiore di qualche punto percentuale.

I fattori di utilizzazione degli apporti $\eta_{H,gn}$ e delle dispersioni $\eta_{C,ls}$ sono riassunti in Tabella 4.27 e messi a confronto in Figura 4.14.

Tabella 4.27 - *Valori medi mensili dei fattori di utilizzazione degli apporti/dispersioni con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$\eta_{H,gn}$ -	0,995	0,988	0,947	0,895	-	-	-	-	-	0,919	0,989	0,997	0,983
	$\eta_{C,ls}$ -	-	-	-	-	0,889	0,998	1,00	0,998	0,890	-	-	-	0,998
PHPP	$\eta_{H,gn}$ -	1,00	1,00	0,998	0,975	0,472	-	-	-	-	0,976	1,00	1,00	0,913
	$\eta_{C,ls}$ -	-	-	-	0,446	0,710	0,996	0,998	0,997	0,760	-	-	-	0,711

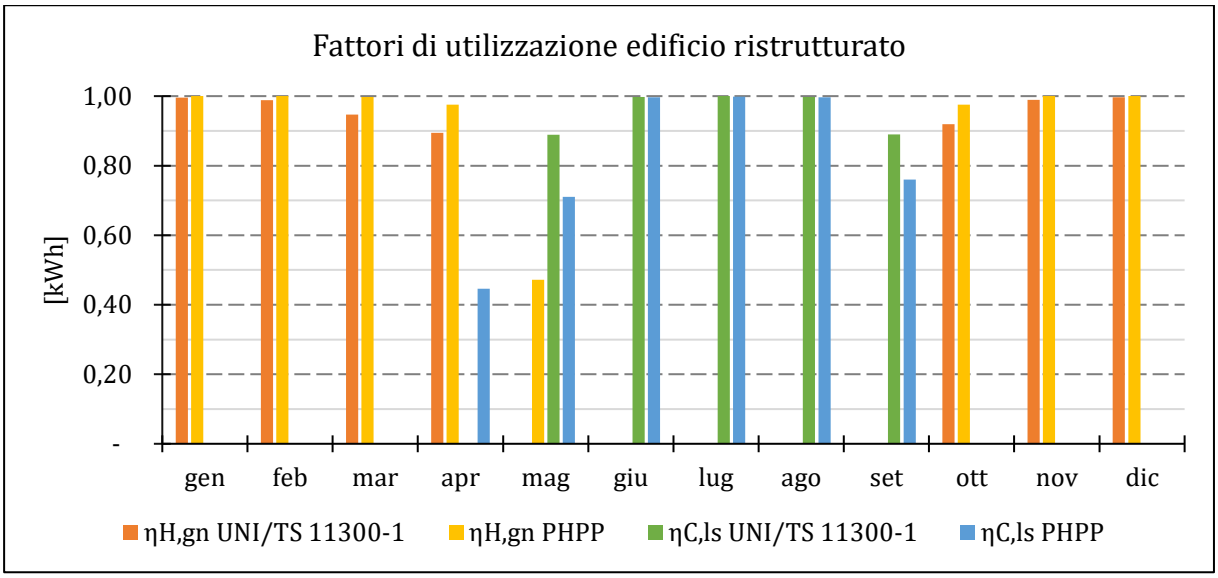


Figura 4.14 - *Risultati medi mensili relativi ai fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.28 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dei fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.28 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dei fattori di utilizzazione degli apporti e delle dispersioni nell'edificio ristrutturato.*

		Edificio ristrutturato												
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$\eta_{H,gn}$ -	0,005	0,011	0,048	0,072	-	-	-	-	-	0,052	0,011	0,003	-0,069
	$\eta_{C,ls}$ -	-	-	-	-	-0,201	-0,002	-0,002	-0,001	-0,146	-	-	-	-0,288

Dalla Figura 4.14 e dalla Tabella 4.28 si nota come i fattori di utilizzazione siano tutti molto vicini a 1 nei mesi centrali delle due stagioni e cioè in quelli confrontabili tra loro. Dove si osservano delle differenze queste sono dovute al diverso modo di concepire i parametri empirici che servono per il calcolo dei fattori di utilizzazione, in particolare nella stagione estiva, in cui proprio la formula è diversa.

Dopo aver analizzato tutti i fattori che compongono la formula di calcolo del fabbisogno energetico ideale dell'edificio ristrutturato, il confronto continua analizzando i fattori che compongono le dispersioni termiche:

- lo scambio di energia termica per trasmissione;
  - lo scambio di energia termica per trasmissione escluso l'extra-flusso;
  - l'extra-flusso verso la volta celeste;

- lo scambio di energia termica per ventilazione.

Lo scambio di energia termica per trasmissione durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,tr}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,tr}$ sono riassunti in Tabella 4.29 e messi a confronto in Figura 4.15.

Tabella 4.29 - *Valori medi mensili dello scambio di energia termica per trasmissione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr}$ kWh	3.661	2.950	2.347	1.456	-	-	-	-	-	1.267	2.560	3.628	17.868
	$Q_{C,tr}$ kWh	-	-	-	-	313	812	486	822	338	-	-	-	2.771
PHPP	$Q_{H,tr}$ kWh	3.541	2.907	2.398	1.768	715	-	-	-	-	1.464	2.431	3.448	18.673
	$Q_{C,tr}$ kWh	-	-	-	2.933	1.919	945	615	906	1.643	-	-	-	8.962

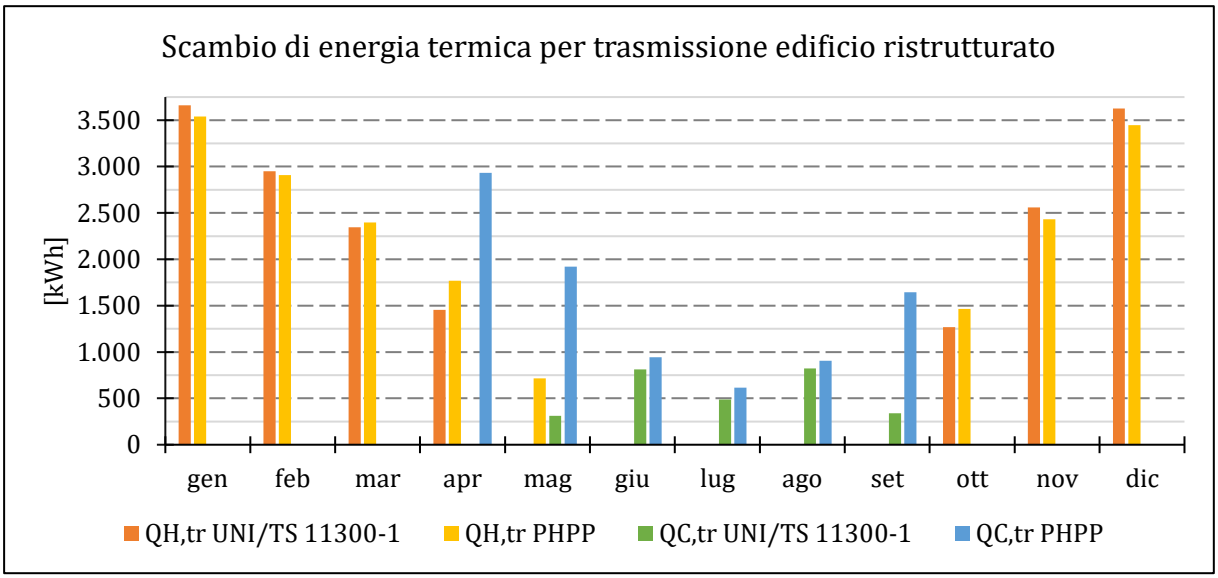


Figura 4.15 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica per trasmissione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.30 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica per trasmissione, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.30 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica per trasmissione nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr}$ kWh	-3	-1	2	21	-	-	-	-	-	16	-5	-5	5
	$Q_{C,tr}$ kWh	-	-	-	-	512	16	27	10	387	-	-	-	223

Dalla Tabella 4.30 si nota come, durante la stagione di riscaldamento lo scambio di energia termica per trasmissione risulti sempre maggiore nella UNI/TS 11300-1 di qualche punto percentuale e soltanto a marzo si inverte leggermente questa tendenza.

Durante la stagione estiva lo scambio di energia termica per trasmissione risulta sempre maggiore nel PHPP, nell'ordine del 20%.

Lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nel caso della UNI/TS 11300-1, in quanto non considerati delle minor dispersione nel PHPP ed escluso l'extra-flusso disperso dalle superfici esterne degli ambienti non riscaldati adiacenti alla zona termica, durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,tr,adj+r}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,tr,adj+r}$ sono riassunti in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e messi a confronto in Figura 4.16.

Tabella 4.31 - *Valori medi mensili dello scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr,adj+r}$ kWh	3.691	2.997	2.437	1.421	-	-	-	-	-	1.143	2.591	3.645	17.925
	$Q_{C,tr,adj+r}$ kWh	-	-	-	-	649	948	633	964	682	-	-	-	3.876
PHPP	$Q_{H,tr,adj+r}$ kWh	3.541	2.907	2.398	1.768	715	-	-	-	-	1.464	2.431	3.448	18.673
	$Q_{C,tr,adj+r}$ kWh	-	-	-	2.933	1.919	945	615	906	1.643	-	-	-	8.962

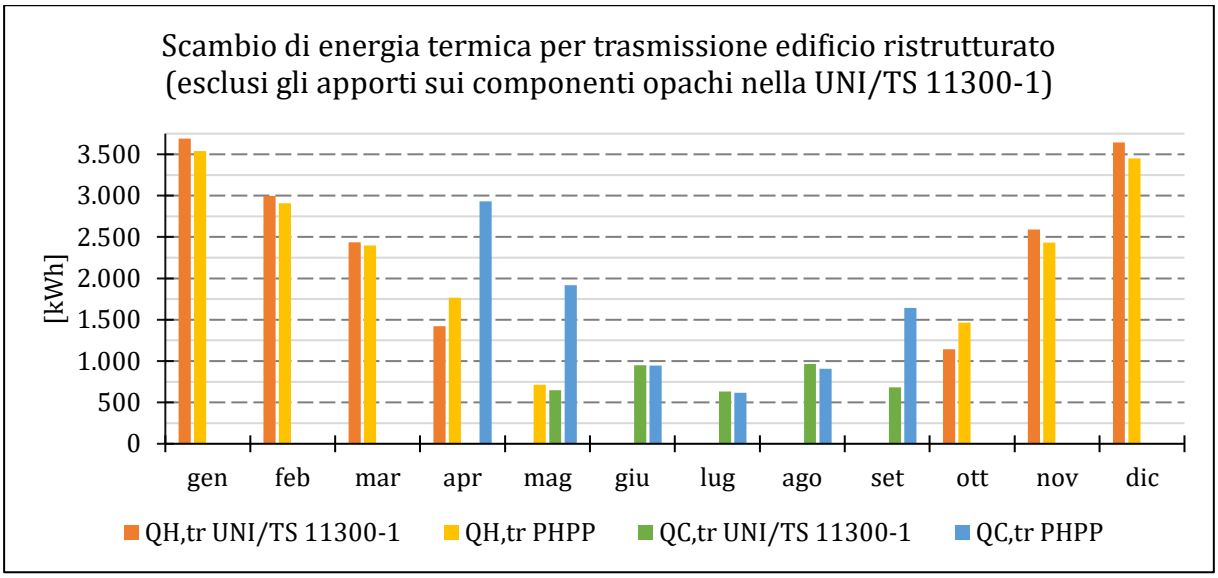


Figura 4.16 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.32 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nel-la UNI/TS 11300-1, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.32 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 nell'edificio ristrutturato.*

		Edificio ristrutturato												
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,tr,adj}$ kWh	-4,1	-3,0	-1,6	24,4	-	-	-	-	-	28,0	-6,2	-5,4	4
	$Q_{C,tr,adj}$ kWh	-	-	-	-	195,7	-0,4	-2,8	-6,0	141,0	-	-	-	131

Dalla Tabella 4.32 si nota come sia nel periodo di riscaldamento che in quello di raffrescamento lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 sia sempre maggiore nella specifica tecnica italiana di pochi punti percentuali.

In entrambi i modelli questo termine tiene conto del calore scambiato dalla superficie esterna dei componenti dell'involucro edilizio per convezione con l'aria esterna, per irraggiamento con il terreno e le superfici esterne considerati a temperatura uguale a quella dell'aria esterna e per irraggiamento con la volta celeste che si trova a una temperatura minore di quella dell'aria esterna. Il modo di calcolare queste tre dispersioni è però diverso nei due modelli di calcolo. Infatti, il PHPP valuta singolarmente queste dispersioni come un flusso scambiato dall'ambiente interno con

l'aria esterna, le superfici esterne alla stessa temperatura dell'aria esterna e con la volta celaste a una temperatura più bassa. La UNI/TS 11300-1 invece calcola complessivamente queste dispersioni considerando in maniera approssimata anche la volta celeste alla stessa temperatura dell'aria esterna. Successivamente, per considerare lo scambio termico aggiuntivo verso la volta celeste a una temperatura in realtà minore dell'aria esterna si aggiunge un termine che considera proprio questo extra-flusso. Inoltre, i flussi scambiati per convezione e con la volta celeste nel PHPP sono calcolati solo per i componenti opachi e non anche per quelli trasparenti come nella UNI/TS 11300-1. Un'altra differenza è dovuta all'uso della resistenza superficiale esterna corretta media nel PHPP anziché quella di progetto. Anche i fattori di riduzione per ombreggiatura utilizzati sono diversi, per il metodo di calcolo e anche perché il PHPP usa sempre quelli diretti, mentre nella UNI/TS 11300-1, per lo scambio termico per trasmissione si usano quelli diffusi.

Lo scambio di energia termica per ventilazione durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,ve}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,ve}$ sono riassunti in Tabella 4.33 e messi a confronto in Figura 4.17.

Tabella 4.33 - *Valori medi mensili dello scambio di energia termica per ventilazione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ve}$ kWh	608	492	394	247	-	-	-	-	-	213	426	601	2.980
	$Q_{C,ve}$ kWh	-	-	-	-	54	145	90	150	59	-	-	-	498
PHPP	$Q_{H,ve}$ kWh	649	525	421	311	114	-	-	-	-	275	456	642	3.392
	$Q_{C,ve}$ kWh	-	-	-	518	328	155	96	160	297	-	-	-	1.555

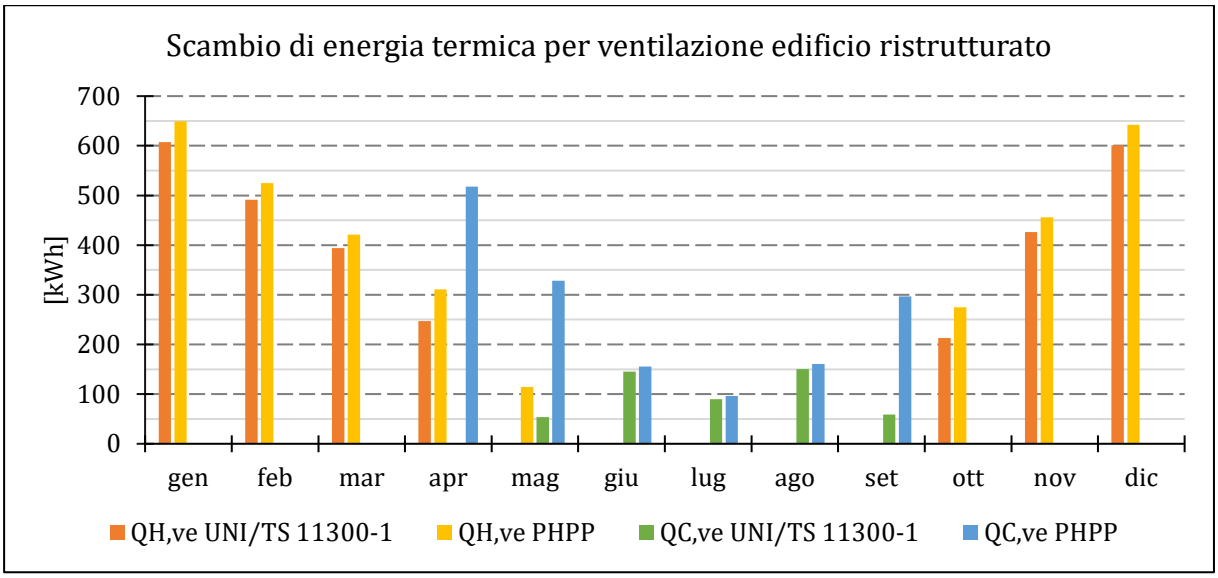


Figura 4.17 - *Risultati medi mensili relativi allo scambio di energia termica per ventilazione per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.34 sono presentate le differenze percentuali dei risultati dello scambio di energia termica per ventilazione, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.34 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, dello scambio di energia termica per ventilazione nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ve}$ kWh	7	7	7	26	-	-	-	-	-	29	7	7	14
	$Q_{C,ve}$ kWh	-	-	-	-	508	7	7	7	406	-	-	-	212

Dalla Tabella 4.34 si nota come lo dello scambio di energia termica per ventilazione nel PHPP risulti sempre maggiore e sempre esattamente del 7% rispetto alla UNI/TS 11300-1, sia in riscaldamento che in raffrescamento.

Questa differenza netta è giustificata dal diverso modo di considerare le perdite di ventilazione per infiltrazione nei due modelli di calcolo. Infatti, il PHPP considera le infiltrazioni sempre presenti e calcolate sempre con la stessa formula, mentre nella UNI/TS 11300-1 queste dipendono da che strategia di ventilazione è presente. In particolare, quando è presente un impianto di ventilazione meccanica le infiltrazioni vengono considerate soltanto nelle ore di non utilizzo dell'impianto, mentre con ventilazione meccanica funzionante viene considerata una portata d'aria media giornaliera addizionale dovuta a ventilazione naturale termica e trasversale $\overline{q_{ve,x}}$.

Dopo aver analizzato tutti i fattori che compongono le dispersioni termiche dell'edificio ristrutturato, il confronto continua analizzando i fattori che compongono gli apporti termici:

- gli apporti termici interni;
- gli apporti termici solari;
  - gli apporti termici solari sui componenti trasparenti;
  - gli apporti termici solari sui componenti opachi.

Per il calcolo degli apporti termici interni è stato inserito il flusso termico per unità di superficie $\Phi_{int,mn,k}$ uguale per i due modelli di calcolo, in modo da renderli congruenti. Questo significa che gli apporti termici interni risultano identici nei due modelli di calcolo e per questo non vanno a influenzare l'analisi di confronto.

Gli apporti termici solari durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,sol}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,sol}$ sono riassunti in Tabella 4.35 e messi a confronto in Figura 4.18.

Tabella 4.35 - *Valori medi mensili degli apporti termici solari per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol}$ kWh	504	627	916	735	-	-	-	-	-	486	406	393	4.068
	$Q_{C,sol}$ kWh	-	-	-	-	209	996	1.102	991	218	-	-	-	3.515
PHPP	$Q_{H,sol}$ kWh	631	769	1.045	1.058	1.099	-	-	-	-	757	514	514	6.387
	$Q_{C,sol}$ kWh	-	-	-	903	952	1.064	1.149	1.021	861	-	-	-	5.950

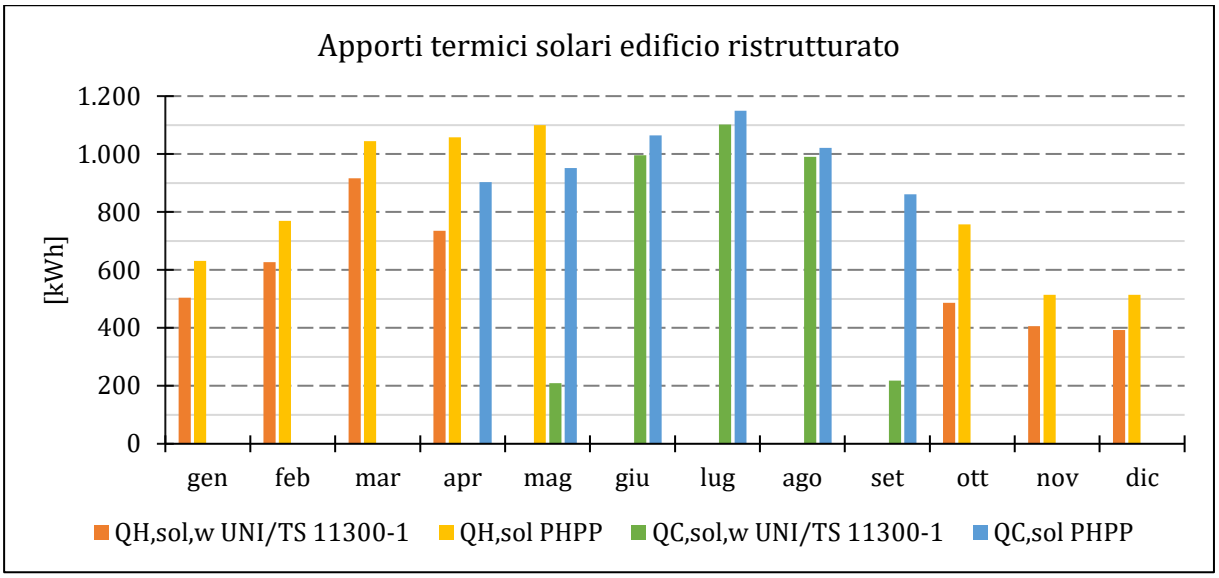


Figura 4.18 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti termici solari per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.36 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli agli apporti termici solari, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.36 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti termici solari nell'edificio ristrutturato.*

		Edificio ristrutturato												
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol}$ kWh	25	23	14	44	-	-	-	-	-	56	27	31	57
	$Q_{C,sol}$ kWh	-	-	-	-	356	7	4	3	294	-	-	-	69

Dalla Tabella 4.36 si nota come gli apporti solari siano sempre maggiori nel PHPP rispetto alla specifica tecnica italiana. In particolare, nella stagione di riscaldamento i valori del PHPP sono maggiori del 20-30%, mentre nel periodo di raffrescamento lo sono di pochi punti percentuali.

Gli apporti termici solari sui componenti trasparenti durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,sol,w}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,sol,w}$ sono riassunti in Tabella 4.37 e messi a confronto in Figura 4.19.

Tabella 4.37 - *Valori medi mensili degli apporti termici solari sui componenti trasparenti per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,w}$ kWh	504	627	916	735	-	-	-	-	-	486	406	393	4.068
	$Q_{C,sol,w}$ kWh	-	-	-	-	209	996	1.102	991	218	-	-	-	3.515
PHPP	$Q_{H,sol,w}$ kWh	589	720	982	997	1.036	-	-	-	-	710	481	480	5.995
	$Q_{C,sol,w}$ kWh	-	-	-	842	889	994	1.074	953	801	-	-	-	5.553

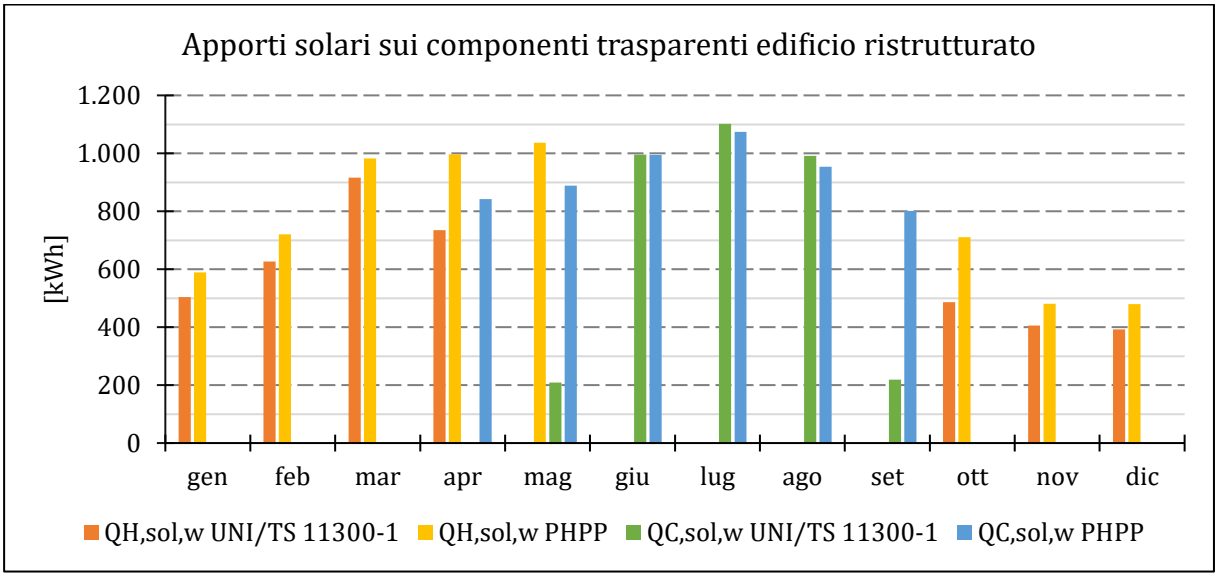


Figura 4.19 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti termici solari sui componenti trasparenti per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.38 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli agli apporti termici solari sui componenti trasparenti, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.38 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti termici solari sui componenti trasparenti nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,w}$ kWh	17	15	7	36	-	-	-	-	-	46	18	22	47
	$Q_{C,sol,w}$ kWh	-	-	-	-	326	-0	-3	-4	267	-	-	-	58

Dalla Tabella 4.38 si può notare come gli apporti termici solari sui componenti trasparenti, nel periodo di riscaldamento siano maggiori nel PHPP di circa 10-20 punti percentuali. Nel periodo di raffrescamento, al contrario gli apporti termici solari sui componenti trasparenti sono maggiori nella UNI/TS 11300-1 di pochi punti percentuali.

Il fatto che nel periodo invernale i valori del PHPP risultino maggiori è giustificabile perché in questa stagione non viene considerato il contributo delle schermature solari, invece presente nella UNI/TS 11300-1. Nel periodo di raffrescamento le schermature solari sono considerate in entrambi i modelli, infatti gli apporti sono molto simili. Comunque, altre differenze, meno significative si trovano nel fattore di esposizione F_w e nella frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata $f_{sh,with}$ maggiormente approssimati nel PHPP. Anche la valutazione dei fattori di riduzione per ombreggiatura diretta $F_{sh,ob}$ è effettuata per mezzo di approcci empirici differenti.

Gli apporti termici solari sui componenti opachi durante il periodo di riscaldamento $Q_{H,sol,op}$ e durante il periodo di raffrescamento $Q_{C,sol,op}$ sono riassunti in Tabella 4.39 e messi a confronto in Figura 4.20.

Tabella 4.39 - *Valori medi mensili degli apporti termici solari sui componenti opachi per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,op}$ kWh	43	45	64	47	-	-	-	-	-	35	34	35	303
	$Q_{C,sol,op}$ kWh	-	-	-	-	21	67	75	69	23	-	-	-	256
PHPP	$Q_{H,sol,op}$ kWh	42	49	62	61	63	-	-	-	-	47	34	35	392
	$Q_{C,sol,op}$ kWh	-	-	-	61	63	70	75	68	60	-	-	-	396

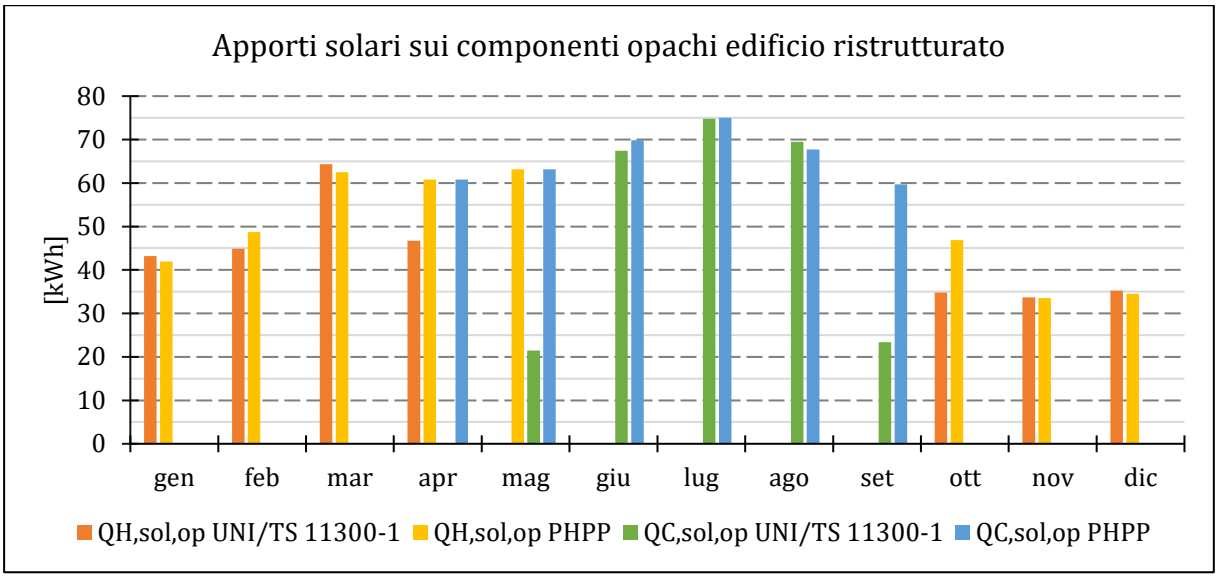


Figura 4.20 - *Risultati medi mensili relativi agli apporti termici solari sui componenti opachi per riscaldamento/raffrescamento calcolato con i due metodi analizzati nell'edificio ristrutturato.*

In Tabella 4.40 sono presentate le differenze percentuali dei risultati degli agli apporti termici solari sui componenti opachi, ottenuti con il software PHPP rispetto al calcolo di riferimento effettuato con la norma UNI/TS 11300-1.

Tabella 4.40 - *Differenze percentuali mensili tra i due metodi di calcolo analizzati, degli apporti termici solari sui componenti opachi nell'edificio ristrutturato.*

Edificio ristrutturato														
		gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**	**TOT**
Risultati PHPP rispetto UNI/TS 11300-1	$Q_{H,sol,op}$ kWh	-3	9	-3	30	-	-	-	-	-	35	-1	-2	29
	$Q_{C,sol,op}$ kWh	-	-	-	-	195	4	0	-2	155	-	-	-	54

Dalla Tabella 4.40 si nota come, nel periodo di riscaldamento gli apporti termici solari sui componenti opachi siano maggiori nella UNI/TS 11300-1 di pochi punti percentuali, a eccezione del mese di febbraio. Nel periodo di raffrescamento gli apporti termici solari sui componenti opachi risultano maggiori di pochi punti percentuali nel PHPP al mese di giugno, inferiori di pochi punti percentuali nella UNI/TS 11300-1 al mese di agosto e uguali nel mese di luglio.

Le piccole differenze riscontrate tra gli apporti termici solari sui componenti opachi nei due modelli di calcolo sono dovute alla maggior accuratezza del PHPP che considera una resistenza superficiale esterna corretta media, anziché quella di progetto come da UNI/TS 11300-1.

4.2 Commento critico dei risultati

Alla luce dei risultati presentati possono essere fatte alcune considerazioni in relazione all'edificio esistente e all'edificio ristrutturato. In particolare, le differenze tra i due modelli che vanno a influenzare il risultato della prestazione energetica riguardano i seguenti aspetti:

- lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1;
- lo scambio di energia termica per ventilazione;
- gli apporti solari sui componenti trasparenti;
- gli apporti solari sui componenti opachi.

Lo scambio di energia termica per trasmissione esclusi gli apporti solari sui componenti opachi nella UNI/TS 11300-1 tiene conto del calore scambiato dalla superficie esterna dei componenti dell'involucro edilizio per:

- convezione con l'aria esterna;
- irraggiamento con il terreno e le superfici esterne considerati a temperatura uguale a quella dell'aria esterna;
- irraggiamento con la volta celeste che si trova a una temperatura minore di quella dell'aria esterna.

Il modo di calcolare questo scambio per trasmissione è diverso nei due modelli di calcolo. Queste differenze sono dovute al fatto che il PHPP valuta singolarmente queste dispersioni come un flusso scambiato dall'ambiente interno con l'aria esterna, le superfici esterne alla stessa temperatura dell'aria esterna e con la volta celaste a una temperatura più bassa. La UNI/TS 11300-1 invece, calcola complessivamente queste dispersioni considerando in maniera approssimata anche la volta celeste alla stessa temperatura dell'aria esterna. Per considerare lo scambio termico aggiuntivo verso la volta celeste a una temperatura in realtà minore dell'aria esterna è necessario aggiungere un termine che considera proprio questo extra-flusso termico. Il PHPP approssima in maniera più corretta il fenomeno fisico reale.

Inoltre, i flussi scambiati per convezione con la volta celeste nel PHPP sono calcolati solo per i componenti opachi e non anche per quelli trasparenti come nella UNI/TS 11300-1. Un'altra differenza da evidenziare è l'uso della resistenza termica superficiale esterna corretta nel PHPP che è un valore medio più preciso anziché quella di progetto usata nella specifica tecnica italiana. Inoltre, nel PHPP non si considera una trasmittanza corretta dei serramenti per tenere conto della presenza di sistemi oscuranti. Anche i fattori di riduzione per ombreggiatura utilizzati sono diversi: per il metodo di calcolo usato per ricavarli e perché il PHPP usa sempre quelli diretti, mentre nella UNI/TS 11300-1, per lo scambio termico per trasmissione si usano quelli diffusi.

Dai paragrafi precedenti si è visto come questi valori di scambio termico per trasmissione risultino sempre maggiori quando calcolati secondo la UNI/TS 11300-1. Essendo il calcolo del PHPP più corretto, significa che la specifica tecnica italiana sovrastima queste dispersioni termiche.

Questa considerazione, insieme al fatto che il PHPP trascura le dispersioni termiche attraverso le pareti esterne degli ambienti non riscaldati adiacenti alla zona termica considerata possono essere la spiegazione del perché la stagione di raffrescamento nell'edificio esistente sia presente soltanto nella valutazione della prestazione energetica secondo il PHPP.

Il calcolo dello scambio di energia termica per ventilazione è diverso nei due modelli di calcolo perché il PHPP considera le perdite per infiltrazione d'aria dall'esterno sempre presenti e calcolate sempre con la stessa formula, mentre nella UNI/TS 11300-1 queste dipendono da che strategia di ventilazione è presente. In particolare, quando è presente un impianto di ventilazione meccanica le infiltrazioni vengono considerate soltanto nelle ore di non utilizzo dell'impianto, mentre con ventilazione meccanica funzionante viene considerata una portata d'aria media giornaliera addizionale dovuta a ventilazione naturale termica e trasversale $\overline{q_{ve,x}}$. In assenza di impianti di ventilazione invece, la portata minima per igiene che deve essere considerata valuta già il contributo delle infiltrazioni che perciò, non devono essere aggiunte ulteriormente. Per questo le dispersioni termiche per ventilazione sono sempre maggiori quando valutate con il PHPP e in maniera molto marcata in assenza di impianto per la ventilazione meccanica.

