



Ricerca di Sistema elettrico

Le criticità nella progettazione e
realizzazione di interventi di
riqualificazione a nZEB: implicazioni
pratiche, normative e legislative.
Evoluzione dei requisiti energetici
ottimali degli edifici NZEB

G. Murano, R. Nidasio, A. Panvini, L. Terrinoni

LE CRITICITÀ NELLA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE A NZEB:
IMPLICAZIONI PRATICHE, NORMATIVE E LEGISLATIVE. - EVOLUZIONE DEI REQUISITI ENERGETICI OTTIMALI
DEGLI EDIFICI NZEB -

G. Murano, R. Nidasio, A. Panvini - CTI
L. Terrinoni - ENEA

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Edifici a energia quasi zero (nZEB), Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici

Obiettivo: Evoluzione dei requisiti energetici ottimali degli edifici nZEB

Responsabile del Progetto: Luciano Terrinoni

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno del Contratto di Ricerca "Le criticità nella progettazione e realizzazione di interventi di riqualificazione a nZEB: implicazioni pratiche, normative e legislative. -Evoluzione dei requisiti energetici ottimali degli edifici NZEB-

Responsabile scientifico ENEA: Luciano Terrinoni

Responsabile scientifico CTI: Antonio Panvini

Sommario

1	I DECRETI MINISTERIALI DEL 26 GIUGNO 2015.....	6
1.1	ANALISI DEL D.M. REQUISITI MINIMI.....	6
1.1.1	Criteri e metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici.....	7
1.1.2	Quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica.....	7
1.1.3	Servizi energetici.....	8
1.1.4	Conversione in energia primaria: energia rinnovabile, non rinnovabile e totale.....	9
1.1.5	Classificazione degli edifici.....	10
1.1.6	Interventi edilizi.....	11
1.1.6.1	Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, ampliamento e sopra elevazione.....	11
1.1.6.2	Ristrutturazione importante e riqualificazione.....	11
1.1.7	Il nuovo APE.....	12
1.2	L'EDIFICIO DI RIFERIMENTO.....	13
1.3	NUOVI REQUISITI DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	17
1.3.1	Verifiche sul fabbricato.....	18
1.3.2	Verifiche sugli impianti.....	19
1.3.3	Prescrizioni e requisiti riguardanti i singoli componenti dell'involucro.....	19
1.3.3.1	Requisiti negli interventi di riqualificazione energetica sull'involucro.....	21
1.3.4	Prescrizioni e requisiti riguardanti gli impianti tecnici.....	23
1.3.5	Requisiti degli edifici a energia quasi zero (nZEB).....	25
1.3.6	Quadro riepilogativo.....	26
2	APPLICAZIONI SUI PARAMETRI DI VERIFICA RELATIVI ALL'INVOLUCRO DEL FABBRICATO	27
2.1	PARAMETRO $A_{SOL,EST}/A_{SUP,UTILE}$	27
2.2	PARAMETRO H'_T	36
2.2.1	Unità immobiliare singola sviluppata su tre piani.....	36
2.2.2	Unità immobiliare al piano terra in palazzina condominiale. Latì tutti disperdenti verso l'ambiente esterno ad eccezione di uno.....	36
2.2.3	Unità immobiliare al piano intermedio in palazzina condominiale. Latì tutti disperdenti verso l'ambiente esterno ad eccezione di uno.....	37
2.2.4	Unità immobiliare in complesso a schiera sviluppata su due piani (posizione intermedia).....	37
2.2.5	Unità immobiliare in complesso a schiera di tre piani (posizione intermedia).....	38
3	SIMULAZIONI DI CALCOLO SU CASI STUDIO.....	39
3.1	ASSUNZIONI DI CALCOLO E SCELTE METODOLOGICHE.....	40
3.1.1	Fabbricato.....	40
3.1.2	Impianti.....	42
3.2	VILLA MONOFAMILIARE.....	45
3.2.1	Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile nel fabbricato.....	51
3.2.2	Correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile, e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato.....	52
3.2.3	Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato.....	53
3.2.3.1	Confronto delle soluzioni.....	64
3.2.3.2	Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici.....	68
3.2.3.3	Determinazione dello spessore di coibente per adeguare le strutture esistenti ai requisiti minimi.....	70
3.2.3.4	Commento ai risultati.....	79
3.2.4	Descrizioni delle configurazioni impiantistiche.....	82
3.2.4.1	Configurazione impiantistica 1.....	82
3.2.4.2	Risultati.....	82
3.2.4.3	Configurazione impiantistica 2.....	84
3.2.4.4	Risultati.....	85
3.3	EDIFICIO AD USO SCOLASTICO.....	87
3.3.1	Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile nel fabbricato.....	89
3.3.2	Correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile, e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato.....	90

3.3.3	<i>Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato</i>	91
3.3.3.1	Confronto delle soluzioni.....	137
3.3.3.2	Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici	141
3.3.3.3	Determinazione dello spessore di coibente per adeguare le strutture esistenti ai requisiti minimi	144
3.3.3.4	Commento ai risultati	153
3.3.4	<i>Descrizioni delle configurazioni impiantistiche</i>	157
3.3.4.1	Configurazione impiantistica 3	157
3.3.4.2	Risultati.....	158
3.3.4.3	Configurazione impiantistica 4	160
3.3.4.4	Risultati.....	162
3.4	PALAZZINA AD USO UFFICI	165
3.4.1	<i>Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile</i>	168
3.4.2	<i>Correlazione tra il fattore di energia solare g_{gl+sh}/g_{gl} e il rapporto area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato</i>	169
3.4.3	<i>Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato</i>	170
3.4.3.1	Confronto delle soluzioni.....	189
3.4.3.2	Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici	193
3.4.3.3	Determinazione dello spessore di coibente per adeguare le strutture esistenti ai requisiti minimi	196
3.4.3.4	Commento ai risultati	204
3.4.4	<i>Descrizioni delle configurazioni impiantistiche</i>	208
3.4.4.1	Configurazione impiantistica 5	208
3.4.4.2	Risultati.....	210
3.5	PALAZZINA AD USO RESIDENZIALE	212
3.5.1	<i>Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile del fabbricato</i>	216
3.5.2	<i>Correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile, e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato</i>	226
3.5.3	<i>Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato</i>	232
3.5.3.1	Confronto delle soluzioni.....	315
3.5.3.2	Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici	317
3.5.3.3	Commento ai risultati	328
3.5.4	<i>Descrizioni delle configurazioni impiantistiche</i>	341
3.5.4.1	Configurazione impiantistica 6	341
3.5.4.2	Risultati.....	342
3.6	APPENDICE A (REQUISITI RELATIVI AL CONTENIMENTO DEI FABBISOGNI ENERGETICI PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA RIGUARDANTI I SINGOLI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO)	348
4	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	366
4.1	FABBRICATO.....	366
4.1.1	<i>Nuove costruzioni</i>	366
4.1.2	<i>Ristrutturazioni</i>	368
4.2	IMPIANTI	369
5	RACCOMANDAZIONI	371
6	SIGLE, ACRONIMI ED ABBREVIAZIONI	372
6.1	SIGLE E ACRONIMI	372
6.2	SIMBOLI	372
7	BIBLIOGRAFIA	374
7.1	NORMATIVA TECNICA.....	374
7.2	LEGISLAZIONE	375
7.3	MONOGRAFIE.....	376
7.4	ALTRI RIFERIMENTI	376
7.5	SITOGRAFIA.....	377
	BREVE CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO IMPEGNATO NELL'ATTIVITÀ	378

PREMESSA - ESAME DELLE CRITICITÀ APPLICATIVE NEL D.M. 26/06/2015

Il 2 ottobre 2015 è ufficialmente entrato in vigore il Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 26 giugno 2015 (di seguito “Requisiti Minimi”) [42]. Tale Decreto, attuativo del D.Lgs. 192/2005, definisce le modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, ivi incluso l'utilizzo delle fonti rinnovabili, nonché le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari. Il Decreto fornisce tra l'altro indicazioni in merito alla progettazione di edifici ad energia quasi zero, introducendo nella progettazione dei nuovi edifici e nelle ristrutturazioni importanti, nuove verifiche progettuali sia per quanto riguarda l'edificio (efficienze degli impianti tecnici, parametri relativi al fabbricato, indici di prestazioni energetiche) sia in merito alla qualità della prestazione termigrometrica dell'involucro nella stagione invernale che estiva.

Il D.M. “Requisiti Minimi” [42], all'art. 4, comma 2, prescrive inoltre che l'ENEA, in collaborazione con il CTI, predisponga uno studio sui parametri tecnici dell'edificio di riferimento, al fine di verificare le caratteristiche delle tecniche costruttive, convenzionali e innovative, e monitorare l'evoluzione dei requisiti energetici ottimali.

La presente ricerca propone dunque una lettura critica del nuovo Decreto andando a vagliare, per i parametri oggetto di verifica e attraverso l'applicazione degli algoritmi di calcolo previsti dal legislatore, un adeguato numero di casi studio al fine di individuare un primo livello di criticità applicative presenti nello stesso decreto; criticità in parte imputabili al quadro legislativo e in parte legate alla non perfetta rispondenza della normativa tecnica vigente alle richieste della Direttiva 2010/31/UE [35].

I casi studio riportati nella ricerca sono selezionati tra le differenti tipologie di edifici ricadenti nel campo di applicazione del decreto del giugno 2015 [42] e tengono conto del complesso delle caratteristiche termiche effettive dell'edificio, comprese le sue divisioni interne: capacità termica, isolamento termico, eventuali elementi di raffrescamento, ponti termici, impianto di riscaldamento ambiente e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di isolamento termico, impianti di climatizzazione dell'aria, presenza della ventilazione naturale e/o meccanica, impianto di illuminazione incorporato, progettazione, posizione e orientamento dell'edificio, compreso il clima esterno, condizioni climatiche interne, incluso il clima degli ambienti interni progettato, carichi interni.

1 I decreti ministeriali del 26 giugno 2015

Il giorno 15 luglio 2015 sono stati pubblicati in Gazzetta Ufficiale tre nuovi importanti Decreti, datati 26 giugno 2015, costituenti i disposti attuativi della Legge 90/13, recepimento italiano della Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici [35]. Comunemente detti Decreto “Requisiti Minimi” [42], Decreto “Linee Guida” [44] e Decreto “Relazioni Tecniche” [43], i tre provvedimenti definiscono tutti gli aspetti operativi per quanto riguarda i limiti di legge e le prestazioni energetiche di nuovi edifici, edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti e riqualificazioni energetiche, nonché forniscono le indicazioni per la redazione degli Attestati di Prestazione Energetica (APE).

Tabella 1 – D.M. 26 giugno 2015

Decreto	Titolo	Data
Requisiti Minimi	Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici [42]	26 giugno 2015
Relazioni Tecniche	Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici [43].	26 giugno 2015
Linee Guida	Adeguamento del Decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici [44].	26 giugno 2015

Tali disposti consentono l'attuazione del D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192 e ss.mm.ii. [40] recanti recepimento della direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast) [35]. Il quadro legislativo attuale però si estende anche al D.Lgs. 28/2011[41], che recepisce la direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (RES) [34].

1.1 Analisi del D.M. Requisiti Minimi

Come anticipato, il D.M. “Requisiti Minimi” [42] rappresenta il regolamento attuativo del D.Lgs. n. 192/2005, e ss.mm.ii. [40], definisce le modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici, nonché l'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari.

Il D.M. [42], che abroga il D.P.R. 59/2009, è entrato ufficialmente in vigore il 1° ottobre 2015 ed è strutturato secondo l'impostazione riportata di seguito:

Tabella 2 – Struttura del D.M. 26/06/2015 “Requisiti Minimi”

Articolo	Titolo
1	Ambito di intervento e finalità
2	Definizioni
3	Criteri e metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici
4	Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici
5	Criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti
6	Funzioni delle Regioni e delle Province autonome
7	Strumenti di calcolo
8	Abrogazioni e disposizioni finali
9	Entrata in vigore
Allegato 1	Criteri generali e i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici
Allegato 2	Norme tecniche di riferimento per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

L'Allegato 1 del D.M. “Requisiti minimi” [42] è così impostato:

- quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici e per la loro classificazione in base alla destinazione d'uso;
- prescrizioni comuni per gli edifici di nuova costruzione, gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti o gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica;
- requisiti e prescrizioni specifici:

- o per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero (nZEB);
- o per gli edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello;
- o Per gli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica;
- Quadro di sintesi.

1.1.1 Criteri e metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici

Il D.M. prevede per il calcolo della prestazione energetica negli edifici, ivi incluso l'utilizzo delle fonti rinnovabili, l'adozione delle seguenti norme tecniche nazionali e le loro successive modificazioni e integrazioni, predisposte in conformità allo sviluppo delle norme EN a supporto della direttiva 2010/31/UE [35], nonché le norme all'allegato 2 al D.M. [42].

- **Raccomandazione CTI 14/2013** "Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio" (sostituita dal 31/03/2016 dalla **UNI/TS 11300-5**), [3];
- **UNI/TS 11300 - 1** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale" [1];
- **UNI/TS 11300 - 2** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione" [2];
- **UNI/TS 11300 - 3** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva" [4];
- **UNI/TS 11300 - 4** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria", [5];
- **UNI/TS 11300-5** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili" (Vigente dal 31/03/2016), [6];
- **UNI/TS 11300-6** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili"(Vigente dal 31/03/2016), [7];
- **UNI EN 15193** - Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione, [8].

1.1.2 Quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica

Il calcolo della prestazione energetica, in estrema sintesi, è basato sulla determinazione del fabbisogno energetico annuale globale [42]. Questo si determina come energia primaria per singolo servizio energetico, con intervalli di calcolo mensili. Con le stesse modalità si determina l'energia da fonte rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema. Nel calcolo, inoltre, si opera la compensazione tra i fabbisogni energetici e l'energia da fonte rinnovabile prodotta e utilizzata all'interno del confine del sistema.

Tale approccio consente di tenere conto dell'energia da fonte rinnovabile o da cogenerazione prodotta nell'ambito del confine del sistema (in situ):

- solo per contribuire ai fabbisogni del medesimo vettore energetico (elettricità con elettricità, energia termica con energia termica, ecc.);
- fino a copertura totale del corrispondente fabbisogno o vettore energetico utilizzato per i servizi considerati nella prestazione energetica.

L'eccedenza di energia rispetto al fabbisogno mensile, prodotta in situ e che viene esportata, non concorre alla prestazione energetica dell'edificio. Inoltre l'eventuale energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile in eccedenza ed esportata in alcuni mesi, non può essere computata a copertura del fabbisogno nei mesi nei quali la produzione sia insufficiente. Il D.M. "Requisiti minimi" [42] pone anche un vincolo sull'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile, che non può essere conteggiata ai fini del soddisfacimento di consumi elettrici per la produzione di calore con effetto Joule.

Nel caso di impianti di generazione da fonte rinnovabile centralizzati, ovvero che alimentino una pluralità di utenze, oppure nel caso di impianti di generazione da fonte rinnovabile che contribuiscano per servizi diversi, per ogni intervallo di calcolo si attribuiscono quote di energia rinnovabile per ciascun servizio e per ciascuna unità immobiliare in proporzione ai rispettivi fabbisogni termici all'uscita dei sistemi di generazione ovvero ai rispettivi fabbisogni elettrici.

1.1.3 Servizi energetici

Tra le novità introdotte dal D.M. "Requisiti minimi" [42] vi è l'introduzione, o meglio, la considerazione di nuovi "servizi" nel calcolo della prestazione energetica degli edifici. Si ricorda che già la Legge 90/2013 [45] aveva anticipato tale obbligo, ponendo l'attenzione, per il settore terziario, anche all'illuminazione e agli impianti ascensori e scale mobili. Altri servizi assolutamente rilevanti sono la climatizzazione estiva e la ventilazione (movimentazione meccanica dell'aria), per i quali, con il nuovo D.M. [42], si arriva al calcolo anche dell'energia primaria¹.

L'aggiunta di questi ulteriori servizi comporta delle novità sia in termini di requisiti minimi richiesti, sia per quanto riguarda la stima della prestazione energetica riportata sull'APE. Il nuovo indicatore, l'energia primaria globale è ora costituito da diverse componenti (non più solo riscaldamento e acqua calda sanitaria) a seconda della destinazione d'uso dell'edificio e dalla presenza o meno di determinati impianti/servizi. In Tabella 3 è riportata una sintesi dei servizi considerati.

Tabella 3 – Servizi considerati nel calcolo della prestazione energetica degli edifici ai sensi del D.M. 26/06/2016

Simbolo	Servizio	Edifici residenziali	Edifici non residenziali
H	Climatizzazione invernale o riscaldamento	●*	●*
W	Produzione di acqua calda sanitaria	●*	●
C	Climatizzazione estiva o raffrescamento	●	●
V	Ventilazione	●	●
I	Illuminazione		●
T	Trasporto		●
* In caso di assenza di impianti si dovrà procedere a simularne la presenza			

Il calcolo della prestazione energetica si basa sui servizi effettivamente presenti nell'edificio in esame (edificio reale), fatti salvi gli impianti di climatizzazione invernale e, nel solo settore residenziale, di produzione di acqua calda sanitaria, che si considerano sempre presenti. Nel caso di loro assenza, si simula in maniera virtuale la presenza di tali impianti, considerando che siano presenti degli impianti standard così come definiti del D.M. [42] Ciò significa che, ad esempio, nel caso di un edificio residenziale, la climatizzazione estiva è presa in considerazione solamente in presenza dell'impianto, mentre i servizi di riscaldamento e acqua calda sanitaria, anche in assenza di impianto fisso propriamente definito, sono sempre conteggiati.

Per quanto concerne i servizi di illuminazione e trasporto (ascensori e scale mobili), anche se presenti, negli edifici residenziali non sono conteggiati nella prestazione energetica dell'edificio.

Si può dunque riassumere affermando che, nel caso degli edifici residenziali, la prestazione energetica è costituita da un minimo di due componenti (servizi) a un massimo di quattro, mentre per edifici con destinazione d'uso non residenziale, i servizi possono essere da un minimo di uno a un massimo di sei. La somma di tutti i servizi presenti e/o simulati contribuisce alla determinazione della prestazione energetica globale (pedice "gl") dell'edificio.

¹ L'impostazione del D.P.R. 59/09 e delle linee guida nazionali del 2009 considerava, nel calcolo della prestazione energetica in termini di energia primaria, solamente i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, limitando la valutazione della performance estiva al solo fabbricato.

1.1.4 Conversione in energia primaria: energia rinnovabile, non rinnovabile e totale

Un'ulteriore novità rispetto al precedente assetto legislativo riguarda la presenza di più indicatori della prestazione energetica dell'edificio. Riguardo l'energia primaria, non si parla più soltanto della componente non rinnovabile, ma sono indicate anche l'energia primaria rinnovabile e quella totale (la somma di rinnovabile + non rinnovabile). Tali indicatori, opportunamente suddivisi per servizio, sono riportati anche nell'APE.

Per il calcolo di queste tre componenti dell'energia primaria, il Decreto "Requisiti Minimi" fornisce quindi i fattori di conversione per tutti i cosiddetti "vettori energetici", come ad esempio il gas, le biomasse, l'energia elettrica, ecc. che possono essere utilizzati per alimentare gli impianti e soddisfare i fabbisogni dell'edificio. Ai fini delle verifiche progettuali del rispetto dei requisiti minimi, si effettua il calcolo sia dell'energia primaria totale che dell'energia primaria non rinnovabile, ottenute applicando i pertinenti fattori di conversione in energia primaria totale ($f_{p,tot}$) e in energia primaria non rinnovabile ($f_{p,nren}$). Ai fini della classificazione degli edifici, si effettua il calcolo dell'energia primaria non rinnovabile, applicando i pertinenti fattori di conversione in energia primaria non rinnovabile ($f_{p,nren}$). Il fattore di conversione in energia primaria totale è pari a: $f_{p,tot} = f_{p,nren} + f_{p,ren}$

Figura 1 – Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici (tabella 1 del Decreto Requisiti Minimi). [42]

Vettore energetico	$f_{p,nren}$	$f_{p,ren}$	$f_{p,tot}$
Gas naturale ⁽¹⁾	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide ⁽²⁾	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose ⁽²⁾	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete ⁽³⁾	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento ⁽⁴⁾	1,5	0	1,5
Teleraffrescamento ⁽⁴⁾	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
⁽¹⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE. ⁽²⁾ Come definite dall'allegato X del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. ⁽³⁾ Fonte GSE. I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE. ⁽⁴⁾ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2. ⁽⁵⁾ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo			

L'energia elettrica prelevata da rete è considerata in parte rinnovabile poiché prodotta a partire da fonti energetiche rinnovabili (idroelettrico, fotovoltaico, eolico e bioenergie). Nel calcolo dell'energia primaria relativa all'energia elettrica è quindi correttamente considerato anche questo contributo, oltre al rendimento del parco termoelettrico nazionale e alle perdite delle reti di trasmissione e distribuzione.