Gli apporti solari sui componenti trasparenti sono calcolati con la stessa procedura di calcolo nei due modelli analizzati, ma sono presenti delle differenze nei dati precalcolati utilizzati. La differenza più incisiva è che nel PHPP non viene considerato l'uso delle schermature solari durante la stagione invernale. Questo aumenta notevolmente gli apporti solari sui componenti trasparenti nella stagione invernale rispetto alla UNI/TS 11300-1. In estate entrambi i modelli considerano l'uso di schermature solari e gli apporti risultano maggiori nella specifica tecnica rispetto a quelli del PHPP. Le altre differenze presenti sono che la UNI/TS 11300-1 considera in maniera più precisa il fattore di esposizione F_w e la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata $f_{sh,with}$, invece costanti nel PHPP. Invece, nel PHPP è presente anche il fattore di riduzione costante per tenere conto dello sporco che si deposita sulle finestre r_{Dirt}, trascurato nella specifica tecnica. Anche la valutazione dei fattori di riduzione per ombreggiatura diretta $F_{sh,ob}$ è effettuata per mezzo di approcci empirici differenti.

Gli apporti solari sui componenti opachi sono calcolati nello stesso modo nei due modelli di calcolo. La differenza consiste nel diverso modo di valutare la resistenza termica superficiale esterna che, come per le dispersioni per trasmissione viene corretto nel PHPP, diventando un valore medio più preciso rispetto al valore di progetto usato nella UNI/TS 11300-1. Inoltre, nella specifica tecnica questi apporti vengono calcolati anche sulle pareti esterne degli ambienti non riscaldati adiacenti alla zona termica considerata. Per quanto riguarda la procedura di calcolo nel PHPP questi apporti si sommano a quelli sui componenti trasparenti, mentre nella UNI/TS 11300-1 vengono considerati come delle minor dispersioni per trasmissione.

5. Conclusioni

In conclusione, il lavoro di tesi è riuscito a indagare a fondo il confronto tra i due modelli di calcolo analizzati: la specifica tecnica UNI/TS 11300-1 e il software PHPP.

I due modelli di calcolo, come presentato al capitolo 1 derivano dalla stessa metodologia di calcolo infatti, i risultati complessivi del fabbisogno energetico ideale calcolato sono molto simili. Comunque, dall'analisi a livello teorico dei modelli di calcolo, svolta nel capitolo 2 sono emerse diverse differenze nella procedura di calcolo e nelle condizioni al contorno analizzate. Nel capitolo 3, in cui i modelli di calcolo vengono applicati l'analisi viene incentrata sul sottolineare le differenze presenti tra le procedure di calcolo e perciò i modelli vengono resi congruenti. Dall'analisi approfondita dei risultati, svolta al capitolo 4 le differenze emerse a livello teorico tra i modelli vengono quantificate facendo emergere dove i due modelli si trovano più in disaccordo.

Dal commento critico dei risultati al paragrafo 4.2 è emerso come le dispersioni per trasmissione siano calcolate con più precisione dal software PHPP perché considera condizioni di esercizio e non di progetto. Per lo stesso motivo anche gli apporti solari sui componenti opachi risultano valutati con maggior precisione dal PHPP. La ventilazione naturale è maggiormente approssimata nella specifica tecnica UNI/TS 11300-1, mentre quella meccanica viene valutata in maniera più concorde tra i due modelli. Il calcolo degli apporti solari sui componenti trasparenti è più preciso nella trattazione della UNI/TS 11300-1, anche se la considerazione dell'utilizzo delle schermature secondo principi illuminotecnici porta a valutarne l'uso, a favore di sicurezza, anche in inverno. Cosa che non viene fatta dal PHPP in cui non si considerano queste riduzioni durante la stagione di riscaldamento. Infine, i contributi delle superfici esterne degli ambienti non riscaldati adiacenti alla zona termica sono trascurati dal PHPP.

A questo punto tutte queste differenze emerse potrebbero essere analizzate una per una nel dettaglio, entrando nel merito del perché ogni modello prenda determinate decisioni nel calcolare questi diversi contributi. Questo sarebbe utile per capire se le approssimazioni fatta da un modello, piuttosto che l'altro portano ad avere un modello più semplice che non inficia la bontà dei risultati o se un maggior dettaglio della procedura di calcolo porti davvero a un miglioramento della precisione dei risultati.

Un altro tipo di approfondimento che meriterebbe di essere fatto riguarda tutti i parametri d'ingresso della procedura di calcolo che vengono determinati empiricamente secondo modelli di calcolo diversi, come la valutazione dei fattori riduzione dell'ombreggiatura e la stima degli apporti termici interni.

Possibili ulteriori sviluppi futuri della ricerca possono riguardare il confronto tra i modelli senza renderli congruenti con una simulazione dinamica per capire quale tra il software PHPP e la specifica tecnica UNI/TS 11300-1 si avvicina maggiormente alla reale situazione in cui si trova l'edificio.

Appendice A

A.1
Calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale per l'edificio esistente secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-1.

Thermal zone ID			1,0
Zone use			Dwelling
THERMAL ZONE GEOMETRIC CHARACTERISTICS			
Gross floor area	A_{Ll}	[m^2]	405,19
Net floor area	A_f	[m^2]	329,51
Gross volume	V_l	[m^3]	1365,48
Net volume	V	[m^3]	988,54
Areic internal heat capacity	K_d	[kJ/m^2K]	59,29
DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS			
Specific internal sensible heat gains	$\Phi_{int,mn}$	[W/m^2]	2,71
Internal latent heat gains	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$	[g/h]	250,00
Ventilation typology (Natural/Mechanical)	N/M	-	N
Time-average air flow rate	$q_{ve,mn}$	[m^3/s]	0,082
Temperature adjustment factor for air flow	b_{ve}	[-]	1,00
Efficiency of the heat recovery unit	η_{hru}	[-]	
Temperature set point for heating	$\theta_{int,set,H}$	[°C]	20,0
Temperature set point for cooling	$\theta_{int,set,C}$	[°C]	26,0

45,78

formula 13.1.1.48 UNI/TS 11300-1

13.2.1 UNI/TS 11300-1

DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS - SPACE HEATING MODE													
Continuous/Intermittent	C/I	-	C										
Set point temp. in reduced heating	$\theta_{int,set,red,H}$	[°C]		*Keep empty if Continuous or not set*									
Shortest reduced heating period	$t_{short\ red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*									
Longest reduced heating period	$t_{long\ red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*									
Fract. of hours with normal heating	$f_{H,hr}$	[-]		*Keep empty if Continuous*									
Unoccupied periods (e.g. holidays)	YES/NOT	-	NOT	Fraction of month not occupied	[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation	**FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS** Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
	[°]	[°]	[m^2]	[-]	[-]	[W/m^2K]	[W/m^2K]	[-]	[-]	[-]												
F.01.O	-90	90	2,10	0,35	0,88	1,32	1,02	0,75	0,55	0,84	0,85	0,91	0,90	0,88	0,88	0,87	0,87	0,88	0,90	0,89	0,85	0,84
F.02.O	-90	90	0,98	0,53	0,88	1,41	1,08	0,75	0,55	0,84	0,66	0,81	0,81	0,88	0,91	0,91	0,91	0,89	0,85	0,77	0,68	0,64
F.03.S	0	90	2,16	0,38	0,59	1,35	1,04	0,75	0,21	0,84	0,67	0,63	0,63	0,67	0,69	0,70	0,69	0,68	0,65	0,64	0,67	0,67
F.04.O	-90	90	3,60	0,36	0,68	1,37	1,05	0,75	0,25	0,84	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,61	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,83
F.05.S	0	90	2,52	0,42	0,74	1,43	1,09	0,75	0,46	0,84	0,84	0,83	0,85	0,78	0,73	0,71	0,72	0,76	0,82	0,87	0,88	0,81
F.06.E	90	90	3,60	0,36	0,65	1,37	1,05	0,75	0,55	0,84	0,68	0,66	0,70	0,67	0,65	0,65	0,65	0,67	0,65	0,69	0,71	0,64
F.07.E	90	90	0,98	0,53	0,63	1,41	1,08	0,75	0,55	0,84	0,56	0,66	0,68	0,64	0,61	0,61	0,61	0,63	0,64	0,66	0,59	0,52
F.08.E	90	90	3,60	0,36	0,77	1,37	1,05	0,75	0,55	0,84	0,84	0,81	0,80	0,77	0,75	0,74	0,74	0,75	0,80	0,83	0,85	0,83
F.09.E	90	90	2,88	0,42	0,77	1,42	1,08	0,75	0,55	0,84	0,60	0,76	0,77	0,77	0,75	0,74	0,74	0,75	0,80	0,72	0,61	0,57

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation	**FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS** Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
	[°]	[°]	[m^2]	[m]		[W/m^2K]		[-]		[-]												
W	-90	90	18,38			1,45		0,30		0,90	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97
W	0	90	5,94			1,41		0,30		0,90	0,67	0,59	0,44	0,39	0,46	0,47	0,44	0,41	0,37	0,53	0,64	0,70
W	-90	90	12,44			1,42		0,30		0,90	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,61	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	0	90	16,87			1,45		0,30		0,90	0,90	0,90	0,95	0,92	0,89	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,93	0,86
W	90	90	5,52			1,44		0,30		0,90	0,81	0,81	0,86	0,86	0,84	0,86	0,85	0,87	0,81	0,83	0,83	0,78
W	0	90	15,87			1,44		0,30		0,90	0,82	0,80	0,83	0,81	0,79	0,79	0,80	0,91	0,82	0,84	0,85	0,78
W	90	90	25,39			1,42		0,30		0,90	0,72	0,69	0,71	0,69	0,66	0,67	0,67	0,69	0,67	0,71	0,73	0,70
W	180	90	3,80			1,44		0,30		0,90	0,50	0,50	0,50	0,51	0,48	0,50	0,48	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50
W	90	90	7,75			1,41		0,30		0,90	0,64	0,79	0,80	0,77	0,76	0,74	0,75	0,76	0,80	0,75	0,66	0,62
W	174	90	17,90			1,44		0,30		0,90	0,49	0,49	0,49	0,50	0,47	0,48	0,47	0,51	0,48	0,49	0,49	0,49

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_c			U_c				
		[-]	[m^2]			[W/m^2K]				
W		0,81	10,77			1,53				
W		0,81	21,47			1,52				
GF		0,00	135,06			1,27				
GF		1,0	135,06			0,92				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				
Adjacent to staircase		0,81	27,98			-0,093				
Adjacent to unconditioned basement		0,00	89,24			-0,012				
Adjacent to outdoors		1,00	151,85			-0,034				

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε
	[°]	[°]	[m²]	[-]	[-]	[W/m²K]	[W/m²K]	[-]	[-]	[-]
F.01.O	-90	90	2,10	0,35	0,88	1,32	1,02	0,75	0,55	0,84
F.02.O	-90	90	0,98	0,53	0,88	1,41	1,08	0,75	0,55	0,84
F.03.S	0	90	2,16	0,38	0,59	1,35	1,04	0,75	0,21	0,84
F.04.O	-90	90	3,60	0,36	0,68	1,37	1,05	0,75	0,25	0,84
F.05.S	0	90	2,52	0,42	0,82	1,43	1,09	0,75	0,46	0,84
F.06.E	90	90	3,60	0,36	0,70	1,37	1,05	0,75	0,55	0,84
F.07.E	90	90	0,98	0,53	0,67	1,41	1,08	0,75	0,55	0,84
F.08.E	90	90	3,60	0,36	0,77	1,37	1,05	0,75	0,55	0,84
F.09.E	90	90	2,88	0,42	0,77	1,42	1,08	0,75	0,55	0,84

FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	0,85	0,91	0,90	0,88	0,88	0,87	0,87	0,88	0,90	0,89	0,85	0,84
F.02.O	0,66	0,81	0,81	0,88	0,88	0,87	0,87	0,88	0,85	0,77	0,68	0,64
F.03.S	0,67	0,60	0,46	0,40	0,46	0,47	0,45	0,41	0,38	0,54	0,65	0,67
F.04.O	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,61	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,83
F.05.S	0,89	0,87	0,87	0,81	0,78	0,76	0,76	0,79	0,84	0,89	0,91	0,88
F.06.E	0,75	0,72	0,74	0,71	0,69	0,69	0,69	0,71	0,71	0,75	0,76	0,72
F.07.E	0,60	0,71	0,71	0,67	0,65	0,64	0,64	0,66	0,69	0,71	0,63	0,57
F.08.E	0,84	0,81	0,80	0,77	0,75	0,74	0,74	0,75	0,80	0,83	0,85	0,83
F.09.E	0,60	0,76	0,77	0,77	0,75	0,74	0,74	0,75	0,80	0,72	0,61	0,57

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε
	[°]	[°]	[m²]	[m]		[W/m²K]		[-]		[-]
W	-90	90	18,38			1,45		0,30		0,90
W	0	90	5,94			1,41		0,30		0,90
W	-90	90	12,44			1,42		0,30		0,90
W	0	90	16,87			1,45		0,30		0,90
W	90	90	5,52			1,44		0,30		0,90
W	0	90	15,87			1,44		0,30		0,90
W	90	90	25,39			1,42		0,30		0,90
W	180	90	3,80			1,44		0,30		0,90
W	90	90	7,75			1,41		0,30		0,90
W	174	90	17,90			1,44		0,30		0,90

FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,95	0,95	0,96	0,96
W	0,67	0,58	0,44	0,39	0,45	0,46	0,44	0,40	0,36	0,52	0,63	0,70
W	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,61	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	0,95	0,95	0,97	0,95	0,93	0,93	0,93	0,95	0,96	0,97	0,96	0,93
W	0,87	0,86	0,89	0,88	0,87	0,88	0,88	0,89	0,86	0,88	0,88	0,86
W	0,86	0,84	0,85	0,84	0,83	0,83	0,84	0,93	0,84	0,86	0,88	0,85
W	0,78	0,74	0,75	0,72	0,70	0,70	0,70	0,72	0,73	0,76	0,78	0,78
W	0,50	0,50	0,50	0,51	0,48	0,50	0,48	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50
W	0,64	0,79	0,80	0,76	0,75	0,74	0,74	0,75	0,79	0,75	0,66	0,62
W	0,70	0,70	0,70	0,71	0,65	0,68	0,66	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_c			U_c				
		[-]	[m²]			[W/m²K]				
W		0,81	10,77			1,50				
W		0,81	21,47			1,52				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				
Adjacent to staircase		0,81	20,65			4,052				
Adjacent to outdoors		1,00	145,85			-0,030				

Thermal zone ID			3,0
Zone use			Dwelling
THERMAL ZONE GEOMETRIC CHARACTERISTICS			
Gross floor area	$A_{f,l}$	[m^2]	
Net floor area	A_f	[m^2]	
Gross volume	V_l	[m^3]	
Net volume	V	[m^3]	
Areic internal heat capacity	K_a	[kJ/m^2K]	
DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS			
Specific internal sensible heat gains	$\Phi_{int,mn}$	[W/m^2]	
Internal latent heat gains	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$	[g/h]	
Ventilation typology (Natural/Mechanical)	N/M	-	N
Time-average air flow rate	$q_{ve,mn}$	[m^3/s]	0,000
Temperature adjustment factor for air flow	b_{ve}	[-]	1,00
Efficiency of the heat recovery unit	η_{hru}	[-]	
Temperature set point for heating	$\theta_{int,set,H}$	[°C]	
Temperature set point for cooling	$\theta_{int,set,C}$	[°C]	

DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS - SPACE HEATING MODE				
Continuous/Intermittent	C/I	-		
Set point temp. in reduced heating	$\theta_{int,set,red,H}$	[°C]		*Keep empty if Continuous or not set*
Shortest reduced heating period	$t_{short,red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*
Longest reduced heating period	$t_{long,red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*
Fract. of hours with normal heating	$f_{H,hr}$	[-]		*Keep empty if Continuous*
Unoccupied periods (e.g. holidays)	YES/NOT	-		Fraction of month not occupied [-]

january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\,dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε
	[°]	[°]	[m^2]	[-]	[-]	[W/m^2K]	[W/m^2K]	[-]	[-]	[-]
F.01.O	-90	90	2,10	0,35	0,77	1,32	1,02	0,75	0,55	0,84
F.02.O	-90	90	0,98	0,53	0,77	1,41	1,08	0,75	0,55	0,84
F.03.S	0	90	2,16	0,38	0,59	1,35	1,04	0,75	0,21	0,84
F.04.O	-90	90	3,60	0,36	0,65	1,37	1,05	0,75	0,25	0,84
F.05.S	0	90	2,52	0,42	0,88	1,43	1,09	0,75	0,46	0,84
F.06.E	90	90	3,60	0,36	0,80	1,37	1,05	0,75	0,25	0,84
F.07.E	90	90	0,98	0,53	0,76	1,41	1,08	0,75	0,55	0,84
F.08.E	90	90	3,60	0,36	0,82	1,37	1,05	0,75	0,25	0,84
F.09.E	90	90	2,88	0,42	0,71	1,42	1,08	0,75	0,25	0,84

FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS

Shading reduction factor for external obstacles												
$F_{sh,ob}$ [-]												
january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
0,85	0,81	0,80	0,76	0,75	0,73	0,74	0,75	0,79	0,83	0,85	0,84
0,66	0,81	0,80	0,76	0,75	0,73	0,74	0,75	0,79	0,77	0,68	0,64
0,67	0,61	0,47	0,41	0,47	0,48	0,45	0,42	0,40	0,55	0,66	0,67
0,81	0,72	0,70	0,63	0,59	0,56	0,56	0,59	0,69	0,75	0,79	0,83
0,93	0,91	0,88	0,83	0,81	0,80	0,79	0,82	0,86	0,90	0,93	0,93
0,81	0,82	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,81	0,84	0,82	0,80
0,65	0,79	0,79	0,76	0,75	0,74	0,74	0,75	0,78	0,75	0,67	0,62
0,84	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,80	0,81	0,84	0,86	0,85	0,83
0,60	0,72	0,70	0,63	0,59	0,56	0,56	0,59	0,69	0,72	0,61	0,57

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε
	[°]	[°]	[m^2]	[m]		[W/m^2K]		[-]		[-]
W	-90	90	18,38			1,45		0,30		0,90
W	0	90	5,94			1,41		0,30		0,90
W	-90	90	12,44			1,42		0,30		0,90
W	0	90	16,87			1,45		0,30		0,90
W	90	90	5,52			1,44		0,30		0,90
W	0	90	15,87			1,44		0,30		0,90
W	90	90	25,39			1,42		0,30		0,90
W	180	90	3,80			1,44		0,30		0,90
W	90	90	7,75			1,41		0,30		0,90
W	174	90	17,90			1,44		0,30		0,90

FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS

Shading reduction factor for external obstacles												
$F_{sh,ob}$ [-]												
january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
0,88	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,80	0,81	0,84	0,86	0,87	0,89
0,67	0,59	0,45	0,40	0,46	0,47	0,44	0,41	0,37	0,53	0,64	0,71
0,81	0,72	0,70	0,63	0,59	0,56	0,56	0,59	0,69	0,75	0,79	0,83
0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
0,90	0,88	0,88	0,86	0,86	0,85	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90
0,90	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,87	0,89	0,86	0,87	0,90	0,90
0,87	0,84	0,83	0,81	0,80	0,80	0,80	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87
0,47	0,47	0,47	0,49	0,48	0,50	0,48	0,50	0,47	0,47	0,47	0,47
0,64	0,72	0,70	0,63	0,59	0,56	0,56	0,59	0,69	0,75	0,66	0,62
0,94	0,94	0,94	0,94	0,92	0,92	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_c			U_c				
		[-]	[m^2]			[W/m^2K]				
W		0,81	10,77			1,50				
W		0,81	21,47			1,52				
UF		0,64	135,06			1,74				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				
Adjacent to staircase		0,81	25,33			3,233				
Adjacent to unconditioned attic		0,64	89,67			0,032				
Adjacent to outdoors		1,00	145,85			-0,035				

Thermal zone ID	1,0
Zone use	Dwelling

VENTILATION TYPE	Natural

Calculation ($q_{ve,0}$)	n_{pers} [-]	0	***USE***	Residential/Industrial
	n_s [m^{-2}]		$q_{ve,0}$ [m^3/s]	0,137
	$q_{ve,o,p}$ [m^3/s pers]			
	$\varepsilon_{ve,c}$ [-]			
	C_1 [-]			
	C_2 [-]			
Data for mechanical ventilation	e [-]			
	f [-]			
	FC_{ve} [-]			
	n_{50} [h^{-1}]			
	β_k [-]		$q_{ve,sup}$ [m^3/s]	
	$q_{ve,x}$ [m^3/s]		$q_{ve,ext}$ [m^3/s]	
	$q'_{ve,x}$ [m^3/s]		$q_{ve,f}$ [m^3/s]	
	η_{hru} [-]	0,00	$q_{ve,des}$ [m^3/s]	
	$q_{ve,k,mn}$ [m^3/s]		$b_{ve,k}$ [-]	
Data for natural ventilation	$f_{ve,t,k}$ [-]	0,60		da prospetto E.2 UNI/TS 11300-1
	$q_{ve,k,mn}$ [m^3/s]	0,082		

	GENERAL DATA			
	Data	**Value**	**Data**	**Value**
GEOMETRIC CHARACTERISTICS	$A_{f,l}$ $[m^2]$	405	n_{Ul} [-]	0
	A_f $[m^2]$	330	$A_{f,Ul}$ $[m^2]$	0
	V_l $[m^3]$	1365		
	V $[m^3]$	989		
	κ_e $[kJ/m^2K]$	59		
DATA USERS and OPERATING PARAMETERS	$\Phi_{int,mn}$ [W]	892	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$ [g/h]	250
	$q_{ve,mn}$ $[m^3/h]$	297	$q_{ve,mn}/A_f$ $[m^3/h\,m^2]$	0,90
	b_{ve} [-]	1,0		
	$\theta_{int,set,H}$ [°C]	20		
	$\theta_{int,set,C}$ [°C]	26		

	CALCULATED DATA			
	Data	**Value**	**Data**	**Value**
	A_e $[m^2]$	959	A_e/A_f [-]	2,91
ZONE THERMAL PARAMETERS				
	H_D [W/K]	624,3	H_D/A_f $[W/m^2K]$	1,89
	H_g [W/K]	123,7	H_g/A_f $[W/m^2K]$	0,38
	H_U [W/K]	403,5	H_U/A_f $[W/m^2K]$	1,22
	H_A [W/K]	0,0	H_A/A_f $[W/m^2K]$	0,00
	$H_{tr,adj}$ [W/K]	1151,6	$H_{tr,adj}/A_f$ $[W/m^2K]$	3,49
	$H_{ve,adj}$ [W/K]	98,9	$H_{ve,adj}/A_f$ $[W/m^2K]$	0,30
	H_{ht} [W/K]	1250,5	H_{ht}/A_f $[W/m^2K]$	3,79
	C_m [kJ/K]	56838	τ [h]	12,63

H'_t $[W/m^2K]$	1,20
A_{sol}	0,005

THERMAL ZONE	
n°	***Zone use***
1	Dwelling

		Required data	***Month***											***Total***
			january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
		t ***[Ms]***	2,68	2,42	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68	2,68	2,59	2,68	2,59	2,7	**31,5**
		$\theta_{e,m}$ ***[°C]***	1,8	3,7	8,2	11,0	16,8	21,5	23,3	21,5	17,4	12,3	6,8	2,0	
A_f ***[m^2]***	330	$Q_{int,m}$ ***[MJ]***	2389	2158	2389	2312	2389	2312	2389	2389	2312	2389	2312	2389	**28129**
		$Q_{sol,w,m}$ ***[MJ]***	3116	3517	5118	4903	5231	5479	6052	5453	4716	3658	2497	2450	**52189**
τ ***[h]***	12,6	$Q_{gn,m}$ ***[MJ]***	5505	5675	7507	7215	7620	7791	8441	7842	7028	6047	4809	4839	**80319**
$\theta_{int,set,H}$ ***[°C]***	20	$Q_{H,tr,m}$ ***[MJ]***	56880	45905	36631	26922	9721	-4853	-10455	-5464	7193	23816	39760	56388	**282444**
		$Q_{H,ve,m}$ ***[MJ]***	4818	3898	3124	2305	847	-385	-874	-398	666	2038	3382	4765	**24185**
		$Q_{H,ht,m}$ ***[MJ]***	61698,64	49803	39755	29228	10567	-5238	-11330	-5861	7859	25854	43141	61153	**306630**
a_H ***[-]***	1,8	γ_H ***[-]***	0,09	0,11	0,19	0,25	0,72	0,72	0,72	0,72	0,89	0,23	0,11	0,08	
$\gamma_{H,lim}$ ***[-]***	1,5	$\gamma_{H,1}$ ***[-]***	0,08	0,10	0,15	0,22	0,48	0,72	0,72	0,72	0,56	0,17	0,10	0,08	
		$\gamma_{H,2}$ ***[-]***	0,10	0,15	0,22	0,48	0,72	0,72	0,72	0,81	0,81	0,56	0,17	0,10	
$Day_{H,start}$	1-set	f_H ***[-]***	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
$Day_{H,end}$	31-mag	$t_{eff,H}$ ***[Ms]***	2,68	2,42	2,68	2,59	2,68	0,00	0,00	0,00	2,59	2,68	2,59	2,68	**23,6**

THERMAL ZONE	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

Required data	*Month*												*Total*
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$Q_{H,int}$ *[MJ]*	2389	2158	2389	2312	2389	0	0	0	2312	2389	2312	2389	**21039**
$Q_{H,sol,w}$ *[MJ]*	3116	3517	5118	4903	5231	0	0	0	4716	3658	2497	2450	**35205**
$Q_{H,gn}$ *[MJ]*	5505	5675	7507	7215	7620	0	0	0	7028	6047	4809	4839	**56245**
$Q_{H,tr}$ *[MJ]*	56880	45905	36631	26922	9721	0	0	0	7193	23816	39760	56388	**303216**
$Q_{H,ve}$ *[MJ]*	4818	3898	3124	2305	847	0	0	0	666	2038	3382	4765	**25842**
$Q_{H,ht}$ *[MJ]*	61699	49803	39755	29228	10567	0	0	0	7859	25854	43141	61153	**329059**
γ_H [-]	0,09	0,11	0,19	0,25	0,72				0,89	0,23	0,11	0,08	
$\eta_{H,gn}$ [-]	0,99	0,98	0,96	0,94	0,75				0,68	0,95	0,98	0,99	
$Q_{H,nd}$ *[MJ]*	56252	44220	32533	22434	4870	0	0	0	3054	20131	38408	56356	**278258**
$Q_{H,nd}$ *[kWh]*	15626	12283	9037	6232	1353	0	0	0	848	5592	10669	15654	**77294**
$Q_{H,nd}$ *[kWh/m² a]*													**234,6**
$Q_{C,tr,m}$ *[MJ]*	75387	62621	55138	44832	28227	13057	8051	13043	25103	42323	57670	74894	**500346**
$Q_{C,ve,m}$ *[MJ]*	6407	5332	4712	3843	2435	1152	714	1191	2203	3627	4919	6354	**42890**

$\theta_{int,set,H}$ *[°C]*	20
a_H *[-]*	1,8
$\theta_{int,set,C}$ *[°C]*	26

THERMAL ZONE	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

		Required data	*Month*											*Total*
			january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
		$Q_{C,ht,m}$ *[MJ]*	81793,96	67953	59850	48675	30663	14209	8766	14234	27306	45949	62589	81248	**543236**
a_C *[-]*	8,0	$1/\gamma_C$ *[-]*	14,86	11,97	7,97	6,75	4,02	1,82	1,04	1,82	3,89	7,60	13,01	16,79	
$(1/\gamma_C)_{lim}$ *[-]*	1,1	$\gamma_{C,1}$ *[-]*	13,42	9,97	7,36	5,39	2,92	1,43	1,43	1,43	2,85	5,74	10,31	14,90	
		$\gamma_{C,2}$ *[-]*	15,82	13,42	9,97	7,36	5,39	2,92	1,43	2,85	5,74	10,31	14,90	15,82	
$Day_{C,start}$	31-dic	f_C *[-]*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
$Day_{C,end}$	31-dic	$t_{eff,C}$ *[Ms]*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	**0,0**
		$Q_{C,int}$ *[MJ]*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
		$Q_{C,sol,w}$ *[MJ]*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
		$Q_{C,gn}$ *[MJ]*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
		$Q_{C,tr}$ *[MJ]*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
		$Q_{C,ve}$ *[MJ]*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
		$Q_{C,ht}$ *[MJ]*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
		γ_C *[-]*													

THERMAL ZONE	
n°	***Zone use***
1	Dwelling

a_C [-]	8,0

Required data	***Month***												***Total***
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$\eta_{C,ls}$ [-]													
$Q_{C,nd}$ [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
$Q_{C,nd}$ [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
$Q_{C,nd}$ [kWh/m^2 a]													**0,0**

A.2
Calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale per l’edificio esistente secondo il software PHPP.

EnerPHit Verification (step-by-step)

Calculated step:
4-Caso studio

Photo or Drawing

Building:	Caso studio
Street:	Via Sclaverani, 14
Postcode/City:	12038 Savigliano
Province/Country:	Cuneo IT-Italy
Building type:	Apartment house
Climate data set:	ud---01-Savigliano
Climate zone:	4: Warm-temperate — Altitude of location: 320 m
Home owner / Client:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Architecture:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Mechanical system:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Energy consultancy:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Certification:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	

Year of construction:		Interior temperature winter [°C]:	20,0
No. of dwelling units:	4	Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]:	2,7
No. of occupants:	8,3	Specific capacity [Wh/K per m² TFA]:	165
		Interior temp. summer [°C]:	26,0
		IHG cooling case [W/m²]:	2,7
		Mechanical cooling:	

Specific building characteristics with reference to the treated floor area

The PHPP has not been filled completely; it is not valid as verification

					Criteria	Alternative criteria	Fullfilled?[2]
	Treated floor area	m²	329,5				
Space heating	Heating demand	kWh/(m²a)	240	≤	-	-	-
	Heating load	W/m²	101	≤	-	-	
Space cooling	Cooling & dehum. demand	kWh/(m²a)	-	≤	-	-	
	Cooling load	W/m²	-	≤	-	-	
	Frequency of overheating (> 26 °C)	%	3	≤			
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg)	%	10	≤	20		yes
Airtightness	Pressurization test result n_{50}	1/h	4,0	≤	1,0		no
Minimum thermal protection	fulfilled?	yes/no			yes		no
	Smallest temperature factor $f_{Rsi=0.25\ m²K/W}$	-	-	≥	0,65		-
	highest U-value	W/(m²K)	2,02	≤	1,10		no
	highest U-value	W/(m²K)	-	≤	1,15		-
	highest U-value	W/(m²K)	1,26	≤	1,25		no
	highest U-value	W/(m²K)	1,42	≤	0,85		no
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand	kWh/(m²a)	0	≤	-		-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand	kWh/(m²a)	0	≤	#VALORE!	#VALORE!	-
	Generation of renewable energy	kWh/(m²a)		≥	-	#VALORE!	

EnerPHit (refurbishment): Component characteristics

Building envelope to exterior air[1] (U-value)	W/(m²K)	1,38	≤	0,3	no
Building envelope to ground[1] (U-value)	W/(m²K)	-	≤	0,27	-
Wall w/int. insulation in contact w/exterior air (U-value)	W/(m²K)	-	≤	0,5	-
Wall w/interior insulation in contact w/ground (U-value)	W/(m²K)	-	≤	0,5	-
Flat roof (SRI)	-	-	≥	-	-
Inclined and vertical external surface (SRI)	-	86	≥	-	-
Windows/Entrance doors ($U_{W/D,installed}$)	W/(m²K)	1,46	≤	1,08	no
Windows ($U_{W,installed}$)	W/(m²K)	-	≤	1,13	-
Windows ($U_{W,installed}$)	W/(m²K)	-	≤	1,23	-
Glazing (g-value)	-	0,75	≥	0,39	yes
Glazing/sun protection (max. solar load)	kWh/(m²a)	373	≤	-	-
Ventilation (effective heat recovery efficiency)	%		≥	75	
Ventilation (humidity recovery efficiency)	%		≥	-	-

[1] Without windows, doors and external walls with interior insulation
[2] Empty field: Data missing; '-': No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

EnerPHit Classic?