Un discorso analogo si può fare per l'energia termica consegnata all'edificio attraverso una rete di teleriscaldamento. Così come per l'energia elettrica, anche in questo si calcola la quantità di energia primaria che serve per produrre e consegnare tale energia. Il fattore di conversione in energia primaria del teleriscaldamento dipende quindi dal mix di combustibili e dalle tecnologie utilizzate, nonché dalle perdite della rete e dagli ausiliari per la distribuzione dell'energia termica. Essendo questi dati specifici di ogni rete il calcolo deve essere effettuato dal gestore.

Nella Figura 1, per quanto riguarda il teleriscaldamento e il teleraffrescamento, i fattori riportati, 1,5 e 0,5 rispettivamente, sono assunti in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza come prevede lo stesso Decreto [42].

1.1.5 Classificazione degli edifici

Gli edifici sono classificati, in base alla loro destinazione d'uso, nelle categorie di cui all'articolo 3 del D.P.R. 412/93 [46]. Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, ai fini del calcolo della prestazione energetica, le stesse sono valutate separatamente, ciascuna nella categoria che le compete. L'edificio è valutato e classificato in base alla destinazione d'uso prevalente in termini di volume climatizzato.

Il D.P.R. 412/1993 [46] gli edifici in base alla loro destinazione d'uso nelle seguenti categorie:

E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

- **E.1 (1)** abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;
- **E.1 (2)** abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;
- **E.1 (3)** edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili:

- E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunioni per congressi;
- E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;
- E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

- E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;
- E.6 (2) palestre e assimilabili;
- E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

1.1.6 Interventi edilizi

Il D.M. “Requisiti minimi” [42] considera i seguenti interventi edilizi:

- edificio nuovo;
- demolizione e ricostruzione;
- ampliamento e sopraelevazione di edificio esistente;
- ristrutturazione importante di primo livello;
- ristrutturazione importante di secondo livello;
- riqualificazione energetica.

1.1.6.1 Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, ampliamento e sopra elevazione

Per edificio di nuova costruzione si intende l’edificio il cui titolo abilitativo è stato richiesto dopo l’entrata in vigore del D.M. (1° ottobre 2015). Sono assimilati agli edifici di nuova costruzione:

- gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario;
- l’ampliamento di edifici esistenti, ovvero i nuovi volumi edilizi con destinazione d’uso considerata nel D.M., sempre che la nuova porzione abbia un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m³.

L’ampliamento può essere connesso funzionalmente al volume pre-esistente o costituire, a sua volta, una nuova unità immobiliare (definita come “parte progettata per essere utilizzata separatamente”).

1.1.6.2 Ristrutturazione importante e riqualificazione

In una **ristrutturazione importante di primo livello** l’intervento, oltre a interessare l’involucro edilizio con un’incidenza superiore al 50% 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 una **ristrutturazione importante di secondo livello** l’intervento interessa l’involucro edilizio con un’incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio e può interessare l’impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.

Si definiscono **interventi di riqualificazione energetica** di un edificio quelli non riconducibili ai casi di ristrutturazioni importanti e che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell’edificio. In tali casi, come anche nelle ristrutturazioni importanti di secondo livello, i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche termo-fisiche o di efficienza.

Tabella 4 – Percentuale della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio interessata dalla ristrutturazione dell’involucro

Incidenza percentuale	Ristrutturazione dell’impianto termico per la climatizzazione invernale o estiva asservito all’intero edificio	Ristrutturazione del solo involucro
$p < 25\%$	Riqualificazione energetica	Riqualificazione energetica
$25\% < p < 50\%$	Ristrutturazione importante di secondo livello	Ristrutturazione importante di secondo livello
$p > 50\%$	Ristrutturazione importante di primo livello	Ristrutturazione importante di secondo livello

Sono previste alcune deroghe all’applicazione dei requisiti di prestazione energetica per:

- Interventi di ripristino dell’involucro edilizio che coinvolgono unicamente strati di finitura, interni o esterni, ininfluenti dal punto di vista termico (quali la tinteggiatura), o rifacimento di porzioni di intonaco che interessino una superficie inferiore al 10% della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio;
- Interventi di manutenzione ordinaria sugli impianti termici esistenti.

1.1.7 Il nuovo APE

Per completezza si riportano di seguito le principali differenze tra il vecchio e il nuovo APE, con particolare attenzione alle informazioni utili all'utente finale, ovvero il cittadino che riceve le informazioni sulla prestazione energetica dell'edificio oggetto di transazione commerciale [44].

Innanzitutto, una considerazione di carattere generale: il nuovo APE è redatto per unità immobiliare. Questo con l'evidente finalità di fornire un'informazione quanto più precisa sulla situazione della propria unità. Tale esigenza è un'evoluzione particolarmente impattante e significativa, ma importante pensando, in particolare, all'introduzione dei nuovi servizi e anche, nella generalità dei casi, alla necessità di rispondere meglio a tutte quelle situazioni in cui, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti impiantistici, vi siano significative differenze tra gli appartamenti. Basta pensare ad esempio ad un condominio nel quale non tutte le unità immobiliari sono dotate di raffrescamento, oppure alcune unità si sono staccate dall'impianto centralizzato e/o hanno anche sistemi di riscaldamento autonomi (stufe a pellet o pompe di calore). In tali casi i risultati sono difficile fornire con un'unica fotografia della situazione energetica dell'unità immobiliare che sia attinente a quelli che sono gli impianti e i servizi effettivamente presenti in essa. E' quindi necessario prevedere più "scatti", ciascuno che evidenzia le eventuali peculiarità della singola unità immobiliare.

Per quanto riguarda la classificazione energetica, una delle novità più evidenti è la suddivisione della classe "A" (la più alta) in quattro sottoclassi, da A1 (meno performante) a A4 (più performante). Ultima classe (la più bassa, ovvero per gli immobili non energeticamente efficienti) continua ad essere la "G". La classificazione rimane basata sull'energia primaria non rinnovabile, anche se viene uniformato l'indicatore per tutte le tipologie di edifici (anche i non residenziali utilizzeranno il kWh/m² e non più il kWh/m³).

Vi sono inoltre novità per quanto riguarda la costruzione della scala. Nei vecchi disposti legislativi la costruzione dei range era effettuata partendo da "valori fissi" per edifici residenziali e non residenziali, che erano opportunamente differenziati solo per zona climatica e rapporto S/V. Con la nuova impostazione, anche la scala energetica è costruita con il meccanismo dell'"edificio di riferimento", di cui si forniscono dettagli poco sotto. In altre parole, anche la scala varierà da edificio a edificio, andando a indicare non la prestazione energetica rispetto a un valore assoluto bensì rispetto a quello che potrebbero essere le prestazioni di un edificio identico in termini di geometria e contesto, ma costruito con materiali e tecnologie energeticamente performanti definiti dal legislatore.

Sempre riguardo la scala energetica, un altro aspetto è legato al fatto che essa è costruita già con i parametri previsti per il secondo step temporale (2019 per gli edifici pubblici e 2021 per tutti gli altri edifici). Al 2019/2021 non vi saranno quindi cambiamenti di scala.

Inoltre, è opportuno notare che nell'edificio di riferimento utilizzato per la costruzione della scala sono previste tecnologie di riferimento prefissate (non necessariamente uguali a quelle dell'edificio reale), con efficienze predeterminate per i vari servizi. Questo, in altre parole, comporta che la classificazione sia indipendente dalla tecnologia impiantistica scelta. Oltre a ciò, le suddette tecnologie impiantistiche prefissate non includono impianti utilizzanti fonti rinnovabili. Quindi, a parità di altre condizioni, tecnologie impiantistiche migliori (in termini di basso fabbisogno di energia primaria non rinnovabile) porteranno l'edificio in classi energetiche più elevate, così come l'utilizzo delle rinnovabili.

L'APE è poi caratterizzato da una seconda facciata in cui vi sono invece due tabelle: la prima contenente i consumi stimati degli impianti e la seconda contenente le raccomandazioni. L'indicazione dei consumi stimati è un'altra novità dell'APE 2015. Infatti, ci si è resi conto di come il valore in kWh/m² per anno espresso in termini di energia primaria non rinnovabile, sebbene scientificamente corretto, fosse difficilmente comprensibile ai non addetti ai lavori. Pertanto sono stati introdotti anche i consumi stimati per vettore energetico, espressi in termini di energia consegnata all'edificio (m³ di gas, kg di legna, kWh elettrici, ecc.).

Per un confronto con i consumi reali (bollette) è sempre però da tenere in considerazione il fatto che i valori riportati sull'APE sono calcolati in riferimento ad un uso convenzionale dell'edificio e quindi risultano essere diversi da quelli effettivi.

Le raccomandazioni invece, unitamente alle informazioni sul miglioramento della prestazione energetica, continuano a costituire un elemento indispensabile dell'APE.

1.2 L'edificio di riferimento

Prima di parlare dei requisiti minimi, è opportuno spiegare cos'è l'edificio di riferimento, di cui si è accennato poco sopra, in relazione alla classificazione energetica. La precedente impostazione (Linee guida nazionali 2009 [47]) prevedeva una classificazione con limiti prestabiliti di prestazione "a classi fisse".

L'obiettivo della nuova impostazione, che adotta il metodo dell'edificio di riferimento, è fornire una corretta classificazione per tutte le tipologie di edifici (dalla villetta monofamiliare all'ospedale, dalla scuola al palazzo uffici), non penalizzando gli edifici che hanno un numero maggiore di servizi (ad esempio edifici con la climatizzazione estiva rispetto a quelli senza), un'ulteriore esigenza è, come già succedeva anche nella vecchia impostazione, tenere in debita considerazione la zona climatica e il rapporto S/V.

Tale operazione permette di annullare l'effetto di fattori che rappresentano le sollecitazioni sul sistema fabbricato-impianto ma non le sue caratteristiche intrinseche; penalizzare o favorire alcune scelte progettuali e tecnologiche.

I parametri intrinseci comprendono le variabili climatiche e tutti i parametri legati alla destinazione d'uso dell'edificio (es. condizioni ambientali interne, tasso di ventilazione, profilo di occupazione).

I parametri relativi alle scelte progettuali comprendono le caratteristiche tipologiche dell'edificio (dimensioni, forma, volume, numero di piani, ecc.) ed il tipo di prodotto energetico utilizzato.

Per tali motivi, il legislatore ha scelto di adottare il meccanismo dell'edificio di riferimento sia per l'impostazione di alcuni limiti di legge sul fabbricato ($EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$) e sull'energia primaria totale $EP_{gl,tot}$, sia per la costruzione della scala di classificazione ($EP_{gl,nren,limite(2019/21)}$). In questo modo, infatti, è possibile rapportare ogni edificio non a valori di prestazione assoluti, ma a valori relativi rispetto a quello che la buona tecnica e la buona progettazione consentono attualmente di ottenere in quella determinata situazione.

I valori limite degli indici di prestazione energetica sono calcolati applicando all'edificio di riferimento i medesimi metodi di calcolo utilizzati per l'edificio oggetto della verifica progettuale. La neutralizzazione dell'impatto di alcuni fattori avviene attribuendo all'edificio di riferimento caratteristiche uguali a quelle del caso reale. Considerando ad esempio un edificio di riferimento geometricamente identico a quello reale, ma con tecnologie d'involucro predeterminate, si ottiene la neutralizzazione completa della forma e del volume dell'edificio, ma non quella delle sue caratteristiche termofisiche.

Il D.M. "Requisiti Minimi" [42] fornisce quindi una serie di parametri energetici (ad es. trasmittanze termiche dei componenti, efficienze medie stagionali per tipologia di impianto), con i quali "vestire" l'edificio di riferimento al fine di calcolare il limite di legge. Geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno rimangono invece gli stessi dell'edificio reale preso in esame.

Un'ultima considerazione riguardo alla classificazione effettuata con l'edificio di riferimento è che quest'ultima dovrebbe avere anche il vantaggio di distribuire in modo più omogeneo gli edifici tra le varie classi. Come dimostrato da diversi studi che hanno raccolto i dati delle certificazioni energetiche in questi anni [49], [50], uno dei problemi era costituito dal fatto che, da un lato, gli edifici di nuova costruzione ricadevano nelle classi "A" e "B", mentre, dall'altro, gran parte degli edifici esistenti ricadeva in classe "G". Questo portava alla conseguenza che la maggioranza degli edifici sottoposti a compravendita o locazione era praticamente messa sullo stesso piano (con uno spopolamento delle classi intermedie) e questo rendeva difficile la comparazione da parte dell'utente. Con il nuovo sistema, questo fatto dovrebbe essere in parte mitigato, arrivando ad una miglior ripartizione degli edifici anche sulle classi intermedie.

L'edificio di riferimento è descritto nell'Appendice A dell'Allegato 1 al D.M. "Requisiti minimi" [42].

Rispetto all'edificio in progetto, l'edificio di riferimento presenta:

- la medesima destinazione d'uso e le medesime condizioni di occupazione;
- la medesima geometria (forma, dimensioni di superfici opache e trasparenti);
- le medesime condizioni al contorno esterne (orientamento, ubicazione territoriale, contesto esterno);
- le stesse tipologie di impianti di produzione di energia dell'edificio in progetto. Le caratteristiche tecniche e i parametri energetici predeterminati dell'edificio di riferimento sono distinti in parametri relativi al fabbricato e parametri relativi agli impianti tecnici.

I parametri relativi al fabbricato comprendono la trasmittanza termica (U) delle:

- strutture opache verticali, verso l'esterno, verso gli ambienti non climatizzati o contro terra;
- strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e verso gli ambienti non climatizzati;
- strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, verso gli ambienti non climatizzati o contro terra;
- chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati;
- strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti;

e il fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud.

I valori di trasmittanza termica (U) caratteristici dell'edificio di riferimento si **considerano comprensivi dell'effetto dei ponti termici** [42]. Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non climatizzati, si assume come trasmittanza il valore caratteristico dell'edificio di riferimento diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella norma UNI/TS 11300-1 [1] in forma tabellare e riportati di seguito.

Tabella 5 – Fattore di correzione $b_{tr,U}$ (da UNI EN 12831) [1],[12]

Ambiente confinante	$b_{tr,U}$
Ambiente	
– Con una parete esterna	0,4
– Senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,5
– Con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,6
– Con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,8
Piano interrato o seminterrato	
– Senza finestre o serramenti esterni	0,5
– Con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	
– Tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1
– Altro tetto non isolato	0,9
– Tetto isolato	0,7
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di 0,5 h⁻¹)	0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di 0,005 m ² /m ³)	1
Solette sospese (solette sopra vespaio) ^{a)}	0,8
Pavimento o parete contro terra ^{a)}	0,45

^{a)} Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori caratteristici dell'edificio di riferimento devono essere confrontati con i valori della trasmittanza termica equivalente calcolati in base alle UNI EN ISO 13370 [30].

La trasmittanza termica (U) delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti fissata pari a 0,8 W/m² K. Il fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) per componenti

finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud è fissato pari a 0,35 e considera la presenza di una schermatura mobile. Per le strutture opache verso l'esterno si considera il coefficiente di assorbimento solare (α) dell'edificio reale. In Figura 2 e Figura 3 sono riportate le trasmittanze termiche rispettivamente per le fasi applicative 2015 e 2019/2021.

Figura 2 – Parametri caratteristici relativi al fabbricato dell'edificio di riferimento (Prima fase 2015)

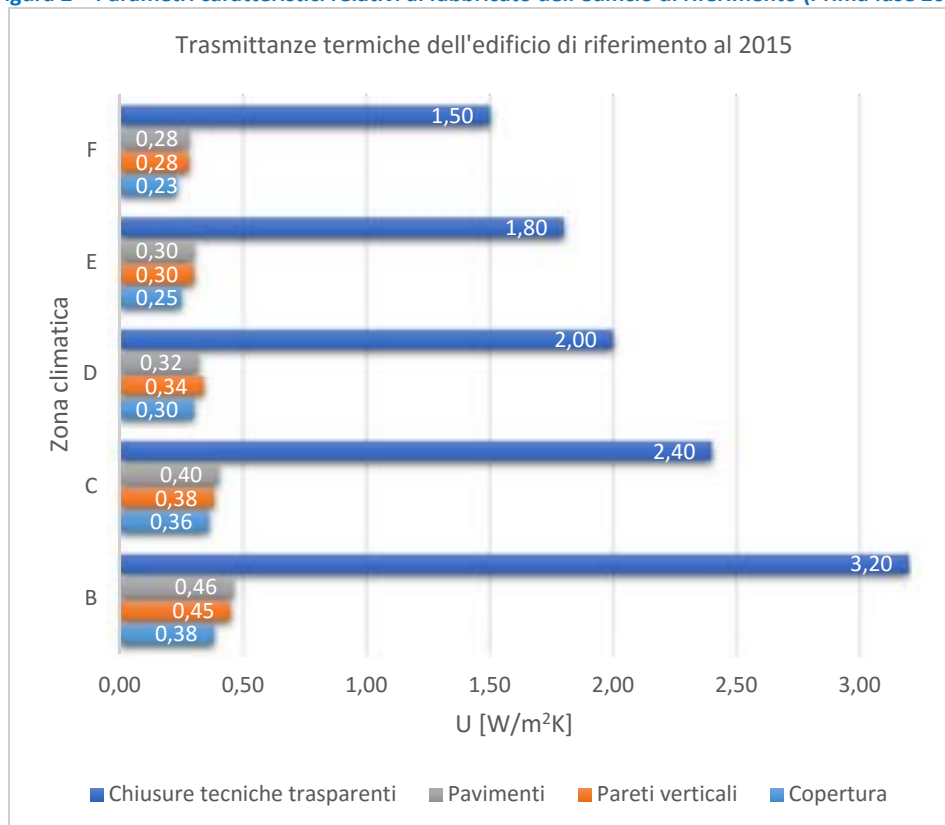
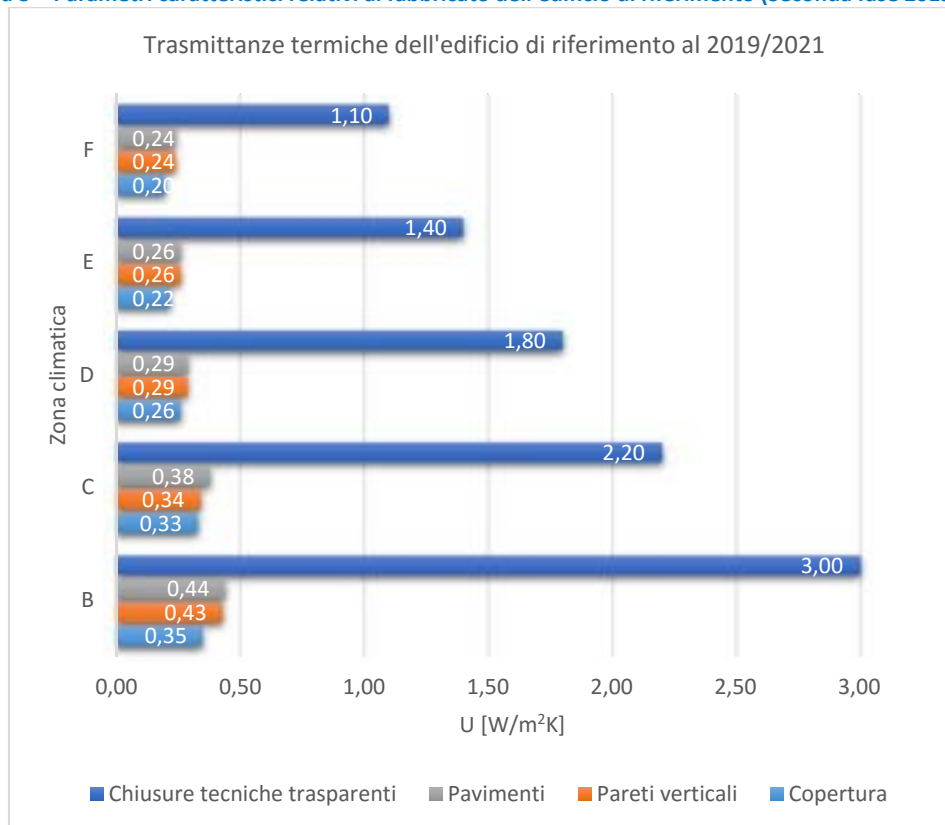


Figura 3 – Parametri caratteristici relativi al fabbricato dell'edificio di riferimento (Seconda fase 2019/2021)



Parametri relativi agli impianti tecnici

In assenza di un servizio energetico nell'edificio reale non si considera fabbisogno di energia primaria per quel servizio. Il D.M. [42] riporta i parametri relativi agli impianti tecnici di riferimento e la metodologia per la determinazione dell'energia primaria totale per ciascun servizio energetico considerato. Per i servizi di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e acqua calda sanitaria sono fornite le efficienze medie η_u del complesso dei sottosistemi di utilizzazione (emissione/erogazione, regolazione, distribuzione e dell'eventuale accumulo), nonché le efficienze medie dei sottosistemi di generazione.

Tabella 6 – Efficienze medie η_u dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi di H, C, W

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione η_u	$\eta_{u,H}$	$\eta_{u,C}$	$\eta_{u,W}$
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aeraulica	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

Tabella 7 – Efficienze medie η_{gn} dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ

Sottosistemi di generazione	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	¹⁾	2,50	-
Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,5	-	-
Pompa di calore ad assorbimento	1,2	$0,60 \times \eta_{gn}^{2)}$	1,10	-
Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	0,6	-	-

Sottosistemi di generazione	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,6	-	-
Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1	1,05	-
Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
Riscaldamento con resistenza elettrica	1	-	-	-
Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
Solare termico	0,3	-	0,30	-
Solare fotovoltaico	-	-	-	0,10
Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	-

¹⁾ per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia;

²⁾ si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale;

³⁾ per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore.