Task: | First name: | Surname: | Signature:

Issued on: | City:

Climate data

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Selection of climate data

Country:	ud-User Data
Region:	All
	1-Alphabetic sorting
Climate data set:	ud---01-Savigliano
Climate zone:	4: Warm-temperate

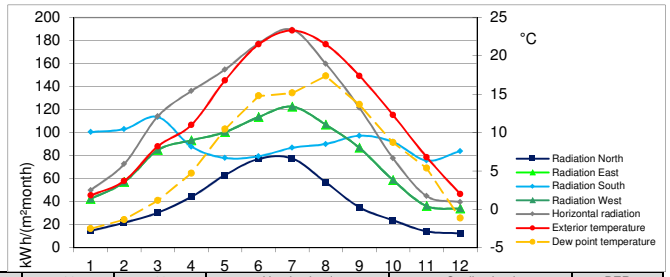
Altitude

Weather station:	320,0	m
Building location:	320	m

Result overview

Annual heating demand	239,7	kWh/(m²a)
Heating load	101,5	W/m²
Frequency of overheating	2,7	%
Sensible cooling	3,2	kWh/(m²a)
Latent cooling	2,1	kWh/(m²a)
Cooling load	-	W/m²
PER demand	0,0	kWh/(m²a)

	Data for heating Annual method	Data from monthly balance Heating	Cooling	
Heating / cooling period	183	273	365	d/a
Heating / cooling degree hours	65	75	-124	kKh/a
Radiation North	124	260	471	kWh/(m²a)
Radiation East	321	593	936	kWh/(m²a)
Radiation South	552	832	1088	kWh/(m²a)
Radiation West	321	593	936	kWh/(m²a)
Horizontal radiation	416	812	1338	kWh/(m²a)



	Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating load		Cooling load		PER	
	Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Weather 1	Weather 2	Weather 1	Weather 2	factors	
	ud---01-Savigliano	Latitude °	44,6	Longitude °	7,6	Altitude [m]	320	Daily temperature swing Summer [K]						Radiation: [W/m²]		Radiation: [W/m²]			
° C	Exterior temperature	1,8	3,7	8,2	11,0	16,8	21,5	23,3	21,5	17,4	12,3	6,8	2,0	-3,2	0,5	27,4	23,2	1,25	Household electricity
kWh/(m²month)	Radiation North	15	22	30	44	63	77	77	57	35	24	14	12	15	10	70	45	1,25	Domestic hot water
kWh/(m²month)	Radiation East	42	57	85	93	100	114	122	107	87	59	36	34	35	15	190	150	1,80	Heating
kWh/(m²month)	Radiation South	100	103	114	88	78	79	87	90	97	92	76	84	90	25	180	205	1,20	Cooling
kWh/(m²month)	Radiation West	42	57	85	93	100	114	122	107	87	59	36	34	20	15	175	165	1,45	Dehumidification
kWh/(m²month)	Horizontal radiation	50	73	114	136	155	178	189	160	122	78	45	40	45	25	325	250		
° C	Dew point temperature	-2,5	-1,4	1,1	4,7	10,4	14,8	15,1	17,4	13,6	8,7	5,4	-1,2			20,1	17,8		
° C	Sky temperature	-13,1	-11,7	-8,6	-4,0	3,4	8,4	8,8	10,9	7,2	1,2	-3,1	-11,5			18,4	17,8		
° C	Ground temperature	10,0	9,7	11,0	13,6	16,7	19,6	21,4	21,6	20,3	17,7	14,6	11,8	9,7	9,7	23,8	23,8		
	Comment:																		

U-value of building assemblies

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Secondary calculation: Equivalent thermal conductivity of still air spaces -> (on the right)
Wedge-shaped assembly layer -> (on the right)
Unheated / uncooled attic -> (on the right)

Assembly no. 01ud — Building assembly description: **External wall** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall — interior R_{si}: 0,13
Adjacent to: 1-Outdoor air — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Load-bearing in full bricks	0,809					380
External concrete plaster	1,400					15
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 41,0 cm

U-value supplement: — W/(m²K) — **U-value: 1,442** W/(m²K)

Assembly no. 02ud — Building assembly description: **Staircase wall** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall — interior R_{si}: 0,13
Adjacent to: 3-Ventilated — exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Load-bearing in full bricks	0,781					250
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 28,0 cm

U-value supplement: — W/(m²K) — **U-value: 1,502** W/(m²K)

Assembly no. 03ud — Building assembly description: **Basement ceiling** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 3-Floor — interior R_{si}: 0,13
Adjacent to: 3-Ventilated — exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Tiles	1,000					20
Concrete plaster	1,400					10
Screed	1,350					60
Slab in concrete and masonry	0,600					190
Plaster of pure gypsum	0,350					20
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 30,0 cm

U-value supplement: — W/(m²K) — **U-value: 1,418** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

04,04761904761905ud | **Attic floor**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: **3-Floor** | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: **3-Ventilated** | exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
	0,000					0
	0,000					0
Slab in concrete and masonry	0,633					190
Plaster of pure gypsum	0,350					20

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **21,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 1,620** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

05,04761904761905ud | **Shutter box**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: **2-Wall** | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: **1-Outdoor air** | exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Shutter box	0,302					300
Concrete plaster	1,400					10
Load-bearing in full bricks	0,226					70
External concrete plaster	1,400					15
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **41,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 0,652** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

06,09523809523809ud | **Radiator niche**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: **2-Wall** | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: **1-Outdoor air** | exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Hollow bricks	0,400					80
Concrete plaster	1,400					10
Load-bearing in full bricks	0,800					120
External concrete plaster	1,400					15
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **24,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 1,722** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

07,14285714285714ud | **Door**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0 | interior R_{si}: 0,00

Adjacent to: 0 | exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Door	**2,021**					**1000**

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **100,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 2,021** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

08,14285714285714ud | **Basement wall**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 2-Ground | exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	**0,350**					**15**
Load-bearing in full bricks	**0,809**					**380**
External concrete plaster	**1,400**					**15**

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **41,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 1,530** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

09,14285714285714ud | **Floor slab**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 3-Floor | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 2-Ground | exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Tiles	**1,300**					**20**
Concrete plaster	**1,400**					**10**
Screed	**1,350**					**60**
Reinforced concrete	**2,300**					**100**

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **19,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 4,159** W/(m²K)

Unheated / uncooled attic

Building assembly description

Roof

Heat transmission resistance [m²K/W] interior R_{si} 0,13

exterior R_{se} : 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Plaster of pure gypsum	0,350					20
Slab in concrete and masonry	0,633					190
	0,000					0
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			21,0 cm

U-value supplement W/(m²K)

U-value: 1,897 W/(m²K)

Building assembly description

External wall attic

Heat transmission resistance [m²K/W] interior R_{si} 0,00

exterior R_{se} : 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
	3,284					1000

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			100,0 cm

U-value supplement W/(m²K)

U-value: 3,284 W/(m²K)

Building assembly description

Suspended ceiling

Heat transmission resistance [m²K/W] interior R_{si} 0,13

exterior R_{se} : 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Plaster of pure gypsum	0,350					20
Slab in concrete and masonry	0,633					190
	0,000					0
	0,000					0

Percentage of sec. 1: 100%

Percentage of sec. 2:

Percentage of sec. 3:

Total: 21,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 1,620 W/(m²K)

Areas attic

Flat roof [m²]	173,8
Area external wall attic [m²]	31,2
Area intermediate floor [m²]	135,1

Average radiation properties of exterior surfaces

Coefficient of absorption exterior	0,30
Coefficient of emission exterior	0,90

Air exchange in attic

Air change rate	0,30	1/h
Volume	161,7	m³

Coefficient of emission in roof

Interior side roof / external wall	0,90
Top floor ceiling	0,90

Equivalent specific values for the intermediate ceiling (link with 'Components' and 'Areas' worksheet)

U-value [W/(m²K)]: 1,260 **Absorption: 0,285** **Emissivity: 0,856**

Total energy transmittance (informative): 0,014

Areas determination

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a] 9 Months	Radiation-load cooling period [kWh/a] 12 Months
	Treated floor area	1	**329,50**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*					
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**			
A	**East windows**	3	**33,18**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**1,474**	**5291**	**7570**
A	**South windows**	4	**14,04**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,476**	**3016**	**2512**
A	**West windows**	5	**20,04**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**1,440**	**2988**	**3929**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**			
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**			
A	**External wall - Ambient**	8	**310,62**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**1,433**	**339**	**1094**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**			
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**			
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**			
B	**Unheated basements**	12	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**1,418**		
A	**Unheated attic**	13	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**1,260**	**182**	**302**
X	**Unheated stairwell**	14	**94,47**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**81%**	**Unheated stairwell**	**1,544**		
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**		
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**523,02**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,276**		
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**			
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**			
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**			
Total thermal envelope			**742,47**	**m²**			**Average therm. envelope**	**1,610**		

Go to building components list

Area input

2-Sorting: BY ID

Area no.	Building assembly description	To group No.	Assigned to group	Quan-tity	x (	a [m]	x	b [m]	+	User deter-mined [m²]	-	User sub-traction [m²]	-	Subtraction window areas [m²]	) =	Area [m²]	Selection building assembly / Building system	U-Value [W/(m²K)]	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Reduction factor shading	Exterior absorptivity	Exterior emissivity
	Projected building footprint	**0**	Projected building footprint		x (		x		+		-		)		=	0,0								
	Treated floor area	**1**	Treated floor area	**1**	x (		x		+	**329,50**	-		)		=	329,5								
	Exterior door	**7**	Exterior door		x (		x		+		-		) -		=		Exterior door								
1	**I1.01.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**10,01**	-	**1,88**	) -	**2,1**	=	6,0	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,954**	**0,30**	**0,90**
2	**I1.02.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,37**	-	**0,88**	) -	**1,0**	=	6,5	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,975**	**0,30**	**0,90**
3	**I1.03.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,94**	-	**0,23**	) -	**2,2**	=	3,6	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,229**	**0,30**	**0,90**
4	**I1.04.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**12,44**	-	**0,38**	) -	**3,6**	=	8,5	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,699**	**0,30**	**0,90**
5	**I1.05.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**16,87**	-	**2,25**	) -	**2,5**	=	12,1	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,927**	**0,30**	**0,90**
6	**I1.06.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,52**	-		) -	**0,0**	=	5,5	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,836**	**0,30**	**0,90**
7	**I1.07.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**15,87**	-		) -	**0,0**	=	15,9	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,784**	**0,30**	**0,90**
8	**I1.08.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**25,39**	-	**1,63**	) -	**8,2**	=	15,6	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,719**	**0,30**	**0,90**
9	**I1.09.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**3,80**	-		) -	**0,0**	=	3,8	**01ud-external wall**	**1,442**	**0**	**90**	**North**	**0,152**	**0,30**	**0,90**
10	**I1.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**7,75**	-	**0,30**	) -	**2,9**	=	4,6	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,626**	**0,30**	**0,90**
11	**I1.11.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**17,90**	-		) -	**0,0**	=	17,9	**01ud-external wall**	**1,442**	**354**	**90**	**North**	**0,543**	**0,30**	**0,90**
12	**C1.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,954**	**0,30**	**0,90**
13	**C1.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,18**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,975**	**0,30**	**0,90**
14	**C1.3.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,23**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**180**	**90**	**South**	**0,229**	**0,30**	**0,90**
15	**C1.4.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,699**	**0,30**	**0,90**
16	**C1.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,45**	-		) -	**0,0**	=	0,5	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**180**	**90**	**South**	**0,927**	**0,30**	**0,90**
17	**C1.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,93**	-		) -	**0,0**	=	0,9	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**90**	**90**	**East**	**0,719**	**0,30**	**0,90**
18	**C1.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,30**	-		) -	**0,0**	=	0,3	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**90**	**90**	**East**	**0,626**	**0,30**	**0,90**
19	**N1.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,50**	-		) -	**0,0**	=	1,5	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**270**	**90**	**West**	**0,954**	**0,30**	**0,90**
20	**N1.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**270**	**90**	**West**	**0,975**	**0,30**	**0,90**
21	**N1.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,80**	-		) -	**0,0**	=	1,8	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**180**	**90**	**South**	**0,927**	**0,30**	**0,90**
22	**N1.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**90**	**90**	**East**	**0,719**	**0,30**	**0,90**
23	**M1.01**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**10,77**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	8,9	**02ud-Staircase wall**	**1,502**		**90**				
24	**M1.02**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**21,47**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	19,6	**02ud-Staircase wall**	**1,502**		**90**				
25	**Door1**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**3,78**	-		) -	**0,0**	=	3,8	**07ud-Door**	**2,021**		**90**				
26	**Basement ceiling**	**12**	Unheated basements	**1**	x (		x		+	**135,06**	-		) -	**0,0**	=	135,1	**03ud-Basement ceiling**	**1,418**		**180**				
27	**I2.01.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**9,48**	-	**1,88**	) -	**2,1**	=	5,5	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,936**	**0,30**	**0,90**
28	**I2.02.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**7,96**	-	**0,88**	) -	**1,0**	=	6,1	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,975**	**0,30**	**0,90**
29	**I2.03.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,59**	-	**0,23**	) -	**2,2**	=	3,2	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,219**	**0,30**	**0,90**
30	**I2.04.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**11,74**	-	**0,38**	) -	**3,6**	=	7,8	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,688**	**0,30**	**0,90**
31	**I2.05.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**16,03**	-	**2,25**	) -	**2,5**	=	11,3	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,970**	**0,30**	**0,90**
32	**I2.06.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,28**	-		) -	**0,0**	=	5,3	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,868**	**0,30**	**0,90**
33	**I2.07.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**15,18**	-		) -	**0,0**	=	15,2	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,816**	**0,30**	**0,90**
34	**I2.08.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**23,93**	-	**1,63**	) -	**8,2**	=	14,1	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,751**	**0,30**	**0,90**
35	**I2.09.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**3,63**	-		) -	**0,0**	=	3,6	**01ud-external wall**	**1,442**	**0**	**90**	**North**	**0,151**	**0,30**	**0,90**
36	**I2.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**7,29**	-	**0,30**	) -	**2,9**	=	4,1	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,621**	**0,30**	**0,90**

Areas determination

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a] 9 Months	Radiation-load cooling period [kWh/a] 12 Months
	Treated floor area	1	**329,50**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*					
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**			
A	**East windows**	3	**33,18**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**1,474**	**5291**	**7570**
A	**South windows**	4	**14,04**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,476**	**3016**	**2512**
A	**West windows**	5	**20,04**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**1,440**	**2988**	**3929**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**			
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**			
A	**External wall - Ambient**	8	**310,62**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**1,433**	**339**	**1094**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**			
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**			
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**			
B	**Unheated basements**	12	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**1,418**		
A	**Unheated attic**	13	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**1,260**	**182**	**302**
X	**Unheated stairwell**	14	**94,47**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**81%**	**Unheated stairwell**	**1,544**		
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**		
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**523,02**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,276**		
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**			
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**			
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**			
Total thermal envelope			**742,47**	**m²**			**Average therm. envelope**	**1,610**		

Go to building components list

37	**I2.11.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**17,12**	-		) -	**0,0**	=	17,1	**01ud-external wall**	**1,442**	**354**	**90**	**North**	**0,651**	**0,30**	**0,90**
38	**C2.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,936**	**0,30**	**0,90**
39	**C2.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,18**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,975**	**0,30**	**0,90**
40	**C2.3.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,23**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**180**	**90**	**South**	**0,219**	**0,30**	**0,90**
41	**C2.4.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,688**	**0,30**	**0,90**
42	**C2.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,45**	-		) -	**0,0**	=	0,5	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**180**	**90**	**South**	**0,970**	**0,30**	**0,90**
43	**C2.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,93**	-		) -	**0,0**	=	0,9	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**90**	**90**	**East**	**0,751**	**0,30**	**0,90**
44	**C2.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,30**	-		) -	**0,0**	=	0,3	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**90**	**90**	**East**	**0,621**	**0,30**	**0,90**
45	**N2.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,50**	-		) -	**0,0**	=	1,5	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**270**	**90**	**West**	**0,936**	**0,30**	**0,90**
46	**N2.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**270**	**90**	**West**	**0,975**	**0,30**	**0,90**
47	**N2.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,80**	-		) -	**0,0**	=	1,8	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**180**	**90**	**South**	**0,970**	**0,30**	**0,90**
48	**N2.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**90**	**90**	**East**	**0,751**	**0,30**	**0,90**
49	**M2.01**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**10,30**	-		) -	**0,0**	=	10,3	**02ud-Staircase wall**	**1,502**		**90**				
50	**M2.02**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**20,53**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	18,6	**02ud-Staircase wall**	**1,502**		**90**				
51	**Door2**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**1,89**	-		) -	**0,0**	=	1,9	**07ud-Door**	**2,021**		**90**				
52	**I3.01.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**9,69**	-	**1,88**	) -	**2,1**	=	5,7	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,858**	**0,30**	**0,90**
53	**I3.02.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,13**	-	**0,88**	) -	**1,0**	=	6,3	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,886**	**0,30**	**0,90**
54	**I3.03.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,73**	-	**0,23**	) -	**2,2**	=	3,3	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,238**	**0,30**	**0,90**
55	**I3.04.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**12,02**	-	**0,38**	) -	**3,6**	=	8,0	**01ud-external wall**	**1,442**	**270**	**90**	**West**	**0,607**	**0,30**	**0,90**
56	**I3.05.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**16,36**	-	**2,25**	) -	**2,5**	=	11,6	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,988**	**0,30**	**0,90**
57	**I3.06.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,38**	-		) -	**0,0**	=	5,4	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,869**	**0,30**	**0,90**
58	**I3.07.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**15,46**	-		) -	**0,0**	=	15,5	**01ud-external wall**	**1,442**	**180**	**90**	**South**	**0,819**	**0,30**	**0,90**
59	**I3.08.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**24,51**	-	**2,73**	) -	**8,2**	=	13,6	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,833**	**0,30**	**0,90**
60	**I3.09.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**3,70**	-		) -	**0,0**	=	3,7	**01ud-external wall**	**1,442**	**0**	**90**	**North**	**0,151**	**0,30**	**0,90**
61	**I3.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**7,47**	-	**0,30**	) -	**2,9**	=	4,3	**01ud-external wall**	**1,442**	**90**	**90**	**East**	**0,545**	**0,30**	**0,90**
62	**I3.11.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**17,44**	-		) -	**0,0**	=	17,4	**01ud-external wall**	**1,442**	**354**	**90**	**North**	**0,886**	**0,30**	**0,90**
63	**C3.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,858**	**0,30**	**0,90**
64	**C3.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,18**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,886**	**0,30**	**0,90**
65	**C3.3.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,23**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**180**	**90**	**South**	**0,238**	**0,30**	**0,90**
66	**C3.4.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**270**	**90**	**West**	**0,607**	**0,30**	**0,90**
67	**C3.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,45**	-		) -	**0,0**	=	0,5	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**180**	**90**	**South**	**0,988**	**0,30**	**0,90**
68	**C3.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,93**	-		) -	**0,0**	=	0,9	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**90**	**90**	**East**	**0,833**	**0,30**	**0,90**
69	**C3.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,30**	-		) -	**0,0**	=	0,3	**05ud-Shutter box**	**0,652**	**90**	**90**	**East**	**0,545**	**0,30**	**0,90**
70	**N3.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,50**	-		) -	**0,0**	=	1,5	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**270**	**90**	**West**	**0,858**	**0,30**	**0,90**
71	**N3.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**270**	**90**	**West**	**0,886**	**0,30**	**0,90**
72	**N3.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,80**	-		) -	**0,0**	=	1,8	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**180**	**90**	**South**	**0,988**	**0,30**	**0,90**
73	**N3.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**1,722**	**90**	**90**	**East**	**0,833**	**0,30**	**0,90**
74	**M3.01**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**10,49**	-		) -	**0,0**	=	10,5	**02ud-Staircase wall**	**1,502**		**90**				
75	**M3.02**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**20,91**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	19,0	**02ud-Staircase wall**	**1,502**		**90**				
76	**Door3**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**1,89**	-		) -	**0,0**	=	1,9	**07ud-Door**	**2,021**		**90**				
77	**Intermediate ceiling**	**13**	Unheated attic	**1**	x (		x		+	**135,06**	-		) -	**0,0**	=	135,1	**83ud-Intermediate ceiling**	**1,260**	**90**	**0**	**Hor**	**0,000**	**0,29**	**0,86**
78					x (		x		+		-		) -	**0,0**	=									
79					x (		x		+		-		) -	**0,0**	=									
80					x (		x		+		-		) -	**0,0**	=									

Areas determination

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a]
	Treated floor area	1	**329,50**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*				9 Months
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**		
A	**East windows**	3	**33,18**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**1,474**	**5291**
A	**South windows**	4	**14,04**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,476**	**3016**
A	**West windows**	5	**20,04**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**1,440**	**2988**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**		
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**		
A	**External wall - Ambient**	8	**310,62**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**1,433**	**339**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**		
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**		
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**		
B	**Unheated basements**	12	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**1,418**	
A	**Unheated attic**	13	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**1,260**	**182**
X	**Unheated stairwell**	14	**94,47**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**81%**	**Unheated stairwell**	**1,544**	
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**	
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**523,02**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,276**	
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**		
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**		
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**		
Total thermal envelope			**742,47**	**m²**			**Average therm. envelope**	**1,610**	

Go to building components list

Thermal bridge inputs

No.	Thermal bridge - denomination	Group No.	Assigned to group	Quantity	x (	Length [m]	-	Subtraction length [m]	)=	Length ℓ [m]	User determined Ψ-Wert [W/(mK)]	User determined $f_{Rsi=0,25}$ (optional)	or	Selection building system	Ψ-Value [W/(mK)]	f_{Rsi}-Requirement met?
1	**1_IWb_Involucro esterno-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,560**		or		**-0,560**	
2	**1_IWb_Involucro scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,543**		or		**-0,543**	
3	**1_S_Nicchia destra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,113**		or		**0,113**	
4	**1_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,054**		or		**0,054**	
5	**1_S_Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,036**		or		**-0,036**	
6	**1_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,00**	-		) =	18,00	**-0,010**		or		**-0,010**	
7	**1_Ca_Angolo convesso involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,00**	-		) =	18,00	**-0,941**		or		**-0,941**	
8	**1_Cb_Angolo concavo involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,50**	-		) =	4,50	**0,393**		or		**0,393**	
9	**1_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-1,104**		or		**-1,104**	
10	**1_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-1,152**		or		**-1,152**	
11	**1_Cb_Angolo concavo parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,00**	-		) =	3,00	**0,313**		or		**0,313**	
12	**1_IWb_Parete scala-Tramezzo 20 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,00**	-		) =	3,00	**-0,022**		or		**-0,022**	
13	**1_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,00**	-		) =	3,00	**0,005**		or		**0,005**	
14	**1_IF_Solaio su seminterrato-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**25,61**	-		) =	25,61	**-0,500**		or		**-0,500**	
15	**1_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**25,61**	-		) =	25,61	**0,208**		or		**0,208**	
16	**1_B_Balcone su seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,44**	-		) =	18,44	**-0,508**		or		**-0,508**	
17	**1_B_Balcone**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,44**	-		) =	18,44	**0,130**		or		**0,130**	
18	**1_IF_Solaio su seminterrato-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58	**-0,614**		or		**-0,614**	
19	**1_IF_Solaio interpiano-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58	**0,303**		or		**0,303**	
20	**1_IF_Pianerottolo su seminterrato-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,07**	-		) =	2,07	**0,398**		or		**0,398**	
21	**1_IF_Pianerottolo-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,07**	-		) =	2,07	**0,558**		or		**0,558**	
22	**2_IWb_Involucro esterno-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,560**		or		**-0,560**	
23	**2_IWb_Involucro scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,543**		or		**-0,543**	
24	**2_S_Nicchia destra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,113**		or		**0,113**	
25	**2_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,054**		or		**0,054**	
26	**2_S_Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,036**		or		**-0,036**	
27	**2_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**12,00**	-		) =	12,00	**-0,010**		or		**-0,010**	
28	**2_Ca_Angolo convesso involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,00**	-		) =	18,00	**-0,941**		or		**-0,941**	
29	**2_Cb_Angolo concavo involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,50**	-		) =	4,50	**0,393**		or		**0,393**	
30	**2_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-1,104**		or		**-1,104**	
31	**2_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-1,152**		or		**-1,152**	
32	**2_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**22,813**		or		**22,813**	
33	**2_IWb_Parete scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**34,223**		or		**34,223**	
34	**2_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,00**	-		) =	3,00	**0,005**		or		**0,005**	
35	**2_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**25,61**	-		) =	25,61	**0,237**		or		**0,237**	
36	**2_B_Balcone**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,44**	-		) =	18,44	**0,130**		or		**0,130**	
37	**2_IF_Solaio interpiano-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58	**0,303**		or		**0,303**	
38	**2_IF_Pianerottolo-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,07**	-		) =	2,07	**0,558**		or		**0,558**	
39	**3_IWb_Involucro esterno-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,560**		or		**-0,560**	
40	**3_IWb_Involucro scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50	**-0,543**		or		**-0,543**	

Areas determination

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a] 9 Months
	Treated floor area	1	**329,50**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*				
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**		
A	**East windows**	3	**33,18**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**1,474**	**5291**
A	**South windows**	4	**14,04**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,476**	**3016**
A	**West windows**	5	**20,04**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**1,440**	**2988**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**		
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**		
A	**External wall - Ambient**	8	**310,62**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**1,433**	**339**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**		
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**		
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**		
B	**Unheated basements**	12	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**1,418**	
A	**Unheated attic**	13	**135,06**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**1,260**	**182**
X	**Unheated stairwell**	14	**94,47**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**81%**	**Unheated stairwell**	**1,544**	
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**	
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**523,02**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,276**	
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**		
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**		
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**		
Total thermal envelope			**742,47**	**m²**			**Average therm. envelope**	**1,610**	

Go to building components list

41	**3_S_Nicchia destra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00		**0,113**				or		**0,113**	
42	**3_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00		**0,054**				or		**0,054**	
43	**3_S_Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50		**-0,036**				or		**-0,036**	
44	**3_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**12,00**	-		) =	12,00		**-0,010**				or		**-0,010**	
45	**3_Ca_Angolo convesso involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,00**	-		) =	18,00		**-0,941**				or		**-0,941**	
46	**3_Cb_Angolo concavo involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,50**	-		) =	4,50		**0,393**				or		**0,393**	
47	**3_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50		**-1,104**				or		**-1,104**	
48	**3_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50		**-1,152**				or		**-1,152**	
49	**3_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50		**22,813**				or		**22,813**	
50	**3_IWb_Parete scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,50**	-		) =	1,50		**34,223**				or		**34,223**	
51	**3_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,00**	-		) =	3,00		**0,005**				or		**0,005**	
52	**3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**17,00**	-		) =	17,00		**-0,600**				or		**-0,600**	
53	**3_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**25,61**	-		) =	25,61		**0,208**				or		**0,208**	
54	**3_B_Balcone**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,44**	-		) =	18,44		**0,130**				or		**0,130**	
55	**3_IWa_Solaio sottotetto-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**9,35**	-		) =	9,35		**-0,387**				or		**-0,387**	
56	**3_IF_Solaio interpiano-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58		**0,303**				or		**0,303**	
57	**3_IF_Pianerottolo-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,07**	-		) =	2,07		**0,558**				or		**0,558**	
58	**3_IWa_Solaio sottotetto-Involuro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**7,00**	-		) =	7,00		**-0,710**				or		**-0,710**	
59	**3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno copertura**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**15,94**	-		) =	15,94		**-0,569**				or		**-0,569**	
60	**3_IF_Solaio su sottotetto-Muro su terrazzo**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,19**	-		) =	4,19		**-0,556**				or		**-0,556**	
61	**3_P_Trave 0.45-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**14,07**	-		) =	14,07		**0,679**				or		**0,679**	
62	**3_P_Trave 0.265-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,43**	-		) =	3,43		**0,419**				or		**0,419**	
63	**3_P_Trave 0,5675-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**10,79**	-		) =	10,79		**0,842**				or		**0,842**	
64	**3_P_Trave 0.6-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**12,57**	-		) =	12,57		**0,888**				or		**0,888**	
65	**1_P_Trave 0.45-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**14,07**	-		) =	14,07		**0,494**				or		**0,494**	
66	**1_P_Trave 0.265-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,43**	-		) =	3,43		**0,308**				or		**0,308**	
67	**1_P_Trave 0,5675-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**10,79**	-		) =	10,79		**0,611**				or		**0,611**	
68	**1_P_Trave 0.6-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**12,57**	-		) =	12,57		**0,643**				or		**0,643**	
69	**2_Cb_Angolo concavo parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00		**0,000**				or		**0,000**	
70	**3_Cb_Angolo concavo parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00		**0,000**				or		**0,000**	
71					x (		-		) =							or			
72					x (		-		) =							or			
73					x (		-		) =							or			
74					x (		-		) =							or			
75					x (		-		) =							or			
76					x (		-		) =							or			
77					x (		-		) =							or			
78					x (		-		) =							or			
79					x (		-		) =							or			
80					x (		-		) =							or			
81					x (		-		) =							or			
82					x (		-		) =							or			
83					x (		-		) =							or			
84					x (		-		) =							or			

Heat losses through the ground

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Building section 1

Ground characteristics			
Thermal conductivity	λ	1,5	W/(mK)
Heat capacity	ρc	3,0	MJ/(m³K)
Periodic penetration depth	δ	2,24	m

Climate data			
Avg indoor temp. winter	T_i	20,0	°C
Avg indoor temp. summer	T_i	26,0	°C
Avg ground surface temperature	$T_{g,ave}$	13,2	°C
Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{g,\wedge}$	10,8	°C
Phase shifting of $T_{e,m}$	τ	1,0	Months
Length of the heating period	n	6,0	Months
Heating degree hours - exterior	G_t	64,6	kKh/a

Building data							
Area of ground floor slab / basement ceilin	A	135,1	m²	U-value floor slab/basement ceiling	U_f	1,418	W/(m²K)
Perimeter length	P	54,9	m	TBs floor slab / basement ceiling	Ψ_B*l	63,93	W/K
Charact. dimension of floor slab	B'	4,92	m	U-value floor slab / basement ceiling i	U_f'	1,891	W/(m²K)
				Equivalent thickness floor	d_t	0,79	m

Floor slab type (select only one)

	Slab on grade						
	Perimeter insulation width/depth	D		m	Orientation of perimeter insulation	horizontal	
	Perimeter insulation thickness	d_n		m	(check only one field)	vertical	x
	Conductivity perimeter insulation	λ_n		W/(mK)			
	Heated basement or floor slab completely / partially below ground level						
	Basement wall height below ground level	z		m	U-Value wall below ground	U_{wB}	W/(m²K)
x	**Unheated basement**						
	Height aboveground wall	h	2,31	m	U-Value wall above ground	U_W	2,357 W/(m²K)
	Basement wall height below ground level	z	0,72	m	U-Value wall below ground	U_{WB}	1,530 W/(m²K)
	Air change unheated basement	n	0,30	h^{-1}	0,2 su manuale U-Value basement floor slab	U_{fB}	4,159 W/(m²K)
	Air flow basement	V	362	m³			
	Suspended floor above a ventilated crawl space (at max. 0.5 m below ground)						
	U-Value crawl space	U_{Crawl}		W/(m²K)	Area of ventilation openings	εP	m²
	Height of crawl space wall	h		m	Wind velocity at 10 m height	v	m/s
	U-Value crawl space wall	U_W		W/(m²K)	Wind shield factor	f_W	-

Additional thermal bridge heat losses at perimeter						
				Steady-state fraction	$\Psi_{P,stat}$*l	W/K
Phase shift	β		Months	Harmonic fraction	$\Psi_{P,harm}$*l	W/K

Groundwater correction						
Depth of the groundwater table	z_w		m	Groundwater correction factor	G_w	-
Groundwater flow rate	q_w		m/d			

Interim results

Phase shift	β	0,67	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	1105,6 W
Steady-state transmittance	L_S	162,44	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	924,2 W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	143,90	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	8896 kWh
Transmittance building	L_0	255,40	W/K			

Monthly average temperatures in the ground for monthly method (building assembly 1)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	10,0	9,7	11,0	13,6	16,7	19,6	21,4	21,6	20,3	17,7	14,6	11,8	15,7
Summer	12,2	11,9	13,2	15,8	18,9	21,8	23,6	23,8	22,5	19,9	16,8	14,0	17,9

Design ground temperature for 'Heating load' worksheet 9,7 — **For 'Cooling load' worksheet** 23,8

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet 0,54

Total result (all building parts)

Phase shift	β	0,67	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	1105,6 W
Steady-state transmittance	L_S	162,44	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	924,2 W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	143,90	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	8896 kWh
Transmittance building	L_0	255,40	W/K	Charact. dimension of floor slab	B'	4,92 m

Monthly Average temperatures in the ground for monthly method (all building assemblies)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	**10,0**	**9,7**	**11,0**	**13,6**	**16,7**	**19,6**	**21,4**	**21,6**	**20,3**	**17,7**	**14,6**	**11,8**	**15,7**
Summer	**12,2**	**11,9**	**13,2**	**15,8**	**18,9**	**21,8**	**23,6**	**23,8**	**22,5**	**19,9**	**16,8**	**14,0**	**17,9**

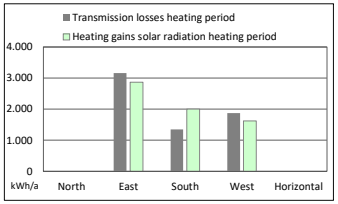
Design ground temperature for 'Heating load' worksheet 9,7 — **For 'Cooling load' worksheet** 23,8

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet **0,54**

Windows

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Window area orientation	Global radiation (main orientations)	Shading	Dirt	Non-vertical radiation incidence	Glazing fraction	g-Value	Solar irradiation reduction factor	Window area	Window U-Value	Glazing area	Average global radiation		Transmission losses heating period	Heating gains solar radiation heating period
Standard values →	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85				m²	W/(m²K)	m²	kWh/(m²a)		kWh/a	kWh/a
North	124	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	124	North	0	0
East	321	0,73	0,95	0,85	0,61	0,75	0,36	33,18	1,47	20,28	321	East	3157	2862
South	552	0,70	0,95	0,85	0,61	0,75	0,34	14,04	1,48	8,51	552	South	1338	2002
West	321	0,67	0,95	0,85	0,62	0,75	0,34	20,04	1,44	12,41	321	West	1863	1616
Horizontal	416	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	416	Horizontal	0	0
Total or average value for all windows.						0,75	0,35	67,26	1,46	41,20			6358	6480



Heating degree hours [kKh/a] 64,6

Go to glazing list

Go to window frames list

Qua n-tity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Orien- tation	Window rough openings Width	Window rough openings Height	Installed in: Selection from 'Areas' worksheet	Glazing: Selection from 'Components' worksheet	Frame: Selection from 'Components' worksheet	g-Value: Perpen-dicular radiation	U-Value: Glazing	U-Value: Frames (avg.)	Ψ Glazing edge (Avg.)	Installation situation: left	right	bottom	top	Ψ Installation (Avg.)	Results: Window Area	Glazing area	U_w installed	Glazed fraction per window
		°	°		m	m		1-Sorting: LIKE LIST	1-Sorting: LIKE LIST	-	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(mK)	W/(mK) or 1/0				W/(mK)	m²	m²	W/(m²K)	%
1	F.01.O_1	270	90	West	1,500	1,400	1-I1.01.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,020	2,100	1,3571	1,3717	65%
1	F.02.O_1	270	90	West	0,700	1,400	2-I1.02.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,039	0,980	0,4643	1,5787	47%
1	F.03.S_1	180	90	South	0,900	2,400	3-I1.03.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	02ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,045	2,160	1,3355	1,4851	62%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,750	2,400	4-I1.04.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,800	1,1577	1,4423	64%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,750	2,400	4-I1.04.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,800	1,1577	1,4423	64%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,600	1,400	5-I1.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	07ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,026	0,840	0,4545	1,5102	54%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,600	1,400	5-I1.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	08ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3c	0,75	1,10	1,30	0,066	0	0	1	1	-0,031	0,840	0,4681	1,3856	56%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,600	1,400	5-I1.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	09ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,026	0,840	0,5774	1,5077	69%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,750	2,400	8-I1.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,750	2,400	8-I1.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.07.E_1	90	90	East	0,700	1,400	8-I1.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,039	0,980	0,46	1,58	47%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,750	2,400	8-I1.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,750	2,400	8-I1.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,600	2,400	10-I1.10.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	05ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,039	1,440	0,83	1,52	58%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,600	2,400	10-I1.10.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	06ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,039	1,440	0,83	1,52	58%
1	F.01.O_2	270	90	West	1,500	1,400	27-I2.01.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,020	2,100	1,36	1,37	65%
1	F.02.O_2	270	90	West	0,700	1,400	28-I2.02.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,039	0,980	0,46	1,58	47%
1	F.03.S_2	180	90	South	0,900	2,400	29-I2.03.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	02ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,045	2,160	1,34	1,49	62%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,750	2,400	30-I2.04.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,750	2,400	30-I2.04.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,600	1,400	31-I2.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	07ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,026	0,840	0,45	1,51	54%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,600	1,400	31-I2.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	08ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3c	0,75	1,10	1,30	0,066	0	0	1	1	-0,031	0,840	0,47	1,39	56%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,600	1,400	31-I2.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	09ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,026	0,840	0,58	1,51	69%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,750	2,400	34-I2.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,800	1,16	1,44	64%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,750	2,400	34-I2.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.07.E_2	90	90	East	0,700	1,400	34-I2.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,039	1,0	0,46	1,58	47%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,750	2,400	34-I2.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,750	2,400	34-I2.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,600	2,400	36-I2.10.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	05ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,039	1,4	0,83	1,52	58%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,600	2,400	36-I2.10.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	06ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,039	1,4	0,83	1,52	58%
1	F.01.O_3	270	90	West	1,500	1,400	52-I3.01.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,020	2,1	1,36	1,37	65%
1	F.02.O_3	270	90	West	0,700	1,400	53-I3.02.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,039	1,0	0,46	1,58	47%
1	F.03.S_3	180	90	South	0,900	2,400	54-I3.03.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	02ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,045	2,2	1,34	1,49	62%

Heating degree hours [kKh/a] 64,6

Quan-tity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Orien- tation	Window rough openings: Width	Window rough openings: Height	Installed in: Selection from 'Areas' worksheet	Glazing: Selection from 'Components' worksheet	Frame: Selection from 'Components' worksheet	g-Value: Perpen-dicular radiation	U-Value: Glazing	U-Value: Frames (avg.)	Ψ Glazing edge: $\Psi_{Glazing\ edge}$ (Avg.)	Installation situation: left	right	bottom	top	$\Psi_{Installation}$ (Avg.)	Results: Window Area	Glazing area	U_w installed	Glazed fraction per window
		°	°		m	m		1-Sorting: LIKE LIST	1-Sorting: LIKE LIST	-	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(mK)	W/(mK) or 1/0				W/(mK)	m²	m²	W/(m²K)	%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,750	2,400	55-I3.04.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,750	2,400	55-I3.04.O	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,600	1,400	56-I3.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	07ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,026	0,8	0,45	1,51	54%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,600	1,400	56-I3.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	08ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3c	0,75	1,10	1,30	0,066	0	0	1	1	-0,031	0,8	0,47	1,39	56%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,600	1,400	56-I3.05.S	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	09ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,026	0,8	0,58	1,51	69%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,750	2,400	59-I3.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,750	2,400	59-I3.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.07.E_3	90	90	East	0,700	1,400	59-I3.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	01ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio F	0,75	1,10	1,30	0,066	1	1	1	1	0,039	1,0	0,46	1,58	47%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,750	2,400	59-I3.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	03ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,750	2,400	59-I3.08.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	04ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,034	1,8	1,16	1,44	64%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,600	2,400	61-I3.10.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	05ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2s	0,75	1,10	1,30	0,066	1	0	1	1	0,039	1,4	0,83	1,52	58%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,600	2,400	61-I3.10.E	01ud-Weru-ExtraTherm 4/16A/4	06ud-Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2d	0,75	1,10	1,30	0,066	0	1	1	1	0,039	1,4	0,83	1,52	58%

Calculation of shading coefficients

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Latitude: 44,6 °

Orientation	Glazing area [m²]	Reduction factor winter r_v	Reduction factor cooling $r_{v,1}$	Reduction factor cooling load $r_{v,2}$	Solar load [kWh/(m²$_{Glazing}$a)]
North	0,00	100%	100%	100%	0
East	20,28	73%	62%	57%	373
South	8,51	70%	42%	40%	295
West	12,41	67%	53%	47%	317
Horizontal	0,00	100%	100%	100%	0

									Horizon		Lateral reveal		Reveal / Overhang						Reduction factors for shading in winter				Reduction factors for shading in summer				
Quantity	Description	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Glazing width	Glazing height	Glazing area		Height of the shading object	Horizontal distance	Window reveal depth	Distance from glazing edge to reveal	Overhang depth	Distance from upper glazing edge to overhang	Additional reduction factor winter shading	Additional reduction factor summer shading	Reduction factor z for temporary sun protection	Regulated / transparent	Horizon	Reveal	Overhang	Total for heating case	Horizon	Reveal	Overhang	Total for cooling case	Total for cooling load
		[Degree]	[Degree]		w_G [m]	h_G [m]	A_G [m²]		h_{Hori} [m]	d_{Hori} [m]	o_{Reveal} [m]	d_{Reveal} [m]	o_{over} [m]	d_{over} [m]	$r_{other,w}$ [%]	$r_{other,s}$ [%]	z [%]		r_H [%]	r_R [%]	r_O [%]	r_S [%]	r_H [%]	r_R [%]	r_O [%]	$r_{S,1}$ [%]	$r_{S,2}$ [%]
1	F.01.O_1	270	90	West	1,22	1,12	1,4				0,19	0,14	0,19	0,14			80%			90%	92%	83%		96%	97%	80%	77%
1	F.02.O_1	270	90	West	0,42	1,12	0,5				0,19	0,14	0,19	0,14			80%			80%	92%	74%		92%	97%	77%	73%
1	F.03.S_1	180	90	South	0,62	2,17	1,3				0,19	0,14	6,25	0,75	99,73%	99,73%	37%			90%	54%	49%		87%	20%	10%	8%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	2,41	0,75			37%			90%	69%	63%		96%	66%	36%	28%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,53	2,17	1,2				0,19	0,07	2,41	0,75			37%			79%	69%	55%		92%	66%	34%	26%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,41	1,12	0,5		6,61	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	103,61%	103,61%	80%		95%	95%	94%	89%	95%	94%	89%	70%	67%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,42	1,12	0,5		6,61	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	103,61%	103,61%	80%		95%	95%	94%	89%	95%	94%	89%	70%	67%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,47	1,22	0,6		6,61	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	103,61%	103,61%	80%		95%	95%	95%	89%	95%	94%	90%	72%	68%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,53	2,17	1,2		9,12	51,12	0,19	0,52	1,30	0,78	113,82%	113,82%	80%		85%	90%	82%	72%	88%	96%	85%	71%	67%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,53	2,17	1,2		9,12	51,12	0,19	0,52	1,30	0,78	113,82%	113,82%	80%		85%	90%	82%	72%	88%	96%	85%	71%	67%
1	F.07.E_1	90	90	East	0,42	1,12	0,5		8,11	57,72	0,19	0,14	1,30	0,74	111,05%	111,05%	80%		88%	80%	75%	59%	91%	92%	75%	60%	57%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	1,30	0,78			80%			90%	82%	74%		96%	85%	70%	67%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	1,30	0,78			80%			90%	82%	74%		96%	85%	70%	67%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,38	2,17	0,8				0,19	0,44	1,29	0,78	99,83%	99,83%	80%			88,20%	82,06%	72,25%		95,69%	85%	70%	66%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,38	2,17	0,8				0,19	0,44	1,29	0,78	99,88%	99,88%	80%			88,20%	82,06%	72,28%		95,69%	85%	70%	66%
1	F.01.O_2	270	90	West	1,22	1,12	1,4				0,19	0,14	0,19	0,14			80%			90%	92%	83%		96%	97%	80%	77%
1	F.02.O_2	270	90	West	0,42	1,12	0,5				0,19	0,14	0,19	0,14			80%			80%	92%	74%		92%	97%	77%	73%
1	F.03.S_2	180	90	South	0,62	2,17	1,3				0,19	0,14	6,25	0,75	99,73%	99,73%	37%			90%	54%	49%		87%	20%	10%	8%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	2,41	0,75			37%			90%	69%	63%		96%	66%	36%	28%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,53	2,17	1,2				0,19	0,07	2,41	0,75			37%			79%	69%	55%		92%	66%	34%	26%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,41	1,12	0,5		3,34	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	101%	101%	80%		99%	95%	94%	90%	97%	94%	89%	70%	67%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,42	1,12	0,5		3,34	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	101%	101%	80%		99%	95%	94%	90%	97%	94%	89%	70%	67%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,47	1,22	0,6		3,34	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	101%	101%	80%		99%	95%	95%	90%	97%	94%	90%	72%	68%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,53	2,17	1,2		5,85	51,12	0,19	0,52	1,30	0,78	109%	109%	80%		90%	90%	82%	73%	92%	96%	85%	70%	67%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,53	2,17	1,2		5,85	51,12	0,19	0,52	1,30	0,78	109%	109%	80%		90%	90%	82%	73%	92%	96%	85%	70%	67%
1	F.07.E_2	90	90	East	0,42	1,12	0,5		4,84	57,72	0,19	0,14	1,30	0,74	106%	106%	80%		93%	80%	75%	60%	94%	92%	75%	60%	57%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	1,30	0,78			80%			90%	82%	74%		96%	85%	70%	67%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	1,30	0,78			80%			90%	82%	74%		96%	85%	70%	67%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,38	2,17	0,8				0,19	0,44	1,29	0,78	99,83%	99,83%	80%			88%	82%	72%		96%	85%	70%	66%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,38	2,17	0,8				0,19	0,44	1,29	0,78	99,88%	99,88%	80%			88%	82%	72%		96%	85%	70%	66%
1	F.01.O_3	270	90	West	1,22	1,12	1,4				0,19	0,14	0,98	0,77			80%			90%	81%	73%		96%	83%	69%	66%
1	F.02.O_3	270	90	West	0,42	1,12	0,5				0,19	0,14	0,98	0,77			80%			80%	81%	65%		92%	83%	66%	63%
1	F.03.S_3	180	90	South	0,62	2,17	1,3				0,19	0,14	6,25	0,75	99,73%	99,73%	37%			90%	54%	49%		87%	20%	10%	8%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	2,41	0,75			37%			90%	69%	63%		96%	66%	36%	28%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,53	2,17	1,2				0,19	0,07	2,41	0,75			37%			79%	69%	55%		92%	66%	34%	26%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,41	1,12	0,5		0,04	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	100,00%	100,00%	80%		100%	95%	94%	90%	100%	94%	89%	72%	68%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,42	1,12	0,5		0,04	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	100,00%	100,00%	80%		100%	95%	94%	90%	100%	94%	89%	72%	68%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,47	1,22	0,6		0,04	36,61	0,19	0,74	0,19	0,06	100,00%	100,00%	80%		100%	95%	95%	90%	100%	94%	90%	73%	70%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,53	2,17	1,2		2,55	51,12	0,19	0,52	1,00	0,90	103,70%	103,70%	37%		96%	90%	86%	77%	97%	96%	91%	49%	38%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,53	2,17	1,2		2,55	51,12	0,19	0,52	1,00	0,90	103,70%	103,70%	37%		96%	90%	86%	77%	97%	96%	91%	49%	38%
1	F.07.E_3	90	90	East	0,42	1,12	0,5		1,54	57,72	0,19	0,14	1,00	0,88	102,01%	102,01%	80%		98%	80%	82%	65%	98%	92%	84%	67%	64%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	1,00	0,90			37%			90%	86%	78%		96%	91%	49%	38%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,53	2,17	1,2				0,19	0,52	1,00	0,90			37%			90%	86%	78%		96%	91%	49%	38%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,38	2,17	0,8				0,19	0,44	2,10	0,92	99,83%	99,83%	37%			88%	74%	66%		96%	73%	39%	30%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,38	2,17	0,8				0,19	0,44	2,10	0,92	99,88%	99,88%	37%			88%	74%	66%		96%	73%	39%	30%

Ventilation data

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Treated floor area A_{TFA}	m²	330		*('Areas' worksheet)*
Room height h	m	3,00	3,00	
Volume of ventilated space (A_{TFA}*h) : V_V	m³	989		*(Worksheet 'Annual heating')*

Ventilation type

Please select: **3-Only window ventilation**

Infiltration air change rate

Wind protection coefficients e and f	Several side exposed	One side exposed
Coefficient e for wind protection class		
No protection	0,10	0,03
Moderate protection	0,07	0,02
High protection	0,04	0,01
Coefficient f	15	20

			For annual demand:	For heating load:				
Wind protection coefficient, e			0,07	0,18				
Wind protection coefficient, f			15	15	Net air volume for press. test	V_{n50}	Air permeability	q_{50}
Air change rate at press. test	n_{50}	1/h	4,00	4,00	1497	m³	8,07	m³/(hm²)

prospetto 9 UNI/TS 11300-1

			For annual demand:	For heating load:
Excess extract air		1/h	0,00	0,00
Infiltration air change rate	$n_{V,Rest}$	1/h	0,424	1,060

Selection of ventilation input - Results

PHPP offers two methods for dimensioning air quantities and choosing the ventilation unit. With "Standard data input for balanced ventilation", supply or extract air quantities for residential buildings and parameters for ventilation systems with a maximum of 1 ventilation unit can be planned. Projects with up to 10 different ventilation units and air quantities determined according to rooms or zones can be entered in the 'Addl vent' worksheet. Please select your design method here:

	Ventilation unit / Heat recovery efficiency design		Average air flow rate m³/h	Average air change rate 1/h	Extract air excess (extract air system) 1/h	Effective heat recovery efficiency unit [-]	Energy recovery [-]	Specific power input Wh/m³	Heat recovery efficiency SHX [-]
x	Standard design	*('Ventilation' worksheet, see below)*	297	0,30	0,00			0,00	0,0%
	Multiple ventilation units, non-res	*('Addl vent' worksheet)*							

Cooling degree	Efficiency SHX η^*_{SHX}
	0%

Average interior humidity during winter operation

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
28%	30%	35%	43%	61%	-	-	-	73%	55%	45%	31%

Standard data input for balanced ventilation

Dimensioning of ventilation system with only one ventilation unit

Occupancy	m²/P	40						
Number of occupants	P	8,3			60	60	120	120
Supply air per person	m³/(P*h)	30						
Supply air requirement	m³/h	249		Bathroom				57,5444142
Extract air rooms		Kitchen	Bathroom	(shower only)	WC			65,6841276
Quantity		1	1					125,546967
Extract air requirement per room	m³/h	60	40	20	20			125,546967
Total extract air requirement	m³/h	100						
							153,8461538	76,92307692
Design air flow rate (maximum)	m³/h	386	Recommended:	386	m³/h			76,92307692
								96,57459

Average air change rate calculation 96,57459

Type of operation	Daily operation times h/d	Factors referenced to maximum	Air flow rate m³/h	Air change rate 1/h	53,84615385
maximum		1,00	386	0,39	67,602213
Standard	**24,0**	**0,77**	297	0,30	
Basic ventilation		**0,54**	208	0,21	
Minimum		**0,40**	154	0,16	
			Average air flow rate (m³/h)	Average air change rate (1/h)	
	Average value	0,77	**297**	**0,30**	

Selection of ventilation unit with heat recovery

Location of ventilation unit

	Go to ventilation units list 1-Sorting: LIKE LIST	Heat recovery efficiency Unit η_{WRG}	Energy recovery η_{ERV}	Specific efficiency [Wh/m³]	Application [m³/h]	Frost power input
Ventilation unit selection						

Y	W/(mK)	0,000	Implementation of frost protection		2-Elec.
	m		Limit temperature [°C]		
Y	W/(mK)	0,000	Useful energy [kWh/a]		0
	m		Room temperature (°C)		20
Temperature of mechanical services room	°C		Avg. ambient temp. heat. period (°C)		6,0
(Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope)			Avg. ground temp (°C)		13,2

Effective heat recovery efficiency $\eta_{HR,eff}$

Effective heat recovery efficiency subsoil heat exchanger

SHX efficiency	η^*_{SHX}	
Heat recovery efficiency SHX	η_{SHX}	0%

Secondary calculation
Ψ-value supply or outdoor air duct

Nominal width:		mm
Insulation thickness:		mm
Reflective coating?		Yes
	x	No
Thermal conductivity		W/(mK)
Nominal air flow rate	297	m³/h
Δϑ	14	K
Exterior duct diameter	0,000	m
Exterior diameter	0,000	m
α–Interior		W/(m²K)
α-Surface		W/(m²K)
Ψ–value		**W/(mK)**
Surface temperature difference		K

Secondary calculation
Ψ-value extract or exhaust air duct

Nominal width:		mm
Insulation thickness:		mm
Reflective coating?		yes
	x	no
Thermal conductivity		W/(mK)
Nominal air flow rate	297	m³/h
Δϑ	14	K
Exterior duct diameter	0,000	m
Exterior diameter	0,000	m
α–Interior		W/(m²K)
α-Surface		W/(m²K)
Ψ–value		**W/(mK)**
Surface temperature difference		K

Specific energy for heating (monthly method)

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

The sum of the heating periods calculated through the monthly method will be presented on this side.

Interior temperature:	20	°C
Building type:	Apartment house	
Treated floor area A_{TFA}:	329,5	m²
Spec. Capacity:	165	Wh/(m²K)

Building assembly	Temperature zone	Area m²		U-Value W/(m²K)		Month. red. fac.		G_t kKh/a		kWh/a	Per m² of treated floor area
External wall - Ambient	A	310,6	*	1,433	*	1,00	*	75	=	33297	101,05
External wall - Ground	B		*		*	1,00	*		=		
Roof/Ceiling - Ambient	A		*		*	1,00	*		=		
Floor slab / Basement ceiling	B		*		*	1,00	*		=		
Unheated basements	B	135,1	*	1,418	*	1,00	*	40	=	7572	22,98
Unheated attic	A	135,1	*	1,260	*	1,00	*	75	=	12729	38,63
Unheated stairwell	X	94,5	*	1,544	*	0,81	*	75	=	8807	26,73
Windows	A	67,3	*	1,464	*	1,00	*	75	=	7366	22,36
Exterior door	A		*		*	1,00	*		=		
Exterior TB (length/m)	A	523,0	*	0,276	*	1,00	*	75	=	10812	32,81
Perimeter TB (length/m)	P		*		*	1,00	*		=		0,00
Ground TB (length/m)	B		*		*	1,00	*		=		0,00
Transmission heat losses Q_T									Total	80583	244,6

kWh/(m²a)

	A_{TFA} m²		Clear room height m		m³
Effective air volume V_V	330	*	3,00	=	989

	$n_{V,system}$ 1/h		η^*_{SHX}		η_{HR}		$n_{V,Res}$ 1/h		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h
Effective air change rate Ambient nV,e	0,300	*(1-	0%	)*(1-	0,00	)+	0,424	=	0,724
Effective air change rate Ground nV,g	0,300	*	0%	*(1-	0,00	)		=	0,000

	V_V m³		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h		c_{Air} Wh/(m³K)		G_t kKh/a		kWh/a	kWh/(m²a)
Ventilation losses ambient Q_V	989	*	0,724	*	0,33	*	75	=	17670	53,6
Ventilation losses ground $Q_{V,e}$	989	*	0,000	*	0,33	*	45	=	0	0,0
Ventilation heat losses Q_V								Total	17670	53,6

	Q_T kWh/a		Q_V kWh/a		Reduction factor night/weekend saving		kWh/a	kWh/(m²a)
Total heat losses Q_L	(80583	+	17670	) *	1,0	=	98253	**298,2**

Orientation of the area	Reduction factor see 'Windows' worksheet		g-Value (perp. radiation)		Area m²		Global radiation kWh/(m²a)		kWh/a
North	0,00	*	0,00	*	0,0	*	260	=	0
East	0,36	*	0,75	*	33,2	*	593	=	5291
South	0,34	*	0,75	*	14,0	*	832	=	3016
West	0,34	*	0,75	*	20,0	*	593	=	2988
Horizontal	0,00	*	0,00	*	0,0	*	812	=	0
Sum opaque areas									3176
Available solar heat gains Q_S								Total	14470

kWh/(m²a)

	kh/d		Length Heat. Period d/a		Spec. Power q_I W/m²		A_{TFA} m²		kWh/a	kWh/(m²a)
Internal heat gains Q_I	0,024	*	273	*	2,7	*	329,5	=	5844	17,7

			kWh/a	kWh/(m²a)
Free heat Q_F	Q_S + Q_I	=	20314	61,7
Ratio free heat to losses	Q_F / Q_L	=	0,21	
Utilisation factor heat gains h_G		=	95%	
Heat gains Q_G	η_G * Q_F	=	19257	**58,4**

		kWh/a	kWh/(m²a)
Annual heating demand Q_H	Q_L - Q_G =	78996	**240**

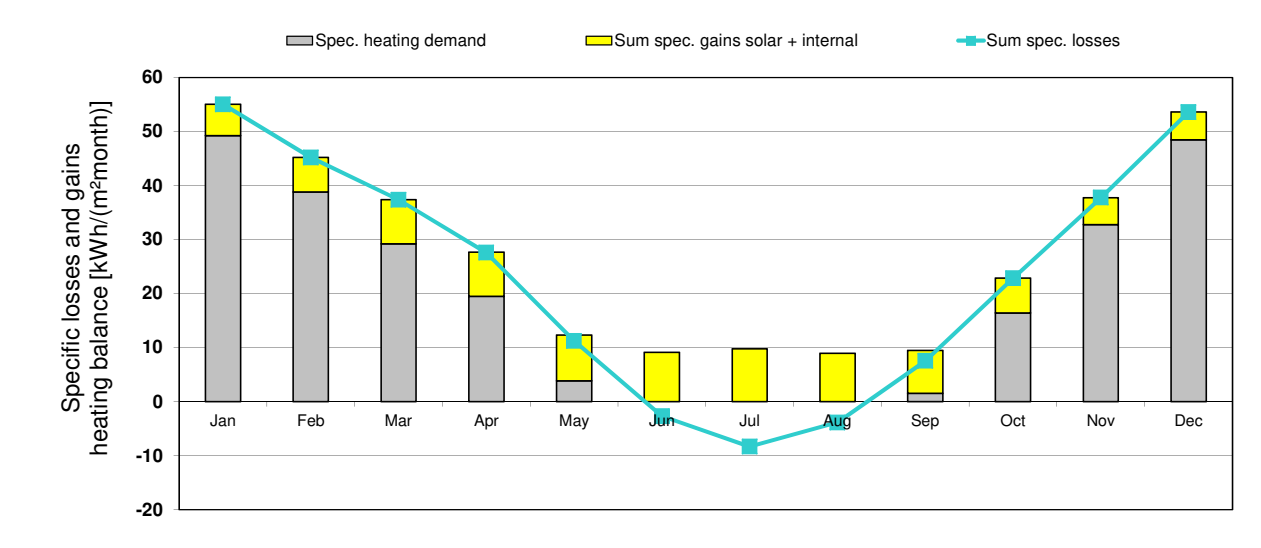
	kWh/(m²a)		(Yes/No)
Limiting value	-	**Requirement met?**	-

Specific energy for heating (monthly method)

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Interior temperature: 20 °C
Building type: Apartment house
Treated floor area A_{TFA}: 330 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating degree hours - External	13,8	11,2	9,1	6,8	2,7	-0,8	-2,1	-0,9	2,1	5,9	9,7	13,6	71	kKh
Heating degree hours - Ground	7,5	6,9	6,7	4,6	2,4	0,3	-1,0	-1,2	-0,2	1,7	3,9	6,1	38	kKh
Losses - Exterior	16706	13568	11036	8204	3244	-938	-2539	-1041	2532	7203	11701	16487	86163	kWh
Losses - Ground	1428	1324	1276	881	465	59	-195	-233	-42	323	743	1173	7203	kWh
Sum spec. losses	55,0	45,2	37,4	27,6	11,3	-2,7	-8,3	-3,9	7,6	22,8	37,8	53,6	283,4	kWh/m²
Solar gains - North	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar gains - East	377	508	756	832	896	1013	1093	953	774	523	323	302	8349	kWh
Solar gains - South	364	373	412	319	283	288	315	327	353	334	274	305	3945	kWh
Solar gains - West	213	287	427	470	506	572	617	538	437	295	182	170	4715	kWh
Solar gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar gains - Opaque	295	343	439	427	444	491	527	476	419	330	236	243	4670	kWh
Internal heat gains	664	599	664	642	664	642	664	664	642	664	642	664	7814	kWh
Sum spec. gains solar + internal	5,8	6,4	8,2	8,2	8,5	9,1	9,8	9,0	8,0	6,5	5,0	5,1	89,5	kWh/m²
Utilisation factor	100%	100%	100%	99%	87%	100%	100%	100%	76%	99%	100%	100%	49%	
Annual heating demand	16221	12783	9625	6423	1273	0	0	0	505	5400	10788	15977	78996	kWh
Spec. heating demand	**49,2**	**38,8**	**29,2**	**19,5**	**3,9**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1,5**	**16,4**	**32,7**	**48,5**	**239,7**	kWh/m²



Annual heating demand: Comparison

Monthly method	*('Heating')*	**78996**	**kWh/a**	**239,7**	**kWh/(m²a)** reference to treated floor area according to PHPP
Annual method	*('Annual heating')*	**74549**	**kWh/a**	**226,2**	**kWh/(m²a)** reference to treated floor area according to PHPP

Summer ventilation

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

			Building type:	Apartment house	
Building volume:	989	m³	Heat recovery η_{HRV}:	0%	
Max. indoor absolute humidity:	12	g/kg	Energy recovery η_{ER}:	0%	
Internal humidity sources:	100	g/(P*h)	Subsoil heat exchanger η^*_{SHX}:	0%	

Results passive cooling			Results active cooling		
Frequency of overheating:	2,7%	at the overheating limit ϑ_{max} = 26 °C	Useful cooling demand:	3,2	kWh/(m²a)
max. humidity:	15,7	g/kg	Dehumidification demand:	2,1	kWh/(m²a)
Frequency of exceeded humidity:	9,8%		Frequency of exceeded humidity:	9,8%	

Summer basic ventilation to ensure adequate air quality

Air change rate via vent. system with supply air: 0,00 1/h

HRV/ERV in summer (check only one field)

None	x
Automatic bypass, controlled by temperature difference	
Automatic bypass, controlled by enthalpy difference	
Always	

Air change rate via extract air system: 0,00 1/h

Specific power consumption (for extract air system): 0,00 Wh/m³

Window ventilation air change rate: 0,39 1/h

Effective air change rate

	$n_{V,system}$ 1/h		η^*_{SHX}		η_{HP}		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h
Exterior $n_{V,e}$	0,000	*(1-	0%	)*(1-	0,00	) =	0,000
without HR	0,000	*(1-	0%	)		=	0,000
Ground $n_{L,g}$	0,000	*	0%	*(1-	0,00	) =	0,000
without HR	0,000	*	0%			=	0,000

Ventilation conductance

	V_V m³		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h		c_{Air} Wh/(m³K)			
exterior $H_{V,e}$	989	*	0,000	*	0,33	=	0,0	W/K
without HR	989	*	0,000	*	0,33	=	0,0	W/K
ground $H_{V,g}$	989	*	0,000	*	0,33	=	0,0	W/K
without HR	989	*	0,000	*	0,33	=	0,0	W/K
Infiltration, window, extract air system	989	*	0,814	*	0,33	=	265,6	W/K

Additional summer ventilation for cooling

Additional ventilation regulation

Minimum acceptable indoor temp. 22,0 °C

Type of additional ventilation

Window night ventilation, manual — Night ventilation value 0,00 1/h

Mechanical, automatically Controlled ventilation — Corresponding air change rate 0,00 1/h; during operation, in addition to basic air change; Specific power consumption 0,00 Wh/m³

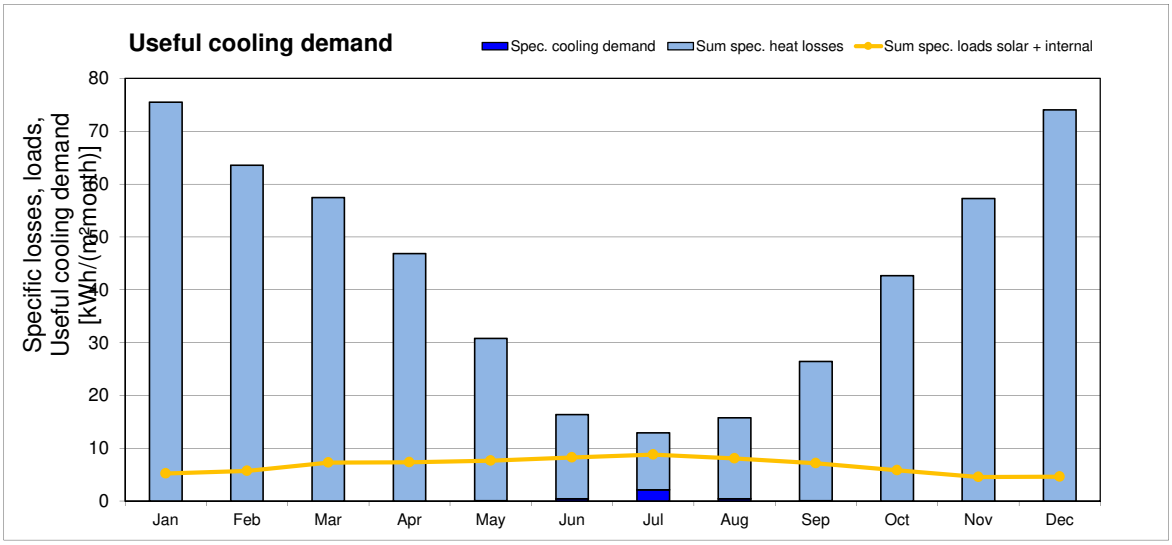
Controlled by (please check): Temperature diff. ; Humidity diff. x

Cooling: energy value for useful cooling energy

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

Interior Temperature: 26 °C
Building type: Apartment house
Treated Floor Area A_{TFA}: 330 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating degree hours - Exterior	18,3	15,2	13,6	11,1	7,2	3,6	2,4	3,6	6,4	10,4	14,0	18,1	124	kKh
Heating degree hours - Ground	11,9	10,9	11,1	8,9	6,9	4,6	3,4	3,2	4,1	6,2	8,2	10,6	90	kKh
Losses - Exterior	22603	18856	16793	13716	8813	4352	2888	4426	7909	12871	17302	22380	152908	kWh
Losses - Ground	2283	2096	2131	1708	1320	886	660	622	785	1178	1571	2027	17267	kWh
Losses summer ventilation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Sum spec. heat losses	75,5	63,6	57,4	46,8	30,8	15,9	10,8	15,3	26,4	42,6	57,3	74,1	516,5	kWh/m²
Solar load North	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar load East	342	461	686	754	813	918	991	864	701	474	293	274	7570	kWh
Solar load South	232	238	262	203	180	183	201	208	225	212	175	194	2512	kWh
Solar load West	178	239	356	391	422	477	514	449	364	246	152	142	3929	kWh
Solar load Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar load Opaque	295	343	439	427	444	491	527	476	419	330	236	243	4670	kWh
Internal heat gains	664	599	664	642	664	642	664	664	642	664	642	664	7814	kWh
Sum spec. loads solar + internal	5,2	5,7	7,3	7,3	7,7	8,2	8,8	8,1	7,1	5,8	4,5	4,6	80,4	kWh/m²
Utilisation factor losses	7%	9%	13%	16%	25%	49%	62%	50%	27%	14%	8%	6%	15%	
Useful cooling energy demand	0	0	2	4	16	144	709	148	19	2	0	0	1044	kWh
Spec. cooling demand	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,4**	**2,2**	**0,4**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**3,2**	kWh/m²
Specif. dehumidification demand	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,2**	**1,9**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**2,1**	kWh/m²
Sensible fraction	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	19%	100%	100%	100%	100%	60%	



Cooling: energy value for useful cooling energy

Caso studio / Climate: Savigliano / TFA: 330 m² / Heating: 239,7 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 3 % / PER: 0 kWh/(m²a)

The sum of the cooling periods calculated through the monthly method will be presented on this side.

Building type:	Apartment house		Treated floor area A_{TFA}:	329,5	m²
Interior temperature summer:	26	°C	Building volume:	989	m³
Nominal humidity:	12	g/kg	Internal humidity sources:	2,5	g/(m²h)
Spec. capacity:	165	Wh/(m²K)			

Building assembly	Temperature zone	Area m²		U-Value W/(m²K)		Mon. red. fac.		G_t kKh/a		kWh/a	per m² treated floor area
External wall - Ambient	A	310,6	*	1,433	*	1,00	*	124	=	55137	167,33
External wall - Ground	B		*		*	1,00	*		=		
Roof/Ceiling - Ambient	A		*		*	1,00	*		=		
Floor slab / Basement ceiling	B		*		*	1,00	*		=		
Unheated basements	B	135,1	*	1,418	*	1,00	*	90	=	17267	52,40
Unheated attic	A	135,1	*	1,260	*	1,00	*	124	=	21078	63,97
Unheated stairwell	X	94,5	*	1,544	*	0,81	*	124	=	14583	44,26
Windows	A	67,3	*	1,464	*	1,00	*	124	=	12198	37,02
Exterior door	A		*		*	1,00	*		=		
Exterior TB (length/m)	A	523,0	*	0,276	*	1,00	*	124	=	17904	54,34
Perimeter TB (length/m)	P		*		*	1,00	*		=		0,00
Ground TB (length/m)	B		*		*	1,00	*		=		0,00
											kWh/(m²a)
Transmission losses Q_T (negative: heat loads)									Total	138168	419,3

Summer ventilation

from 'SummVent' worksheet

Ventilation conductance, vent. unit

exterior $H_{V,e}$	0,0	W/K
without HR	0,0	W/K
ground $H_{V,g}$	0,0	W/K
without HR	0,0	W/K

Ventilation conductance, others

exterior	265,6	W/K

Ventilation parameter

Temperature amplitude summer	0,0	K
Minimum acceptable indoor temperature	22,0	°C
Heat capacity air	0,33	Wh/(m³K)
Supply air changes	0,00	1/h
Outdoor air changes	0,81	1/h
Window night vent. air change rate, manual @ 1K	0,00	1/h
Air changes rate due to mech., autom. controlled vent.	0,00	1/h
Specific power consumption for	0,00	Wh/m³
η_{HR}	0%	
η_{ERV}	0%	
η^*_{SHX}	0%	

Summer ventilation regulation

	HRV/ERV in summer
None	x
Controlled by temp.	
Controlled by enthalpy	
Always	
	Additional ventilation
Controlled by temp.	
Controlled by humidity	x

	$n_{V,system}$ 1/h		η^*_{SHX}		η_{HR} (considers bypass)		$n_{V,Rest}$ 1/h		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h
Hygienic air change									
Effective air change rate Ambient $n_{V,e}$	0,000	*(1-	0%	)*(1-	0,00	)+	0,814	=	0,814
Effective air change rate Ground $n_{V,g}$	0,000	*	0%	*(1-	0,00	)		=	0,000

	V_V m³		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h		c_{Air} Wh/(m³K)		G_t kKh/a		kWh/a	kWh/(m²a)
Ventilation losses ambient Q_V	989	*	0,814	*	0,33	*	121	=	32007	97,1
Ventilation losses ground $Q_{V,e}$	989	*	0,000	*	0,33	*	0	=	0	0,0
Heat losses summer ventilation	989	*	0,000	*	0,33	*	0	=	0	0,0
										kWh/(m²a)
Ventilation heat losses Q_V								Total	32007	97,1

	Q_T kWh/a		Q_V kWh/a		kWh/a	kWh/(m²a)
Total heat losses Q_L	138168	+	32007	=	170174,68768	**516,5**

Orientation of the area	Reduction factor		g-Value (perp. radiation)		Area m²		Global radiation kWh/(m²a)		kWh/a
North	0,40	*	0,00	*	0,0	*	471	=	0
East	0,32	*	0,75	*	33,2	*	936	=	7570
South	0,22	*	0,75	*	14,0	*	1088	=	2512
West	0,28	*	0,75	*	20,0	*	936	=	3929
Horizontal	0,40	*	0,00	*	0,0	*	1338	=	0
Sum opaque areas									4670
									kWh/(m²a)
Available solar heat gains Q_S								Total	18681	56,7

	kh/d		Length heat. period d/a		Spec. power q_I W/m²		A_{TFA} m²		kWh/a	kWh/(m²a)
Internal heat gains Q_I	0,024	*	365	*	2,7	*	329,5	=	7814	23,7

		kWh/a	kWh/(m²a)
Sum heat loads Q_F	Q_S + Q_I =	26494	**80,4**

Ratio of losses to free heat gains	Q_L / Q_F =	6,42	
Utilisation factor heat losses η_G	=	15%	
		kWh/a	kWh/(m²a)
Useful heat losses $Q_{V,n}$	η_G * Q_L =	25450	**77,2**
		kWh/a	kWh/(m²a)
Useful cooling demand Q_K	Q_F - $Q_{V,n}$ =	1044	**3**

	kWh/(m²a)		(Yes/No)
Recommended maximum value	15	**Requirement met?**	**Yes**

Appendice B

B.1
Calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale per l'edificio di riferimento secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-1.