Servizio di illuminazione

Per il servizio di illuminazione, nell'edificio di riferimento si considerano gli stessi parametri (occupazione, sfruttamento della luce naturale) dell'edificio reale e sistemi automatici di regolazione di classe B di cui alla UNI EN 15232 [19].

Servizio di ventilazione

Per il servizio di ventilazione, se presente, nell'edificio di riferimento si considerano le medesime portate di aria dell'edificio reale e sono definiti i fabbisogni specifici di energia elettrica.

Tabella 8 – Fabbisogno di energia elettrica specifico per m³ di aria movimentata.

Tipologia di impianto	E _{ve} [Wh/m ³]
Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione	0,25
Ventilazione meccanica a semplice flusso per immissione con filtrazione	0,30
Ventilazione meccanica a doppio flusso senza recupero	0,35
Ventilazione meccanica a doppio flusso con recupero	0,50

1.3 Nuovi requisiti di prestazione energetica

Con il D.M. "Requisiti minimi" [42] viene dunque completamente rivisto il quadro complessivo dei limiti da rispettare. Le diverse verifiche di legge sono differenziate a seconda della tipologia di situazione o intervento, ma vi sono anche alcune prescrizioni comuni. Si distinguono quindi i requisiti per:

- 1) edifici di nuova costruzione, demolizioni e ricostruzioni, ampliamenti e sopraelevazioni;
- 2) ristrutturazioni importanti di primo livello;
- 3) ristrutturazioni importanti di secondo livello;
- 4) riqualificazioni energetiche dell'involucro o degli impianti.

Il principio di base con il quale il legislatore ha redatto tale schema di verifiche è la progressività delle richieste in funzione della rilevanza dell'intervento e delle potenzialità in termini di risparmio energetico a seconda delle situazioni. Per edifici nuovi il numero e il tipo di verifiche sono più elevati; invece, per riqualificazioni energetiche di parti del fabbricato o degli impianti, le verifiche riguardano solamente le porzioni di edificio o gli impianti oggetto di intervento.

Sono previsti due step temporali 2016 (a partire dalla data di entrata in vigore del D.M.) e 2019/2021 a seconda che si tratti di edifici pubblici o privati [42].

Per un approfondimento esaustivo sulle verifiche richieste per ciascun caso si rimanda comunque al testo del Decreto. Di seguito si riporta una panoramica sui principali indicatori utilizzati per le verifiche e su cosa questi comportino in termini progettuali.

1.3.1 Verifiche sul fabbricato

Il parametro più significativo è il coefficiente globale di scambio termico descritto qui sotto.

H'_T : è definito precisamente come coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente, ed è espresso in $[W/m^2K]$. In pratica si tratta di una sorta di trasmittanza media dell'involucro. Il relativo calcolo considera tutti i componenti disperdenti dell'involucro, siano essi opachi o trasparenti, unitamente alle dispersioni dei ponti termici presenti. Il limite per tale parametro è un valore fisso, che viene diversificato per zona climatica e per rapporto S/V. Tale parametro è utilizzato come requisito per edifici nuovi e per edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello, oltre che per ampliamenti e ristrutturazioni importanti di secondo livello.

Nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni importanti di primo livello H'_T è determinato per l'intero involucro edilizio, mentre per le ristrutturazioni importanti di secondo livello H'_T è determinato per l'intera parete, comprensiva di tutti i componenti su cui si è intervenuti.

Sono due gli aspetti fondamentali per poter rispettare tale limite:

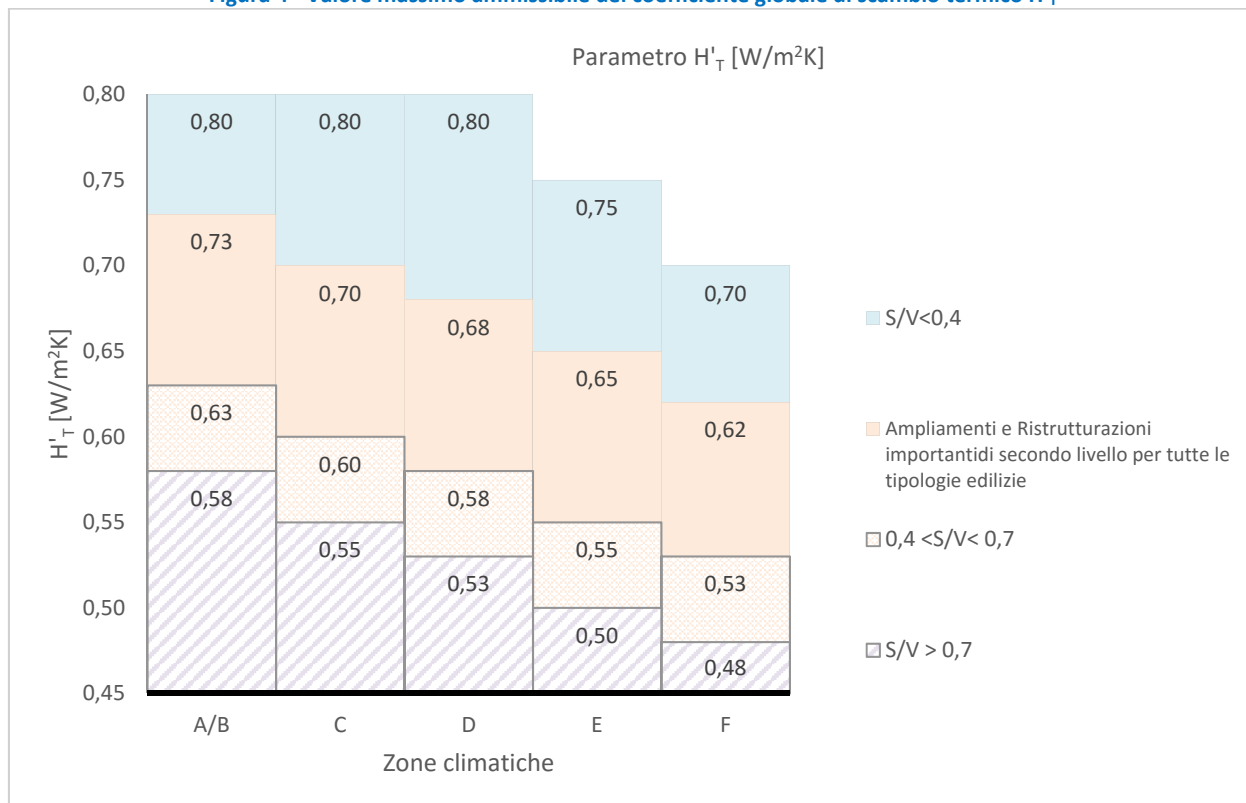
- 1) i ponti termici devono essere ridotti al minimo;
- 2) risulta difficile eccedere con le superfici vetrate qualora esse non abbiano altissime prestazioni in termini di isolamento termico.

Nel caso di edifici nuovi, l'introduzione di tale limite si è resa necessaria come conseguenza del fatto che i limiti sulla prestazione energetica del fabbricato e sull'energia primaria globale non sono più valori fissi, bensì variabili, con il meccanismo dell'edificio di riferimento, in funzione della geometria, e quindi anche dell'area delle superfici vetrate, dell'edificio reale.

Il limite sull' H'_T può dunque essere visto come operante in sinergia con i limiti sugli EP_{nd} al fine di portare ad ottenere un edificio con caratteristiche energetiche performanti.

I valori limite di H'_T sono rappresentati nella Figura 4 in funzione della zona climatica e, per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni importanti di primo livello, anche in funzione del rapporto S/V.

Figura 4 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T



$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$: è definito come area solare equivalente estiva per unità di superficie utile [-]. Tale parametro è influenzato prevalentemente dai componenti trasparenti e dalla presenza di schermature solari mobili per gli orientamenti più critici dal punto di vista degli apporti solari. Tale requisito ha l'obiettivo di controllare gli apporti solari al fine di ridurre il surriscaldamento degli ambienti nel periodo estivo e dover richiedere, di conseguenza, l'intervento dell'impianto di raffrescamento. Come per il parametro H'_T , il limite è fisso, ma differenziato per abitazioni civili e per altre destinazioni d'uso. Per poter rispettare il requisito è indispensabile una progettazione accorta, che eviti, o comunque limiti, l'irraggiamento diretto attraverso i componenti trasparenti.

Sia nelle nuove costruzioni, sia nelle ristrutturazioni importanti di primo livello, il D.M. chiede di verificare che il rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$) non superi il valore massimo ammissibile.

Tabella 9 – Valore massimo ammissibile del coefficiente $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,030$	Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3).
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,040$	Tutti gli altri edifici.

$EP_{H,nd}$ e $EP_{C,nd}$: sono rispettivamente gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento e per raffrescamento [kWh/m^2]. Essi sono influenzati da tutte le variabili che concorrono alla prestazione energetica del fabbricato, ovvero scambi termici per trasmissione e per ventilazione, apporti interni sensibili, apporti solari e parametri dinamici. Tali indici non sono quindi influenzati da componenti impiantistici.

I limiti di legge, in questo caso, non sono fissi ma calcolati attraverso l'"edificio di riferimento". Essi sono da verificarsi in caso di edifici nuovi o ristrutturazioni importanti di primo livello.

1.3.2 Verifiche sugli impianti

Il D.M. impone requisiti sulle efficienze medie stagionali degli impianti di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e acqua calda sanitaria. I valori di riferimento per la costruzione dei limiti sono fissi; tuttavia essi risultano diversificati per tipologia impiantistica adottata nell'edificio reale.

In particolare, sono forniti dal D.M. [42], in forma tabellare, due rendimenti (di utilizzazione e di generazione). Tali valori sono utilizzati sia per il calcolo dell'efficienze limite sia per il calcolo dell' $EP_{gl,tot,limite}$. Quest'ultimo è definito come l'indice di prestazione globale (ovvero somma di tutti i servizi presenti e considerati nella valutazione) totale (ovvero energia rinnovabile + non rinnovabile) ed è calcolato a partire dagli EP_{nd} di riferimento.

Le ricadute di questi limiti sulla progettazione impiantistica riguardano il fatto che non sono messe in diretta concorrenza tecnologie differenti; è infatti possibile soddisfare i requisiti con qualunque tipologia impiantistica (dalle caldaie alle pompe di calore), purché efficienti. Contano quindi sia il rendimento nominale della macchina, sia le condizioni di installazione.

In secondo luogo, la verifica sull' $EP_{gl,tot,limite}$, essendo questo calcolato come somma di servizi, lascia al progettista una certa libertà di azione sui vari impianti. È cioè consentito, nel caso vi fosse un servizio particolarmente energivoro, di rientrare nel limite provvedendo alla riduzione del fabbisogno di un altro servizio o anche, andando a ritroso, agendo sui parametri del fabbricato, aumentandone la performance.

1.3.3 Prescrizioni e requisiti riguardanti i singoli componenti dell'involucro

Il D.M. 26/06/2016 [42] prevede che il progettista, al fine di **limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva** e di contenere la temperatura interna degli ambienti:

- valuti puntualmente e documenti l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare;

- b) esegua, a eccezione degli edifici classificati nelle categorie E.6 ed E.8, in tutte le zone climatiche a esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a 290 W/m^2 :
- a. **almeno una delle seguenti verifiche**, relativamente a tutte le pareti verticali opache con l'eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest / nord / nord-est:
- Che il valore della massa superficiale M_s , di cui al comma 29 dell'all. A, del D.Lgs. [40], sia superiore a 230 kg/m^2 ;
 - Che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE} , di cui alla lettera d), del comma 2, dell'articolo 2, del D.M.[42], sia inferiore a $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$;
 - La verifica, relativamente a tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE} , di cui alla lettera d), del comma 2, dell'articolo 2, del D.M. [42], sia inferiore a $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- c) qualora ritenga di raggiungere i medesimi effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache di cui alla lettera b), con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare, produca adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le citate disposizioni.

Tabella 10 – Località in cui è necessaria, ai sensi dell'art. 3.3 Comma 4 del D.M. [42], la verifica del contenimento dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e del contenimento della temperatura interna degli ambienti [31].

Provincia	Zona C.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Max
AT	E	55,7	112,1	148,2	202,1	245,8	267,6	291,6	235,1	177,7	116,6	46,1	43,8	291,6
IM	C	70,7	116,6	147,2	192,3	233,0	287,4	308,4	265,5	184,5	121,1	79,9	65,4	308,4
SP	D	69,9	107,0	149,5	199,2	263,5	294,8	289,4	242,3	191,1	113,6	71,6	54,5	294,8
SV	D	57,1	94,4	147,1	199,8	234,1	270,1	293,8	247,0	195,1	135,4	79,4	60,4	293,8
FE	E	44,2	101,5	137,4	189,1	270,1	288,1	299,0	236,0	179,7	110,4	64,7	37,9	299,0
RA	E	46,0	94,7	144,0	200,8	262,1	291,5	292,6	229,2	167,7	113,6	70,2	41,5	292,6
RN	E	52,1	89,2	138,7	196,3	261,1	289,2	292,6	223,5	166,6	108,3	61,9	50,1	292,6
AR	E	62,6	101,4	143,5	177,2	253,2	255,8	297,8	266,9	187,4	129,5	71,7	50,4	297,8
FI	D	73,0	103,2	140,2	193,0	252,2	292,2	303,6	262,2	204,1	124,2	76,5	61,5	303,6
SI	D	64,1	107,1	144,0	189,9	234,0	273,4	298,7	249,0	185,9	114,9	74,6	55,4	298,7
TR	D	59,0	104,4	135,3	189,0	236,1	265,3	307,4	275,0	190,7	127,1	72,9	51,0	307,4
AN	D	41,2	84,1	131,5	199,5	259,1	280,8	290,6	234,1	173,0	105,3	68,4	47,2	290,6
AP	D	44,9	74,9	117,9	178,0	238,6	265,5	293,0	243,0	161,2	91,1	59,4	34,5	293,0
FM	D	66,3	93,8	145,2	209,1	257,7	292,3	301,6	260,3	190,7	115,2	64,9	58,3	301,6
MC	D	38,6	97,1	139,4	198,9	243,5	253,6	294,2	246,8	178,2	121,7	67,5	49,5	294,2
LT	C	67,7	120,1	162,6	215,2	288,5	291,1	308,9	245,7	194,4	142,8	82,2	60,9	308,9
RI	E	64,9	101,9	140,8	211,6	254,4	263,8	317,5	263,4	200,8	135,8	91,3	68,2	317,5
RM	D	73,3	104,9	153,1	216,1	248,4	295,7	321,0	265,9	198,0	136,3	82,4	70,1	321,0
VT	D	59,7	108,5	139,9	206,7	254,4	277,5	306,6	264,7	153,1	139,2	83,9	75,4	306,6
CH	D	68,5	113,0	150,0	185,3	239,1	265,4	290,5	253,3	180,1	119,8	75,7	55,8	290,5
PE	D	57,3	93,6	147,7	206,7	246,4	262,3	296,8	260,1	186,6	100,3	73,7	52,3	296,8
CB	E	62,9	100,0	146,9	205,3	267,1	275,9	290,4	245,3	168,7	136,3	83,9	57,0	290,4
AV	D	71,2	111,1	116,4	197,4	273,8	266,5	293,2	271,2	192,5	137,6	77,5	54,1	293,2
BN	C	66,1	111,1	116,3	197,4	273,7	259,4	293,2	271,2	192,4	135,5	91,2	54,4	293,2
CE	C	69,8	102,9	147,2	205,2	249,2	280,8	300,1	284,9	201,2	142,2	78,7	61,1	300,1
SA	C	74,6	102,0	126,9	185,9	259,6	279,3	300,0	285,3	186,4	135,9	81,2	57,3	300,0
BA	C	62,5	86,7	141,6	188,9	230,1	281,1	299,6	266,5	172,6	128,6	76,8	52,1	299,6
BT	C	57,3	85,6	139,7	197,8	233,9	286,0	299,1	262,8	165,1	121,5	67,2	43,8	299,1
FG	D	54,1	82,8	139,9	205,6	276,8	280,0	312,9	264,5	161,4	116,5	57,6	44,8	312,9
MT	D	82,0	110,7	137,8	198,9	237,5	286,3	323,3	279,0	189,6	142,7	80,8	57,1	323,3
PZ	E	72,6	106,5	157,7	221,8	281,2	296,5	297,7	280,9	202,4	148,2	84,3	72,6	297,7
CS	C	81,4	117,5	157,2	212,4	246,1	285,8	297,3	271,1	200,7	149,0	97,8	81,6	297,3
CZ	C	86,8	106,7	141,9	176,9	246,3	285,3	296,9	263,3	189,7	149,8	97,6	70,1	296,9
KR	B	90,0	124,8	176,2	215,6	270,6	291,4	302,6	267,6	186,1	154,3	99,5	83,9	302,6
CL	D	108,8	140,9	154,3	214,0	286,3	277,5	305,5	263,4	209,9	158,8	106,4	88,1	305,5
CT	B	95,8	135,9	194,7	208,3	267,0	283,6	298,1	263,0	201,4	156,7	118,2	86,7	298,1
EN	E	115,2	143,7	186,4	203,3	271,9	288,4	295,1	267,5	202,8	157,2	110,9	84,4	295,1
ME	B	85,0	101,6	155,9	196,5	275,0	293,0	291,1	260,2	176,9	137,6	93,2	64,4	293,0

Provincia	Zona C.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Max
RG	B	91,3	121,9	185,5	218,8	270,1	284,8	294,5	269,5	207,7	161,5	106,7	87,8	294,5
TP	B	85,4	119,2	158,3	220,2	258,7	286,3	293,8	257,1	186,7	146,4	115,9	77,3	293,8
OR	C	62,2	106,0	153,7	190,9	271,9	308,3	312,8	263,0	205,0	138,5	76,5	66,0	312,8

Le verifiche, da effettuare secondo le modalità indicate ai punti precedenti, devono dunque essere soddisfatte per tutte le località indicate nel prospetto soprastante. Per le rimanenti località è necessario far riferimento alla UNI 10349-1:2016 [31].

Tabella 11 – Riepilogo delle verifiche da effettuare alternativamente per tutte le pareti opache verso l’ambiente esterno con l’eccezione di quelle comprese nel quadrante Nord-Ovest / Nord / Nord-Est

M_s	> 230	kg/m ²
$ Y_{ie} _{vert}$	< 0,10	W/m ² K
$ Y_{ie} _{orizz}$	< 0,18	W/m ² K

M_s : massa superficiale è la massa per unità di superficie della parete opaca compresa la malta dei giunti esclusi gli intonaci, l’unità di misura utilizzata è il kg/m² [40]

Nel caso di edifici nuovi o anche nel caso di ristrutturazioni, il D.M. “Requisiti minimi” [42] fornisce altre prescrizioni specifiche. Si riporta la prevenzione del rischio di condense o muffe e l’imposizione di una trasmittanza minima (0,8 W/m²K) da soddisfarsi nella progettazione anche per strutture di separazione tra unità immobiliari (pareti e solai interni). Tale obbligo è particolarmente importante pensando agli edifici con occupazione saltuaria (case vacanza) o ai casi di edifici nuovi e solo parzialmente occupati (edifici con molti appartamenti ancora invenduti). In tali situazioni è buona prassi che non siano isolate solamente le strutture verso l’esterno o gli ambienti non climatizzati, ma anche le strutture verso le altre unità immobiliari.

1.3.3.1 Requisiti negli interventi di riqualificazione energetica sull’involucro

Negli interventi di riqualificazione energetica sull’involucro, con riferimento ai soli componenti edilizi oggetto di intervento, vengono fissati:

- requisiti di trasmittanza termica dei componenti dell’involucro ($U \leq U_{lim}$);
- requisiti di fattore di trasmissione solare totale delle chiusure trasparenti ($g_{gl+sh} \leq g_{gl+sh,lim}$).

È inoltre previsto l’obbligo di installazione di valvole termostatiche, ovvero di altro sistema di termoregolazione per singolo ambiente o singola unità immobiliare.

I valori limite della trasmittanza termica dei componenti d’involucro (U_{lim}) sono riportati di seguito in funzione della zona climatica.

Figura 5 – Valore dei parametri caratteristici degli elementi edilizi sottoposti a riqualificazione energetica – Trasmittanza termica U delle strutture opache e trasparenti (Step 2015)

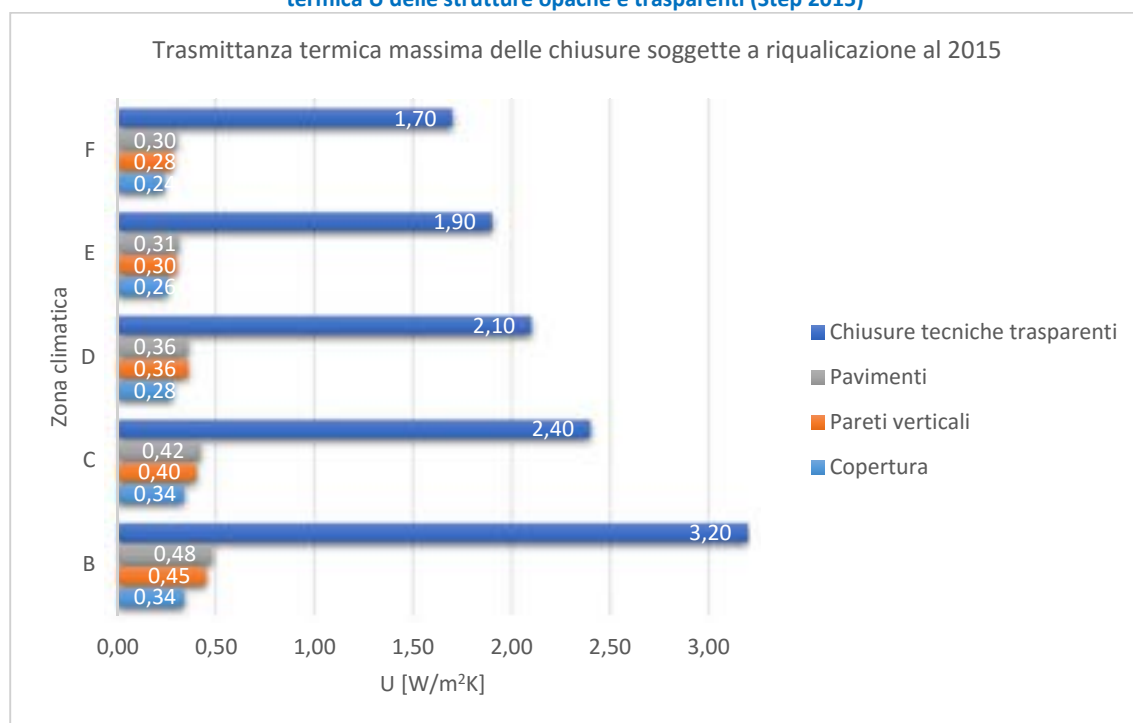
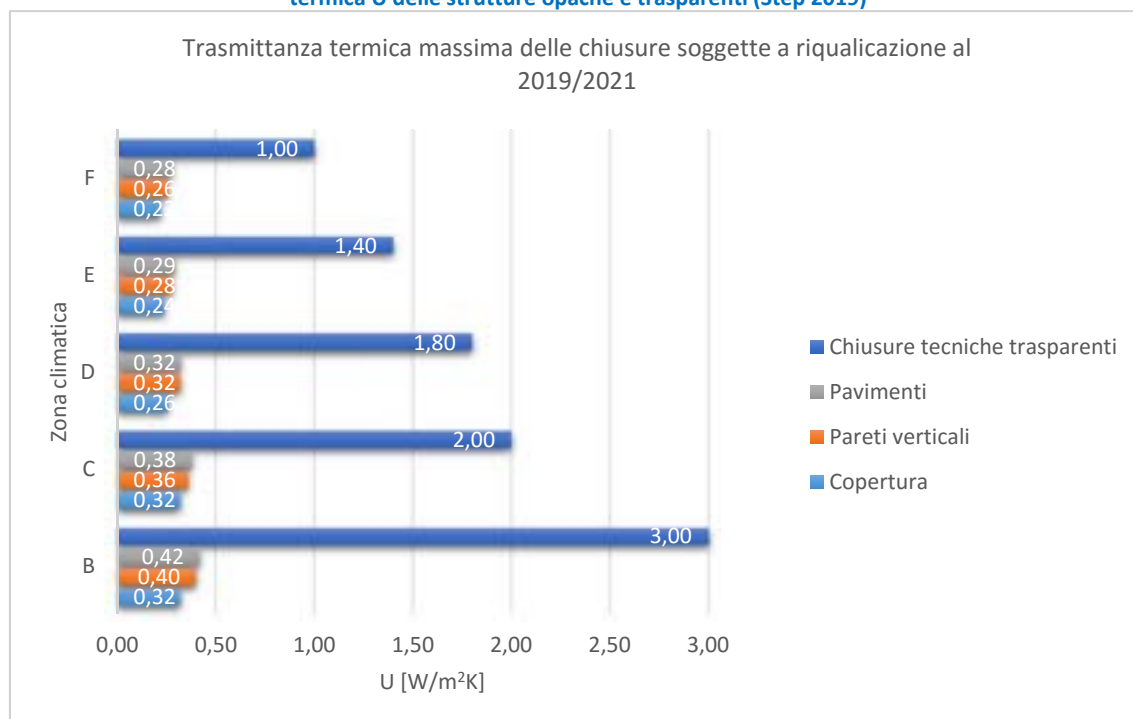


Figura 6 – Valore dei parametri caratteristici degli elementi edilizi sottoposti a riqualificazione energetica – Trasmittanza termica U delle strutture opache e trasparenti (Step 2019)



Note:

- I valori limite di trasmittanza termica si considerano comprensivi dell'effetto dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione (a esempio ponte termico tra finestra e muro) e di metà del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione.

- Nel caso in cui siano previste aree limitate di spessore ridotto, quali sottofinestra e altri componenti, i limiti devono essere rispettati con riferimento alla trasmittanza media della rispettiva facciata.
- Nel caso di strutture delimitanti lo spazio climatizzato verso ambienti non climatizzati, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza della struttura moltiplicato per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato ($b_{tr,u}$), come indicato nella UNI/TS 11300-1[1] in forma tabellare. Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza equivalente della struttura calcolata secondo UNI EN ISO 13370 [30].
- In caso di interventi di riqualificazione energetica dell'involucro opaco che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori limite della trasmittanza termica sono incrementati del 30%.
- Il valore limite del fattore di trasmissione solare totale ($g_{gl+sh,lim}$) per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud è fissato pari a 0,35.

1.3.4 Prescrizioni e requisiti riguardanti gli impianti tecnici

Per generatori di calore a combustibile liquido e gassoso, il rendimento di generazione utile minimo, riferito al potere calorifico inferiore, è pari a $\eta_{u,lim} = 90 + 2 \times \log 10 P_n$

P_n è la potenza utile nominale del generatore, espressa in kW. Per valori di $P_n > 400$ kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW.

Tabella 12 – Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche in servizio riscaldamento.

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP
Aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20 bulbo umido all'entrata: 15	3,50
Aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	3,80
Aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≥ 35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	3,50
Salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 bulbo umido all'entrata: 15	4,00
Salamoia/acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	4,00
Acqua/aria	Temperatura entrata: 15 temperatura uscita: 12	Bulbo secco all'entrata: 20 bulbo umido all'entrata: 15	4,20
Acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	4,20

Tabella 13 – Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche in servizio riscaldamento.

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	GUE
Aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20	1,38
Aria/acqua	Bulbo secco all'entrata: 7 bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 (*)	1,30
Salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20	1,45
Salamoia/acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 (*)	1,40
Acqua/aria	Temperatura entrata: 10	Bulbo secco all'entrata: 20	1,50
Acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 (*)	1,45

(*) Δt : pompe di calore ad assorbimento 30-40° - pompe di calore a motore endotermico 30-35°

Tabella 14 – Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche in servizio raffrescamento.

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	EER
Aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 35 bulbo umido all'entrata: 24	Bulbo secco all'entrata: 27 bulbo umido all'entrata: 19	3,00
Aria/acqua potenza termica utile riscaldamento $\leq 35\text{kW}$	Bulbo secco all'entrata: 35 bulbo umido all'entrata: 24	Temperatura entrata: 23 temperatura uscita: 18	3,50
Aria/acqua potenza termica utile riscaldamento $\geq 35\text{kW}$	Bulbo secco all'entrata: 35 bulbo umido all'entrata: 24	Temperatura entrata: 23 temperatura uscita: 18	3,00
Salamoia/aria	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 bulbo umido all'entrata: 19	4,00
Salamoia/acqua	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 temperatura uscita: 18	4,00
Acqua/aria	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 bulbo umido all'entrata: 19	4,00
Acqua/acqua	Temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 temperatura uscita: 18	4,20

Tabella 15 – Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche in servizio raffrescamento.

Tipo di pompa di calore	EER
Assorbimento ed endotermiche	0,60

1.3.5 Requisiti degli edifici a energia quasi zero (nZEB)

La definizione quadro di «edificio a energia quasi zero» è fornita dalla direttiva EPBD, ma spetta agli Stati membri, al momento di recepirne l'articolo 9 nei rispettivi ordinamenti, definirne l'applicazione dettagliata nella pratica (precisando, ad esempio, in cosa consiste un'«altissima prestazione energetica» e qual è il contributo significativo raccomandato di «energia da fonti rinnovabili»). Il nuovo D.M. 26/06/2015 [42] definisce nZEB un edificio, sia esso nuovo o esistente, che rispetti tutti i requisiti previsti per gli edifici nuovi al 2019/2021 (secondo step temporale) e gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili previsti dal D.Lgs. 28/2011 [41].

Tabella 16 – Requisiti da rispettare nella progettazione di edifici di nuova costruzione o nella riqualificazione importante di edifici esistenti per la conversione in nZEB (D.M. 26/06/2015[42])

Parametro	Definizione	Condizione	U.M
INVOLUCRO DEL FABBRICATO			
H'_T	Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente.	$H'_T < H'_{Tlimite}$ Il valore di riferimento $H'_{Tlimite}$ è tabulato e varia in base al rapporto di forma e alla zona climatica	[W/ m²K]
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile.	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq (A_{sol,est}/A_{sup\ utile})_{limite}$ Il valore di riferimento è tabulato e varia in base alla categoria di edificio	[-]
EFFICIENZE MEDIE STAGIONALI DEGLI IMPIANTI			
η_H	Climatizzazione invernale	$\eta_H > \eta_{H, limite}^{(1)}$	[-]
η_W	Produzione dell'acqua calda sanitaria	$\eta_W > \eta_{W, limite}^{(1)}$	[-]
η_C	Climatizzazione estiva (Compreso l'eventuale controllo dell'umidità)	$\eta_C > \eta_{C, limite}^{(1)}$	[-]
INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
$EP_{H,nd}$	Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	$EP_{H,nd} < EP_{H, nd, limite}^{(2)}$	[kWh/m²]
$EP_{C,nd}$	Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento	$EP_{C,nd} < EP_{C, nd, limite}^{(2)}$	[kWh/m²]
$EP_{gl,tot}$	Indice di prestazione globale dell'edificio	$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot, limite}^{(2)}$ $EP_{gl,tot} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L^{(3)} + EP_T^{(3)}$	[kWh/m²]
Note: (1) Efficienza relativa all'edificio di riferimento. (2) Indice calcolato sull'edificio di riferimento. (3) Non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Legenda (indici di prestazione energetica): EP_H Climatizzazione invernale EP_W Produzione dell'acqua calda sanitaria EP_V Ventilazione EP_C Climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità) EP_L Illuminazione artificiale EP_T Servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili)			

Tabella 17 – Integrazione delle fonti di energia rinnovabile [41]

Percentuale minima di copertura del consumo energetico complessivo ^{2,3} .	Percentuale minima di copertura del consumo energetico per la produzione di ACS. ²	Potenza elettrica degli impianti alimentati da FER da installare sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze [kW] ² .
50% ¹	50% ¹	1/50 x Impronta dell'edificio.
Note: 1) Tali obblighi non si applicano qualora l'edificio sia allacciato ad una rete di teleriscaldamento che ne copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di a.c.s. 2) Per gli edifici pubblici gli obblighi di cui ai precedenti commi sono incrementati del 10%. 3) Tale percentuale tiene conto dei seguenti servizi: produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento		

Il 2 agosto 2016 è stata pubblicata in gazzetta ufficiale la Raccomandazione (UE) 2016/1318 [38] della Commissione Europea del 29 luglio 2016 recante orientamenti per la promozione degli edifici a energia quasi zero e delle migliori pratiche per assicurare che, entro il 2020, tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero. Tutti gli stati membri dovranno seguire gli orientamenti contenuti nell'allegato della raccomandazione elaborando pertinenti piani nazionali finalizzati a aumentare il numero di edifici a energia quasi zero.

La Raccomandazione [38] individua per le diverse zone climatiche dell'UE (continentale, nordica e mediterranea), in riferimento alle proiezioni dei prezzi e alle tecnologie al 2020, valori di riferimento della prestazione energetica degli edifici a energia quasi zero.

Tabella 18 – Parametri di riferimento della prestazione energetica degli edifici a energia quasi zero. Area mediterranea.

Area mediterranea	Uffici	Casa monofamiliare di nuova costruzione
Energia primaria netta (*)	20-30 kWh/(m²a)	0-15 kWh/(m²a)
Consumo normale di energia primaria (*)	80-90 kWh/(m²a)	50-65 kWh/(m²a)
Consumo normale di energia primaria coperta da energia proveniente da fonti rinnovabili in loco (*)	60 kWh/(m²a)	50 kWh/(m²a)

(*) Per la nomenclatura utilizzata in tabella far riferimento alla Raccomandazione (UE) 2016/1318 [38]

1.3.6 Quadro riepilogativo

Si riporta di seguito un quadro riepilogativo semplificato² per tipologia di intervento.

	$H'_{T} < H'_{T,lim}$	$(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$	$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$	$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$	$EP_{GL,nd} < EP_{GL,nd,limite}$	$\eta_H > \eta_{H,limite}$	$\eta_C > \eta_{C,limite}$	$\eta_W > \eta_{W,limite}$	$M_s \geq 230 \text{ kg/m}^2; Y_{IE(V)} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}; Y_{IE(O)} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{NC} \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	Obbligo RES	$U < U_{lim}$
Edificio nuovo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Ristrutturazione importante di primo livello	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• ³	
Ampliamento di edificio esistente dotato di nuovi impianti tecnici	•	•	•	•	•	•	•	•				
Ampliamento di edificio esistente collegato a impianti tecnici esistenti	•	•										
Ristrutturazione importante di secondo livello (intervento sull'involucro)	•	•										•
Riqualificazione energetica (intervento sull'involucro)												•
Riqualificazione energetica (interventi sugli impianti termici)						•	•	•				

² Si consideri tale quadro come non esaustivo ma riportante solamente alcuni parametri analizzati nella presente ricerca. Per una trattazione completa dei requisiti e delle prescrizioni nei vari casi si veda il DM Requisiti Minimi

³ Nel caso in cui la ristrutturazione importante di primo livello si configuri come ristrutturazione rilevante

2 Applicazioni sui parametri di verifica relativi all'involucro del fabbricato

2.1 Parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$

Per le simulazioni sono stati assunti i valori di riferimento riportati nei seguenti prospetti tratti dalla normativa tecnica UNI/TS 11300-1 [1], tuttavia, nel caso si vogliano assumere come riferimento altre tipologie di vetro e schermature solari, meno standardizzate, è possibile far riferimento alla normativa di settore quale UNI EN 13363-1 [13], UNI EN 13363-2 [14], UNI EN 673 [16], UNI EN 674 [17] e UNI EN 675 [18].

Tabella 19 – Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro (Fonte UNI/TS 11300-1) [1]

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

Tabella 20 – Fattori di riduzione (g_{gl+sh}/g_{gl}) per alcuni tipi di tenda (Fonte UNI/TS 11300-1) [1]

Tipo di tenda	Proprietà ottiche della tenda		Fattori di riduzione con	
	Assorbimento	Trasmissione	Tenda interna	Tenda esterna
Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tende bianche	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08

I grafici riportati di seguito si riferiscono ad un caso studio relativo a un appartamento con superficie utile pari a 80 m² caratterizzato da un'area di involucro verticale disperdente pari a 97,20 m². Si assume la presenza, mediamente distribuita su tutti i lati, di aperture con un F_T (rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato) pari a 0,20 [-].

Per semplicità si riportano i soli grafici riferiti a serramenti con doppio vetro normale, doppio vetro con rivestimento basso-emissivo, triplo vetro normale, triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo in abbinamento a diverse schermature solari con fattore di riduzione crescente: 0,1 (veneziana bianca esterna con $\alpha=0,1$ e $\tau=0,05$); 0,15 (veneziana bianca esterna con $\alpha=0,1$ e $\tau=0,1$); 0,25 (veneziana bianca interna con $\alpha=0,1$ e $\tau=0,05$); 0,35 (veneziana bianca esterna con $\alpha=0,1$ e $\tau=0,3$); 0,45 (veneziana bianca interna con $\alpha=0,1$ e $\tau=0,3$); 0,65 (tenda bianca interna con $\alpha=0,1$ e $\tau=0,5$). Si riporta inoltre il caso limite con $F_{rid}=1$ [-], ovvero la sola presenza del serramento senza l'associazione ad alcun sistema schermante.

Per tutti i grafici è stato assunto un $F_{sh,ob}$ (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) pari ad 1, ovvero il caso più sfavorevole contraddistinto dalla completa assenza di ostruzioni all'orizzonte.

I grafici mettono in relazione la risposta del parametro $A_{sol,est} / A_{sup,utile}$ al variare della superficie vetrata (in ascisse). F_{rid} rappresenta il fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} .

Figura 7 – Località Palermo (Zona climatica B). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,50$ [-], $F_F=0,20$ [-])

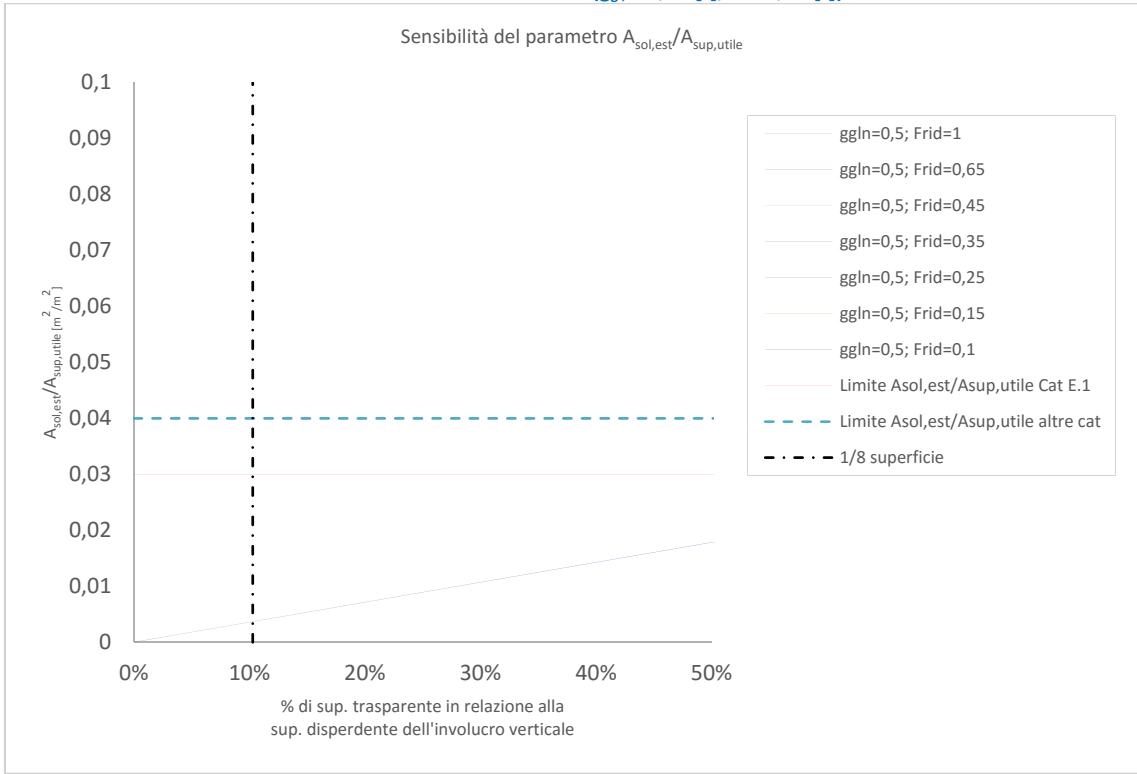


Figura 8 – Località Palermo (Zona climatica B). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,67$ [-], $F_F=0,20$ [-])

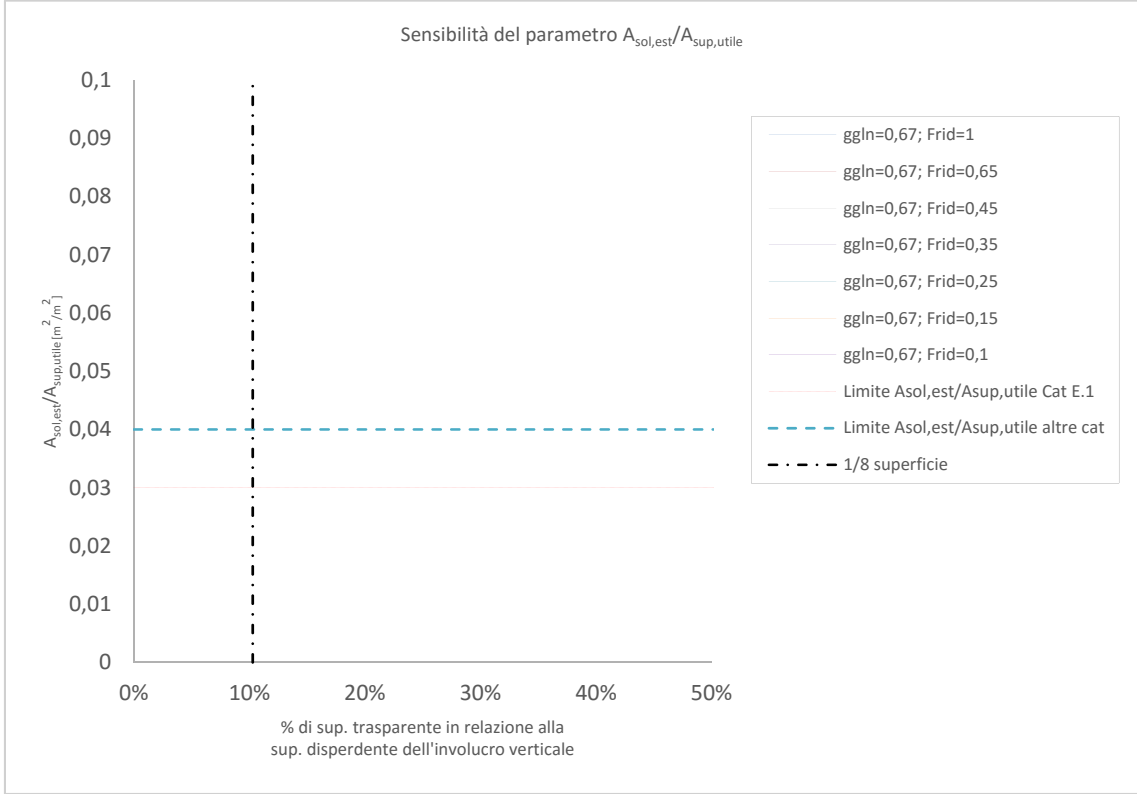


Figura 9 – Località Palermo (Zona climatica B). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro opaco per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro normale ($g_{gl,n}=0,70$ [-], $F_F=0,20$ [-])