Thermal zone ID			1,0
Zone use			Dwelling
THERMAL ZONE GEOMETRIC CHARACTERISTICS			
Gross floor area	$A_{f,l}$	[m^2]	423,84
Net floor area	A_f	[m^2]	326,46
Gross volume	V_l	[m^3]	1466,48
Net volume	V	[m^3]	959,80
Areic internal heat capacity	k_m	[kJ/m^2K]	48,48
DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS			
Specific internal sensible heat gains	$\Phi_{int,mn}$	[W/m^2]	2,71
Internal latent heat gains	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$	[g/h]	250,00
Ventilation typology (Natural/Mechanical)	N/M	-	M
Time-average air flow rate	$q_{ve,mn}$	[m^3/s]	0,037
Temperature adjustment factor for air flow	b_{ve}	[-]	1,00
Efficiency of the heat recovery unit	η_{hru}	[-]	0,89
Temperature set point for heating	$\theta_{int,set,H}$	[°C]	20,0
Temperature set point for cooling	$\theta_{int,set,C}$	[°C]	26,0

formula 13.1.1.48 UNI/TS 11300-1

13.2.1 UNI/TS 11300-1

DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS - SPACE HEATING MODE													
Continuous/Intermittent	C/I	-	C										
Set point temp. in reduced heating	$\theta_{int,set,red,H}$	[°C]		*Keep empty if Continuous or not set*									
Shortest reduced heating period	$t_{short\ red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*									
Longest reduced heating period	$t_{long\ red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*									
Fract. of hours with normal heating	$f_{H,hr}$	[-]		*Keep empty if Continuous*									
Unoccupied periods (e.g. holidays)	YES/NOT	-	NOT	Fraction of month not occupied	[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation	**FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS** Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε												
	[°]	[°]	[m^2]	[-]	[-]	[W/m^2K]	[W/m^2K]	[-]	[-]	[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	-90	90	1,96	0,34	0,80	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,72	0,84	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,80	0,73	0,70
F.02.O	-90	90	0,91	0,49	0,80	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,49	0,69	0,71	0,81	0,86	0,87	0,88	0,84	0,76	0,63	0,51	0,45
F.03.S	0	90	2,12	0,35	0,59	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,60	0,55	0,56	0,60	0,64	0,64	0,64	0,62	0,58	0,56	0,60	0,60
F.04.O	-90	90	3,53	0,32	0,68	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,72	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,73	0,70
F.05.S	0	90	2,35	0,37	0,67	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,79	0,76	0,76	0,67	0,61	0,58	0,58	0,64	0,72	0,80	0,82	0,76
F.06.E	90	90	3,53	0,32	0,65	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,58	0,67	0,70	0,67	0,65	0,66	0,65	0,67	0,65	0,67	0,61	0,54
F.07.E	90	90	0,91	0,49	0,63	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,41	0,59	0,63	0,60	0,56	0,56	0,56	0,58	0,61	0,55	0,44	0,37
F.08.E	90	90	3,53	0,32	0,77	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,72	0,82	0,80	0,77	0,76	0,74	0,74	0,76	0,80	0,80	0,73	0,70
F.09.E	90	90	2,82	0,38	0,77	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84	0,53	0,72	0,73	0,77	0,76	0,74	0,75	0,76	0,79	0,67	0,55	0,50

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation	**FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS** Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε												
	[°]	[°]	[m^2]	[m]		[W/m^2K]		[-]		[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	-90	90	18,72			0,260		0,30		0,90	0,97	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97
W	0	90	6,20			0,260		0,30		0,90	0,68	0,59	0,45	0,40	0,46	0,47	0,44	0,41	0,37	0,53	0,64	0,71
W	-90	90	12,94			0,260		0,30		0,90	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	0	90	18,68			0,260		0,30		0,90	0,90	0,91	0,96	0,93	0,90	0,88	0,90	0,93	0,95	0,96	0,94	0,86
W	90	90	5,66			0,260		0,30		0,90	0,81	0,81	0,86	0,86	0,84	0,87	0,86	0,87	0,81	0,83	0,84	0,78
W	0	90	16,28			0,260		0,30		0,90	0,82	0,80	0,83	0,81	0,79	0,78	0,79	0,92	0,82	0,84	0,85	0,78
W	90	90	27,61			0,260		0,30		0,90	0,73	0,70	0,73	0,71	0,69	0,70	0,70	0,72	0,69	0,73	0,74	0,71
W	180	90	3,89			0,260		0,30		0,90	0,48	0,48	0,48	0,49	0,46	0,47	0,45	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48
W	90	90	8,14			0,260		0,30		0,90	0,64	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,75	0,66	0,62
W	174	90	18,71			0,260		0,30		0,90	0,48	0,48	0,48	0,50	0,47	0,48	0,47	0,51	0,47	0,48	0,48	0,48

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_c			U_c				
		[-]	[m^2]			[W/m^2K]				
W		0,68	11,62			0,43				
W		0,68	22,31			0,43				
GF		0,00	141,28			0,33				
GF		1,0	141			0,28				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε
	[°]	[°]	[m²]	[-]	[-]	[W/m²K]	[W/m²K]	[-]	[-]	[-]
F.01.O	-90	90	1,96	0,34	0,80	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.02.O	-90	90	0,91	0,49	0,80	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.03.S	0	90	2,12	0,35	0,59	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.04.O	-90	90	3,53	0,32	0,68	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.05.S	0	90	2,35	0,37	0,74	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.06.E	90	90	3,53	0,32	0,70	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.07.E	90	90	0,91	0,49	0,67	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.08.E	90	90	3,53	0,32	0,77	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.09.E	90	90	2,82	0,38	0,77	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84

FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	0,72	0,84	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,80	0,73	0,70
F.02.O	0,49	0,69	0,71	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,76	0,63	0,51	0,45
F.03.S	0,60	0,55	0,46	0,40	0,46	0,47	0,45	0,41	0,38	0,54	0,60	0,60
F.04.O	0,72	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,73	0,70
F.05.S	0,84	0,80	0,78	0,69	0,64	0,62	0,61	0,66	0,74	0,82	0,85	0,82
F.06.E	0,63	0,73	0,74	0,71	0,69	0,69	0,69	0,71	0,71	0,72	0,66	0,60
F.07.E	0,44	0,63	0,66	0,63	0,60	0,58	0,58	0,61	0,66	0,58	0,47	0,40
F.08.E	0,72	0,82	0,80	0,77	0,76	0,74	0,74	0,76	0,80	0,80	0,73	0,70
F.09.E	0,53	0,72	0,73	0,77	0,76	0,74	0,75	0,76	0,79	0,67	0,55	0,50

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε
	[°]	[°]	[m²]	[m]		[W/m²K]		[-]		[-]
W	-90	90	18,72			0,26		0,30		0,90
W	0	90	6,20			0,26		0,30		0,90
W	-90	90	12,94			0,26		0,30		0,90
W	0	90	18,68			0,26		0,30		0,90
W	90	90	5,66			0,26		0,30		0,90
W	0	90	16,28			0,26		0,30		0,90
W	90	90	27,61			0,26		0,30		0,90
W	180	90	3,89			0,26		0,30		0,90
W	90	90	8,14			0,26		0,30		0,90
W	174	90	18,71			0,26		0,30		0,90

FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
W	0,68	0,59	0,45	0,40	0,46	0,47	0,44	0,41	0,37	0,53	0,64	0,71
W	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	0,95	0,95	0,98	0,96	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,97	0,93
W	0,87	0,87	0,89	0,89	0,88	0,89	0,89	0,90	0,86	0,88	0,88	0,85
W	0,86	0,84	0,85	0,83	0,83	0,83	0,83	0,94	0,84	0,85	0,87	0,84
W	0,79	0,76	0,77	0,75	0,73	0,73	0,73	0,75	0,75	0,78	0,79	0,78
W	0,48	0,48	0,48	0,49	0,46	0,47	0,45	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48
W	0,64	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,75	0,66	0,62
W	0,69	0,69	0,69	0,70	0,64	0,67	0,65	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_U	A_c			U_c				
		[-]	[m²]			[W/m²K]				
W		0,68	11,62			0,43				
W		0,68	22,31			0,43				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_U	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε
	[°]	[°]	[m²]	[-]	[-]	[W/m²K]	[W/m²K]	[-]	[-]	[-]
F.01.O	-90	90	1,96	0,34	0,79	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.02.O	-90	90	0,91	0,49	0,79	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.03.S	0	90	2,12	0,35	0,59	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.04.O	-90	90	3,53	0,32	0,68	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.05.S	0	90	2,35	0,37	0,80	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.06.E	90	90	3,53	0,32	0,82	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.07.E	90	90	0,91	0,49	0,78	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.08.E	90	90	3,53	0,32	0,84	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
F.09.E	90	90	2,82	0,38	0,72	1,40	0,95	0,50	0,35	0,84
0										

FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	0,72	0,83	0,82	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78	0,81	0,80	0,73	0,70
F.02.O	0,49	0,69	0,71	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78	0,76	0,63	0,51	0,45
F.03.S	0,60	0,55	0,46	0,40	0,46	0,47	0,45	0,41	0,38	0,54	0,60	0,60
F.04.O	0,72	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,73	0,70
F.05.S	0,88	0,83	0,79	0,71	0,67	0,65	0,64	0,68	0,76	0,83	0,88	0,88
F.06.E	0,69	0,81	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82	0,83	0,78	0,71	0,67
F.07.E	0,48	0,68	0,70	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78	0,75	0,62	0,50	0,44
F.08.E	0,72	0,84	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83	0,84	0,86	0,80	0,73	0,70
F.09.E	0,53	0,72	0,73	0,71	0,69	0,67	0,68	0,69	0,75	0,67	0,55	0,50
0												

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε
	[°]	[°]	[m²]	[m]		[W/m²K]		[-]		[-]
W	-90	90	18,72			0,26		0,30		0,90
W	0	90	6,20			0,26		0,30		0,90
W	-90	90	12,94			0,26		0,30		0,90
W	0	90	18,68			0,26		0,30		0,90
W	90	90	5,66			0,26		0,30		0,90
W	0	90	16,28			0,26		0,30		0,90
W	90	90	27,61			0,26		0,30		0,90
W	180	90	3,89			0,26		0,30		0,90
W	90	90	8,14			0,26		0,30		0,90
W	174	90	18,71			0,26		0,30		0,90

FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	0,91	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,85	0,87	0,89	0,90	0,92
W	0,68	0,60	0,46	0,41	0,46	0,47	0,45	0,41	0,39	0,54	0,65	0,71
W	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
W	0,91	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91
W	0,90	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,87	0,94	0,86	0,87	0,90	0,90
W	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89
W	0,48	0,48	0,48	0,49	0,46	0,47	0,45	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48
W	0,64	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,75	0,66	0,62
W	0,95	0,95	0,95	0,95	0,93	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_c			U_c				
		[-]	[m²]			[W/m²K]				
W		0,68	11,62			0,43				
W		0,68	22,31			0,43				
UF		0,80	141,28			0,31				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				

Thermal zone ID	1,0
Zone use	Dwelling

VENTILATION TYPE	Mechanical

Calculation ($q_{ve,0}$)	n_{pers} [-]	0	***USE***	Residential/Industrial
	n_s [m^{-2}]		$q_{ve,0}$ [m^3/s]	0,1333
	$q_{ve,o,p}$ [m^3/s pers]			
	$\varepsilon_{ve,c}$ [-]			
	C_1 [-]			
	C_2 [-]			
Data for mechanical ventilation	e [-]	0,07		
	f [-]	15		
	FC_{ve} [-]	0,70		
	n_{50} [h^{-1}]	2		
	β_k [-]	1,00	$q_{ve,sup}$ [m^3/s]	0,1425
	$q_{ve,x}$ [m^3/s]	0,0264	$q_{ve,ext}$ [m^3/s]	0,1191
	$q'_{ve,x}$ [m^3/s]	0,0373	$q_{ve,f}$ [m^3/s]	0,1425
	η_{hru} [-]	0,8900	$q_{ve,des}$ [m^3/s]	0,1425
	$q_{ve,k,mn}$ [m^3/s]	0,0374	$b_{ve,k}$ [-]	0,1100
Data for natural ventilation	$f_{ve,t,k}$ [-]	0,60		
	$q_{ve,k,mn}$ [m^3/s]			

da prospetto E.2 UNI/TS 11300-1

THERMAL ZONE CHARACTERISTICS	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

	GENERAL DATA			
	Data	*Value*	*Data*	*Value*
GEOMETRIC CHARACTERISTICS	$A_{f,I}$ $[m^2]$	424	n_{UI} [-]	0
	A_f $[m^2]$	326	$A_{f,UI}$ $[m^2]$	0
	V_I $[m^3]$	1466		
	V $[m^3]$	960		
	κ_e $[kJ/m^2K]$	48		
DATA USERS and OPERATING PARAMETERS	$\Phi_{int,mn}$ [W]	886	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$ [g/h]	250
	$q_{ve,mn}$ $[m^3/h]$	135	$q_{ve,mn}/A_f$ $[m^3/h\,m^2]$	0,41
	b_{ve} [-]	1,0		
	$\theta_{int,set,H}$ [°C]	20		
	$\theta_{int,set,C}$ [°C]	26		

	CALCULATED DATA			
	Data	*Value*	*Data*	*Value*
	A_e $[m^2]$	1001	A_e/A_f [-]	3,07
ZONE THERMAL PARAMETERS				
	H_D [W/K]	180,0	H_D/A_f $[W/m^2K]$	0,55
	H_g [W/K]	40,2	H_g/A_f $[W/m^2K]$	0,12
	H_U [W/K]	66,8	H_U/A_f $[W/m^2K]$	0,20
	H_A [W/K]	0,0	H_A/A_f $[W/m^2K]$	0,00
	$H_{tr,adj}$ [W/K]	287,0	$H_{tr,adj}/A_f$ $[W/m^2K]$	0,88
	$H_{ve,adj}$ [W/K]	44,9	$H_{ve,adj}/A_f$ $[W/m^2K]$	0,14
	H_{ht} [W/K]	331,9	H_{ht}/A_f $[W/m^2K]$	1,02
	C_m [kJ/K]	48535	τ [h]	40,62

H'_t $[W/m^2K]$	0,29
A_{sol}	0,019

THERMAL ZONE	
n°	***Zone use***
1	Dwelling

		Required data	***Month***											***Total***
			january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
		t ***[Ms]***	2,68	2,42	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68	2,68	2,59	2,68	2,59	2,7	**31,5**
		$\theta_{e,m}$ ***[°C]***	1,8	3,7	8,2	11,0	16,8	21,5	23,3	21,5	17,4	12,3	6,8	2,0	
A_f ***[m^2]***	326	$Q_{int,m}$ ***[MJ]***	2371,917	2142	2372	2295	2372	2295	2372	2372	2295	2372	2295	2372	**27927**
		$Q_{sol,w,m}$ ***[MJ]***	2135	2605	3857	3710	3944	4147	4611	4187	3611	2734	1722	1682	**38944**
τ ***[h]***	40,6	$Q_{gn,m}$ ***[MJ]***	4507	4747	6229	6005	6316	6443	6983	6559	5906	5106	4017	4054	**66872**
$\theta_{int,set,H}$ ***[°C]***	20	$Q_{H,tr,m}$ ***[MJ]***	14306,537	11547	9243	6772	2462	-1187	-2573	-1325	1863	6033	9999	14168	**71310**
		$Q_{H,ve,m}$ ***[MJ]***	2188	1770	1418	1047	384	-175	-397	-181	302	925	1535	2164	**10981**
		$Q_{H,ht,m}$ ***[MJ]***	16494	13317	10661	7819	2847	-1362	-2970	-1506	2165	6958	11534	16332	**82291**
a_H ***[-]***	3,7	γ_H ***[-]***	0,27	0,36	0,58	0,77	2,22	2,22	2,22	2,22	2,73	0,73	0,35	0,25	
$\gamma_{H,lim}$ ***[-]***	1,3	$\gamma_{H,1}$ ***[-]***	0,26	0,31	0,47	0,68	1,49	2,22	2,22	2,22	1,73	0,54	0,30	0,26	
		$\gamma_{H,2}$ ***[-]***	0,31	0,47	0,68	1,49	2,22	2,22	2,22	2,47	2,47	1,73	0,54	0,30	
$Day_{H,start}$	8-ott	f_H ***[-]***	1,00	1,00	1,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	1,00	1,00	
$Day_{H,end}$	25-apr	$t_{eff,H}$ ***[Ms]***	2,68	2,42	2,68	2,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	2,59	2,68	**17,3**

THERMAL ZONE	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

Required data	*Month*												*Total*
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$Q_{H,int}$ *[MJ]*	2372	2142	2372	1941	0	0	0	0	0	1823	2295	2372	**15318**
$Q_{H,sol,w}$ *[MJ]*	2135	2605	3857	3138	0	0	0	0	0	2102	1722	1682	**17240**
$Q_{H,gn}$ *[MJ]*	4507	4747	6229	5079	0	0	0	0	0	3925	4017	4054	**32558**
$Q_{H,tr}$ *[MJ]*	14307	11547	9243	5864	0	0	0	0	0	5014	9999	14168	**70142**
$Q_{H,ve}$ *[MJ]*	2188	1770	1418	907	0	0	0	0	0	770	1535	2164	**10751**
$Q_{H,ht}$ *[MJ]*	16494	13317	10661	6771	0	0	0	0	0	5784	11534	16332	**80893**
γ_H [-]	0,27	0,36	0,58	0,75						0,68	0,35	0,25	
$\eta_{H,gn}$ [-]	0,99	0,99	0,94	0,88						0,91	0,99	1,00	
$Q_{H,nd}$ *[MJ]*	12014	8637	4816	2281	0	0	0	0	0	2216	7570	12296	**49829**
$Q_{H,nd}$ *[kWh]*	3337	2399	1338	633	0	0	0	0	0	615	2103	3415	**13841**
$Q_{H,nd}$ *[kWh/m² a]*													**42,40**
$Q_{C,tr,m}$ *[MJ]*	18918	15713	13855	11236	7074	3276	2039	3287	6326	10645	14462	18780	**125611**
$Q_{C,ve,m}$ *[MJ]*	2909	2421	2140	1745	1106	523	324	541	1000	1647	2233	2885	**19474**

$\theta_{int,set,H}$ *[°C]*	20
a_H *[-]*	3,7
$\theta_{int,set,C}$ *[°C]*	26

THERMAL ZONE	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

		Required data	*Month*											*Total*
			january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
		$Q_{C,ht,m}$ *[MJ]*	21827	18134	15995	12980	8180	3800	2363	3828	7327	12291	16695	21665	**145085**
a_C *[-]*	9,6	$1/\gamma_C$ *[-]*	4,84	3,82	2,57	2,16	1,30	0,59	0,34	0,58	1,24	2,41	4,16	5,34	
$(1/\gamma_C)_{lim}$ *[-]*	1,1	$\gamma_{C,1}$ *[-]*	4,33	3,19	2,36	1,73	0,94	0,46	0,46	0,46	0,91	1,82	3,28	4,75	
		$\gamma_{C,2}$ *[-]*	5,09	4,33	3,19	2,36	1,73	0,94	0,46	0,91	1,82	3,28	4,75	5,09	
$Day_{C,start}$	24-mag	f_C *[-]*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	1,00	1,00	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	
$Day_{C,end}$	9-set	$t_{eff,C}$ *[Ms]*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	2,59	2,68	2,68	0,76	0,00	0,00	0,0	**9,3**
		$Q_{C,int}$ *[MJ]*	0	0	0	0	543	2295	2372	2372	670	0	0	0	**8252**
		$Q_{C,sol,w}$ *[MJ]*	0	0	0	0	902	4147	4611	4187	1055	0	0	0	**14903**
		$Q_{C,gn}$ *[MJ]*	0	0	0	0	1445	6443	6983	6559	1725	0	0	0	**23155**
		$Q_{C,tr}$ *[MJ]*	0	0	0	0	1300	3276	2039	3287	1532	0	0	0	**11434**
		$Q_{C,ve}$ *[MJ]*	0	0	0	0	203	523	324	541	243	0	0	0	**1834**
		$Q_{C,ht}$ *[MJ]*	0	0	0	0	1503	3800	2363	3828	1775	0	0	0	**13269**
		γ_C *[-]*					0,96	1,70	2,95	1,71	0,97				

THERMAL ZONE	
n°	***Zone use***
1	Dwelling

a_C [-]	9,6

Required data	***Month***												***Total***
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$\eta_{C,ls}$ [-]					0,89	0,997	1,00	1,00	0,89				
$Q_{C,nd}$ [MJ]	0	0	0	0	112	2653	4620	2741	141	0	0	0	**10266**
$Q_{C,nd}$ [kWh]	0	0	0	0	31	737	1283	761	39	0	0	0	**2852**
$Q_{C,nd}$ [kWh/m^2 a]													**8,7**

B.2
Calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale per l'edificio ristrutturato secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-1.

Thermal zone ID			1,0
Zone use			Dwelling
THERMAL ZONE GEOMETRIC CHARACTERISTICS			
Gross floor area	$A_{l,i}$	[m^2]	423,84
Net floor area	A_f	[m^2]	326,46
Gross volume	V_l	[m^3]	1466,48
Net volume	V	[m^3]	959,80
Areic internal heat capacity	k_m	[kJ/m^2K]	48,48
DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS			
Specific internal sensible heat gains	$\Phi_{int,mn}$	[W/m^2]	2,71
Internal latent heat gains	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$	[g/h]	250,00
Ventilation typology (Natural/Mechanical)	N/M	-	M
Time-average air flow rate	$q_{ve,mn}$	[m^3/s]	0,037
Temperature adjustment factor for air flow	b_{ve}	[-]	1,00
Efficiency of the heat recovery unit	η_{hru}	[-]	0,89
Temperature set point for heating	$\theta_{int,set,H}$	[°C]	20,0
Temperature set point for cooling	$\theta_{int,set,C}$	[°C]	26,0

formula 13.1.1.48 UNI/TS 11300-1

13.2.1 UNI/TS 11300-1

DATA USERS AND OPERATING PARAMETERS - SPACE HEATING MODE													
Continuous/Intermittent	C/I	-	C										
Set point temp. in reduced heating	$\theta_{int,set,red,H}$	[°C]		*Keep empty if Continuous or not set*									
Shortest reduced heating period	$t_{short\ red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*									
Longest reduced heating period	$t_{long\ red}$	[h]		*Keep empty if Continuous*									
Fract. of hours with normal heating	$f_{H,hr}$	[-]		*Keep empty if Continuous*									
Unoccupied periods (e.g. holidays)	YES/NOT	-	NOT	Fraction of month not occupied	[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation	**FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS** Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	Φ	Σ	A_w	F_F	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε												
	[°]	[°]	[m^2]	[-]	[-]	[W/m^2K]	[W/m^2K]	[-]	[-]	[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	-90	90	1,96	0,34	0,80	0,69	0,56	0,50	0,29	0,84	0,72	0,84	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,80	0,73	0,70
F.02.O	-90	90	0,91	0,49	0,80	0,82	0,64	0,50	0,29	0,84	0,49	0,69	0,71	0,81	0,86	0,87	0,88	0,84	0,76	0,63	0,51	0,45
F.03.S	0	90	2,12	0,35	0,59	0,71	0,57	0,50	0,24	0,84	0,60	0,55	0,56	0,60	0,64	0,64	0,64	0,62	0,58	0,56	0,60	0,60
F.04.O	-90	90	3,53	0,32	0,68	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84	0,72	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,73	0,70
F.05.S	0	90	2,35	0,37	0,67	0,74	0,59	0,50	0,24	0,84	0,79	0,76	0,76	0,67	0,61	0,58	0,58	0,64	0,72	0,80	0,82	0,76
F.06.E	90	90	3,53	0,32	0,65	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84	0,58	0,67	0,70	0,67	0,65	0,66	0,65	0,67	0,65	0,67	0,61	0,54
F.07.E	90	90	0,91	0,49	0,63	0,82	0,64	0,50	0,29	0,84	0,41	0,59	0,63	0,60	0,56	0,56	0,56	0,58	0,61	0,55	0,44	0,37
F.08.E	90	90	3,53	0,32	0,77	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84	0,72	0,82	0,80	0,77	0,76	0,74	0,74	0,76	0,80	0,80	0,73	0,70
F.09.E	90	90	2,82	0,38	0,77	0,77	0,61	0,50	0,29	0,84	0,53	0,72	0,73	0,77	0,76	0,74	0,75	0,76	0,79	0,67	0,55	0,50

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation	**FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS** Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	Φ	Σ	A_t	d		U_t		$\alpha_{sol,c}$		ε												
	[°]	[°]	[m^2]	[m]		[W/m^2K]		[-]		[-]	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	-90	90	18,72			0,184		0,30		0,90	0,97	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97
W	0	90	6,20			0,183		0,30		0,90	0,68	0,59	0,45	0,40	0,46	0,47	0,44	0,41	0,37	0,53	0,64	0,71
W	-90	90	12,94			0,184		0,30		0,90	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	0	90	18,68			0,184		0,30		0,90	0,90	0,91	0,96	0,93	0,90	0,88	0,90	0,93	0,95	0,96	0,94	0,86
W	90	90	5,66			0,185		0,30		0,90	0,81	0,81	0,86	0,86	0,84	0,87	0,86	0,87	0,81	0,83	0,84	0,78
W	0	90	16,28			0,185		0,30		0,90	0,82	0,80	0,83	0,81	0,79	0,78	0,79	0,92	0,82	0,84	0,85	0,78
W	90	90	27,61			0,183		0,30		0,90	0,73	0,70	0,73	0,71	0,69	0,70	0,70	0,72	0,69	0,73	0,74	0,71
W	180	90	3,89			0,185		0,30		0,90	0,48	0,48	0,48	0,49	0,46	0,47	0,45	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48
W	90	90	8,14			0,183		0,30		0,90	0,64	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,75	0,66	0,62
W	174	90	18,71			0,185		0,30		0,90	0,48	0,48	0,48	0,50	0,47	0,48	0,47	0,51	0,47	0,48	0,48	0,48

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_t			U_t				
		[-]	[m^2]			[W/m^2K]				
W		0,62	11,62			0,52				
W		0,62	22,31			0,41				
GF		0,00	141,28			0,24				
GF		1,0	141			0,25				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				
Adjacent to staircase		0,62	28,36			0,194				
Adjacent to unconditioned basement		0,00	68,24			0,117				
Adjacent to outdoors		1,00	160,96			0,128				

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_w	F_f	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε
	[°]	[°]	[m²]	[-]	[-]	[W/m²K]	[W/m²K]	[-]	[-]	[-]
F.01.O	-90	90	1,96	0,34	0,80	0,69	0,56	0,50	0,29	0,84
F.02.O	-90	90	0,91	0,49	0,80	0,82	0,64	0,50	0,29	0,84
F.03.S	0	90	2,12	0,35	0,59	0,71	0,57	0,50	0,24	0,84
F.04.O	-90	90	3,53	0,32	0,68	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84
F.05.S	0	90	2,35	0,37	0,74	0,74	0,59	0,50	0,24	0,84
F.06.E	90	90	3,53	0,32	0,70	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84
F.07.E	90	90	0,91	0,49	0,67	0,82	0,64	0,50	0,29	0,84
F.08.E	90	90	3,53	0,32	0,77	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84
F.09.E	90	90	2,82	0,38	0,77	0,77	0,61	0,50	0,29	0,84

FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$											
	[-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	0,72	0,84	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,80	0,73	0,70
F.02.O	0,49	0,69	0,71	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,76	0,63	0,51	0,45
F.03.S	0,60	0,55	0,46	0,40	0,46	0,47	0,45	0,41	0,38	0,54	0,60	0,60
F.04.O	0,72	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,73	0,70
F.05.S	0,84	0,80	0,78	0,69	0,64	0,62	0,61	0,66	0,74	0,82	0,85	0,82
F.06.E	0,63	0,73	0,74	0,71	0,69	0,69	0,69	0,71	0,71	0,72	0,66	0,60
F.07.E	0,44	0,63	0,66	0,63	0,60	0,58	0,58	0,61	0,66	0,58	0,47	0,40
F.08.E	0,72	0,82	0,80	0,77	0,76	0,74	0,74	0,76	0,80	0,80	0,73	0,70
F.09.E	0,53	0,72	0,73	0,77	0,76	0,74	0,75	0,76	0,79	0,67	0,55	0,50

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness		Opaque component thermal transmittance		Solar absorption		Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_c	d		U_c		$\alpha_{sol,c}$		ε
	[°]	[°]	[m²]	[m]		[W/m²K]		[-]		[-]
W	-90	90	18,72			0,18		0,30		0,90
W	0	90	6,20			0,18		0,30		0,90
W	-90	90	12,94			0,18		0,30		0,90
W	0	90	18,68			0,18		0,30		0,90
W	90	90	5,66			0,19		0,30		0,90
W	0	90	16,28			0,19		0,30		0,90
W	90	90	27,61			0,18		0,30		0,90
W	180	90	3,89			0,19		0,30		0,90
W	90	90	8,14			0,18		0,30		0,90
W	174	90	18,71			0,19		0,30		0,90

FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Shading reduction factor for external obstacles											
	$F_{sh,ob}$											
	[-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97
W	0,68	0,59	0,45	0,40	0,46	0,47	0,44	0,41	0,37	0,53	0,64	0,71
W	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	0,95	0,95	0,98	0,96	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,97	0,93
W	0,87	0,87	0,89	0,89	0,88	0,89	0,89	0,90	0,86	0,88	0,88	0,85
W	0,86	0,84	0,85	0,83	0,83	0,83	0,83	0,94	0,84	0,85	0,87	0,84
W	0,79	0,76	0,77	0,75	0,73	0,73	0,73	0,75	0,75	0,78	0,79	0,78
W	0,48	0,48	0,48	0,49	0,46	0,47	0,45	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48
W	0,64	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,82	0,75	0,66	0,62
W	0,69	0,69	0,69	0,70	0,64	0,67	0,65	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF		Heat transfer coefficient	Area			Opaque component thermal transmittance				
		b_{tr}	A_c			U_c				
		[-]	[m²]			[W/m²K]				
W		0,62	11,62			0,29				
W		0,62	22,31			0,41				

THERMAL BRIDGES

NAME		Heat transfer coefficient	Length			Lineic thermal transmittance				
		b_{tr}	l			Ψ				
		[-]	[m]			[W/mK]				
Adjacent to staircase		0,62	21,85			0,205				
Adjacent to outdoors		1,00	137,15			0,098				

HEAT TRANSFER SURFACES: WINDOWS

NAME	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	Frame area fraction	Diffuse radiation shading reduction factor for external obstacles	Window thermal transmittance	Window+shutters thermal transmittance	Total solar energy transmittance of the transparent part of the element for normal solar radiation incidence	Total solar energy transmittance of the window with solar shading devices	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_w	F_f	$F_{sh,ob,\ dif}$	U_w	U_{w+shut}	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}	ε
	[°]	[°]	[m²]	[-]	[-]	[W/m²K]	[W/m²K]	[-]	[-]	[-]
F.01.O	-90	90	1,96	0,34	0,79	0,69	0,56	0,50	0,29	0,84
F.02.O	-90	90	0,91	0,49	0,79	0,82	0,64	0,50	0,29	0,84
F.03.S	0	90	2,12	0,35	0,59	0,71	0,57	0,50	0,24	0,84
F.04.O	-90	90	3,53	0,32	0,68	0,71	0,57	0,50	0,29	0,84
F.05.S	0	90	2,35	0,37	0,80	0,74	0,59	0,50	0,24	0,84
F.06.E	90	90	3,53	0,32	0,82	0,71	0,57	0,50	0,25	0,84
F.07.E	90	90	0,91	0,49	0,78	0,82	0,64	0,50	0,29	0,84
F.08.E	90	90	3,53	0,32	0,84	0,71	0,57	0,50	0,25	0,84
F.09.E	90	90	2,82	0,38	0,72	0,77	0,61	0,50	0,25	0,84
0										

FIXED SHADING COMPONENTS ON WINDOWS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
F.01.O	0,72	0,83	0,82	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78	0,81	0,80	0,73	0,70
F.02.O	0,49	0,69	0,71	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78	0,76	0,63	0,51	0,45
F.03.S	0,60	0,55	0,46	0,40	0,46	0,47	0,45	0,41	0,38	0,54	0,60	0,60
F.04.O	0,72	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,73	0,70
F.05.S	0,88	0,83	0,79	0,71	0,67	0,65	0,64	0,68	0,76	0,83	0,88	0,88
F.06.E	0,69	0,81	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82	0,83	0,78	0,71	0,67
F.07.E	0,48	0,68	0,70	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78	0,75	0,62	0,50	0,44
F.08.E	0,72	0,84	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83	0,84	0,86	0,80	0,73	0,70
F.09.E	0,53	0,72	0,73	0,71	0,69	0,67	0,68	0,69	0,75	0,67	0,55	0,50

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO OUTDOORS

NAME Wall = W; Cavity Wall = CW; Roof = R; Ground floor = GF	Azimuth South = 0; East = 90; West = -90 ...	Tilt angle 0° = flat roof; 90° = vertical wall	Area	IF CAVITY WALL: cavity thickness	Opaque component thermal transmittance	Solar absorption	Emissivity for infrared radiation
	Φ	Σ	A_c	d	U_c	$\alpha_{sol,c}$	ε
	[°]	[°]	[m²]	[m]	[W/m²K]	[-]	[-]
W	-90	90	18,72		0,18	0,30	0,90
W	0	90	6,20		0,18	0,30	0,90
W	-90	90	12,94		0,18	0,30	0,90
W	0	90	18,68		0,18	0,30	0,90
W	90	90	5,66		0,19	0,30	0,90
W	0	90	16,28		0,19	0,30	0,90
W	90	90	27,61		0,18	0,30	0,90
W	180	90	3,89		0,19	0,30	0,90
W	90	90	8,14		0,18	0,30	0,90
W	174	90	18,71		0,19	0,30	0,90

FIXED SHADING COMPONENTS ON OPAQUE ELEMENTS

NAME	Shading reduction factor for external obstacles $F_{sh,ob}$ [-]											
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december
W	0,91	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,85	0,87	0,89	0,90	0,92
W	0,68	0,60	0,46	0,41	0,46	0,47	0,45	0,41	0,39	0,54	0,65	0,71
W	0,83	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,77	0,81	0,84
W	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
W	0,91	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91
W	0,90	0,87	0,86	0,86	0,87	0,88	0,87	0,94	0,86	0,87	0,90	0,90
W	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89
W	0,48	0,48	0,48	0,49	0,46	0,47	0,45	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48
W	0,64	0,75	0,73	0,67	0,64	0,62	0,62	0,64	0,72	0,75	0,66	0,62
W	0,95	0,95	0,95	0,95	0,93	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95