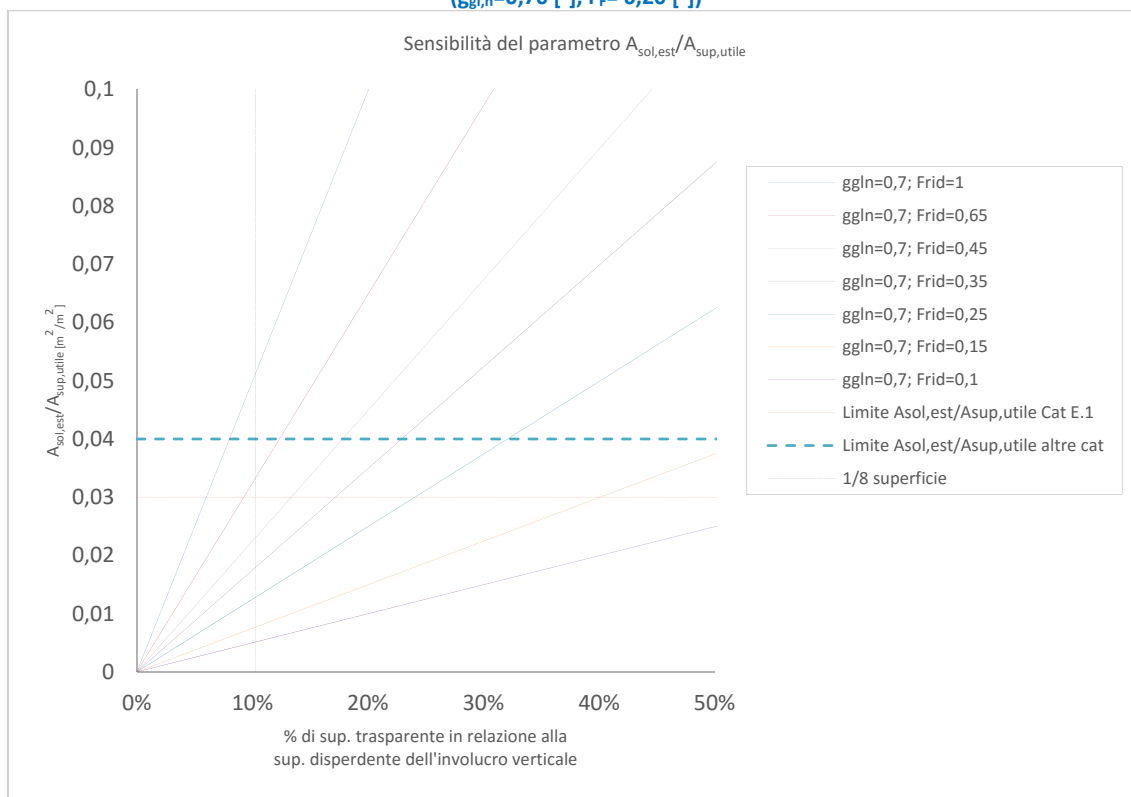


Figura 10 – Località Palermo (Zona climatica B). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro normale ($g_{gl,n}=0,75$ [-], $F_F=0,20$ [-])

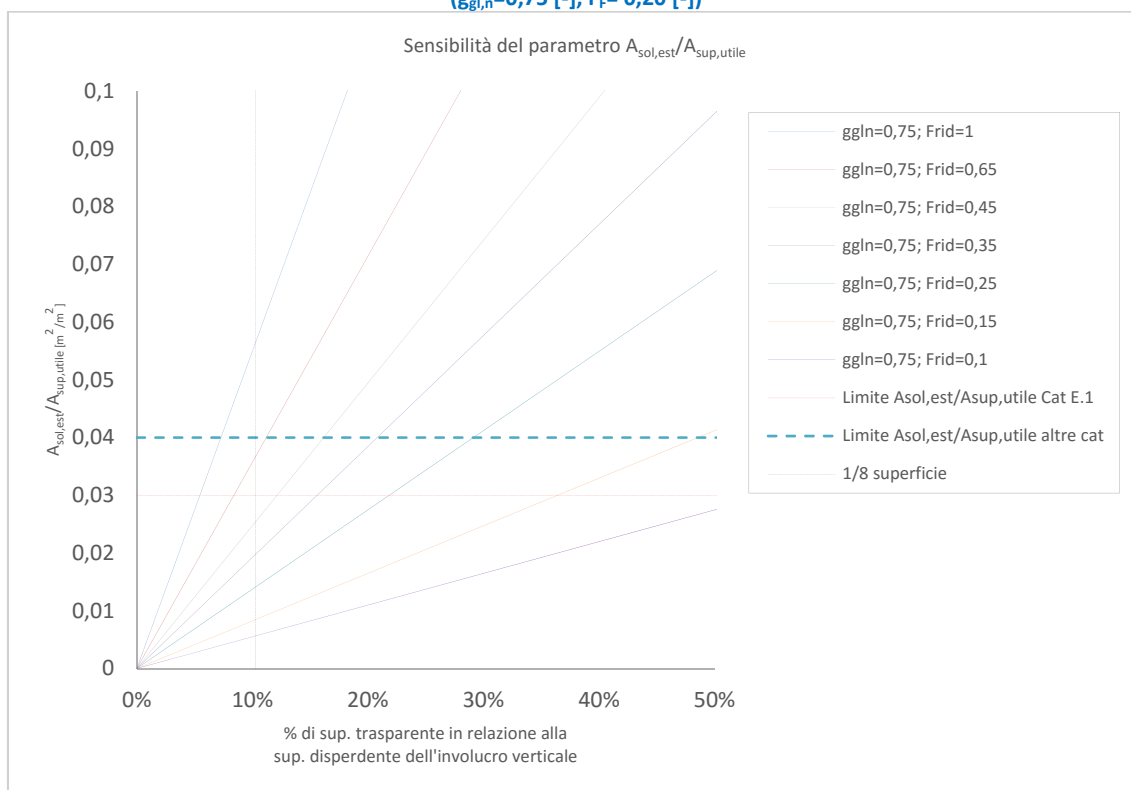


Figura 11 – Località Bari (Zona climatica C). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,50$ [-], $F_F=0,20$ [-])

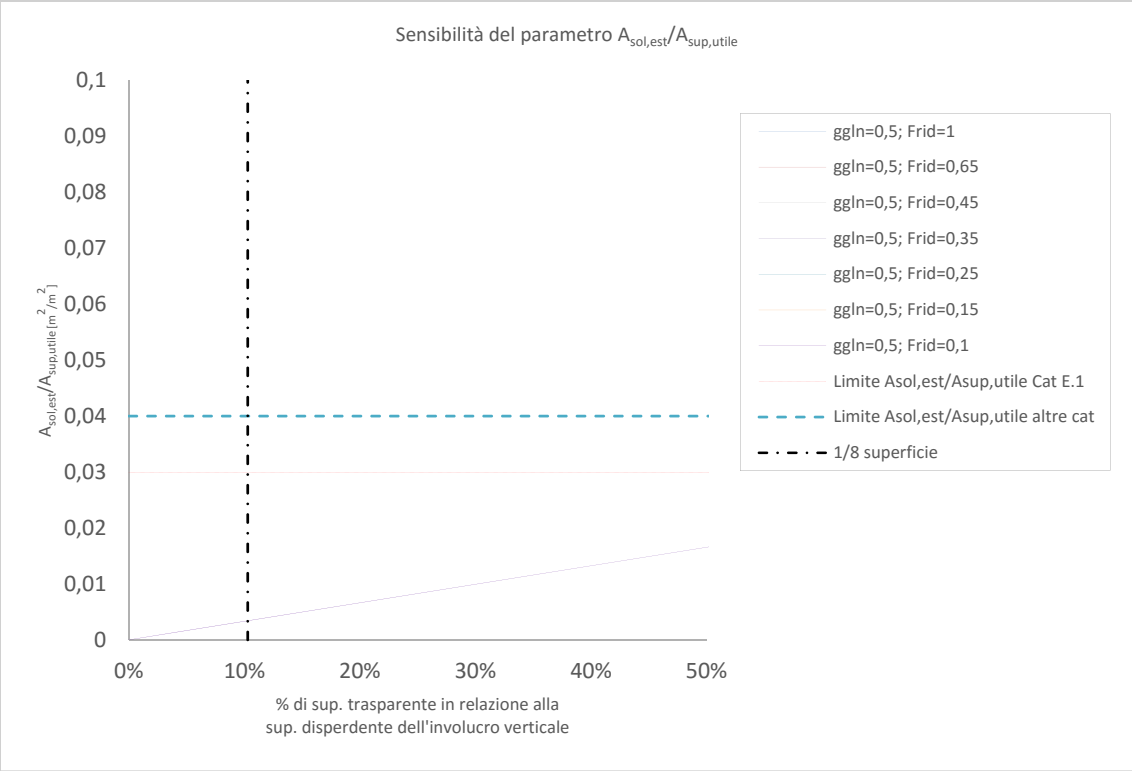


Figura 12 – Località Bari (Zona climatica C). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,67$ [-], $F_F=0,20$ [-])

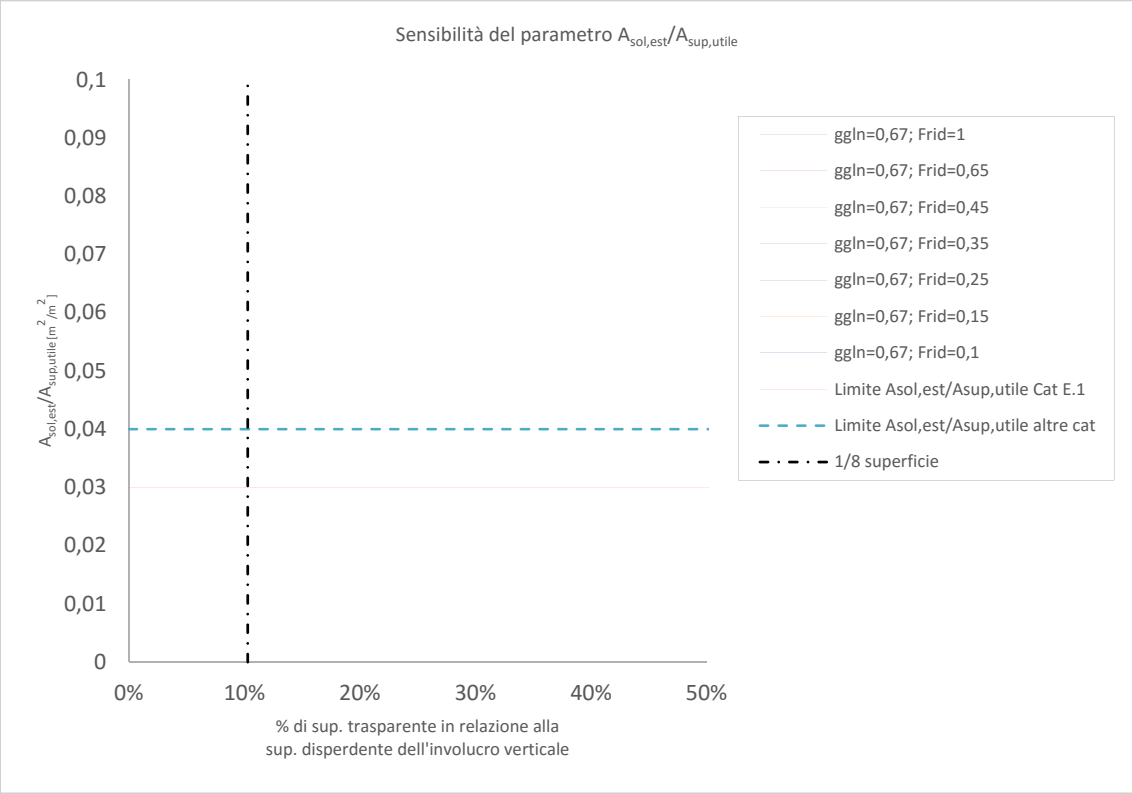


Figura 13 – Località Bari (Zona climatica C). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro normale ($g_{gl,n}=0,70$ [-], $F_F=0,20$ [-])

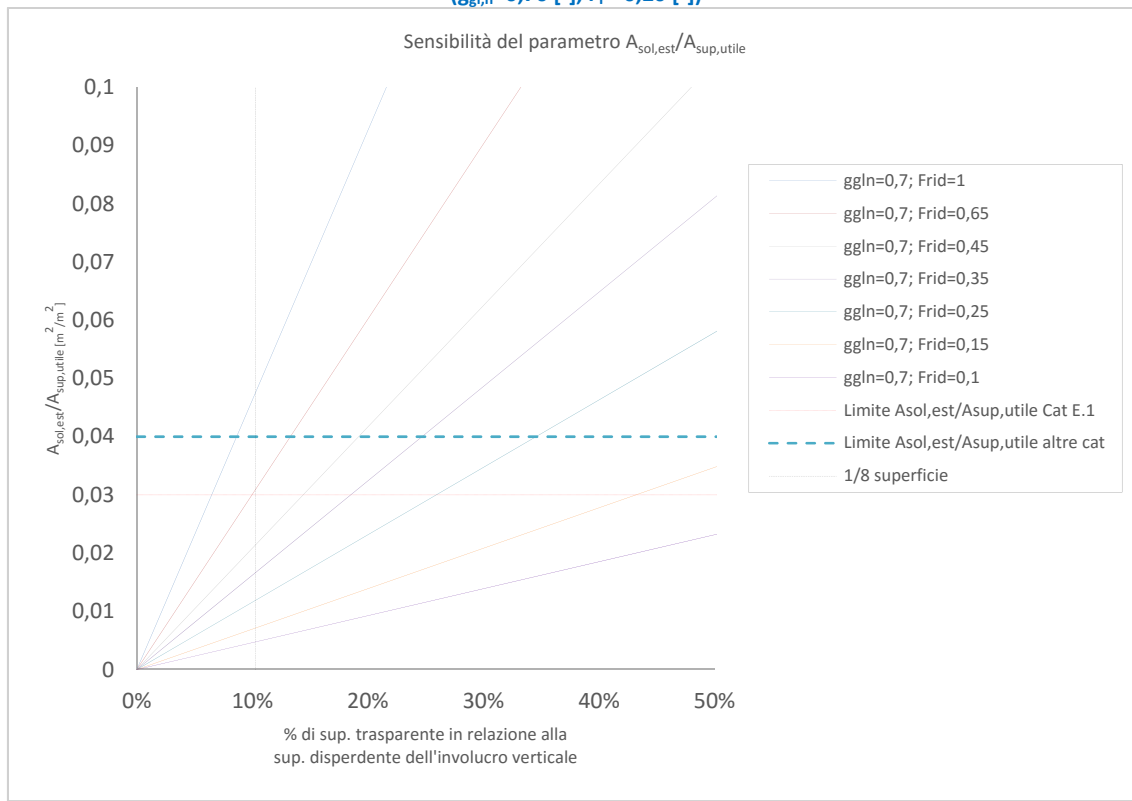


Figura 14 – Località Bari (Zona climatica C). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro normale ($g_{gl,n}=0,75$ [-], $F_F=0,20$ [-])

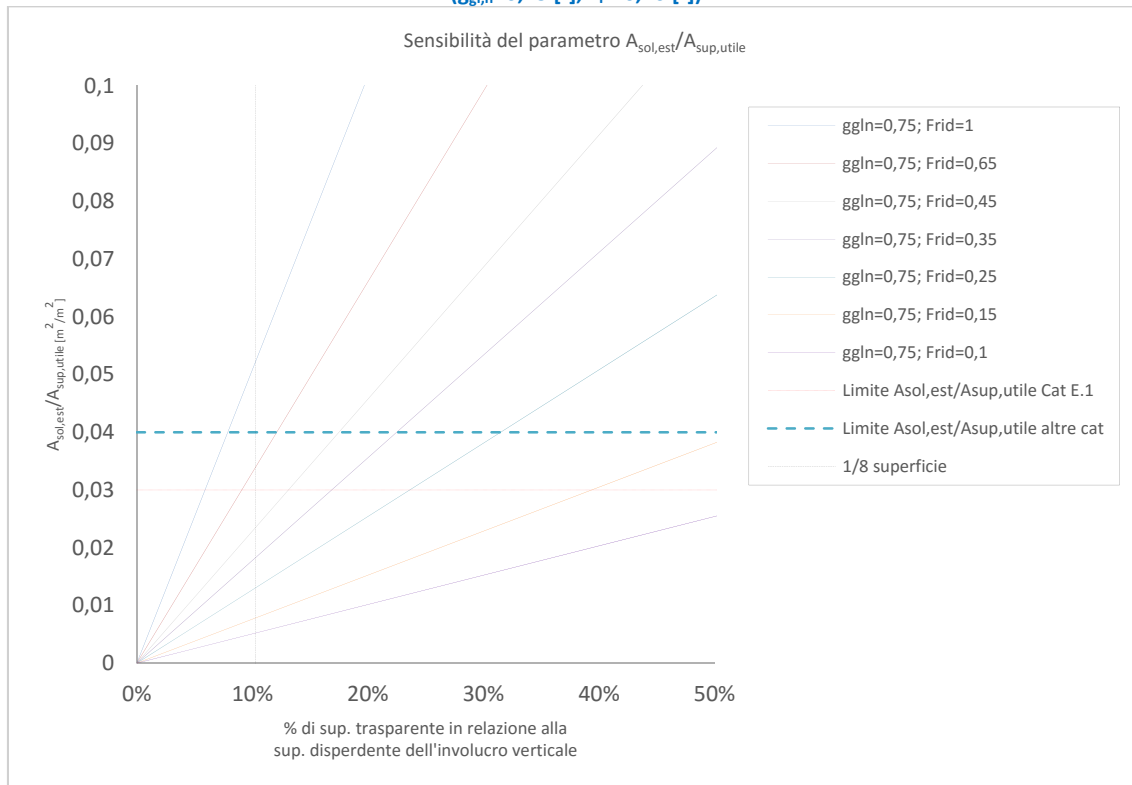


Figura 15 – Località Roma (Zona climatica D). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,50$ [-], $F_F=0,20$ [-])

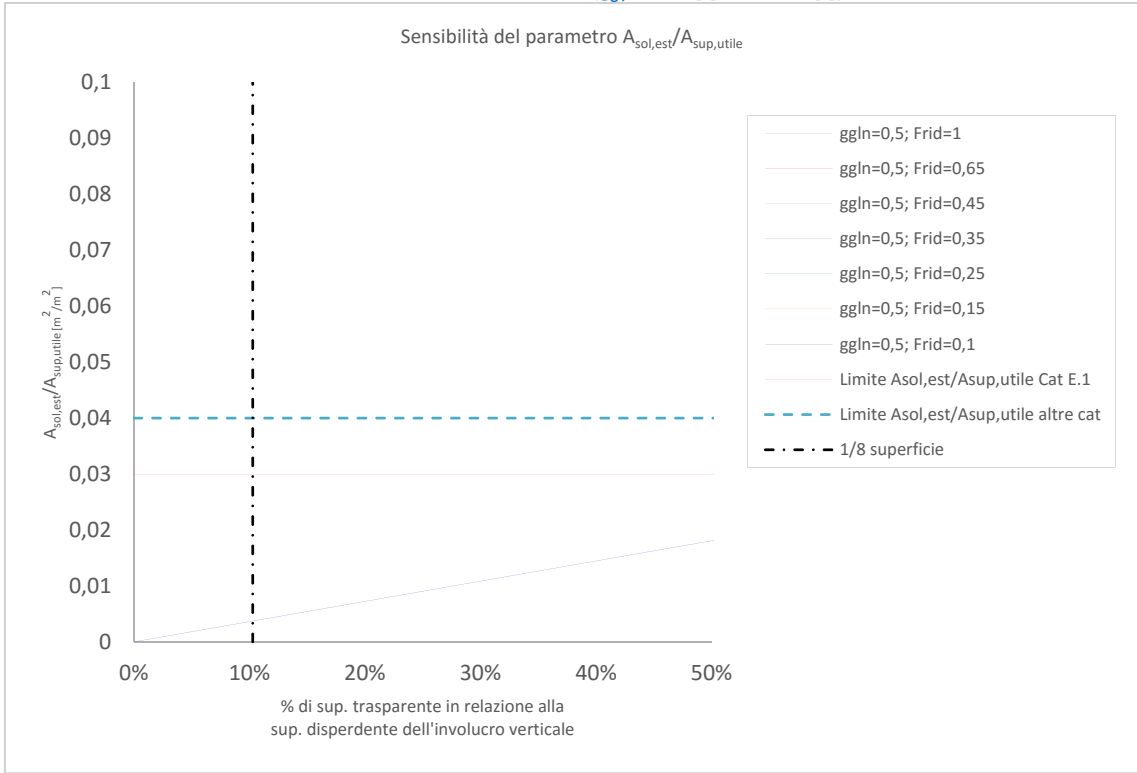


Figura 16 – Località Roma (Zona climatica D). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,67$ [-], $F_F=0,20$ [-])

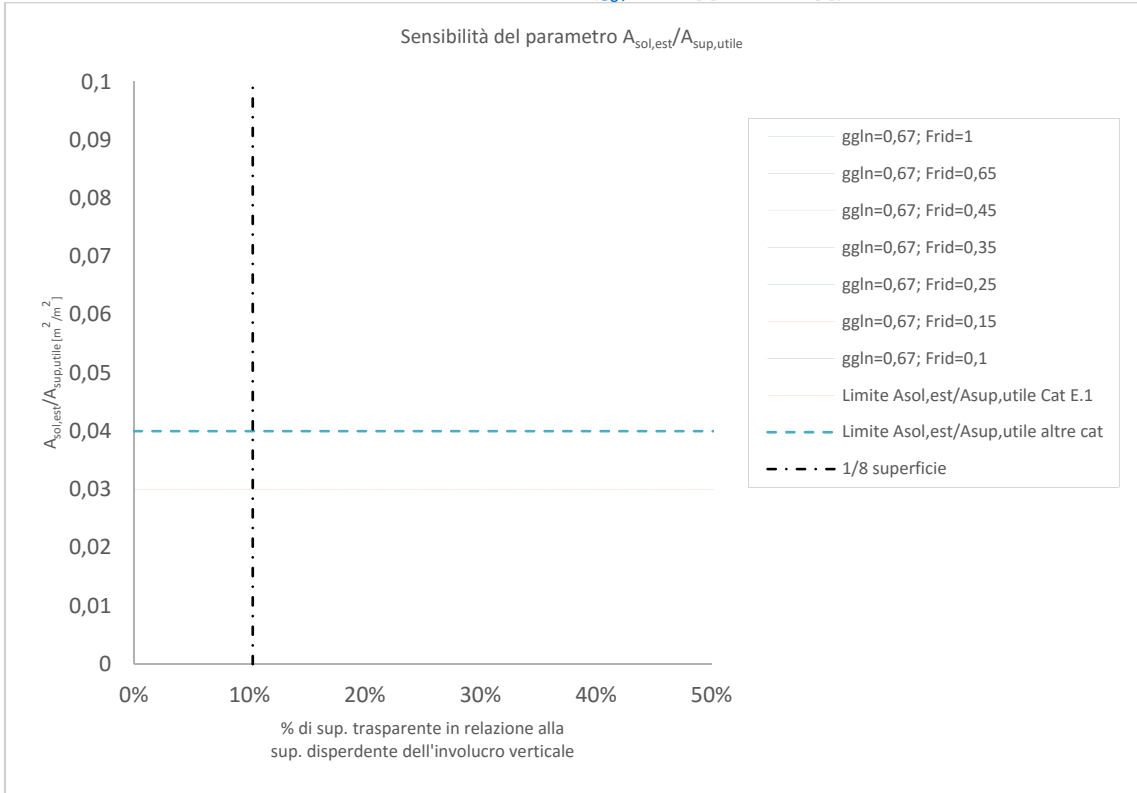


Figura 17 – Località Roma (Zona climatica D). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro normale ($g_{gl,n}=0,70$ [-], $F_F=0,20$ [-])

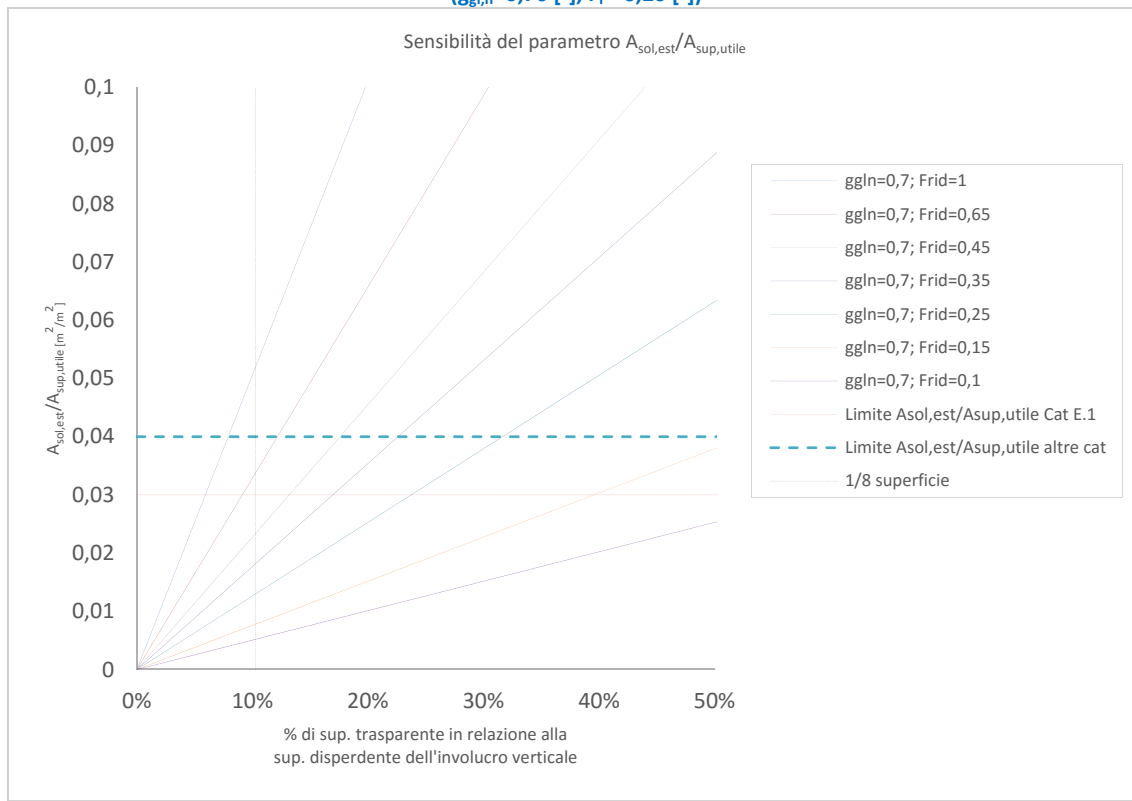


Figura 18 – Località Roma (Zona climatica D). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro normale ($g_{gl,n}=0,75$ [-], $F_F=0,20$ [-])

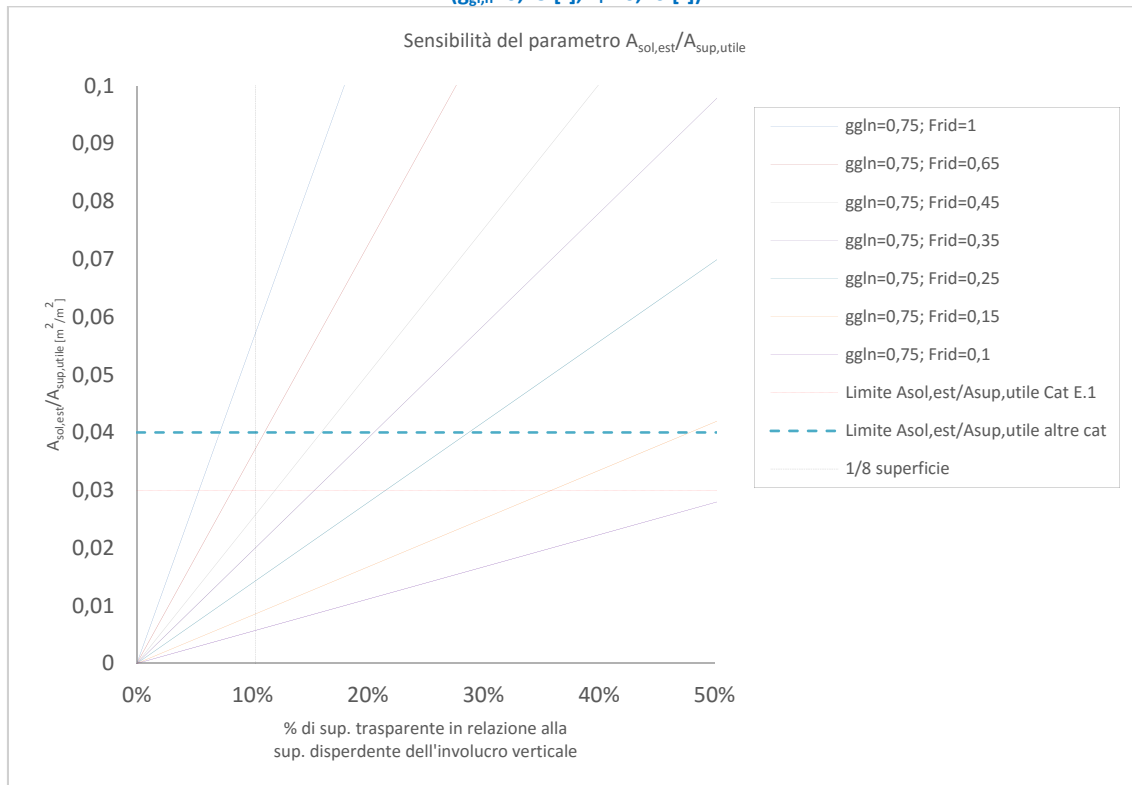


Figura 19 – Località Torino (Zona climatica E). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,50$ [-], $F_F=0,20$ [-])

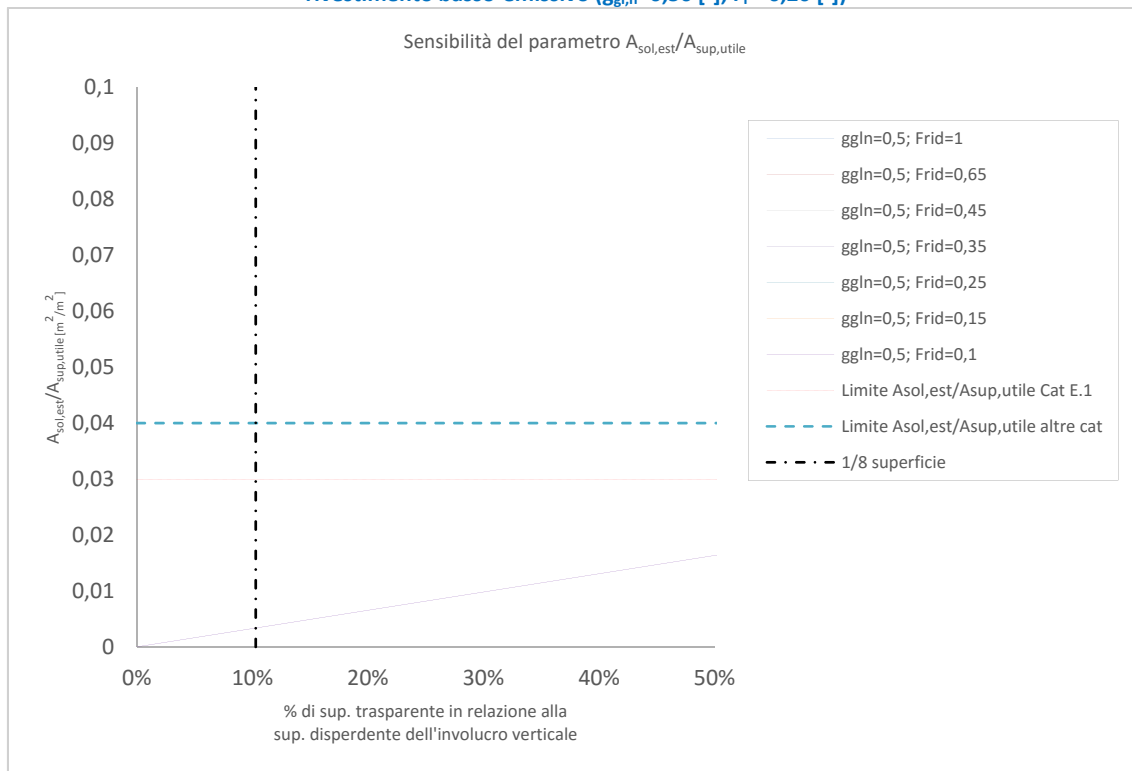


Figura 20 – Località Torino (Zona climatica E). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo ($g_{gl,n}=0,67$ [-], $F_F=0,20$ [-])

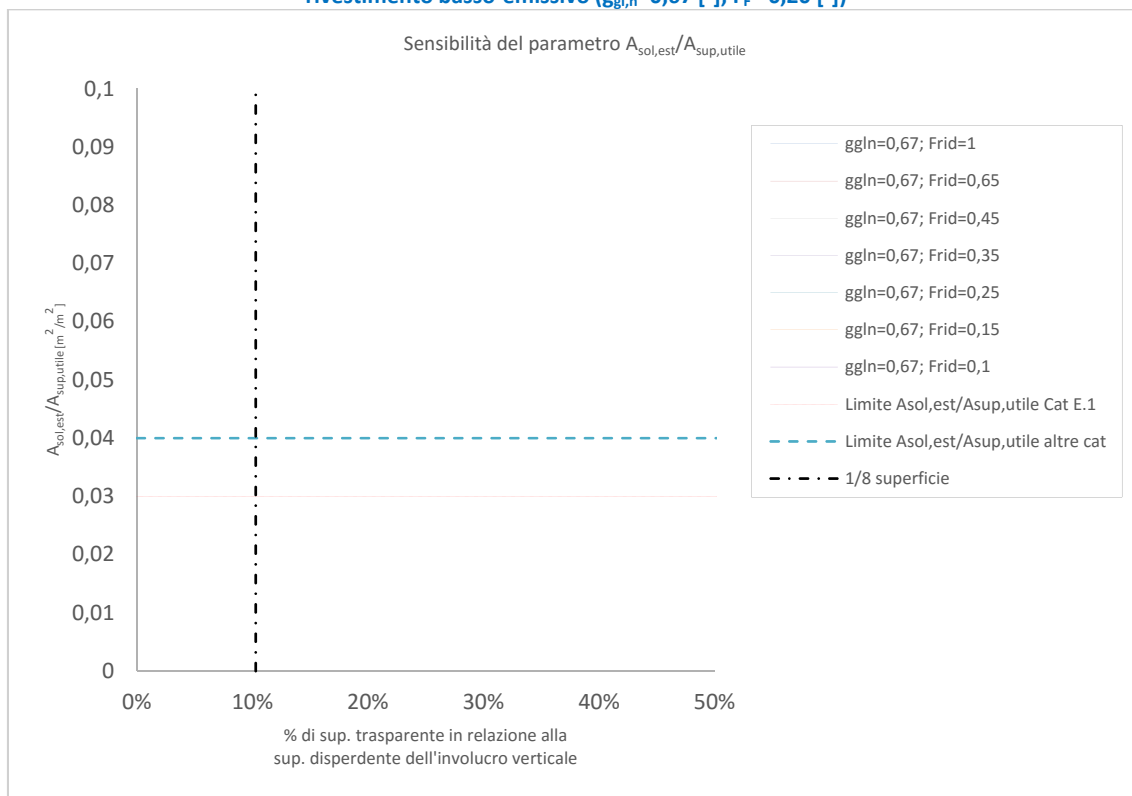


Figura 21 – Località Torino (Zona climatica E). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Triplo vetro normale ($g_{gl,n}=0,70$ [-], $F_F=0,20$ [-])

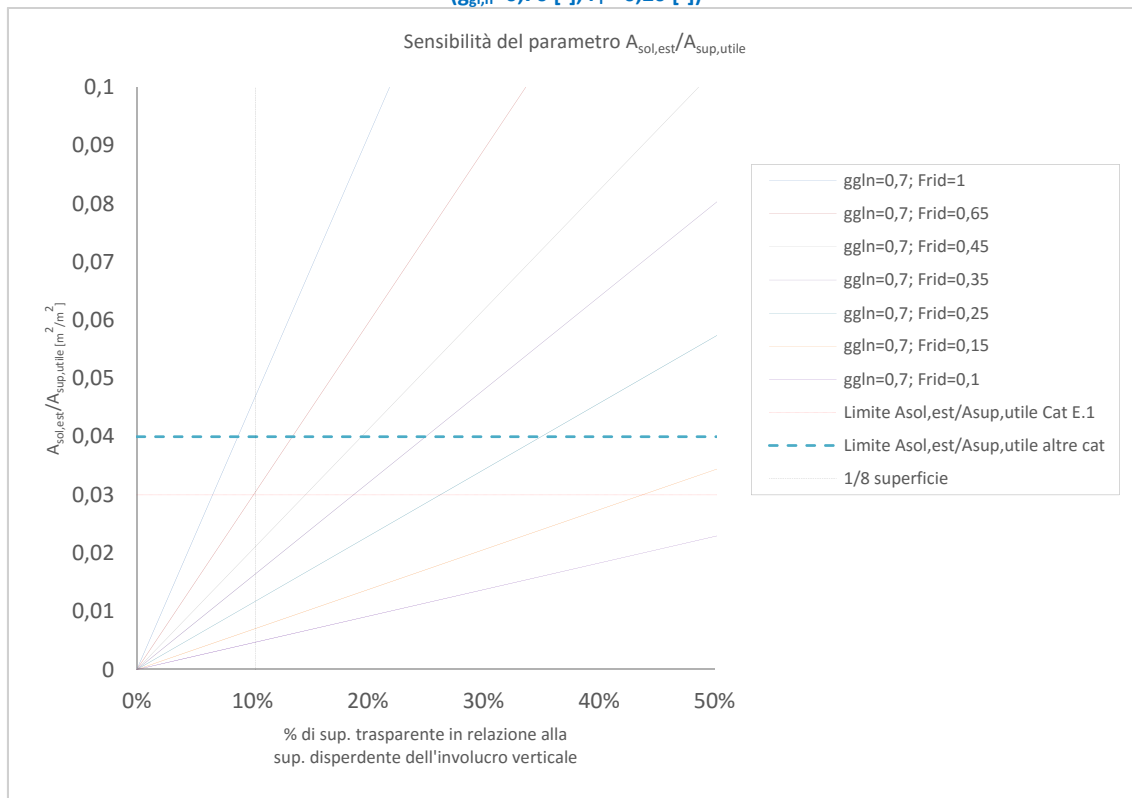
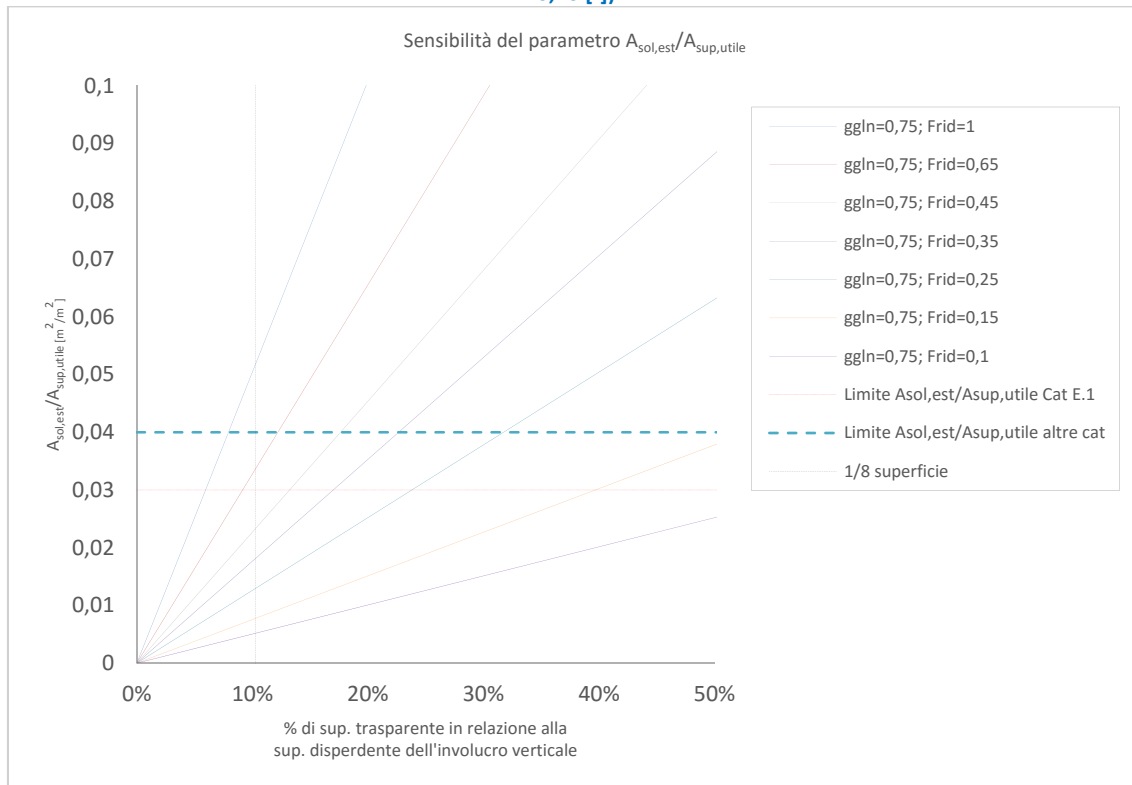


Figura 22 – Località Torino (Zona E). Sensibilità del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ in relazione alla variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro verticale per diversi tipi di sistemi schermanti. Doppio vetro normale ($g_{gl,n}=0,75$ [-], $F_F=0,20$ [-])



2.2 Parametro H'_T

Attraverso i limiti relativi al coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione il D.M. “requisiti minimi” [42] vuole contenere gli scambi termici che avvengono attraverso l’involucro disperdente del fabbricato. Di conseguenza, quindi, una buona progettazione architettonica che rispetti i valori limite, tende a contenere la presenza di quegli elementi che per la loro stessa natura tecnologica sono maggiormente disperdenti (chiusure tecniche trasparenti, cassonetti, chiusure tecniche opache verso ambienti non climatizzati, ponti termici ...). I limiti relativi al parametro H'_T dovrebbero relazionarsi anche con i valori dell’edificio di riferimento. Si presentano di seguito alcuni esempi di calcolo semplificati relativi a varie geometrie architettoniche (rapporto S/V variabile) ipotizzando che il relativo fabbricato possa essere realizzato utilizzando tecnologie che corrispondano ai parametri caratteristici del fabbricato dell’edificio di riferimento. Per tutti i casi si assume che la superficie finestrata corrisponda ad 1/8 della superficie utile del fabbricato (requisito minimo). Dagli esempi presentati si evince che per la zona climatica B il parametro H'_T dovrebbe essere sottoposto ad ulteriori analisi poiché non sempre risulta essere verificato. Si riporta uno studio più dettagliato e completo nel capitolo 3.