HEAT TRANSFER SURFACES: OPAQUE COMPONENTS TO ADJACENT UNCONDITIONED SPACE/GROUND

NAME Wall = W; Upper floor = UF; Ground floor = GF	Heat transfer coefficient	Area	Opaque component thermal transmittance
	b_{tr}	A_c	U_c
	[-]	[m²]	[W/m²K]
W	0,62	11,62	0,29
W	0,62	22,31	0,41
UF	0,78	141,28	0,22

THERMAL BRIDGES

NAME	Heat transfer coefficient	Length	Lineic thermal transmittance
	b_{tr}	l	Ψ
	[-]	[m]	[W/mK]
Adjacent to staircase	0,62	26,64	0,178
Adjacent to unconditioned attic	0,78	89,79	0,111
Adjacent to outdoors	1,00	137,15	0,098

Thermal zone ID	1,0
Zone use	Dwelling

VENTILATION TYPE	Mechanical

Calculation ($q_{ve,0}$)	n_{pers} [-]	0	***USE***	Residential/Industrial
	n_s [m^{-2}]		$q_{ve,0}$ [m^3/s]	0,1333
	$q_{ve,o,p}$ [m^3/s pers]			
	$\varepsilon_{ve,c}$ [-]			
	C_1 [-]			
	C_2 [-]			
Data for mechanical ventilation	e [-]	0,070		
	f [-]	15,000		
	FC_{ve} [-]	0,700		
	n_{50} [h^{-1}]	2,000		
	β_k [-]	1,000	$q_{ve,sup}$ [m^3/s]	0,1425
	$q_{ve,x}$ [m^3/s]	0,026	$q_{ve,ext}$ [m^3/s]	0,1191
	$q'_{ve,x}$ [m^3/s]	0,037	$q_{ve,f}$ [m^3/s]	0,1425
	η_{hru} [-]	0,890	$q_{ve,des}$ [m^3/s]	0,1425
	$q_{ve,k,mn}$ [m^3/s]	0,037	$b_{ve,k}$ [-]	0,1100
Data for natural ventilation	$f_{ve,t,k}$ [-]	0,60		
	$q_{ve,k,mn}$ [m^3/s]			

da prospetto E.2 UNI/TS 11300-1

THERMAL ZONE CHARACTERISTICS	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

	GENERAL DATA			
	Data	*Value*	*Data*	*Value*
GEOMETRIC CHARACTERISTICS	$A_{f,I}$ $[m^2]$	424	n_{UI} [-]	0
	A_f $[m^2]$	326	$A_{f,UI}$ $[m^2]$	0
	V_I $[m^3]$	1466		
	V $[m^3]$	960		
	κ_e $[kJ/m^2K]$	48		
DATA USERS and OPERATING PARAMETERS	$\Phi_{int,mn}$ [W]	886	$G_{wv,oc}+G_{wv,A}$ [g/h]	250
	$q_{ve,mn}$ $[m^3/h]$	135	$q_{ve,mn}/A_f$ $[m^3/h\,m^2]$	0,41
	b_{ve} [-]	1,0		
	$\theta_{int,set,H}$ [°C]	20		
	$\theta_{int,set,C}$ [°C]	26		

	CALCULATED DATA			
	Data	*Value*	*Data*	*Value*
	A_e $[m^2]$	1001	A_e/A_f [-]	3,07
ZONE THERMAL PARAMETERS				
	H_D [W/K]	164,7	H_D/A_f $[W/m^2K]$	0,50
	H_g [W/K]	35,0	H_g/A_f $[W/m^2K]$	0,11
	H_U [W/K]	67,1	H_U/A_f $[W/m^2K]$	0,21
	H_A [W/K]	0,0	H_A/A_f $[W/m^2K]$	0,00
	$H_{tr,adj}$ [W/K]	266,8	$H_{tr,adj}/A_f$ $[W/m^2K]$	0,82
	$H_{ve,adj}$ [W/K]	44,9	$H_{ve,adj}/A_f$ $[W/m^2K]$	0,14
	H_{ht} [W/K]	311,7	H_{ht}/A_f $[W/m^2K]$	0,95
	C_m [kJ/K]	48535	τ [h]	43,25

H'_t $[W/m^2K]$	0,27
A_{sol}	0,002

THERMAL ZONE	
n°	***Zone use***
1	Dwelling

		Required data	***Month***											***Total***
			january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
		t ***[Ms]***	2,68	2,42	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68	2,68	2,59	2,68	2,59	2,7	**31,5**
		$\theta_{e,m}$ ***[°C]***	1,8	3,7	8,2	11,0	16,8	21,5	23,3	21,5	17,4	12,3	6,8	2,0	
A_f ***[m^2]***	326	$Q_{int,m}$ ***[MJ]***	2371,917	2142	2372	2295	2372	2295	2372	2372	2295	2372	2295	2372	**27927**
		$Q_{sol,w,m}$ ***[MJ]***	1816	2256	3298	3199	3426	3584	3966	3566	3067	2296	1462	1414	**33350**
τ ***[h]***	43,3	$Q_{gn,m}$ ***[MJ]***	4188	4399	5670	5494	5798	5879	6338	5938	5362	4668	3758	3786	**61277**
$\theta_{int,set,H}$ ***[°C]***	20	$Q_{H,tr,m}$ ***[MJ]***	13181,246	10621	8449	6166	2164	-1226	-2537	-1328	1647	5512	9214	13060	**64921**
		$Q_{H,ve,m}$ ***[MJ]***	2188	1770	1418	1047	384	-175	-397	-181	302	925	1535	2164	**10981**
		$Q_{H,ht,m}$ ***[MJ]***	15369	12391	9867	7212	2548	-1401	-2934	-1509	1949	6438	10750	15224	**75902**
a_H ***[-]***	3,9	γ_H ***[-]***	0,27	0,35	0,57	0,76	2,28	2,28	2,28	2,28	2,75	0,73	0,35	0,25	
$\gamma_{H,lim}$ ***[-]***	1,3	$\gamma_{H,1}$ ***[-]***	0,26	0,31	0,46	0,67	1,52	2,28	2,28	2,28	1,74	0,54	0,30	0,26	
		$\gamma_{H,2}$ ***[-]***	0,31	0,46	0,67	1,52	2,28	2,28	2,28	2,51	2,51	1,74	0,54	0,30	
$Day_{H,start}$	8-ott	f_H ***[-]***	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	1,00	1,00	
$Day_{H,end}$	25-apr	$t_{eff,H}$ ***[Ms]***	2,68	2,42	2,68	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	2,59	2,68	**17,2**

THERMAL ZONE	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

Required data	*Month*												*Total*
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$Q_{H,int}$ *[MJ]*	2372	2142	2372	1899	0	0	0	0	0	1809	2295	2372	**15262**
$Q_{H,sol,w}$ *[MJ]*	1816	2256	3298	2647	0	0	0	0	0	1751	1462	1414	**14644**
$Q_{H,gn}$ *[MJ]*	4188	4399	5670	4547	0	0	0	0	0	3560	3758	3786	**29907**
$Q_{H,tr}$ *[MJ]*	13181	10621	8449	5240	0	0	0	0	0	4560	9214	13060	**64325**
$Q_{H,ve}$ *[MJ]*	2188	1770	1418	889	0	0	0	0	0	766	1535	2164	**10730**
$Q_{H,ht}$ *[MJ]*	15369	12391	9867	6130	0	0	0	0	0	5326	10750	15224	**75055**
γ_H [-]	0,27	0,35	0,57	0,74						0,67	0,35	0,25	
$\eta_{H,gn}$ [-]	1,00	0,99	0,95	0,89						0,92	0,99	1,00	
$Q_{H,nd}$ *[MJ]*	11201	8043	4497	2063	0	0	0	0	0	2053	7034	11450	**46341**
$Q_{H,nd}$ *[kWh]*	3111	2234	1249	573	0	0	0	0	0	570	1954	3181	**12872**
$Q_{H,nd}$ *[kWh/m² a]*													**39,4**
$Q_{C,tr,m}$ *[MJ]*	17469	14494	12736	10315	6451	2923	1750	2959	5796	9800	13364	17348	**115405**
$Q_{C,ve,m}$ *[MJ]*	2909	2421	2140	1745	1106	523	324	541	1000	1647	2233	2885	**19474**

$\theta_{int,set,H}$ *[°C]*	20
a_H *[-]*	3,9
$\theta_{int,set,C}$ *[°C]*	26

THERMAL ZONE	
n°	*Zone use*
1	Dwelling

a_C [-]	9,8
$(1/\gamma_C)_{lim}$ [-]	1,1

$Day_{C,start}$	24-mag
$Day_{C,end}$	8-set

Required data	*Month*												*Total*
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$Q_{C,ht,m}$ *[MJ]*	20378	16915	14876	12060	7557	3446	2075	3500	6796	11447	15597	20232	**134878**
$1/\gamma_C$ [-]	4,87	3,85	2,62	2,19	1,30	0,59	0,33	0,59	1,27	2,45	4,15	5,34	
$\gamma_{C,1}$ [-]	4,36	3,23	2,41	1,75	0,94	0,46	0,46	0,46	0,93	1,86	3,30	4,75	
$\gamma_{C,2}$ [-]	5,11	4,36	3,23	2,41	1,75	0,94	0,46	0,93	1,86	3,30	4,75	5,11	
f_C *[-]*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	1,00	1,00	1,00	0,26	0,00	0,00	0,00	
$t_{eff,C}$ *[Ms]*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	2,59	2,68	2,68	0,66	0,00	0,00	0,0	**9,2**
$Q_{C,int}$ *[MJ]*	0	0	0	0	521	2295	2372	2372	589	0	0	0	**8148**
$Q_{C,sol,w}$ *[MJ]*	0	0	0	0	752	3584	3966	3566	786	0	0	0	**12655**
$Q_{C,gn}$ *[MJ]*	0	0	0	0	1272	5879	6338	5938	1375	0	0	0	**20803**
$Q_{C,tr}$ *[MJ]*	0	0	0	0	1128	2923	1750	2959	1216	0	0	0	**9976**
$Q_{C,ve}$ *[MJ]*	0	0	0	0	194	523	324	541	211	0	0	0	**1794**
$Q_{C,ht}$ *[MJ]*	0	0	0	0	1322	3446	2075	3500	1427	0	0	0	**11770**
γ_C [-]					0,96	1,71	3,06	1,70	0,96				

THERMAL ZONE	
n°	***Zone use***
1	Dwelling

a_C [-]	9,8

Required data	***Month***												***Total***
	january	february	march	april	may	june	july	august	september	october	november	december	
$\eta_{C,ls}$ [-]					0,89	1,00	1,00	1,00	0,89				
$Q_{C,nd}$ [MJ]	0	0	0	0	97	2441	4263	2446	106	0	0	0	**9353**
$Q_{C,nd}$ [kWh]	0	0	0	0	27	678	1184	680	29	0	0	0	**2598**
$Q_{C,nd}$ [kWh/m^2 a]													**8,0**

B.3
Calcoli dettagliati del fabbisogno energetico ideale per l’edificio ristrutturato secondo il software PHPP.

EnerPHit Verification (step-by-step)

Calculated step:
1-Ristrutturazione importante di 1° livello DM 26/06/15

Photo or Drawing

Building:	Edificio ristrutturato
Street:	Via Sclaverani, 14
Postcode/City:	12038 Savigliano
Province/Country:	Cuneo IT-Italy
Building type:	Apartment house
Climate data set:	ud---01-Savigliano
Climate zone:	4: Warm-temperate — Altitude of location: 320 m
Home owner / Client:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Architecture:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Mechanical system:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Energy consultancy:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	
Certification:	
Street:	
Postcode/City:	
Province/Country:	

Year of construction:		Interior temperature winter [°C]:	20,0
No. of dwelling units:	4	Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]:	2,7126437
No. of occupants:	8,2	Specific capacity [Wh/K per m² TFA]:	165
		Interior temp. summer [°C]:	26,0
		IHG cooling case [W/m²]:	2,7
		Mechanical cooling:	x

Specific building characteristics with reference to the treated floor area — **The PHPP has not been filled completely; it is not valid as verification**

					Criteria	Alternative criteria	Fullfilled?[2]
	Treated floor area	m²	326,5				
Space heating	Heating demand	kWh/(m²a)	35	≤	-	-	-
	Heating load	W/m²	21	≤	-	-	
Space cooling	Cooling & dehum. demand	kWh/(m²a)	9	≤	-	-	
	Cooling load	W/m²	8	≤	-	-	
	Frequency of overheating (> 26 °C)	%	-	≤	-		-
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg)	%	17	≤	10		no
Airtightness	Pressurization test result n_{50}	1/h	1,0	≤	1,0		yes
Minimum thermal protection	fulfilled?	yes/no			yes		yes
	Smallest temperature factor $f_{Rsi=0.25\ m^2K/W}$	-	-	≥	0,65		-
	highest U-value	W/(m²K)	1,05	≤	1,10		yes
	highest U-value	W/(m²K)	-	≤	1,15		-
	highest U-value	W/(m²K)	0,18	≤	1,25		yes
	highest U-value	W/(m²K)	0,24	≤	0,85		yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand	kWh/(m²a)	5	≤	-		-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand	kWh/(m²a)	2	≤	70	#VALORE!	
	Generation of renewable energy	kWh/(m²a)		≥	60	#VALORE!	

EnerPHit (refurbishment): Component characteristics

Building envelope to exterior air[1] (U-value)	W/(m²K)	0,18	≤	0,3	yes
Building envelope to ground[1] (U-value)	W/(m²K)	-	≤	0,29	-
Wall w/int. insulation in contact w/exterior air (U-value)	W/(m²K)	-	≤	0,5	-
Wall w/interior insulation in contact w/ground (U-value)	W/(m²K)	-	≤	0,54	-
Flat roof (SRI)	-	-	≥	-	-
Inclined and vertical external surface (SRI)	-	86	≥	-	-
Windows/Entrance doors ($U_{W/D,installed}$)	W/(m²K)	0,99	≤	1,08	yes
Windows ($U_{W,installed}$)	W/(m²K)	-	≤	1,13	-
Windows ($U_{W,installed}$)	W/(m²K)	-	≤	1,23	-
Glazing (g-value)	-	0,50	≥	0,14	yes
Glazing/sun protection (max. solar load)	kWh/(m²a)	155	≤	-	-
Ventilation (effective heat recovery efficiency)	%	89	≥	75	yes
Ventilation (humidity recovery efficiency)	%	0	≥	-	-

[1] Without windows, doors and external walls with interior insulation
[2] Empty field: Data missing; '-': No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

EnerPHit Plus?

Task: | First name: | Surname: | Signature:

Issued on: | City:

U-value of building assemblies

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Secondary calculation: Equivalent thermal conductivity of still air spaces -> (on the right)
Wedge-shaped assembly layer -> (on the right)
Unheated / uncooled attic -> (on the right)

Assembly no. 01ud — Building assembly description: **External wall** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall — interior R_{si}: 0,13
Adjacent to: 1-Outdoor air — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Load-bearing in full bricks	0,809					380
External concrete plaster	1,400					15
	0,380					10
	0,030					140
	0,380					5
	0,740					5

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 57,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,185 W/(m²K)

Assembly no. 02ud — Building assembly description: **Staircase wall** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall — interior R_{si}: 0,13
Adjacent to: 3-Ventilated — exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Load-bearing in full bricks	0,781					250
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
	0,030					80
	0,280					13
	0,280					13

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 38,6 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,292 W/(m²K)

Assembly no. 03ud — Building assembly description: **Basement ceiling** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 3-Floor — interior R_{si}: 0,13
Adjacent to: 3-Ventilated — exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Tiles	1,000					20
Concrete plaster	1,400					10
Screed	1,350					60
Slab in concrete and masonry	0,600					190
Plaster of pure gypsum	0,350					20
	0,380					10
	0,030					100
	0,380					5
	0,740					5

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 42,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,245 W/(m²K)

Assembly no. 04,04761904761905ud — **Attic floor** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 3-Floor — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 3-Ventilated — exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
	0,130					10
	0,030					120
Slab in concrete and masonry	0,633					190
Plaster of pure gypsum	0,350					20

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 34,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,213 W/(m²K)

Assembly no. 05,04761904761905ud — **Shutter box** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 1-Outdoor air — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Shutter box	0,146					300
Concrete plaster	1,400					10
Load-bearing in full bricks	0,226					70
External concrete plaster	1,400					15
	0,380					10
	0,030					140
	0,380					5
	0,740					5

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 57,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,137 W/(m²K)

Assembly no. 06,09523809523809ud — **Radiator niche** — Interior insulation?

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 2-Wall — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 1-Outdoor air — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	0,350					15
Hollow bricks	0,400					80
Concrete plaster	1,400					10
Load-bearing in full bricks	0,800					120
External concrete plaster	1,400					15
	0,380					10
	0,030					140
	0,380					5
	0,740					5

Percentage of sec. 1: 100% — Percentage of sec. 2 — Percentage of sec. 3 — Total: 40,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,189 W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

07,14285714285714ud | **Door**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: **0** | interior R_{si}: 0,00

Adjacent to: **0** | exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Door	**1,014**					**1000**

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **100,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 1,014** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

08,14285714285714ud | **Basement wall**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: **2-Wall** | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: **2-Ground** | exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Internal plaster of pure gypsum	**0,350**					**15**
Load-bearing in full bricks	**0,809**					**380**
External concrete plaster	**1,400**					**15**

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **41,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 1,530** W/(m²K)

Assembly no. | Interior insulation?

09,14285714285714ud | **Floor slab**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: **3-Floor** | interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: **2-Ground** | exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Tiles	**1,300**					**20**
Concrete plaster	**1,400**					**10**
Screed	**1,350**					**60**
Reinforced concrete	**2,300**					**100**

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: **19,0** cm

U-value supplement: W/(m²K) | **U-value: 4,159** W/(m²K)

Unheated / uncooled attic

Building assembly description

Roof

Heat transmission resistance [m²K/W] interior R_{si} 0,13

exterior R_{se} : 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Plaster of pure gypsum	0,350					20
Slab in concrete and masonry	0,633					190
	0,400					0
	0,030					40
	0,200					3

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: 25,3 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,533 W/(m²K)

Building assembly description

External wall attic

Heat transmission resistance [m²K/W] interior R_{si} 0,00

exterior R_{se} : 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
	0,722					1000

Percentage of sec. 1: 100% | Percentage of sec. 2 | Percentage of sec. 3 | Total: 100,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,722 W/(m²K)

Building assembly description

Suspended ceiling

Heat transmission resistance [m²K/W] interior R_{si} 0,13

exterior R_{se} : 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Plaster of pure gypsum	0,350					20
Slab in concrete and masonry	0,633					190
	0,030					120
	0,130					10

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			34,0 cm

U-value supplement W/(m²K)

U-value: 0,213 W/(m²K)

Areas attic

Flat roof [m²]	177,0
Area external wall attic [m²]	29,5
Area intermediate floor [m²]	141,3

Average radiation properties of exterior surfaces

Coefficient of absorption exterior	0,30
Coefficient of emission exterior	0,90

Air exchange in attic

Air change rate	0,30	1/h
Volume	143,3	m³

Coefficient of emission in roof

Interior side roof / external wall	0,90
Top floor ceiling	0,90

Equivalent specific values for the intermediate ceiling (link with 'Components' and 'Areas' worksheet)

U-value [W/(m²K)]: 0,177 **Absorption: 0,265** **Emissivity: 0,795**

Total energy transmittance (informative): 0,002

Areas determination

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a] 8 Months	Radiation-load cooling period [kWh/a] 6 Months
	Treated floor area	1	**326,45**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*					
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**			
A	**East windows**	3	**32,35**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**0,968**	**2855**	**3245**
A	**South windows**	4	**13,39**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,012**	**1660**	**587**
A	**West windows**	5	**19,19**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**0,995**	**1480**	**1722**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**			
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**			
A	**External wall - Ambient**	8	**333,73**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**0,184**	**-35**	**94**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**			
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**			
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**			
B	**Unheated basements**	12	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**0,245**		
A	**Unheated attic**	13	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**0,177**	**4**	**2**
X	**Unheated stairwell**	14	**99,49**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**62%**	**Unheated stairwell**	**0,347**		
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**		
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**500,52**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,127**		
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**			
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**			
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**			
Total thermal envelope			**780,71**	**m²**			**Average therm. envelope**	**0,362**		

Go to building components list

Area input

2-Sorting: BY ID

Area no.	Building assembly description	To group No.	Assigned to group	Quantity	x (	a [m]	x	b [m]	+	User determined [m²]	-	User subtraction [m²]	-	Subtraction window areas [m²]	) =	Area [m²]	Selection building assembly / Building system	U-Value [W/(m²K)]	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Reduction factor shading	Exterior absorptivity	Exterior emissivity
	Projected building footprint	**0**	Projected building footprint		x (		x		+		-		)		=	0,0								
	Treated floor area	**1**	Treated floor area	**1**	x (		x		+	**326,45**	-		)		=	326,5								
	Exterior door	**7**	Exterior door		x (		x		+		-		) -		=		Exterior door								
1	**I1.01.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,91**	-	**1,88**	) -	**2,0**	=	5,1	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,957**	**0,30**	**0,90**
2	**I1.02.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**9,81**	-	**0,88**	) -	**0,9**	=	8,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,981**	**0,30**	**0,90**
3	**I1.03.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**6,20**	-	**0,23**	) -	**2,1**	=	3,9	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,233**	**0,30**	**0,90**
4	**I1.04.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**12,94**	-	**0,38**	) -	**3,5**	=	9,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,722**	**0,30**	**0,90**
5	**I1.05.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**18,68**	-	**2,25**	) -	**2,3**	=	14,1	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,927**	**0,30**	**0,90**
6	**I1.06.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,66**	-		) -	**0,0**	=	5,7	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,838**	**0,30**	**0,90**
7	**I1.07.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**16,28**	-		) -	**0,0**	=	16,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,785**	**0,30**	**0,90**
8	**I1.08.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**27,61**	-	**1,63**	) -	**8,0**	=	18,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,739**	**0,30**	**0,90**
9	**I1.09.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**3,89**	-		) -	**0,0**	=	3,9	**01ud-external wall**	**0,185**	**0**	**90**	**North**	**0,150**	**0,30**	**0,90**
10	**I1.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,14**	-	**0,30**	) -	**2,8**	=	5,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,646**	**0,30**	**0,90**
11	**I1.11.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**18,71**	-		) -	**0,0**	=	18,7	**01ud-external wall**	**0,185**	**354**	**90**	**North**	**0,547**	**0,30**	**0,90**
12	**C1.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,957**	**0,30**	**0,90**
13	**C1.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,18**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,981**	**0,30**	**0,90**
14	**C1.3.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,23**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**180**	**90**	**South**	**0,233**	**0,30**	**0,90**
15	**C1.4.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,722**	**0,30**	**0,90**
16	**C1.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,45**	-		) -	**0,0**	=	0,5	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**180**	**90**	**South**	**0,927**	**0,30**	**0,90**
17	**C1.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,93**	-		) -	**0,0**	=	0,9	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**90**	**90**	**East**	**0,739**	**0,30**	**0,90**
18	**C1.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,30**	-		) -	**0,0**	=	0,3	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**90**	**90**	**East**	**0,646**	**0,30**	**0,90**
19	**N1.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,50**	-		) -	**0,0**	=	1,5	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**270**	**90**	**West**	**0,957**	**0,30**	**0,90**
20	**N1.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**270**	**90**	**West**	**0,981**	**0,30**	**0,90**
21	**N1.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,80**	-		) -	**0,0**	=	1,8	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**180**	**90**	**South**	**0,927**	**0,30**	**0,90**
22	**N1.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**90**	**90**	**East**	**0,739**	**0,30**	**0,90**
23	**M1.01**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**11,62**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	9,7	**02ud-Staircase wall**	**0,292**		**90**				
24	**M1.02**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**22,31**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	20,4	**02ud-Staircase wall**	**0,292**		**90**				
25	**Door1**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**3,78**	-		) -	**0,0**	=	3,8	**07ud-Door**	**1,014**		**90**				
26	**Basement ceiling**	**12**	Unheated basements	**1**	x (		x		+	**141,28**	-		) -	**0,0**	=	141,3	**03ud-Basement ceiling**	**0,245**		**180**				
27	**I2.01.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,17**	-	**1,88**	) -	**2,0**	=	4,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,943**	**0,30**	**0,90**
28	**I2.02.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**9,09**	-	**0,88**	) -	**0,9**	=	7,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,968**	**0,30**	**0,90**
29	**I2.03.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,63**	-	**0,23**	) -	**2,1**	=	3,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,223**	**0,30**	**0,90**
30	**I2.04.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**11,82**	-	**0,38**	) -	**3,5**	=	7,9	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,706**	**0,30**	**0,90**
31	**I2.05.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**17,25**	-	**2,25**	) -	**2,3**	=	12,7	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,972**	**0,30**	**0,90**
32	**I2.06.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,28**	-		) -	**0,0**	=	5,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,872**	**0,30**	**0,90**
33	**I2.07.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**15,18**	-		) -	**0,0**	=	15,2	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,819**	**0,30**	**0,90**
34	**I2.08.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**25,20**	-	**1,63**	) -	**8,0**	=	15,6	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,769**	**0,30**	**0,90**
35	**I2.09.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**3,63**	-		) -	**0,0**	=	3,6	**01ud-external wall**	**0,185**	**0**	**90**	**North**	**0,149**	**0,30**	**0,90**
36	**I2.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**7,40**	-	**0,30**	) -	**2,8**	=	4,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,639**	**0,30**	**0,90**

Areas determination

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a] 8 Months	Radiation-load cooling period [kWh/a] 6 Months
	Treated floor area	1	**326,45**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*					
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**			
A	**East windows**	3	**32,35**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**0,968**	**2855**	**3245**
A	**South windows**	4	**13,39**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,012**	**1660**	**587**
A	**West windows**	5	**19,19**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**0,995**	**1480**	**1722**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**			
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**			
A	**External wall - Ambient**	8	**333,73**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**0,184**	**-35**	**94**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**			
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**			
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**			
B	**Unheated basements**	12	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**0,245**		
A	**Unheated attic**	13	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**0,177**	**4**	**2**
X	**Unheated stairwell**	14	**99,49**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**62%**	**Unheated stairwell**	**0,347**		
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**		
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**500,52**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,127**		
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**			
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**			
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**			
Total thermal envelope			**780,71**	**m²**			**Average therm. envelope**	**0,362**		

Go to building components list

37	**I2.11.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**17,44**	-		) -	**0,0**	=	17,4	**01ud-external wall**	**0,185**	**354**	**90**	**North**	**0,653**	**0,30**	**0,90**
38	**C2.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,943**	**0,30**	**0,90**
39	**C2.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,18**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,968**	**0,30**	**0,90**
40	**C2.3.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,23**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**180**	**90**	**South**	**0,223**	**0,30**	**0,90**
41	**C2.4.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,706**	**0,30**	**0,90**
42	**C2.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,45**	-		) -	**0,0**	=	0,5	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**180**	**90**	**South**	**0,972**	**0,30**	**0,90**
43	**C2.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,93**	-		) -	**0,0**	=	0,9	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**90**	**90**	**East**	**0,769**	**0,30**	**0,90**
44	**C2.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,30**	-		) -	**0,0**	=	0,3	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**90**	**90**	**East**	**0,639**	**0,30**	**0,90**
45	**N2.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,50**	-		) -	**0,0**	=	1,5	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**270**	**90**	**West**	**0,943**	**0,30**	**0,90**
46	**N2.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**270**	**90**	**West**	**0,968**	**0,30**	**0,90**
47	**N2.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,80**	-		) -	**0,0**	=	1,8	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**180**	**90**	**South**	**0,972**	**0,30**	**0,90**
48	**N2.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**90**	**90**	**East**	**0,769**	**0,30**	**0,90**
49	**M2.01**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**10,83**	-		) -	**0,0**	=	10,8	**02ud-Staircase wall**	**0,292**		**90**				
50	**M2.02**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**20,80**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	18,9	**02ud-Staircase wall**	**0,292**		**90**				
51	**Door2**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**1,89**	-		) -	**0,0**	=	1,9	**07ud-Door**	**1,014**		**90**				
52	**I3.01.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,91**	-	**1,88**	) -	**2,0**	=	5,1	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,884**	**0,30**	**0,90**
53	**I3.02.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**9,81**	-	**0,88**	) -	**0,9**	=	8,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,903**	**0,30**	**0,90**
54	**I3.03.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**6,20**	-	**0,23**	) -	**2,1**	=	3,9	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,249**	**0,30**	**0,90**
55	**I3.04.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**12,94**	-	**0,38**	) -	**3,5**	=	9,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**270**	**90**	**West**	**0,637**	**0,30**	**0,90**
56	**I3.05.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**18,68**	-	**2,25**	) -	**2,3**	=	14,1	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,996**	**0,30**	**0,90**
57	**I3.06.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**5,66**	-		) -	**0,0**	=	5,7	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,882**	**0,30**	**0,90**
58	**I3.07.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**16,28**	-		) -	**0,0**	=	16,3	**01ud-external wall**	**0,185**	**180**	**90**	**South**	**0,830**	**0,30**	**0,90**
59	**I3.08.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**27,61**	-	**2,73**	) -	**8,0**	=	16,9	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,858**	**0,30**	**0,90**
60	**I3.09.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**3,89**	-		) -	**0,0**	=	3,9	**01ud-external wall**	**0,185**	**0**	**90**	**North**	**0,150**	**0,30**	**0,90**
61	**I3.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**8,14**	-	**0,30**	) -	**2,8**	=	5,0	**01ud-external wall**	**0,185**	**90**	**90**	**East**	**0,569**	**0,30**	**0,90**
62	**I3.11.N**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**18,71**	-		) -	**0,0**	=	18,7	**01ud-external wall**	**0,185**	**354**	**90**	**North**	**0,912**	**0,30**	**0,90**
63	**C3.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,884**	**0,30**	**0,90**
64	**C3.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,18**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,903**	**0,30**	**0,90**
65	**C3.3.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,23**	-		) -	**0,0**	=	0,2	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**180**	**90**	**South**	**0,249**	**0,30**	**0,90**
66	**C3.4.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,38**	-		) -	**0,0**	=	0,4	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**270**	**90**	**West**	**0,637**	**0,30**	**0,90**
67	**C3.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,45**	-		) -	**0,0**	=	0,5	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**180**	**90**	**South**	**0,996**	**0,30**	**0,90**
68	**C3.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,93**	-		) -	**0,0**	=	0,9	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**90**	**90**	**East**	**0,858**	**0,30**	**0,90**
69	**C3.10.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,30**	-		) -	**0,0**	=	0,3	**05ud-Shutter box**	**0,137**	**90**	**90**	**East**	**0,569**	**0,30**	**0,90**
70	**N3.1.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,50**	-		) -	**0,0**	=	1,5	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**270**	**90**	**West**	**0,884**	**0,30**	**0,90**
71	**N3.2.O**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**270**	**90**	**West**	**0,903**	**0,30**	**0,90**
72	**N3.5.S**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**1,80**	-		) -	**0,0**	=	1,8	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**180**	**90**	**South**	**0,996**	**0,30**	**0,90**
73	**N3.8.E**	**8**	External wall - Ambient	**1**	x (		x		+	**0,70**	-		) -	**0,0**	=	0,7	**06ud-Radiator niche**	**0,189**	**90**	**90**	**East**	**0,858**	**0,30**	**0,90**
74	**M3.01**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**11,62**	-		) -	**0,0**	=	11,6	**02ud-Staircase wall**	**0,292**		**90**				
75	**M3.02**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**22,31**	-	**1,89**	) -	**0,0**	=	20,4	**02ud-Staircase wall**	**0,292**		**90**				
76	**Door3**	**14**	Unheated stairwell	**1**	x (		x		+	**1,89**	-		) -	**0,0**	=	1,9	**07ud-Door**	**1,014**		**90**				
77	**Intermediate ceiling**	**13**	Unheated attic	**1**	x (		x		+	**141,28**	-		) -	**0,0**	=	141,3	**83ud-Intermediate ceiling**	**0,177**	**90**	**0**	**Hor**	**0,000**	**0,27**	**0,80**
78					x (		x		+		-		) -	**0,0**	=									
79					x (		x		+		-		) -	**0,0**	=									
80					x (		x		+		-		) -	**0,0**	=									

Areas determination

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment			Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a]
	Treated floor area	1	**326,45**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*					8 Months
A	**North windows**	2	**0,00**	m²				**North windows**		
A	**East windows**	3	**32,35**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.			**East windows**	**0,968**	**2855**
A	**South windows**	4	**13,39**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.			**South windows**	**1,012**	**1660**
A	**West windows**	5	**19,19**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.			**West windows**	**0,995**	**1480**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²				**Horizontal windows**		
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*			**Exterior door**		
A	**External wall - Ambient**	8	**333,73**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*			**External wall - Ambient**	**0,184**	**-35**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*			**External wall - Ground**		
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²				**Roof/Ceiling - Ambient**		
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²				**Floor slab / Basement ceiling**		
B	**Unheated basements**	12	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*			**Unheated basements**	**0,245**	
A	**Unheated attic**	13	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X		**Unheated attic**	**0,177**	**4**
X	**Unheated stairwell**	14	**99,49**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**62%**		**Unheated stairwell**	**0,347**	
								Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**	
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**500,52**	m	*Units in m*			**Thermal bridges Ambient**	**0,127**	
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*			**Perimeter thermal bridges**		
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*			**Thermal bridges FS/BC**		
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*			**Building element towards neighbour**		
Total thermal envelope			**780,71**	**m²**				**Average therm. envelope**	**0,362**	