2.2.1 Unità immobiliare singola sviluppata su tre piani

Tabella 21 – Unità immobiliare sviluppata su tre piani. Simulazione di massima per la determinazione del parametro H'_T . Caratteristiche geometriche del fabbricato

Caratteristiche geometriche					
Profondità netta	10,00	[m]	Area netta pianta	90	[m ²]
Larghezza netta	9,00	[m]	Altezza netta	8,1	[m]
Altezza interpiano netta	2,70	[m]	Volume netto	729	[m ³]
Solaio interpiano	0,35	[m]	Superficie utile totale	270	[m ²]
Larghezza muri perimetrali	0,40	[m]	Area lorda	105,84	[m ²]
n. piani	3,00	[-]	Altezza lorda	9,5	[m]
Superficie finestrata minima	33,75	[m ²]	Volume lordo	1005,48	[m ³]
			Rapporto S/V	0,60	[m ⁻¹]

Tabella 22 – Unità immobiliare sviluppata su tre piani. Verifiche del parametro H'_T

	2015		2019		Limite
Zona B	0,629	-0,13%	0,595	-5,57%	0,630
Zona C	0,520	-13,37%	0,474	-20,96%	0,600
Zona D	0,444	-23,49%	0,389	-32,94%	0,580
Zona E	0,395	-28,26%	0,331	-39,73%	0,550
Zona F	0,355	-32,98%	0,292	-44,88%	0,530

Note: il parametro H'_T risulta essere verificato per tutte le zone climatiche nonostante, comunque per la zona climatica B, il valore calcolato sia molto vicino al limite (-0,13% al 2015 e -5,57% al 2019/2020).

2.2.2 Unità immobiliare al piano terra in palazzina condominiale. Latì tutti disperdenti verso l’ambiente esterno ad eccezione di uno.

Tabella 23 – Unità immobiliare in palazzina al piano terra. Simulazione di massima per la determinazione del parametro H'_T . Caratteristiche geometriche del fabbricato

Caratteristiche geometriche					
Profondità netta	8,00	[m]	Area netta pianta	80,00	[m ²]
Larghezza netta	10,00	[m]	Altezza netta	2,70	[m]
Altezza interpiano netta	2,70	[m]	Volume netto	216,00	[m ³]
Solaio interpiano	0,35	[m]	Superficie utile totale	80,00	[m ²]
Larghezza muri perimetrali	0,40	[m]	Area lorda	95,04	[m ²]
n. piani	-	[-]	Altezza lorda	3,05	[m]
Superficie finestrata minima	10,00	[m ²]	Volume lordo	289,87	[m ³]
			Rapporto S/V	0,61	[m ⁻¹]

Tabella 24 – Unità immobiliare in palazzina al piano terra. Verifiche del parametro H'_T

	2015		2019		Limite
Zona B	0,638	1,34%	0,606	-3,74%	0,630
Zona C	0,525	-12,48%	0,485	-19,14%	0,600
Zona D	0,440	-24,16%	0,391	-32,67%	0,580
Zona E	0,400	-27,30%	0,336	-38,93%	0,550
Zona F	0,361	-31,84%	0,297	-43,91%	0,530

Note: il parametro H'_T non risulta essere verificato per la zona climatica B (limite 2015, 0,638>0,630), per quanto riguarda il 2019 il valore calcolato è molto vicino al limite.

2.2.3 Unità immobiliare al piano intermedio in palazzina condominiale. Latì tutti disperdenti verso l'ambiente esterno ad eccezione di uno.

Tabella 25 – Unità immobiliare al piano intermedio in palazzina. Simulazione di massima per la determinazione del parametro H'_T . Caratteristiche geometriche del fabbricato

Caratteristiche geometriche					
Profondità netta	8,00	[m]	Area netta pianta	80,00	[m ²]
Larghezza netta	10,00	[m]	Altezza netta	2,70	[m]
Altezza interpiano netta	2,70	[m]	Volume netto	216,00	[m ³]
Solaio interpiano	0,35	[m]	Superficie utile totale	80,00	[m ²]
Larghezza muri perimetrali	0,40	[m]	Area lorda	95,04	[m ²]
n. piani	-	[-]	Altezza lorda	3,05	[m]
Superficie finestrata minima	10,00	[m ²]	Volume lordo	289,87	[m ³]
			Rapporto S/V	0,28	[m ⁻¹]

Tabella 26 – Unità immobiliare al piano intermedio in palazzina. Verifiche del parametro H'_T

	2015		2019		Limite
Zona B	0,842	5,22%	0,796	-0,49%	0,800
Zona C	0,668	-16,53%	0,605	-24,38%	0,800
Zona D	0,576	-27,94%	0,505	-36,86%	0,800
Zona E	0,514	-31,51%	0,422	-43,68%	0,750
Zona F	0,454	-35,17%	0,363	-48,21%	0,700

Note: il parametro H'_T non risulta essere verificato per la zona climatica B (limite 2015, 0,842>0,800), per quanto riguarda il 2019 il valore calcolato è molto vicino al limite (-0,49%).

2.2.4 Unità immobiliare in complesso a schiera sviluppata su due piani (posizione intermedia)

Tabella 27 – Unità immobiliare in complesso a schiera sviluppata su due piani. Simulazione di massima per la determinazione del parametro H'_T . Caratteristiche geometriche del fabbricato

Caratteristiche geometriche					
Profondità netta	10,00	[m]	Area netta pianta	90,00	[m ²]
Larghezza netta	9,00	[m]	Altezza netta	5,40	[m]
Altezza interpiano netta	2,70	[m]	Volume netto	486,00	[m ³]
Solaio interpiano	0,35	[m]	Superficie utile totale	180,00	[m ²]
Larghezza muri perimetrali	0,40	[m]	Area lorda	105,84	[m ²]
n. piani	2,00	[-]	Altezza lorda	6,45	[m]
Superficie finestrata minima	22,50	[m ²]	Volume lordo	682,67	[m ³]
			Rapporto S/V	0,51	[m ⁻¹]

Tabella 28 – Unità immobiliare in complesso a schiera sviluppata su due piani. Verifiche del parametro H'_T

	2015		2019		Limite
Zona B	0,646	2,55%	0,609	-3,35%	0,630
Zona C	0,538	-10,36%	0,495	-17,55%	0,600
Zona D	0,451	-22,25%	0,399	-31,28%	0,580
Zona E	0,402	-26,99%	0,337	-38,81%	0,550

	2015		2019		Limite
Zona F	0,360	-32,13%	0,295	-44,40%	0,530

Note: il parametro H'_T non risulta essere verificato per la zona climatica B (limite 2015, 0,646>0,630), per quanto riguarda il 2019 il valore calcolato è molto vicino al limite (-3,35%).

2.2.5 Unità immobiliare in complesso a schiera di tre piani (posizione intermedia)

Tabella 29 – Unità immobiliare in complesso a schiera sviluppata su tre piani. Simulazione di massima per la determinazione del parametro H'_T . Caratteristiche geometriche del fabbricato

Caratteristiche geometriche					
Profondità netta	10,00	[m]	Area netta pianta	90,00	[m ²]
Larghezza netta	9,00	[m]	Altezza netta	8,10	[m]
Altezza interpiano netta	2,70	[m]	Volume netto	729,00	[m ³]
Solaio interpiano	0,35	[m]	Superficie utile totale	270,00	[m ²]
Larghezza muri perimetrali	0,40	[m]	Area lorda	105,84	[m ²]
n. piani	3,00	[-]	Altezza lorda	9,50	[m]
Superficie finestrata minima	33,75	[m ²]	Volume lordo	1005,48	[m ³]
			Rapporto S/V	0,41	[m ⁻¹]

Tabella 30 – Unità immobiliare in complesso a schiera sviluppata su tre piani. Verifiche del parametro H'_T

	2015		2019		Limite
Zona B	0,706	12,00%	0,665	5,59%	0,630
Zona C	0,579	-3,44%	0,531	-11,43%	0,600
Zona D	0,488	-15,86%	0,431	-25,67%	0,580
Zona E	0,435	-20,93%	0,362	-34,19%	0,550
Zona F	0,387	-26,94%	0,314	-40,69%	0,530

Note: il parametro H'_T non risulta essere verificato per la zona climatica B sia in relazione al limite 2015, (0,706>0,630), sia per quanto riguarda il limite 2019 (0,665>0,630).

3 Simulazioni di calcolo su casi studio

I casi studio riportati nei capitoli successivi sono stati selezionati in adeguato numero tra le differenti tipologie di edifici ricadenti nel campo di applicazione del Decreto del giugno 2015 [42] [44], per tenere conto del complesso delle caratteristiche termiche effettive dell'edificio, comprese le sue divisioni interne: capacità termica, isolamento termico, eventuali elementi di raffrescamento, ponti termici, impianto di riscaldamento ambiente e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di isolamento termico, impianti di climatizzazione dell'aria, presenza della ventilazione naturale e/o meccanica, impianto di illuminazione incorporato, progettazione, posizione e orientamento dell'edificio, compreso il clima esterno, condizioni climatiche interne, incluso il clima degli ambienti interni progettato, carichi interni.

Per quanto concerne la verifica della qualità energetica del **fabbricato** il Decreto "Requisiti Minimi" [42], prevede due fasi temporali. Tali fasi prevedono diversi valori limite degli indici $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$ che sono determinate attraverso l'edificio di riferimento come definito nell'Appendice A (Descrizione dell'edificio di riferimento e parametri di verifica) del D.M. 26/06/2015 [42].

Le fasi previste sono:

- I fase (2015): in vigore dal 1° luglio 2015 con valori limite validi per tutti gli edifici;
- II fase (2019/21): in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici o a uso pubblico, così come definiti alle lettere I-sexies e I-septies, del comma 1, dell'articolo 2, del D.Lgs. 192/2005, e dal 1° gennaio 2021 anche per tutti gli altri edifici.

Nella progettazione / verifica del fabbricato il D.M. prevede anche la verifica dei parametri:

- H_T che deve essere inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 10, dell'Appendice A del D.M. 26/06/2015 [42];
- $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$, determinato in base a quanto previsto al paragrafo 2.2 dell'Appendice A [42], che deve risultare inferiore al corrispondente valore limite riportato nella Tabella 11 della Appendice A del D.M. 26/06/2015.

Questi ultimi indici non sono determinati attraverso l'edificio di riferimento, ma sono limiti fissi definiti attraverso prospetti, e non hanno diversa applicazione temporale.

Partendo dal documento "Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN)" [51] è stata realizzata un'analisi relativa al parco edilizio nazionale. Si riportano di seguito alcuni dati di sintesi relativamente alla distribuzione degli edifici sul territorio nazionale. Come risulta dalla Tabella 31 la maggior parte degli edifici residenziali sono situati nella zona climatica E e, a seguire, nella zona D. Nella Tabella 32 invece, relativa agli edifici non residenziali (uffici e scuole), la distribuzione ne evidenzia una maggiore quantità nelle zone E, F, nella zona D (per gli uffici) e nelle zone A, B, C (per le scuole).

Tabella 31 – Distribuzione degli edifici residenziali nel 2011 per epoca di costruzione e zona climatica
(Fonte: STREPIN 2015) [51]

Zona climatica	Numero di edifici residenziali	% sul totale
A	4.875	0,04%
B	699.573	5,74%
C	2.710.544	22,24%
D	2.858.016	23,45%
E	5.191.960	42,60%
F	722.730	5,93%

Tabella 32 – Distribuzione degli edifici non residenziali nel 2011 per epoca di costruzione e zona climatica
(Fonte: STREPIN 2015) [51]

Zona climatica	UFFICI		SCUOLE	
	Numero di edifici residenziali	% sul totale	Numero di edifici residenziali	% sul totale
ABC	18.525	28,50%	14.014	27,00%
D	18.265	28,10%	12.976	25,00%
EF	28.210	43,40%	24.914	48,00%
TOTALE	65.000	100,00%	51.904	100,00%

Partendo da tale analisi si è scelto di indirizzare le simulazioni di calcolo verso l'edilizia residenziale, scolastica ed ad uso uffici in riferimento alle tre zone climatiche B (località Palermo), D (località Roma) e E (località Torino). Per ognuna di queste località il D.M "Requisiti minimi" [42] fissa parametri relativi al fabbricato dell'edificio di riferimento diversi.

3.1 Assunzioni di calcolo e scelte metodologiche

3.1.1 Fabbricato

Le simulazioni prevedono l'utilizzo delle metodologie di calcolo delle specifiche tecniche [1], [2], [4], [5], [6], [7], [8] richiamate dalla legislazione vigente [42]. Per ogni opzione di verifica relativa ai casi studio riportati nei paragrafi successivi sono previste matrici di valori che descrivono l'insieme delle caratteristiche del fabbricato:

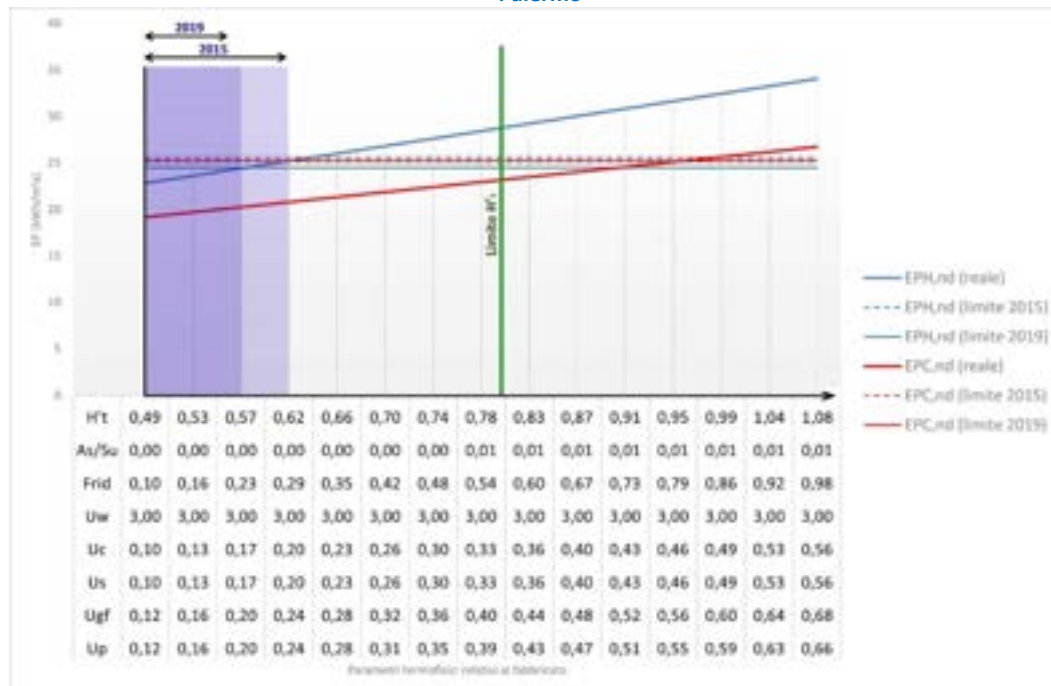
1. Da una parte vi sono le caratteristiche geometriche **fisse** del fabbricato (geometria, sagoma, volume, superfici calpestabili, superfici disperdenti, orientamento, ubicazione, destinazione d'uso ...);
2. Dall'altra, matrici di valori **variabili** relative alle caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi e dei componenti disperdenti (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi ...).

Per ogni caso studio, al variare delle caratteristiche termofisiche del fabbricato, è prevista la ricerca del campo di esistenza che soddisfa l'insieme dei requisiti legislativi di cui al D.M. "Requisiti minimi". I limiti del campo di esistenza per il fabbricato sono rappresentati dalla verifica degli indici dell'edificio reale in riferimento a quelli dell'edificio di riferimento (indici $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$) unitamente ad altri parametri di verifica della qualità dell'involucro del fabbricato (H'_T e $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$).

I limiti variano in base a: zona climatica di ubicazione del fabbricato, geometria del fabbricato (scelte progettuali) destinazione d'uso, ecc.

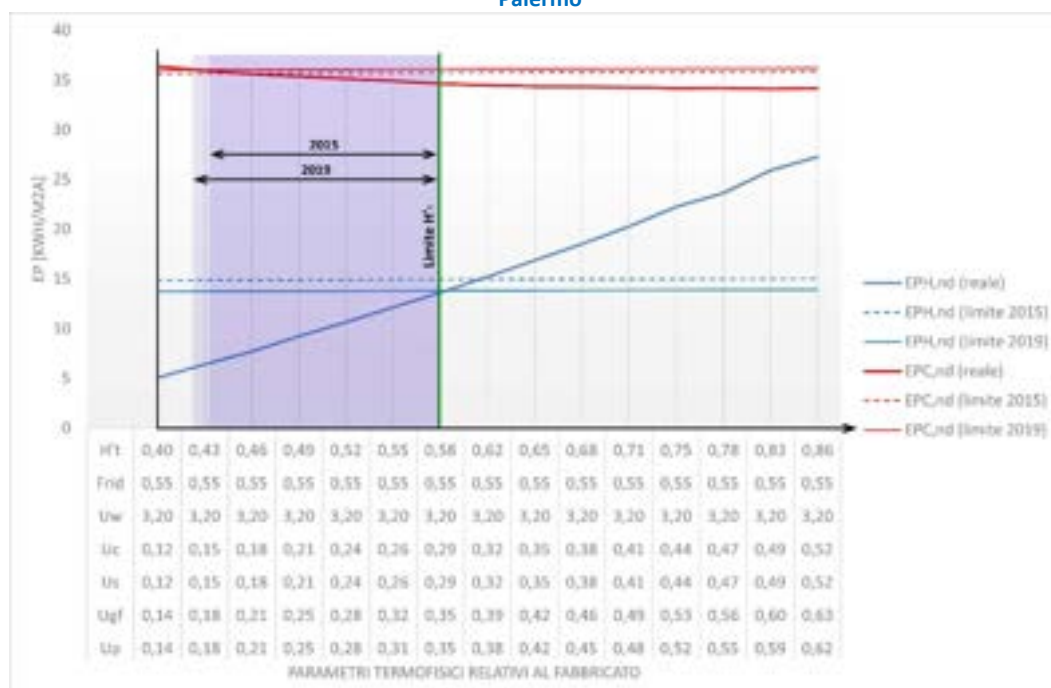
Si presentano di seguito alcuni grafici esplicativi. Il primo (Figura 23) è relativo ad un edificio scolastico ubicato a Palermo. Nel ricercare le soluzioni sono state variate tutte le caratteristiche termofisiche del fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti. In questo caso il campo di esistenza (colore viola) è delimitato in primis dall'osservanza delle prescrizioni relative agli indici $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$.

Figura 23. Esempio di determinazione del campo di esistenza di un fabbricato ad uso scolastico ubicato nella località di Palermo



Il grafico seguente (Figura 24) riguarda invece una villetta monofamiliare ubicata a Palermo. Nel ricercare le soluzioni sono state variate le caratteristiche termofisiche del fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti e del fattore di riduzione delle schermature mobili. In questo caso il campo di esistenza è delimitato superiormente dall'osservanza delle prescrizioni relative al parametro $H'T$, il limite inferiore è invece definito dalla verifica relativa all'indice di prestazione energetica termica utile per il raffrescamento.