Go to building components list

Thermal bridge inputs

No.	Thermal bridge - denomination	Group No.	Assigned to group	Quantity	x (	Length [m]	-	Subtraction length [m]	)=	Length ℓ [m]	User determined Ψ-Wert [W/(mK)]	User determined $f_{Rsi=0,25}$ (optional)	or	Selection building system	Ψ-Value [W/(mK)]	f_{Rsi}-Requirement met?
1	**1_IWb_Involucro esterno-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,065**		or		**0,065**	
2	**1_IWb_Involucro scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**-0,017**		or		**-0,017**	
3	**1_S_Nicchia destra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,002**		or		**0,002**	
4	**1_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,001**		or		**0,001**	
5	**1_S_Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,016**		or		**0,016**	
6	**1_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00	**0,000**		or		**0,000**	
7	**1_Ca_Angolo convesso involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**17,64**	-		) =	17,64	**-0,074**		or		**-0,074**	
8	**1_Cb_Angolo concavo involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**8,82**	-		) =	8,82	**0,025**		or		**0,025**	
9	**1_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,180**		or		**0,180**	
10	**1_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,140**		or		**0,140**	
11	**1_Cb_Angolo concavo parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94	**0,139**		or		**0,139**	
12	**1_IWb_Parete scala-Tramezzo 20 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94	**0,195**		or		**0,195**	
13	**1_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94	**0,103**		or		**0,103**	
14	**1_IF_Solaio su seminterrato-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**26,48**	-		) =	26,48	**0,184**		or		**0,184**	
15	**1_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**26,48**	-		) =	26,48	**0,001**		or		**0,001**	
16	**1_B_Balcone su seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,20**	-		) =	18,20	**0,491**		or		**0,491**	
17	**1_B_Balcone**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,20**	-		) =	18,20	**0,491**		or		**0,491**	
18	**1_IF_Solaio su seminterrato-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58	**0,252**		or		**0,252**	
19	**1_IF_Solaio interpiano-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58	**0,464**		or		**0,464**	
20	**1_IF_Pianerottolo su seminterrato-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,51**	-		) =	3,51	**-0,083**		or		**-0,083**	
21	**1_IF_Pianerottolo-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,51**	-		) =	3,51	**0,050**		or		**0,050**	
22	**2_IWb_Involucro esterno-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,065**		or		**0,065**	
23	**2_IWb_Involucro scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**-0,017**		or		**-0,017**	
24	**2_S_Nicchia destra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,002**		or		**0,002**	
25	**2_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00	**0,001**		or		**0,001**	
26	**2_S_Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,016**		or		**0,016**	
27	**2_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00	**0,000**		or		**0,000**	
28	**2_Ca_Angolo convesso involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**17,64**	-		) =	17,64	**-0,074**		or		**-0,074**	
29	**2_Cb_Angolo concavo involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**8,82**	-		) =	8,82	**0,025**		or		**0,025**	
30	**2_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,180**		or		**0,180**	
31	**2_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,140**		or		**0,140**	
32	**2_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00	**0,000**		or		**0,000**	
33	**2_IWb_Parete scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00	**0,000**		or		**0,000**	
34	**2_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94	**0,103**		or		**0,103**	
35	**2_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**26,48**	-		) =	26,48	**0,001**		or		**0,001**	
36	**2_B_Balcone**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,20**	-		) =	18,20	**0,491**		or		**0,491**	
37	**2_IF_Solaio interpiano-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58	**0,464**		or		**0,464**	
38	**2_IF_Pianerottolo-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,51**	-		) =	3,51	**0,050**		or		**0,050**	
39	**3_IWb_Involucro esterno-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**0,065**		or		**0,065**	
40	**3_IWb_Involucro scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47	**-0,017**		or		**-0,017**	

Areas determination

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Summary

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment		Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a]
	Treated floor area	1	**326,45**	m²	*Treated floor area according to PHPP manual*				8 Months
A	**North windows**	2	**0,00**	m²			**North windows**		
A	**East windows**	3	**32,35**	m²	Results come from the 'Windows' worksheet.		**East windows**	**0,968**	**2855**
A	**South windows**	4	**13,39**	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.		**South windows**	**1,012**	**1660**
A	**West windows**	5	**19,19**	m²	which is displayed in the 'Windows' worksheet.		**West windows**	**0,995**	**1480**
A	**Horizontal windows**	6	**0,00**	m²			**Horizontal windows**		
A	**Exterior door**	7	**0,00**	m²	*Please subtract area of door from respective building assembly*		**Exterior door**		
A	**External wall - Ambient**	8	**333,73**	m²	*Temperature zone "A" is ambient air*		**External wall - Ambient**	**0,184**	**-35**
B	**External wall - Ground**	9	**0,00**	m²	*Temperature zone "B" is the ground*		**External wall - Ground**		
A	**Roof/Ceiling - Ambient**	10	**0,00**	m²			**Roof/Ceiling - Ambient**		
B	**Floor slab / Basement ceiling**	11	**0,00**	m²			**Floor slab / Basement ceiling**		
B	**Unheated basements**	12	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*		**Unheated basements**	**0,245**	
A	**Unheated attic**	13	**141,28**	m²	*Temperature zones "A", "B","P" and "X" may be used. NOT "I"*	Factor for X	**Unheated attic**	**0,177**	**4**
X	**Unheated stairwell**	14	**99,49**	m²	*Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < ft < 1):*	**62%**	**Unheated stairwell**	**0,347**	
							Thermal bridges - Overview	**Ψ [W/(mK)]**	
A	**Thermal bridges Ambient**	15	**500,52**	m	*Units in m*		**Thermal bridges Ambient**	**0,127**	
P	**Perimeter thermal bridges**	16	**0,00**	m	*Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see 'Ground' worksheet)*		**Perimeter thermal bridges**		
B	**Thermal bridges FS/BC**	17	**0,00**	m	*Units in m*		**Thermal bridges FS/BC**		
I	**Building element towards neighbour**	18	**0,00**	m²	*No heat losses, only considered for the heating load calculation*		**Building element towards neighbour**		
Total thermal envelope			**780,71**	**m²**			**Average therm. envelope**	**0,362**	

Go to building components list

41	**3_S_Nicchia destra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00		**0,002**				or		**0,002**	
42	**3_S_Nicchia sinistra-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,00**	-		) =	4,00		**0,001**				or		**0,001**	
43	**3_S_Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47		**0,016**				or		**0,016**	
44	**3_IWb_Involucro esterno-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00		**0,000**				or		**0,000**	
45	**3_Ca_Angolo convesso involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**17,64**	-		) =	17,64		**-0,074**				or		**-0,074**	
46	**3_Cb_Angolo concavo involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**8,82**	-		) =	8,82		**0,025**				or		**0,025**	
47	**3_IWb_Involucro esterno-Parete scala ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47		**0,180**				or		**0,180**	
48	**3_IWb_Involucro esterno-Involucro ascensore**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**1,47**	-		) =	1,47		**0,140**				or		**0,140**	
49	**3_IWb_Tramezzo 10 cm-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00		**0,000**				or		**0,000**	
50	**3_IWb_Parete scala-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**0,00**	-		) =	0,00		**0,000**				or		**0,000**	
51	**3_IWb_Parete scala-Tramezzo 10 cm**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94		**0,103**				or		**0,103**	
52	**3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**17,00**	-		) =	17,00		**0,190**				or		**0,190**	
53	**3_IF_Solaio interpiano-Involucro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**26,48**	-		) =	26,48		**0,001**				or		**0,001**	
54	**3_B_Balcone**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**18,20**	-		) =	18,20		**0,491**				or		**0,491**	
55	**3_IWa_Solaio sottotetto-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**9,59**	-		) =	9,59		**0,057**				or		**0,057**	
56	**3_IF_Solaio interpiano-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**6,58**	-		) =	6,58		**0,464**				or		**0,464**	
57	**3_IF_Pianerottolo-Parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,51**	-		) =	3,51		**0,050**				or		**0,050**	
58	**3_IWa_Solaio sottotetto-Involuro esterno**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**7,00**	-		) =	7,00		**0,220**				or		**0,220**	
59	**3_IF_Solaio su sottotetto-Involucro esterno copertura**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**15,94**	-		) =	15,94		**0,199**				or		**0,199**	
60	**3_IF_Solaio su sottotetto-Muro su terrazzo**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**4,19**	-		) =	4,19		**0,339**				or		**0,339**	
61	**3_P_Trave 0.45-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**14,07**	-		) =	14,07		**0,006**				or		**0,006**	
62	**3_P_Trave 0.265-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,43**	-		) =	3,43		**0,004**				or		**0,004**	
63	**3_P_Trave 0,5675-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**10,79**	-		) =	10,79		**0,008**				or		**0,008**	
64	**3_P_Trave 0.6-Sottotetto**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**12,57**	-		) =	12,57		**0,008**				or		**0,008**	
65	**1_P_Trave 0.45-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**14,07**	-		) =	14,07		**0,009**				or		**0,009**	
66	**1_P_Trave 0.265-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**3,43**	-		) =	3,43		**0,006**				or		**0,006**	
67	**1_P_Trave 0,5675-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**10,79**	-		) =	10,79		**0,010**				or		**0,010**	
68	**1_P_Trave 0.6-Seminterrato**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**12,57**	-		) =	12,57		**0,011**				or		**0,011**	
69	**2_Cb_Angolo concavo parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94		**0,139**				or		**0,139**	
70	**3_Cb_Angolo concavo parete scala**	**15**	Thermal bridges Ambient	**1**	x (	**2,94**	-		) =	2,94		**0,139**				or		**0,139**	
71					x (		-		) =							or			
72					x (		-		) =							or			
73					x (		-		) =							or			
74					x (		-		) =							or			
75					x (		-		) =							or			
76					x (		-		) =							or			
77					x (		-		) =							or			
78					x (		-		) =							or			
79					x (		-		) =							or			
80					x (		-		) =							or			
81					x (		-		) =							or			
82					x (		-		) =							or			
83					x (		-		) =							or			
84					x (		-		) =							or			

Heat losses through the ground

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Building section 1

Ground characteristics			
Thermal conductivity	λ	1,5	W/(mK)
Heat capacity	ρc	3,0	MJ/(m³K)
Periodic penetration depth	δ	2,24	m

Climate data			
Avg indoor temp. winter	T_i	20,0	°C
Avg indoor temp. summer	T_i	26,0	°C
Avg ground surface temperature	$T_{g,ave}$	13,2	°C
Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{g,\wedge}$	10,8	°C
Phase shifting of $T_{e,m}$	τ	1,0	Months
Length of the heating period	n	6,0	Months
Heating degree hours - exterior	G_t	64,6	kKh/a

Building data				U-value floor slab/basement ceiling	U_f	0,245	W/(m²K)
Area of ground floor slab / basement ceilin	A	141,3	m²	TBs floor slab / basement ceiling	Ψ_B*l	63,91	W/K
Perimeter length	P	54,9	m	U-value floor slab / basement ceiling i	U_f'	0,697	W/(m²K)
Charact. dimension of floor slab	B'	5,15	m	Equivalent thickness floor	d_t	2,15	m

Floor slab type (select only one)

	Slab on grade							
	Perimeter insulation width/depth	D		m	Orientation of perimeter insulation	horizontal		
	Perimeter insulation thickness	d_n		m	(check only one field)	vertical	x	
	Conductivity perimeter insulation	λ_n		W/(mK)				
	Heated basement or floor slab completely / partially below ground level							
	Basement wall height below ground level	z		m	U-Value wall below ground	U_{wB}		W/(m²K)
x	**Unheated basement**							
	Height aboveground wall	h	2,56	m	U-Value wall above ground	U_W	1,147	W/(m²K)
	Basement wall height below ground level	z	0,51	m	U-Value wall below ground	U_{WB}	1,530	W/(m²K)
	Air change unheated basement	n	0,30	h^{-1}	0,2 su manuale U-Value basement floor slab	U_{fB}	4,159	W/(m²K)
	Air flow basement	V	350	m³				
	Suspended floor above a ventilated crawl space (at max. 0.5 m below ground)							
	U-Value crawl space	U_{Crawl}		W/(m²K)	Area of ventilation openings	εP		m²
	Height of crawl space wall	h		m	Wind velocity at 10 m height	v		m/s
	U-Value crawl space wall	U_W		W/(m²K)	Wind shield factor	f_W		-

Additional thermal bridge heat losses at perimeter				Steady-state fraction	$\Psi_{P,stat}$*l		W/K
Phase shift	β		Months	Harmonic fraction	$\Psi_{P,harm}$*l		W/K

Groundwater correction						
Depth of the groundwater table	z_w		m	Groundwater correction factor	G_w	-
Groundwater flow rate	q_w		m/d			

Interim results

Phase shift	β	0,67	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	507,1	W
Steady-state transmittance	L_S	74,51	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	401,2	W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	62,47	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	3981	kWh
Transmittance building	L_0	98,50	W/K				

Monthly average temperatures in the ground for monthly method (building assembly 1)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	8,4	8,1	9,6	12,5	16,0	19,2	21,3	21,6	20,1	17,2	13,7	10,5	14,9
Summer	9,9	9,6	11,1	14,0	17,5	20,7	22,7	23,0	21,5	18,6	15,1	11,9	16,3

Design ground temperature for 'Heating load' worksheet 8,1 — **For 'Cooling load' worksheet** 23,0

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet 0,63

Total result (all building parts)

Phase shift	β	0,67	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	507,1	W
Steady-state transmittance	L_S	74,51	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	401,2	W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	62,47	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	3981	kWh
Transmittance building	L_0	98,50	W/K	Charact. dimension of floor slab	B'	5,15	m

Monthly Average temperatures in the ground for monthly method (all building assemblies)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	**8,4**	**8,1**	**9,6**	**12,5**	**16,0**	**19,2**	**21,3**	**21,6**	**20,1**	**17,2**	**13,7**	**10,5**	**14,9**
Summer	**9,9**	**9,6**	**11,1**	**14,0**	**17,5**	**20,7**	**22,7**	**23,0**	**21,5**	**18,6**	**15,1**	**11,9**	**16,3**

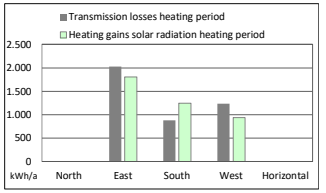
Design ground temperature for 'Heating load' worksheet 8,1 — **For 'Cooling load' worksheet** 23,0

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet **0,63**

Windows

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Window area orientation	Global radiation (main orientations)	Shading	Dirt	Non-vertical radiation incidence	Glazing fraction	g-Value	Solar irradiation reduction factor	Window area	Window U-Value	Glazing area	Average global radiation		Transmission losses heating period	Heating gains solar radiation heating period
Standard values →	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85				m²	W/(m²K)	m²	kWh/(m²a)		kWh/a	kWh/a
North	124	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	124	North	0	0
East	321	0,67	0,95	0,85	0,65	0,50	0,35	32,35	0,97	20,95	321	East	2021	1809
South	552	0,65	0,95	0,85	0,64	0,50	0,34	13,39	1,01	8,56	552	South	875	1248
West	321	0,58	0,95	0,85	0,65	0,50	0,30	19,19	1,00	12,45	321	West	1233	938
Horizontal	416	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	416	Horizontal	0	0
Total or average value for all windows.						0,50	0,33	64,93	0,99	41,96			4129	3995



Heating degree hours [kKh/ 64,6

Go to glazing list Go to window frames list

Qua n-tity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Orien-tation	Window rough openings Width	Window rough openings Height	Installed in: Selection from 'Areas' worksheet	Glazing: Selection from 'Components' worksheet	Frame: Selection from 'Components' worksheet	EnerPHit Exception	g-Value: Perpen-dicular radiation	U-Value: Glazing	U-Value: Frames (avg.)	Ψ Glazing edge (Avg.)	Installation situation: left	right	bottom	top	Ψ Installation (Avg.)	Results: Window Area	Glazing area	U_w installed	Glazed fraction per window
		°	°		m	m		1-Sorting: LIKE LIST	1-Sorting: LIKE LIST	Mark with an 'x'	-	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(mK)	W/(mK) or 1/0				W/(mK)	m²	m²	W/(m²K)	%
1	F.01.O_1	270	90	West	1,500	1,305	1-I1.01.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,113	1,958	1,2985	1,0180	66%
1	F.02.O_1	270	90	West	0,700	1,305	2-I1.02.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,091	0,914	0,4616	1,2249	51%
1	F.03.S_1	180	90	South	0,900	2,350	3-I1.03.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	11ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,083	2,115	1,3732	0,9676	65%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,750	2,350	4-I1.04.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,763	1,1942	0,9230	68%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,750	2,350	4-I1.04.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,763	1,1942	0,9230	68%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,900	1,305	5-I1.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	16ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,119	1,175	0,7403	1,0521	63%
0	F.05.S_1	180	90	South	0,900	1,305	5-I1.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	17ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3c		0,50	0,40	1,00	0,039	0	0	1	1	0,169				
1	F.05.S_1	180	90	South	0,900	1,305	5-I1.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	18ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,119	1,175	0,7403	1,0521	63%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,750	2,350	8-I1.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,750	2,350	8-I1.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.07.E_1	90	90	East	0,700	1,305	8-I1.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,091	0,914	0,46	1,22	51%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,750	2,350	8-I1.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,750	2,350	8-I1.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,600	2,350	10-I1.10.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	14ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,090	1,410	0,87	1,00	62%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,600	2,350	10-I1.10.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	15ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,090	1,410	0,87	1,00	62%
1	F.01.O_2	270	90	West	1,500	1,305	27-I2.01.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,113	1,958	1,30	1,02	66%
1	F.02.O_2	270	90	West	0,700	1,305	28-I2.02.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,091	0,914	0,46	1,22	51%
1	F.03.S_2	180	90	South	0,900	2,350	29-I2.03.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	11ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,083	2,115	1,37	0,97	65%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,750	2,350	30-I2.04.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,750	2,350	30-I2.04.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,900	1,305	31-I2.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	16ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,119	1,175	0,74	1,05	63%
0	F.05.S_2	180	90	South	0,900	1,305	31-I2.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	17ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3c		0,50	0,40	1,00	0,039	0	0	1	1	0,169				
1	F.05.S_2	180	90	South	0,900	1,305	31-I2.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	18ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,119	1,175	0,74	1,05	63%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,750	2,350	34-I2.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,763	1,19	0,92	68%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,750	2,350	34-I2.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.07.E_2	90	90	East	0,700	1,305	34-I2.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,091	0,9	0,46	1,22	51%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,750	2,350	34-I2.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,750	2,350	34-I2.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,600	2,350	36-I2.10.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	14ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,090	1,4	0,87	1,00	62%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,600	2,350	36-I2.10.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	15ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,090	1,4	0,87	1,00	62%
1	F.01.O_3	270	90	West	1,500	1,305	52-I3.01.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,113	2,0	1,30	1,02	66%

Heating degree hours [kKh/ 64,6

					Window rough openings		Installed in	Glazing	Frame	EnerPHit	g-Value	U-Value		Ψ Glazing edge	Installation situation user determined value for $\Psi_{installation}$ or '1': $\Psi_{installation}$ from 'Components' worksheet '0': in the case of abutting windows					Results			
Quan-tity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Orien-tation	Width	Height	Selection from 'Areas' worksheet	Selection from 'Components' worksheet	Selection from 'Components' worksheet	Exception	Perpen-dicular radiation	Glazing	Frames (avg.)	$\Psi_{Glazing\ edge}$ (Avg.)	left	right	bottom	top	$\Psi_{installation}$ (Avg.)	Window Area	Glazing area	U_w installed	Glazed fraction per window
		°	°		m	m		1-Sorting: LIKE LIST	1-Sorting: LIKE LIST	Mark with an 'x	-	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(mK)	W/(mK) or 1/0				W/(mK)	m²	m²	W/(m²K)	%
1	F.02.O_3	270	90	West	0,700	1,305	53-I3.02.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,091	0,9	0,46	1,22	51%
1	F.03.S_3	180	90	South	0,900	2,350	54-I3.03.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	11ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,083	2,1	1,37	0,97	65%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,750	2,350	55-I3.04.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,750	2,350	55-I3.04.O	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,900	1,305	56-I3.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	16ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,119	1,2	0,74	1,05	63%
0	F.05.S_3	180	90	South	0,900	1,305	56-I3.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	17ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3c		0,50	0,40	1,00	0,039	0	0	1	1	0,169				
1	F.05.S_3	180	90	South	0,900	1,305	56-I3.05.S	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	18ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F3d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,119	1,2	0,74	1,05	63%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,750	2,350	59-I3.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,750	2,350	59-I3.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.07.E_3	90	90	East	0,700	1,305	59-I3.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	10ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio F		0,50	0,40	1,00	0,039	1	1	1	1	0,091	0,9	0,46	1,22	51%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,750	2,350	59-I3.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	12ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,750	2,350	59-I3.08.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	13ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,5/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,096	1,8	1,19	0,92	68%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,600	2,350	61-I3.10.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	14ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2s		0,50	0,40	1,00	0,039	1	0	1	1	0,090	1,4	0,87	1,00	62%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,600	2,350	61-I3.10.E	02ud-Weru-GigaTherm 4*/12KR/4/12KR/4*	15ud-Ristr_Weru-Telaio in PVC/Alluminio P2 1,2/2d		0,50	0,40	1,00	0,039	0	1	1	1	0,090	1,4	0,87	1,00	62%

Calculation of shading coefficients

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Latitude: 44,6 °

Orientation	Glazing area [m²]	Reduction factor winter r_v	Reduction factor cooling $r_{v,1}$	Reduction factor cooling load $r_{v,2}$	Solar load [kWh/(m²$_{Glazing}$a)]
North	0,00	100%	100%	100%	0
East	20,95	67%	58%	52%	155
South	8,56	65%	31%	28%	69
West	12,45	58%	52%	47%	138
Horizontal	0,00	100%	100%	100%	0

								Horizon		Lateral reveal		Reveal / Overhang						Reduction factors for shading in winter				Reduction factors for shading in summer				
Quantity	Description	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Glazing width	Glazing height	Glazing area	Height of the shading object	Horizontal distance	Window reveal depth	Distance from glazing edge to reveal	Overhang depth	Distance from upper glazing edge to overhang	Additional reduction factor winter shading	Additional reduction factor summer shading	Reduction factor z for temporary sun protection	Regulated / transparent	Horizon	Reveal	Overhang	Total for heating case	Horizon	Reveal	Overhang	Total for cooling case	Total for cooling load
		[Degree]	[Degree]		w_G [m]	h_G [m]	A_G [m²]	h_{Hori} [m]	d_{Hori} [m]	o_{Reveal} [m]	d_{Reveal} [m]	o_{over} [m]	d_{over} [m]	$r_{other,w}$ [%]	$r_{other,s}$ [%]	z [%]		r_H [%]	r_R [%]	r_O [%]	r_S [%]	r_H [%]	r_R [%]	r_O [%]	$r_{S,1}$ [%]	$r_{S,2}$ [%]
1	F.01.O_1	270	90	West	1,24	1,05	1,3			0,36	0,13	0,36	0,13			65%			82%	86%	70%		93%	89%	63%	57%
1	F.02.O_1	270	90	West	0,44	1,05	0,5			0,36	0,13	0,36	0,13			65%			67%	86%	57%		87%	89%	58%	53%
1	F.03.S_1	180	90	South	0,64	2,14	1,4			0,36	0,13	6,25	0,79	99,70%	99,70%	65%			83%	55%	45%		79%	20%	12%	11%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	2,41	0,79			65%			83%	70%	58%		94%	66%	47%	42%
1	F.04.O_1	270	90	West	0,56	2,14	1,2			0,36	0,06	2,41	0,79			65%			66%	70%	46%		86%	66%	43%	39%
1	F.05.S_1	180	90	South	0,71	1,05	0,7	6,58	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	103,58%	103,58%	65%		95%	94%	90%	83%	95%	92%	70%	48%	44%
0	F.05.S_1	180	90	South	0,73	1,14		6,58	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	#VALORE!	#VALORE!	65%										
1	F.05.S_1	180	90	South	0,71	1,05	0,7	6,58	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	103,58%	103,58%	65%		95%	94%	90%	83%	95%	92%	70%	48%	44%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,56	2,14	1,2	9,13	51,13	0,36	0,50	1,30	0,79	113,82%	113,82%	65%		85%	83%	82%	66%	88%	94%	84%	60%	55%
1	F.06.E_1	90	90	East	0,56	2,14	1,2	9,13	51,13	0,36	0,50	1,30	0,79	113,82%	113,82%	65%		85%	83%	82%	66%	88%	94%	84%	60%	55%
1	F.07.E_1	90	90	East	0,44	1,05	0,5	8,08	57,72	0,36	0,13	1,30	0,79	111,00%	111,00%	65%		88%	67%	76%	50%	91%	87%	75%	49%	45%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	1,30	0,79			65%			83%	82%	68%		94%	84%	60%	54%
1	F.08.E_1	90	90	East	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	1,30	0,79			65%			83%	82%	68%		94%	84%	60%	54%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,41	2,14	0,9			0,36	0,43	1,30	0,79	99,79%	99,79%	65%			79,58%	82,00%	65,12%		92,25%	85%	59%	53%
1	F.09.E_1	90	90	East	0,41	2,14	0,9			0,36	0,43	1,30	0,79	99,85%	99,85%	65%			79,58%	82,00%	65,16%		92,25%	85%	59%	53%
1	F.01.O_2	270	90	West	1,24	1,05	1,3			0,36	0,13	0,36	0,13			65%			82%	86%	70%		93%	89%	63%	57%
1	F.02.O_2	270	90	West	0,44	1,05	0,5			0,36	0,13	0,36	0,13			65%			67%	86%	57%		87%	89%	58%	53%
1	F.03.S_2	180	90	South	0,64	2,14	1,4			0,36	0,13	6,25	0,79	99,70%	99,70%	65%			83%	55%	45%		79%	20%	12%	11%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	2,41	0,79			65%			83%	70%	58%		94%	66%	47%	42%
1	F.04.O_2	270	90	West	0,56	2,14	1,2			0,36	0,06	2,41	0,79			65%			66%	70%	46%		86%	66%	43%	39%
1	F.05.S_2	180	90	South	0,71	1,05	0,7	3,28	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	101%	101%	65%		99%	94%	90%	84%	97%	92%	70%	48%	44%
0	F.05.S_2	180	90	South	0,73	1,14		3,28	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	#VALORE!	#VALORE!	65%										
1	F.05.S_2	180	90	South	0,71	1,05	0,7	3,28	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	101%	101%	65%		99%	94%	90%	84%	97%	92%	70%	48%	44%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,56	2,14	1,2	5,83	51,13	0,36	0,50	1,30	0,79	109%	109%	65%		90%	83%	82%	67%	92%	94%	84%	60%	54%
1	F.06.E_2	90	90	East	0,56	2,14	1,2	5,83	51,13	0,36	0,50	1,30	0,79	109%	109%	65%		90%	83%	82%	67%	92%	94%	84%	60%	54%
1	F.07.E_2	90	90	East	0,44	1,05	0,5	4,78	57,72	0,36	0,13	1,30	0,79	106%	106%	65%		93%	67%	76%	50%	94%	87%	75%	49%	45%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	1,30	0,79			65%			83%	82%	68%		94%	84%	60%	54%
1	F.08.E_2	90	90	East	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	1,30	0,79			65%			83%	82%	68%		94%	84%	60%	54%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,41	2,14	0,9			0,36	0,43	1,30	0,79	99,79%	99,79%	65%			80%	82%	65%		92%	85%	59%	53%
1	F.09.E_2	90	90	East	0,41	2,14	0,9			0,36	0,43	1,30	0,79	99,85%	99,85%	65%			80%	82%	65%		92%	85%	59%	53%
1	F.01.O_3	270	90	West	1,24	1,05	1,3			0,36	0,13	0,82	0,80			65%			82%	84%	69%		93%	87%	61%	56%
1	F.02.O_3	270	90	West	0,44	1,05	0,5			0,36	0,13	0,82	0,80			65%			67%	84%	56%		87%	87%	57%	52%
1	F.03.S_3	180	90	South	0,64	2,14	1,4			0,36	0,13	6,25	0,79	99,70%	99,70%	65%			83%	55%	45%		79%	20%	12%	11%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	2,41	0,79			65%			83%	70%	58%		94%	66%	47%	42%
1	F.04.O_3	270	90	West	0,56	2,14	1,2			0,36	0,06	2,41	0,79			65%			66%	70%	46%		86%	66%	43%	39%
1	F.05.S_3	180	90	South	0,71	1,05	0,7	-0,02	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	98,68%	98,68%	65%		102%	94%	90%	85%	102%	92%	70%	49%	45%
0	F.05.S_3	180	90	South	0,73	1,14		-0,02	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	#VALORE!	#VALORE!	65%										
1	F.05.S_3	180	90	South	0,71	1,05	0,7	-0,02	36,62	0,36	1,03	0,36	0,09	98,68%	98,68%	65%		102%	94%	90%	85%	102%	92%	70%	49%	45%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,56	2,14	1,2	2,53	51,13	0,36	0,50	0,84	0,91	103,66%	103,66%	55%		96%	83%	88%	73%	97%	94%	93%	60%	52%
1	F.06.E_3	90	90	East	0,56	2,14	1,2	2,53	51,13	0,36	0,50	0,84	0,91	103,66%	103,66%	55%		96%	83%	88%	73%	97%	94%	93%	60%	52%
1	F.07.E_3	90	90	East	0,44	1,05	0,5	1,48	57,72	0,36	0,13	0,84	0,92	101,94%	101,94%	65%		98%	67%	85%	56%	98%	87%	88%	58%	52%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	0,84	0,91			55%			83%	88%	73%		94%	93%	60%	52%
1	F.08.E_3	90	90	East	0,56	2,14	1,2			0,36	0,50	0,84	0,91			55%			83%	88%	73%		94%	93%	60%	52%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,41	2,14	0,9			0,36	0,43	1,94	0,91	99,79%	99,79%	55%			80%	76%	60%		92%	75%	47%	41%
1	F.09.E_3	90	90	East	0,41	2,14	0,9			0,36	0,43	1,94	0,91	99,85%	99,85%	55%			80%	76%	60%		92%	75%	47%	41%

Ventilation data

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Treated floor area A_{TFA}	m²	326		*('Areas' worksheet)*
Room height h	m	2,94	2,94	
Volume of ventilated space (A_{TFA}*h) : V_V	m³	960		*(Worksheet 'Annual heating')*

Ventilation type

Please select: **1-Balanced PH ventilation with HR**

Infiltration air change rate

Wind protection coefficients e and f		
Coefficient e for wind protection class	Several side exposed	One side exposed
No protection	0,10	0,03
Moderate protection	0,07	0,02
High protection	0,04	0,01
Coefficient f	15	20

			For annual demand:	For heating load:				
Wind protection coefficient, e			0,07	0,18				
Wind protection coefficient, f			15	15	Net air volume for press. test	V_{n50}	Air permeability	q_{50}
Air change rate at press. test	n_{50}	1/h	1,00	1,00	1455	m³	1,86	m³/(hm²)

prospetto 9 UNI/TS 11300-1

			For annual demand:	For heating load:
Excess extract air		1/h	0,00	0,00
Infiltration air change rate	$n_{V,Rest}$	1/h	0,106	0,265

Selection of ventilation input - Results

PHPP offers two methods for dimensioning air quantities and choosing the ventilation unit. With "Standard data input for balanced ventilation", supply or extract air quantities for residential buildings and parameters for ventilation systems with a maximum of 1 ventilation unit can be planned. Projects with up to 10 different ventilation units and air quantities determined according to rooms or zones can be entered in the 'Addl vent' worksheet. Please select your design method here:

	Ventilation unit / Heat recovery efficiency design		Average air flow rate m³/h	Average air change rate 1/h	Extract air excess (extract air system) 1/h	Effective heat recovery efficiency unit [-]	Energy recovery [-]	Specific power input Wh/m³	Heat recovery efficiency SHX [-]
	Standard design	*('Ventilation' worksheet, see below)*							
x	Multiple ventilation units, non-res	*('Addl vent' worksheet)*	**395**	**0,41**	**0,00**	**89,0%**	**0,0%**	**0,36**	**0,0%**

Cooling degree		Efficiency SHX
	η^*_{SHX}	0%

Average interior humidity during winter operation

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
31%	33%	38%	46%	64%	-	-	-	-	58%	48%	34%

Extended input for balanced ventilation

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Planning ventilation systems with multiple ventilation units

Ventilation unit / Heat recovery efficiency design			
In Ventilation sheet (standard design)			*('Ventilation' worksheet)*
In 'Addl vent worksheet (this worksheet)		x	*(Addl vent)*
Treated floor area A_{TFA}	m²	326	*('Areas' worksheet)*
Room height h	m	2,94	*(Worksheet 'Annual heating')*
Room air volume for ventilation (A_{TFA}*h) = V_V	m³	960	*(Worksheet 'Annual heating')*
Number of occupants	P	8,2	*('Ventilation' worksheet)*
Room temperature	°C	20	*(Worksheet 'Annual heating')*
Average external temp. heating period	°C	6,0	*('Ventilation' worksheet)*
Average ground temp.	°C	13,2	*('Ground' worksheet)*
Length of the heating period	d/a	183	*('Heating' worksheet)*
Ventilation type		1-Balanced PH ventilation with HR	*('Ventilation' worksheet)*

Results of ventilation design and unit selection:

Venti-lation unit no.	Description of the unit	Design V_{SUP} m³/h	Design V_{ETA} m³/h	Annual average value V_{SUP} m³/h	Annual average value V_{ETA} m³/h	Air ch.rt. 1/h	Effective heat recovery efficiency	Energy recovery efficiency	Spec. input power	Heat recov. efficiency SHX
1	Unit 1	78	71	78	71	---	89%	0%	0,36	0%
2	Unit 2	63	57	63	57	---	89%	0%	0,36	0%
3	Unit 3	127	101	127	101	---	89%	0%	0,36	0%
4	Unit 4	127	101	127	101	---	89%	0%	0,36	0%
5						---				
6						---				
7						---				
8						---				
9						---				
10						---				
Result for overall vent. syst.		**395**	**330**	**395**	**330**	**0,41**	**89%**	**0%**	**0,36**	**0%**

Recommendations for dimensioning air quantities

Use of low odour and low VOCs building materials/furnishings:
It is strongly recommended to use building materials that cause no or very low VOCs/odours instead of increasing the outdoor air volume in order to clear the air.
This holds true independently from the chosen approach to determine air quality; emissions of all sources in the room should be considered, e.g. furniture, carpets and ventilation or air-conditioning unit.

Assessment of volume flow rates according to the number of persons
Also in non-residential buildings, the number of persons is fundamentally important for assessing the volume air flow rates. For good indoor air quality volumes between 20 to 30 m³/h/person are sufficient.
Higher outdoor air amounts may lead to excessively dry indoor air in winter. The air flow rates are specified by classification according to EN 13779. The classification must be agreed with the client in advance.
IDA 3 is adequate for office buildings. IDA 4 has proven satisfactory for school buildings as flushing ventilation is carried out during breaks anyway. For typical outdoor air CO_2 concentrations of around 400-500 ppm, it is possible to comply even with 1500 ppm. Exceeding this figure temporarily is permissible.

Outdoor air flow rates per person:
- Recommended for residential buildings: around 30 m³/(h person)
- Recommended for offices and similar uses: around 30 m³/(h person) (AMEV: 28 m³/(h person); EN 13779 / IDA 3: at least 24 m³/(h person))
- Recommended for schools and day care centres: 15 to 20 m³/(h person) (Source: Guidelines for energy-efficient educational buildings, Passive House Institute, 2010)
- Recommendation for sport halls: 60 m³/(h person) (DIN 18032-1)

Flushing phase for intermittent ventilation operation
In case the ventilation is to be used intermittently (turned off at night), then it should be flushed in the morning, approx. 1 to 2 hours before building is occupied. This should be done in order to refresh air from emissions such as VOCs. Flushing the building causes that the ventilation system works for a longer period (utilisation time + flushing phase). Please consider this at design stage.

Dimensioning of air quantities

When dimensioning the air quantities, please consider the design recommendations given above.
The operation period of the ventilation can be determined on the basis of daily utilisation hours, including flushing phase if applicable. In addition, time periods with reduced ventilation requirements (operation modes) can be taken into account by means of reduction factors.

Room no.	Amount a	Room name	Allocation to ventilation unit (No.)	Area A m²	Clear height h m	Room vol. A x h m³	Volume flow per room V_{SUP} m³/h	V_{ETA} m³/h	V_{TRANS} m³/h	Air chng. rt. per room n 1/h	Utilisation times h/d h	d/week d	Duration of holidays d	Reduction factor 1	Operation red. 1	Reduction factor 2	Operation red. 2	Reduction factor 3	Operation red. 3	Annual average value: V_{SUP} m³/h	V_{ETA} m³/h	V_{TRANS} m³/h	Change rate 1/h
1	1	Appartment 1	1	50,187	2,94	148	78	71		0,53	24	7		100%	100%					78	71		0,53
2	1	Appartment 2	2	57,286	2,94	168	63	57		0,38	24	7		100%	100%					63	57		0,38
3	1	Appartment 3	3	109,495	2,94	322	127	101		0,39	24	7		100%	100%					127	101		0,39
4	1	Appartment 4	4	109,486	2,94	322	127	101		0,39	24	7		100%	100%					127	101		0,39
5														100%	100%								
6														100%	100%								
7														100%	100%								
8														100%	100%								
9														100%	100%								
10														100%	100%								
11														100%	100%								
12														100%	100%								
13														100%	100%								
14														100%	100%								
15														100%	100%								
16														100%	100%								
17														100%	100%								
18														100%	100%								
19														100%	100%								
20														100%	100%								
21														100%	100%								
22														100%	100%								
23														100%	100%								
24														100%	100%								
25														100%	100%								
26														100%	100%								
27														100%	100%								
28														100%	100%								
29														100%	100%								
30														100%	100%								
	Additional lines: Please mark complete lines above, copy and paste multiple times																			395	330	---	0,41

Ventilation unit selection

Up to 10 different ventilation units are considered. By changing the amount, identical units can be considered. The data from PHI certified ventilation units
as well as the entry data lines for user data for other ventilation units can also be found in the worksheet 'Components'. When choosing to use a compact unit the standard design in the 'Ventilation' worksheet has to be used.

Go to ventilation units list

Ventilation unit no.	Quantity [-]	Description of ventilation units	Selection of type of ventilation unit	Design vol. flow per unit m³/h	Application range for volume flow rate from m³/h	to m³/h	Electrical efficiency Pa	Pressure loss calculation ODA-SUP Δp_{Duct} Pa	ETA-EHA Δp_{Duct} Pa	Additional Δp_{Intern} Pa	Application range per line $\Delta p_{External}$ Pa	Subtraction Δp_{Intern} degree	Interior location (x)	Exterior location (x)	Heat recovery efficiency Unit [-]	Effective [-]	Energy recovery efficiency [-]	Frost protection necessary	Subsoil HX Efficiency of heat recovery	Effective efficiency of heat recovery	Frost protection (electr. / hydr.) Tipe perature	Limit temperature °C	Useful V_{SUP} kWh/a
			Change sorting type																				
1	1	Unit 1	0747vs03-Vasco bvba - D275 EP II	78	50	189	0,36				100	-	x		0,89	89%	0%	yes		0%	2-elektr.	-3	24
2	1	Unit 2	0747vs03-Vasco bvba - D275 EP II	63	50	189	0,36				100	-	x		0,89	89%	0%	yes		0%	2-elektr.	-3	20
3	1	Unit 3	0747vs03-Vasco bvba - D275 EP II	127	50	189	0,36				100	-	x		0,89	89%	0%	yes		0%	2-elektr.	-3	39
4	1	Unit 4	0747vs03-Vasco bvba - D275 EP II	127	50	189	0,36				100	-	x		0,89	89%	0%	yes		0%	2-elektr.	-3	39
5																					2-elektr.		0
6																					2-elektr.		0
7																					2-elektr.		0
8																					2-elektr.		0
9																					2-elektr.		0
10																					2-elektr.		0
																					Total (directly electric)		122
																					Total (hydraulic and heat generator)		0

Data entries for duct sections between the ventilation unit and the thermal envelope

The duct sections between the ventilation unit and the thermal envelope should be as short as possible and should be well insulated, whether the ventilation unit is located indoors
or outdoors. The dimensions of these duct sections can be entered here. The heat losses of the overlying duct sections will be considered for the effective heat recovery efficiency.
One section of a duct entered here may also be used for multiple ventilation units.
If in the section "Ventilation unit - selection" (above) a ventilation unit is selected as multiple units (amount larger than 1 for identical units), then the corresponding duct sections may simply
be entered (duct sections for one ventilation unit).

Temperature of installation location: (only enter when at least one unit is installed outside of the thermal envelope)

Quantity	Round duct ins. diameter mm	Rectangular duct Width mm	Height mm	Insulation thickness mm	Thermal conductivity W/(m K)	Reflective insulation duct (x)	Duct transmittance W/(m K)	Length of supply air duct m	Outdoor or supply air duct (1)	Exhaust or extract air duct (1)	Duct type	Design volume rate	Assignment to ventilation unit (enter 1 for the corresponding ventilation unit) Vent. unit 1	Vent. unit 2	Vent. unit 3	Vent. unit 4	Vent. unit 5	Vent. unit 6	Vent. unit 7	Vent. unit 8	Vent. unit 9	Vent. unit 10
1	150			50	0,032	x	0,298	0,0001	1		Outdoor air	78	1									
1	150			50	0,032	x	0,298	0,0001		1	Exhaust air	78	1									
1	150			50	0,032	x	0,292	0,0001	1		Outdoor air	63		1								
1	150			50	0,032	x	0,292	0,0001		1	Exhaust air	63		1								
1	150			50	0,032	x	0,307	0,0001	1		Outdoor air	127			1							
1	150			50	0,032	x	0,307	0,0001		1	Exhaust air	127			1							
1	150			50	0,032	x	0,307	0,0001	1		Outdoor air	127				1						
1	150			50	0,032	x	0,307	0,0001		1	Exhaust air	127				1						
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										
												0										

Additional lines: Please mark complete lines above, copy and paste multiple times

Specific energy for heating (monthly method)

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

The sum of the heating periods calculated through the monthly method will be presented on this side.

Interior temperature:	20	°C
Building type:	Apartment house	
Treated floor area A_{TFA}:	326,5	m²
Spec. Capacity:	165	Wh/(m²K)

Building assembly	Temperature zone	Area m²		U-Value W/(m²K)		Month. red. fac.		G_t kKh/a		kWh/a	Per m² of treated floor area
External wall - Ambient	A	333,7	*	0,184	*	1,00	*	72	=	4434	13,58
External wall - Ground	B		*		*	1,00	*		=		
Roof/Ceiling - Ambient	A		*		*	1,00	*		=		
Floor slab / Basement ceiling	B		*		*	1,00	*		=		
Unheated basements	B	141,3	*	0,245	*	1,00	*	46	=	1604	4,91
Unheated attic	A	141,3	*	0,177	*	1,00	*	72	=	1811	5,55
Unheated stairwell	X	99,5	*	0,347	*	0,62	*	72	=	1544	4,73
Windows	A	64,9	*	0,985	*	1,00	*	72	=	4620	14,15
Exterior door	A		*		*	1,00	*		=		
Exterior TB (length/m)	A	500,5	*	0,127	*	1,00	*	72	=	4588	14,05
Perimeter TB (length/m)	P		*		*	1,00	*		=		0,00
Ground TB (length/m)	B		*		*	1,00	*		=		0,00

Transmission heat losses Q_T — Total 18601 kWh/a — 57,0 kWh/(m²a)

	A_{TFA} m²		Clear room height m		Effective air volume V_V m³
	326	*	2,94	=	960

	$n_{V,system}$ 1/h		η^*_{SHX}		η_{HR}		$n_{V,Res}$ 1/h		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h
Effective air change rate Ambient nV,e	0,411	*(1-	0%	)*(1-	0,89	)+	0,106	=	0,151
Effective air change rate Ground nV,g	0,411	*	0%	*(1-	0,89	)		=	0,000

	V_V m³		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h		c_{Air} Wh/(m³K)		G_t kKh/a		kWh/a	kWh/(m²a)
Ventilation losses ambient Q_V	960	*	0,151	*	0,33	*	72	=	3464	10,6
Ventilation losses ground $Q_{V,e}$	960	*	0,000	*	0,33	*	40	=	0	0,0

Ventilation heat losses Q_V — Total 3464 kWh/a — 10,6 kWh/(m²a)

	Q_T kWh/a		Q_V kWh/a		Reduction factor night/weekend saving		kWh/a	kWh/(m²a)
Total heat losses Q_L	(18601	+	3464	) *	1,0	=	22065	**67,6**

Orientation of the area	Reduction factor see 'Windows' worksheet		g-Value (perp. radiation)		Area m²		Global radiation kWh/(m²a)		kWh/a
North	0,00	*	0,00	*	0,0	*	225	=	0
East	0,35	*	0,50	*	32,4	*	506	=	2855
South	0,34	*	0,50	*	13,4	*	734	=	1660
West	0,30	*	0,50	*	19,2	*	506	=	1480
Horizontal	0,00	*	0,00	*	0,0	*	690	=	0
Sum opaque areas									392

Available solar heat gains Q_S — Total 6387 kWh/a — 19,6 kWh/(m²a)

	kh/d		Length Heat. Period d/a		Spec. Power q_I W/m²		A_{TFA} m²		kWh/a	kWh/(m²a)
Internal heat gains Q_I	0,024	*	243	*	2,7	*	326,5	=	5165	15,8

			kWh/a	kWh/(m²a)
Free heat Q_F	Q_S + Q_I	=	11552	35,4
Ratio free heat to losses	Q_F / Q_L	=	0,52	
Utilisation factor heat gains h_G		=	91%	
Heat gains Q_G	η_G * Q_F	=	10543	**32,3**

			kWh/a	kWh/(m²a)
Annual heating demand Q_H	Q_L - Q_G	=	11521	**35**

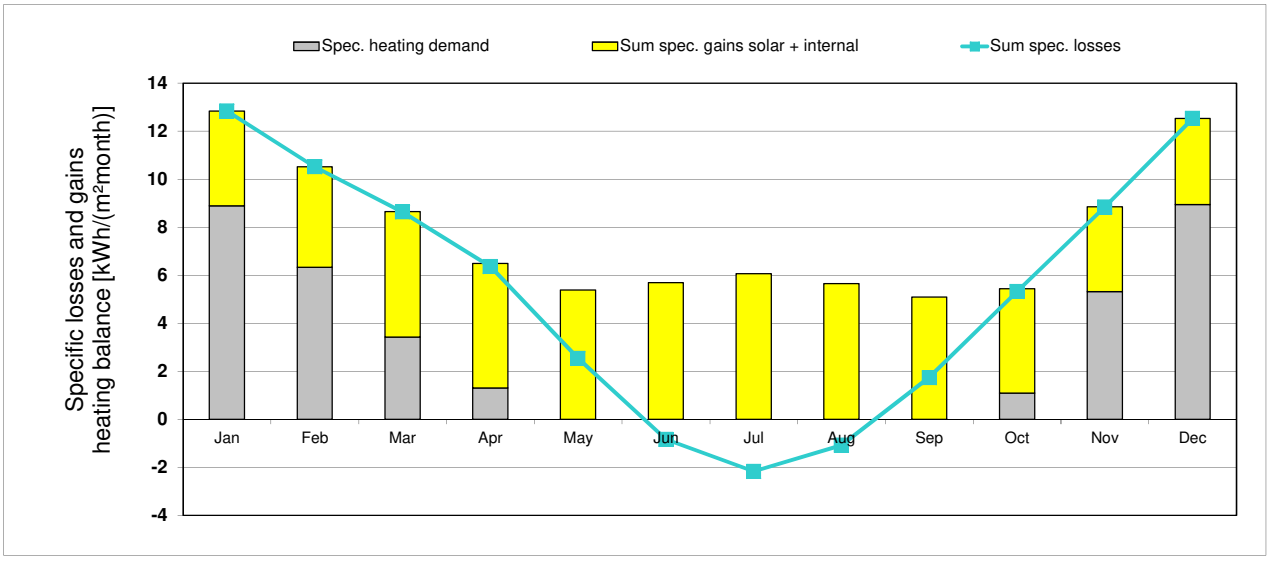
Limiting value	kWh/(m²*a)	**Requirement met?**	(Yes/No)
	-		-

Specific energy for heating (monthly method)

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Interior temperature: 20 °C
Building type: Apartment house
Treated floor area A_{TFA}: 326 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating degree hours - External	13,7	11,1	9,0	6,7	2,6	-0,9	-2,2	-1,0	2,0	5,9	9,6	13,6	70	kKh
Heating degree hours - Ground	8,6	8,0	7,7	5,4	2,9	-0,5	-2,0	-2,3	0,0	2,1	4,6	7,1	42	kKh
Losses - Exterior	3893	3156	2553	1892	728	-255	-636	-273	570	1666	2728	3845	19866	kWh
Losses - Ground	297	276	267	186	102	-18	-70	-78	-2	73	158	246	1437	kWh
Sum spec. losses	12,8	10,5	8,6	6,4	2,5	-0,8	-2,2	-1,1	1,7	5,3	8,8	12,5	65,3	kWh/m²
Solar gains - North	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar gains - East	238	321	478	526	566	640	690	602	489	331	204	191	5277	kWh
Solar gains - South	227	233	257	199	176	179	196	204	220	208	171	190	2460	kWh
Solar gains - West	124	167	248	273	294	332	358	312	253	171	106	99	2736	kWh
Solar gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar gains - Opaque	42	49	62	61	63	70	75	68	60	47	34	35	664	kWh
Internal heat gains	659	595	659	638	659	638	659	659	638	659	638	659	7757	kWh
Sum spec. gains solar + internal	4,0	4,2	5,2	5,2	5,4	5,7	6,1	5,7	5,1	4,3	3,5	3,6	57,9	kWh/m²
Utilisation factor	100%	100%	100%	98%	47%	100%	100%	100%	34%	98%	100%	100%	52%	
Annual heating demand	2900	2068	1119	425	0	0	0	0	0	357	1735	2917	11521	kWh
Spec. heating demand	**8,9**	**6,3**	**3,4**	**1,3**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1,1**	**5,3**	**8,9**	**35,3**	kWh/m²



Annual heating demand: Comparison

Monthly method	*('Heating')*	**11521**	**kWh/a**	**35,3**	**kWh/(m²a)** reference to treated floor area according to PHPP
Annual method	*('Annual heating')*	**11858**	**kWh/a**	**36,3**	**kWh/(m²a)** reference to treated floor area according to PHPP

Summer ventilation

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Building volume:	960	m³	Building type:	Apartment house	
Max. indoor absolute humidity:	12	g/kg	Heat recovery η_{HRV}:	89%	
Internal humidity sources:	100	g/(P*h)	Energy recovery η_{ER}:	0%	
			Subsoil heat exchanger η^*_{SHX}:	0%	

Results passive cooling			Results active cooling		
Frequency of overheating:	25,2%	at the overheating limit ϑ_{max} = 26 °C	Useful cooling demand:	7,2	kWh/(m²a)
max. humidity:	16,2	g/kg	Dehumidification demand:	2,0	kWh/(m²a)
Frequency of exceeded humidity:	17,4%		Frequency of exceeded humidity:	17,4%	

Summer basic ventilation to ensure adequate air quality

Air change rate via vent. system with supply air:	0,41	1/h	HRV/ERV in summer (check only one field)	
			None	
			Automatic bypass, controlled by temperature difference	
			Automatic bypass, controlled by enthalpy difference	
			Always	x
Air change rate via extract air system:	0,00	1/h		
			Specific power consumption (for extract air system)	0,00 Wh/m³
Window ventilation air change rate:	0,00	1/h		

Effective air change rate

	$n_{V,system}$ 1/h		η^*_{SHX}		η_{HP}		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h
Exterior $n_{V,e}$	0,411	*(1-	0%	)*(1-	0,89	) =	0,045
without HR	0,411	*(1-	0%	)		=	0,411
Ground $n_{L,g}$	0,411	*	0%	*(1-	0,89	) =	0,000
without HR	0,411	*	0%			=	0,000

Ventilation conductance

	V_V m³		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h		c_{Air} Wh/(m³K)			
exterior $H_{V,e}$	960	*	0,045	*	0,33	=	14,3	W/K
without HR	960	*	0,411	*	0,33	=	130,2	W/K
ground $H_{V,g}$	960	*	0,000	*	0,33	=	0,0	W/K
without HR	960	*	0,000	*	0,33	=	0,0	W/K
Infiltration, window, extract air system	960	*	0,106	*	0,33	=	33,6	W/K

Additional summer ventilation for cooling

Additional ventilation regulation

Minimum acceptable indoor temp. 22,0 °C

Type of additional ventilation

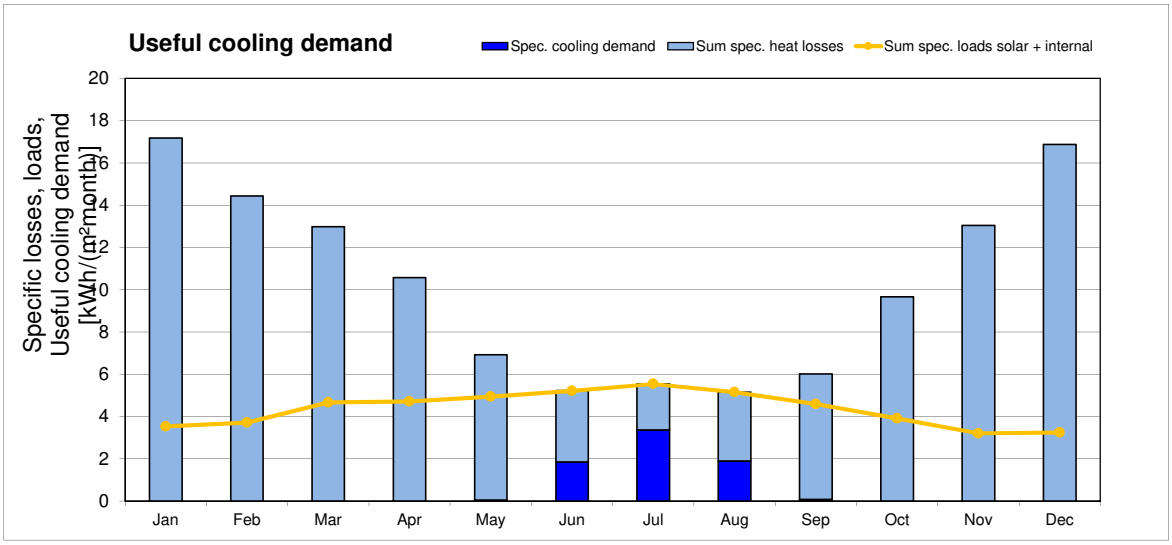
Window night ventilation, manual	Night ventilation value	0,00	1/h	
Mechanical, automatically Controlled ventilation	Corresponding air change rate during operation, in addition to basic air change	0,00	1/h	Controlled by (please check)
	Specific power consumption	0,00	Wh/m³	Temperature diff.
				Humidity diff. x

Cooling: energy value for useful cooling energy

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

Interior Temperature: 26 °C
Building type: Apartment house
Treated Floor Area A_{TFA}: 326 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating degree hours - Exterior	18,2	15,2	13,5	11,0	7,1	3,5	2,3	3,5	6,4	10,4	14,0	18,1	123	kKh
Heating degree hours - Ground	13,1	12,0	12,2	9,7	7,4	3,8	2,4	2,2	4,3	6,6	8,9	11,6	94	kKh
Losses - Exterior	5156	4298	3816	3115	1991	968	627	990	1792	2929	3951	5108	34743	kWh
Losses - Ground	452	415	421	335	256	132	84	77	148	227	307	400	3254	kWh
Losses summer ventilation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Sum spec. heat losses	17,2	14,4	13,0	10,6	6,9	3,4	2,2	3,3	5,9	9,7	13,0	16,9	116,4	kWh/m²
Solar load North	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar load East	220	297	441	485	523	591	638	556	451	305	188	176	4873	kWh
Solar load South	114	116	128	99	88	90	98	102	110	104	86	95	1230	kWh
Solar load West	117	157	234	258	278	314	338	295	240	162	100	93	2586	kWh
Solar load Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar load Opaque	42	49	62	61	63	70	75	68	60	47	34	35	664	kWh
Internal heat gains	659	595	659	638	659	638	659	659	638	659	638	659	7757	kWh
Sum spec. loads solar + internal	3,5	3,7	4,7	4,7	4,9	5,2	5,5	5,1	4,6	3,9	3,2	3,2	52,4	kWh/m²
Utilisation factor losses	21%	26%	36%	45%	71%	100%	100%	100%	76%	40%	25%	19%	39%	
Useful cooling energy demand	0	0	0	0	15	606	1098	617	24	0	0	0	2360	kWh
Spec. cooling demand	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1,9**	**3,4**	**1,9**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**7,2**	kWh/m²
Specif. dehumidification demand	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,3**	**1,7**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**2,0**	kWh/m²
Sensible fraction	100%	100%	100%	100%	100%	100%	93%	52%	100%	100%	100%	100%	78%	



Cooling: energy value for useful cooling energy

Edificio ristrutturato / Climate: Savigliano / TFA: 326 m² / Heating: 35,3 kWh/(m²a) / Cooling: 9,2 kWh/(m²a) / PER: 2,3 kWh/(m²a)

The sum of the cooling periods calculated through the monthly method will be presented on this side.

Building type:	Apartment house		Treated floor area A_{TFA}:	326,5	m²
Interior temperature summer:	26	°C	Building volume:	960	m³
Nominal humidity:	12	g/kg	Internal humidity sources:	2,5	g/(m²h)
Spec. capacity:	165	Wh/(m²K)			

Building assembly	Temperature zone	Area m²		U-Value W/(m²K)		Mon. red. fac.		G_t kKh/a		kWh/a	per m² treated floor area
External wall - Ambient	A	333,7	*	0,184	*	1,00	*	34	=	2069	6,34
External wall - Ground	B		*		*	1,00	*		=		
Roof/Ceiling - Ambient	A		*		*	1,00	*		=		
Floor slab / Basement ceiling	B		*		*	1,00	*		=		
Unheated basements	B	141,3	*	0,245	*	1,00	*	30	=	1032	3,16
Unheated attic	A	141,3	*	0,177	*	1,00	*	34	=	845	2,59
Unheated stairwell	X	99,5	*	0,347	*	0,62	*	34	=	720	2,21
Windows	A	64,9	*	0,985	*	1,00	*	34	=	2155	6,60
Exterior door	A		*		*	1,00	*		=		
Exterior TB (length/m)	A	500,5	*	0,127	*	1,00	*	34	=	2140	6,56
Perimeter TB (length/m)	P		*		*	1,00	*		=		0,00
Ground TB (length/m)	B		*		*	1,00	*		=		0,00
Transmission losses Q_T (negative: heat loads)									Total	8962	kWh/(m²a) 27,5

Summer ventilation

from 'SummVent' worksheet

Ventilation conductance, vent. unit

exterior $H_{V,e}$	14,3	W/K
without HR	130,2	W/K
ground $H_{V,g}$	0,0	W/K
without HR	0,0	W/K

Ventilation conductance, others

exterior	33,6	W/K

Ventilation parameter

Temperature amplitude summer	0,0	K
Minimum acceptable indoor temperature	22,0	°C
Heat capacity air	0,33	Wh/(m³K)
Supply air changes	0,41	1/h
Outdoor air changes	0,11	1/h
Window night vent. air change rate, manual @ 1K	0,00	1/h
Air changes rate due to mech., autom. controlled vent.	0,00	1/h
Specific power consumption for	0,00	Wh/m³
η_{HR}	89%	
η_{ERV}	0%	
η^*_{SHX}	0%	

Summer ventilation regulation

	HRV/ERV in summer
None	
Controlled by temp.	
Controlled by enthalpy	
Always	x
	Additional ventilation
Controlled by temp.	
Controlled by humidity	x

	$n_{V,system}$ 1/h		η^*_{SHX}		η_{HR} (considers bypass)		$n_{V,Rest}$ 1/h		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h
Hygienic air change									
Effective air change rate Ambient $n_{V,e}$	0,411	*(1-	0%	)*(1-	0,89	)+	0,106	=	0,151
Effective air change rate Ground $n_{V,g}$	0,411	*	0%	*(1-	0,89	)		=	0,000

	V_V m³		$n_{V,equi,fraction}$ 1/h		c_{Air} Wh/(m³K)		G_t kKh/a		kWh/a	kWh/(m²a)
Ventilation losses ambient Q_V	960	*	0,151	*	0,33	*	32	=	1555	4,8
Ventilation losses ground $Q_{V,e}$	960	*	0,000	*	0,33	*	0	=	0	0,0
Heat losses summer ventilation	960	*	0,000	*	0,33	*	0	=	0	0,0
Ventilation heat losses Q_V								Total	1555	4,8

	Q_T kWh/a		Q_V kWh/a		kWh/a	kWh/(m²a)
Total heat losses Q_L	8962	+	1555	=	10516,14307	**32,2**

Orientation of the area	Reduction factor		g-Value (perp. radiation)		Area m²		Global radiation kWh/(m²a)		kWh/a
North	0,40	*	0,00	*	0,0	*	354	=	0
East	0,32	*	0,50	*	32,4	*	623	=	3245
South	0,17	*	0,50	*	13,4	*	519	=	587
West	0,29	*	0,50	*	19,2	*	623	=	1722
Horizontal	0,40	*	0,00	*	0,0	*	939	=	0
Sum opaque areas									396
Available solar heat gains Q_S								Total	5950 kWh/a	18,2 kWh/(m²a)

	kh/d		Length heat. period d/a		Spec. power q_I W/m²		A_{TFA} m²		kWh/a	kWh/(m²a)
Internal heat gains Q_I	0,024	*	183	*	2,7	*	326,5	=	3889	11,9

		kWh/a	kWh/(m²a)
Sum heat loads Q_F	Q_S + Q_I =	9839	**30,1**
Ratio of losses to free heat gains	Q_L / Q_F =	1,07	
Utilisation factor heat losses η_G	=	71%	
Useful heat losses $Q_{V,n}$	η_G * Q_L =	7479	**22,9**
Useful cooling demand Q_K	Q_F - $Q_{V,n}$ =	2360	**7**

	kWh/(m²a)		(Yes/No)
Recommended maximum value	15	**Requirement met?**	**Yes**

Bibliografia

1. **Feist, Wolfgang.** Prefazione. [aut. libro] Francesco Nesi. *PASSIVHAUS.* Santarcangelo di Romagna (RN) : Maggioli Editore, 2017, p. 5-7.

2. **Gorrino, Alice.** *Sviluppo e validazione di modelli di calcolo della prestazione energetica dell'edificio: ponti termici e componenti speciali di involucro.* Diss., diretta dal Prof. Vincenzo Corrado, Dipartimento Energia, Politecnico di Torino. 2011. Tesi di dottorato.

3. **Nesi, Francesco.** *PASSIVHAUS.* Santarcangelo di Romagna (RN) : Maggioli Editore, 2017. 978-88-916-2553-3.

4. **Passive House Institute Darmstadt (PHI).** Attiva per un maggior comfort: La Passivhaus. [trad.] ZEPHIR Zero Energy and Passivhaus Institute for Research. Darmstadt : International Passive House Association, 2010.

5. **ZEPHIR SRL.** Chi siamo: ZEPHIR SRL. *Sito Web ZEPHIR SRL.* [Online] 2018. www.passivhausitalia.com.

6. **Corrado, Vincenzo.** *Slides del corso di Termofisica dell'edificio, Legislazione energetica e normativa tecnica.* Dipartimento Energia, Politecnico di Torino. 2016.

7. **UNI EN ISO 13790.** Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento. 5 giugno 2008.

8. **Ballarini, Ilaria, Capozzoli, Alfonso e Corrado, Vincenzo.** *A validation of the quasi-steady state building energy model by a dynamic numerical analysis.* 9-12 May 2010, Antalya 2010. CLIMA 2010, 10th Rehva World Congress "Sustainable Energy Use in Buildings".

9. **Ballarini, Ilaria, Capozzoli, Alfonso e Corrado, Vincenzo**. *Validazione del metodo semplificato (UNI/TS 11300) mediante applicazione dell'analisi numerica in regime dinamico.* Bologna 2009. Atti del Convegno AICARR "Prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto: software per la diagnosi energetica e il calcolo in regime invernale". p. 175-186.

10. **Corrado, Vincenzo e Fabrizio, Enrico.** Assessment of building cooling energy need through a quasi-steady state model: simplified correlation for gain-loss mismatch. *Energy and Buildings.* 2007, n. 39, p. 569-579.

11. **UNI/TS 11300-1.** Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale. 2 ottobre 2014.

12. **Comitato Termotecnico Italiano.** La UNI/TS 11300 - Certificazione energetica degli edifici. *Sito del Comitato Termotecnico Italiano.* [Online] 2018. https://www.cti2000.eu/la-uni-ts-11300/.

13. **Passive House Institute.** PHPP – the energy balance and Passive House planning tool, PHPP 9 – Input sequence. *Passive House Institute.* [Online] 2015. http://www.passivehouse.com/04_phpp/04_phpp.htm#PH9.

14. **Decreto interministeriale 26 giugno 2015.** Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

15. **Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192.** Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

16. **UNI EN ISO 13370.** Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo. 1 marzo 2018.

17. **Passivhaus Institut.** Criteri per la certificazione Passivhaus ed EnerPHit, 2016, traduzione a cura di ZEPHIR srl. [Online] 2018. www.passivhausitalia.it.

18. **Passive House Institute.** *Passive House Planning Package. The energy balance and design tool for efficient buildings and retrofits.* PHPP Versione 9. Darmstadt, Germania : Passive House Institute, Settembre 2015.

19. **UNI EN ISO 6946.** Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo. 1 marzo 2018.

20. **UNI EN ISO 13786.** Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo. 1 marzo 2018.

21. **UNI EN ISO 10077-1.** Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità . 1 marzo 2018.

22. **UNI EN ISO 10211.** Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati. 1 marzo 2018.

23. **UNI EN 410.** Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate. 10 marzo 2011.

24. **UNI EN ISO 52022-1.** Prestazione energetica degli edifici–Proprietà termiche, solari e luminose di componenti ed elementi edilizi. Parte 1: Metodo di calcolo semplificato delle caratteristiche luminose e solari per dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate. 1 marzo 2018.

25. **UNI EN ISO 52022-3.** Prestazione energetica degli edifici–Proprietà termiche, solari e luminose di componenti ed elementi edilizi - Parte 3: Metodo di calcolo dettagliato delle caratteristiche luminose e solari per dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate. 1 marzo 2018.

26. **DIN V 18599-Teil 2.** Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen. Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., Febbraio 2007.

27. **UNI EN ISO 14683.** Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento. 1 marzo 2018.

28. **UNI EN 12831.** Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto . 14 dicembre 2006.

29. **UNI EN ISO 13789.** Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo. 22 maggio 2008.

30. **UNI 10339.** Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura. 30 giugno 1995.

31. **UNI 10349-1.** Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1. 31 marzo 2016.

32. **NASA.** Langley Research Center Atmospheric Sciences Data Center POWER Project. [Online] 2009. http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi.

33. **Decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013 n. 74.** Regolamento recante def. criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione, ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale, estiva degli edifici, per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari.

34. **Peel, Andrew W.** *Solar Gains in a Passive House. A Monthly Approach to Calculating Global Irradiation Entering a Shaded Window.* Department of Physics, Carl von Ossietzky University Oldenburg/ F.R Germany. 2007. Master's Thesis in the Postgraduate Programme RENEWABLE ENERGY.

35. **Google.** Google Maps. [Online] 2018. https://www.google.com/maps.

36. **Studio Dott. Arch. Oreste Garzino.** Progetto di edificio per abitazione da erigersi in Savigliano via Sclaverani. Savigliano, 1965.

37. **Comune di Savigliano.** Cartografia di Piano Regolatore Generale Comunale. *Tavola 5.1 - Territorio Comunale.* [Online] Ottobre 2010. www.comune.savigliano.cn.it/servizi/menu/dinamica.aspx?idArea=16665&idCat=16678&ID=16684.

38. **Salani, Claudia; Espositi, Rossella; Galbusera, Giorgio; Parenzi, Alessandro.** IRIS Simulazione dei ponti termici agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211. Versione 4.1.1.1 Software distribuito da TEP srl, 22 dicembre 2017.

39. **UNI EN ISO 13788.** Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidita' superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo. 2013 .

40. **WERU GmbH.** Weru - Software progettazione finestre. Versione 1.5IT [Online] 2018, www.weru.it.

41. **CORTEXA Consorzio per la cultura del sistema a cappotto.** Manuale per l'applicazione del Sistema a Cappotto. [Online] 2018, www.cortexa.it.

42. **SIGMA COATINGS .** SigmaIsol. Nodi architettonici.

Allegato 1

Tavole di progetto dell'edificio esistente:

- **E.01** - Viste dei prospetti Ovest e Nord, vista della sezione trasversale AA e viste in pianta dei piani seminterrato e primo dell'edificio esistente;
- **E.02** - Viste dei prospetti Sud ed Est, vista della sezione longitudinale BB e viste in pianta dei piani secondo e terzo dell'edificio esistente;
- **E.03** - Vista in pianta del piano seminterrato e vista della sezione trasversale AA dell'edificio esistente;
- **E.04** - Vista in pianta del piano primo e vista del prospetto Sud dell'edificio esistente;
- **E.05** - Vista in pianta del piano secondo e vista della sezione longitudinale BB dell'edificio esistente;
- **E.06** - Vista in pianta del piano terzo e vista del prospetto Est dell'edificio esistente;
- **E.07** - Vista del prospetto Ovest e vista del prospetto Nord dell'edificio esistente.

Allegato 2

Tavole di progetto dell'edificio ristrutturato:

- **R.01** - Vista in pianta del piano seminterrato e vista della sezione trasversale AA dell'edificio ristrutturato;
- **R.02** - Vista in pianta del piano primo e vista del prospetto Sud dell'edificio ristrutturato;
- **R.03** - Vista in pianta del piano secondo e vista della sezione longitudinale BB dell'edificio ristrutturato;
- **R.04** - Vista in pianta del piano terzo e vista del prospetto Est dell'edificio ristrutturato;
- **R.05** - Vista del prospetto Ovest e vista del prospetto Nord dell'edificio ristrutturato;
- **R.np.I-F** - Nodo in pianta tra l'involucro termico e la finestra;
- **R.np.I-I.01** - Nodo in pianta dell'angolo convesso dell'involucro termico in corrispondenza della terrazza rivolta a Est;
- **R.np.I-I.02** - Nodo in pianta tra l'involucro esterno, l'involucro del vano scala e la parete divisoria tra zona termica e vano scala;
- **R.ns.I-C.01** - Nodo in sezione tra l'involucro termico e la copertura;
- **R.ns.I-C.02** - Nodo in sezione tra l'involucro termico e la copertura;
- **R.ns.I-Fi** - Nodo in sezione tra l'involucro termico e l'attacco inferiore della finestra con davanzale isolato;
- **R.ns.I-Fs** - Nodo in sezione tra l'involucro termico e l'attacco superiore della finestra o porta finestra con cassonetto isolato;
- **R.ns.I-P** - Nodo in sezione tra l'involucro termico e la soglia della porta finestra;
- **R.ns.I-t** - Nodo in sezione dell'attacco a terra dell'involucro termico.