Figura 24. Esempio di determinazione del campo di esistenza di un fabbricato ad uso residenziale ubicato nella località di Palermo



Per ogni caso studio, e relativa variante, presentato nei paragrafi successivi, sono chiaramente indicate quali caratteristiche termofisiche sono state assunte variabili e quali fisse.

Per quanto concerne la trasmittanza termica relativa alle strutture di delimitazione inferiore verso il terreno, nelle simulazioni di calcolo si è tenuto conto della variazione di trasmittanza termica equivalente determinata in conformità alla UNI EN ISO 13370 [30].

È stata preferita tale scelta poiché, da un punto di vista progettuale, si può giungere alla medesima trasmittanza termica “equivalente” [30] attuando varie scelte tecnologico – costruttive. Quindi, le soluzioni individuate prevedono tecnologie (pavimento contro terra, pavimento su intercapedine, pavimento su piano interrato e riscaldato, non riscaldato o parzialmente riscaldato), prodotti e sistemi che consentono di raggiungere le trasmittanze termiche “equivalenti” determinate secondo la UNI EN ISO 13370 [30].

Nelle simulazioni relative a tutti i casi studio si è tenuto in considerazione l’effetto dei ponti termici. Per tenerne adeguatamente conto sono state utilizzate curve di regressione determinate secondo UNI EN ISO 10211 [32] che mettono in relazione la trasmittanza termica del componente opaco verticale verso esterno e la trasmittanza termica lineare dei ponti termici (l’effetto dei ponti termici varia per ogni combinazione).

Nelle simulazioni relative agli edifici esistenti, sottoposti a ristrutturazione importante di primo livello, si è dovuto tenere conto di un ulteriore vincolo relativo al fatto che il tecnico, anche a fronte di una buona progettazione architettonica, non può modificare la geometria del fabbricato per correggere eventuali ponti termici in esso presente. Per ogni caso studio, quindi, per tenere conto dell’effetto dei ponti termici e determinare le principali ricadute progettuali sulle proprietà termofisiche dell’involucro, analizzando comunque una casistica il più completa possibile, è stata ipotizzata una maggiorazione forfettaria degli scambi per trasmissione dell’involucro (dal 15% al 45%-50%). In base alla tipologia di involucro opaco, infatti, l’incidenza percentuale dei ponti termici è molto diversa. Nel caso, ad esempio, di pareti con muratura a cassa vuota riempita di materiale isolante, per la ristrutturazione importante di fabbricati esistenti con lo scopo di adeguare l’involucro ai requisiti minimi del decreto [42], si ha un’incidenza sugli scambi termici dei ponti termici per trasmissione che può raggiungere il 50%.

3.1.2 Impianti

Il D.M. “Requisiti Minimi”, ed in particolare il punto 3.3 dell’allegato 1 [42], fornisce una serie di requisiti tra i quali alcuni riguardanti gli impianti tecnici a servizio dell’edificio.

Le verifiche di tali requisiti riguardano i seguenti **parametri e indici**:

- η_H efficienza media stagionale dell’impianto di climatizzazione invernale [-];
- η_w efficienza media stagionale dell’impianto di produzione dell’acqua calda sanitaria [-];
- η_c efficienza media stagionale dell’impianto di climatizzazione estiva (compreso l’eventuale controllo dell’umidità) [-];
- $EP_{gl,tot}$ indice di prestazione energetica globale dell’edificio, espresso in energia primaria totale (indice “tot”) [kWh/m²].

Tra gli obiettivi del presente studio vi è quello di verificare se i limiti e i requisiti imposti per tali parametri siano verificabili o meno attraverso l’utilizzo di diverse tecnologie.

Oltre a questo, occorre considerare anche che, in caso di nuovi edifici o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, è necessario rispettare degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi e le decorrenze di cui all’Allegato 3, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 [41].

Si noti che il soddisfacimento dei requisiti sulle efficienze medie stagionali è indipendente dalla configurazione del fabbricato, mentre il soddisfacimento del requisito sull’energia primaria globale totale dipende sia dalle caratteristiche del fabbricato sia dalle prestazioni degli impianti.

Si noti inoltre che, mentre per la parte fabbricato il Decreto Requisiti Minimi [42] prevede due “step” temporali (2015 e 2019/21), per la parte impianti i parametri dell’edificio di riferimento del D.M. non sono differenziati per step temporali. Ciò significa che una configurazione impiantistica che soddisfi i **limiti sulle efficienze al 2015** soddisferà anche i requisiti al 2019 e il fatto che sia rispettato il requisito sull’energia primaria totale globale per il 2019/21 dipenderà solo dal fabbricato.

Per tali motivi, a livello metodologico, per l’analisi della parte impiantistica (verifica o meno dei limiti di legge), si è scelto di partire, per tutti i casi studio, da **configurazioni di fabbricato che rispettassero i limiti al 2015**; tale scelta, date le considerazioni sopra esposte, non riduce in alcun modo la significatività dell’analisi.

Oltre a ciò, allo scopo di depurare l’analisi della parte impiantistica dagli effetti della parte fabbricato (verifica o meno dei limiti di legge anche grazie alle migliori prestazioni del fabbricato) si è scelto di partire da valori di fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento e raffrescamento dell’edificio reale coincidenti con i valori limite (al 2015).

Per ciascun caso studio sono quindi valutate determinate **configurazioni impiantistiche** con l’obiettivo di fornire un’analisi che comprenda le **tecnologie maggiormente diffuse** sul mercato. La modellizzazione dei sistemi fabbricato – impianti è stata effettuata considerando scelte impiantistiche e un dimensionamento il più possibile verosimile; alcune combinazioni per alcuni edifici e per alcune zone climatiche, meno usuali, sono state tuttavia incluse per una maggiore completezza di analisi. In Tabella 33 è riportata una sintesi delle combinazioni tra fabbricato e impianti per i casi studio utilizzati nella presente ricerca. Una descrizione più dettagliata delle configurazioni impiantistiche è successivamente riportata nei relativi paragrafi.

Tabella 33 – Sintesi delle combinazioni fabbricati – impianti per i casi studio utilizzati

Caso studio	#	Configurazione impiantistica
Villa monofamiliare	1	HW: caldaia a gas
	2	H: caldaia a gas + stufa a pellet W: caldaia a gas
Edificio ad uso scolastico	3	H: caldaia a gas W: scaldacqua elettrici L: illuminazione T: ascensore
	4	H: cogeneratore + caldaia a gas W: scaldacqua elettrici L: illuminazione T: ascensore
Edificio per uffici	5	HC: caldaia a gas + pompa di calore elettrica aria/acqua V: ventilazione meccanica (impianto misto ventilconvettori + aria primaria) W: scaldacqua elettrici L: illuminazione T: ascensore
Palazzina di medie dimensioni	6	H: caldaia a gas centralizzata W: caldaia a gas centralizzata + solare termico C: pompa di calore (split autonomi) Tutti: solare fotovoltaico

Tutte le configurazioni impiantistiche di cui alla Tabella 33 sono valutate nelle **tre zone climatiche** prese come riferimento per la parte fabbricato, ovvero la zona E (località **Torino**), la zona C (località **Roma**,) e la zona B (località **Palermo**).

Tutte le configurazioni impiantistiche di cui alla Tabella 33, per le tre zone climatiche, sono valutate considerando diversi **livelli di prestazione di ciascuna tecnologia**. In particolare è analizzata la variabilità dei parametri e degli indicatori di prestazione energetica di cui al Decreto Requisiti Minimi al variare dei parametri ritenuti più significativi e impattanti.

Per ciò che concerne i dati di input legati al dimensionamento (ad es. potenze nominali dei generatori installati), nelle simulazioni sono stati fatti variare in funzione del tipo di edificio e della zona climatica. Questo al fine di adattare le configurazioni impiantistiche al diverso carico termico richiesto.

Per i servizi di **illuminazione e trasporto**, il Decreto Requisiti Minimi non fissa al momento parametri di riferimento. L'analisi di tali servizi e dei loro requisiti energetici minimi è quindi rimandata alla seconda ricerca elaborata dal CTI dove tali aspetti sono maggiormente approfonditi.

In particolare, per quanto riguarda l'**illuminazione** il Decreto Requisiti Minimi prescrive che per l'edificio di riferimento si considerano gli stessi parametri (occupazione, sfruttamento della luce naturale) dell'edificio reale e sistemi automatici di regolazione di classe B di cui alla UNI EN 15232 [29].

In riferimento alla UNI EN 15232 [29], dalle tabelle con le diverse classi di automazione per il settore non residenziale si evince che, riguardo la regolazione dell'illuminazione, per raggiungere la classe B occorre avere rilevazione automatica di presenza e regolazione automatica in base alla luce diurna.

In riferimento alla UNI EN 15193 [28] il controllo presenza è determinato secondo il Prospetto D.1 della stessa norma; per l'edificio di riferimento si metterà sempre un valore scelto tra le righe "automatiche" a seconda della presenza o meno di *dimmer* e dal tipo di regolazione dell'edificio reale.

Per il controllo luce diurna si fa riferimento al Prospetto C.9 [28]; in questo caso per l'edificio di riferimento si metterà sempre un valore scelto nella righe "*automatic*" a seconda della penetrazione di luce naturale.

Per quanto riguarda il **trasporto**, nella presente parte della ricerca si è preso il fabbisogno di riferimento uguale a quello dell'edificio reale, così come attualmente previsto nel D.M. "Requisiti Minimi" [42].

3.2 Villa monofamiliare

Il caso presentato di seguito è relativo ad un edificio residenziale di tipologia villa monofamiliare. La destinazione d'uso dell'edificio, in riferimento alle categorie del DPR 412/93 è E.1.1 [46]. L'edificio si ipotizza sia situato in tre diverse località Palermo, Roma e Torino. L'edificio è composto da un'unica unità immobiliare disposta su tre livelli (il piano terreno, il primo piano e il sottotetto). I locali climatizzati sono disposti al piano terra e al primo piano. Anche l'intero vano scala è considerato riscaldato. Sono inoltre presenti due locali non climatizzati adiacenti ai locali climatizzati. In particolare sono presenti un garage e un locale tecnico, confinanti ai locali climatizzati del piano terra, e un sottotetto non abitabile al terzo livello del fabbricato. Per una migliore comprensione sono riportati di seguito i disegni di piante, prospetti e sezioni dell'edificio in questione.

Figura 25 - Villa monofamiliare. Pianta piano terra (livello 0)

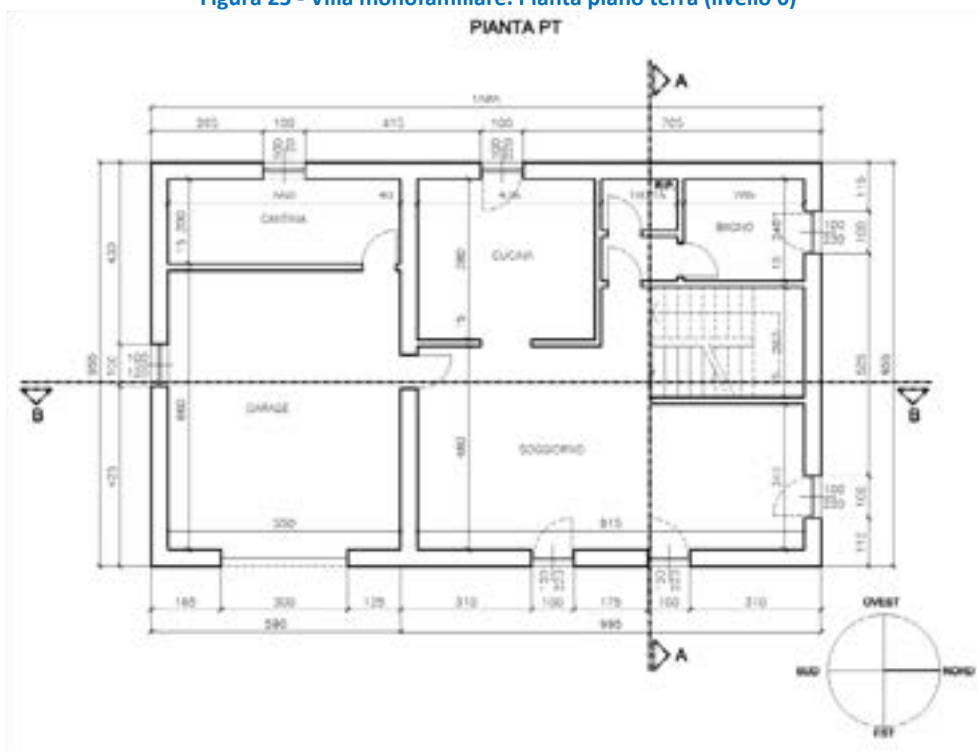


Figura 26 - Villa monofamiliare. Pianta primo piano (livello 1)

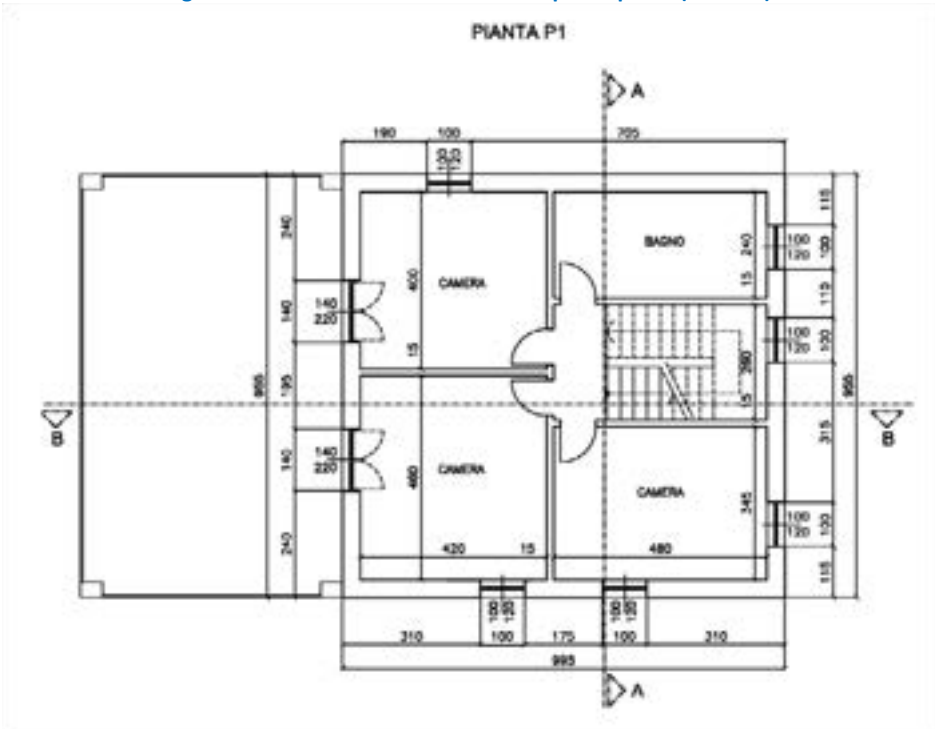


Figura 27 - Villa monofamiliare. Pianta sottotetto (livello 2)

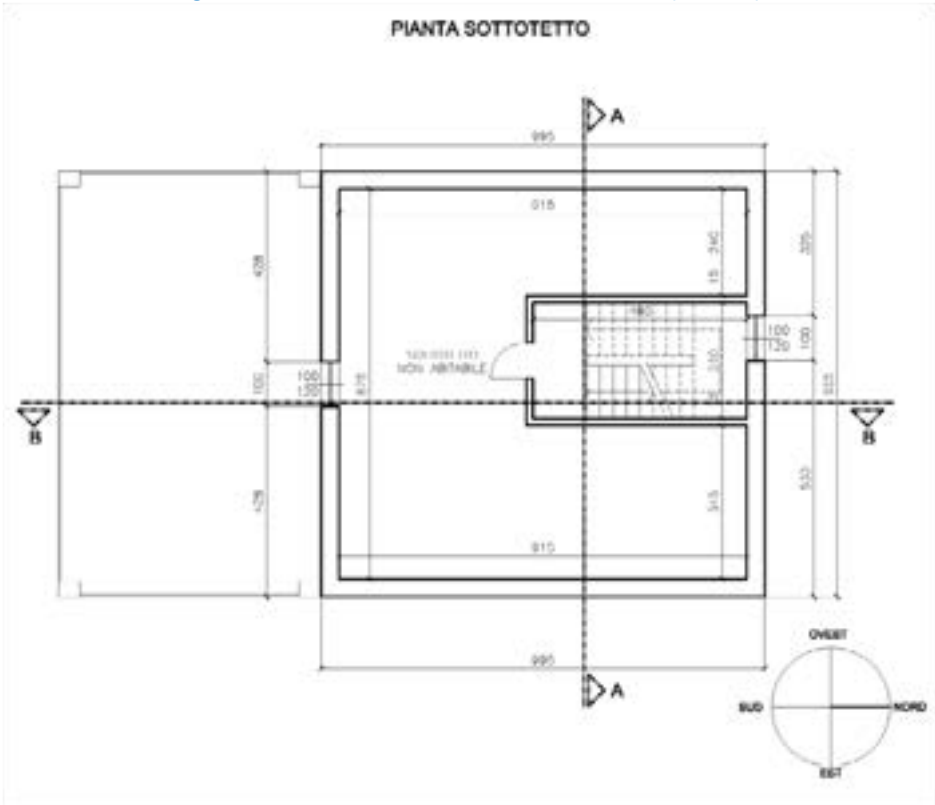


Figura 28 - Villa monofamiliare. Prospetti

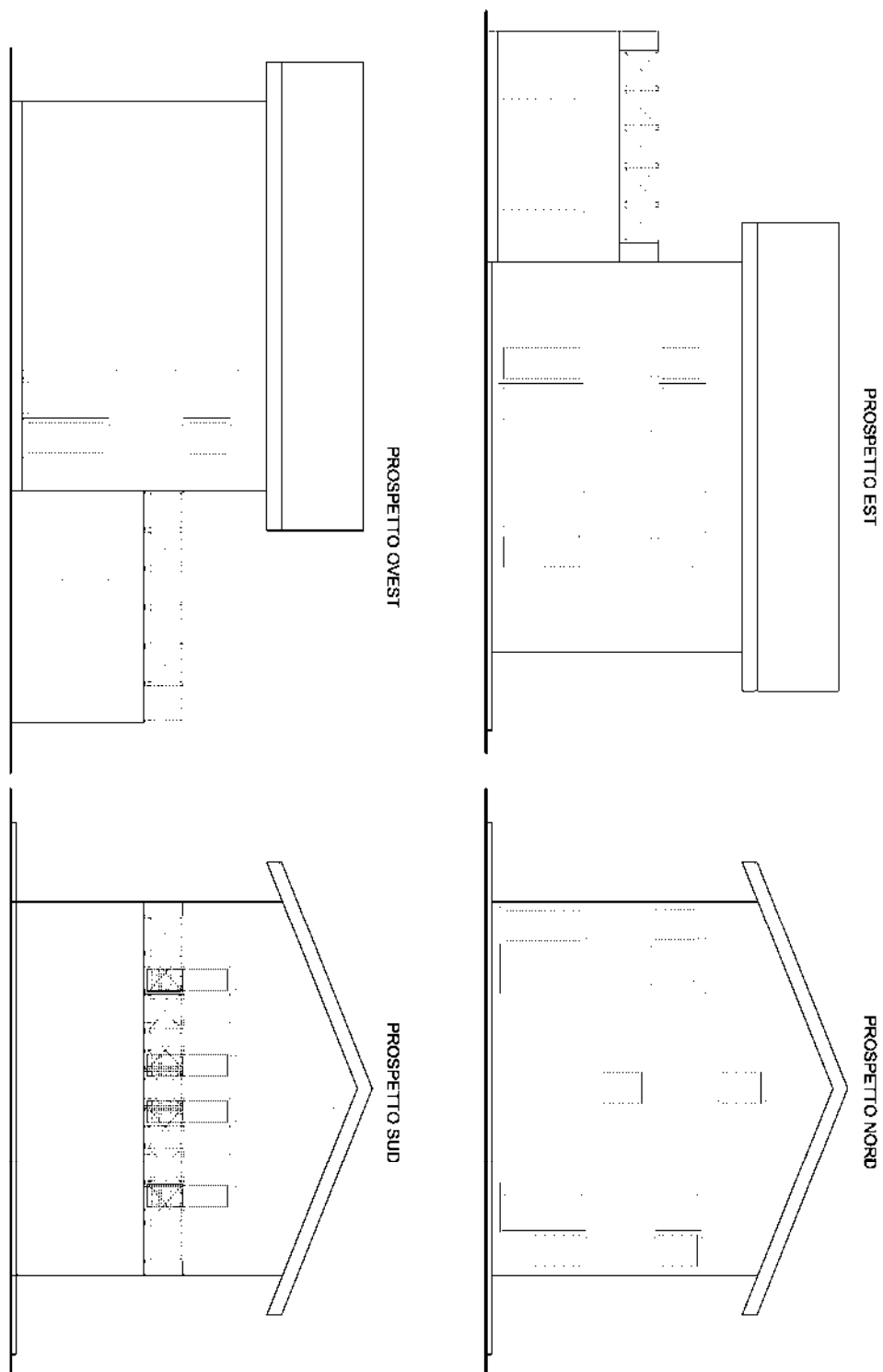
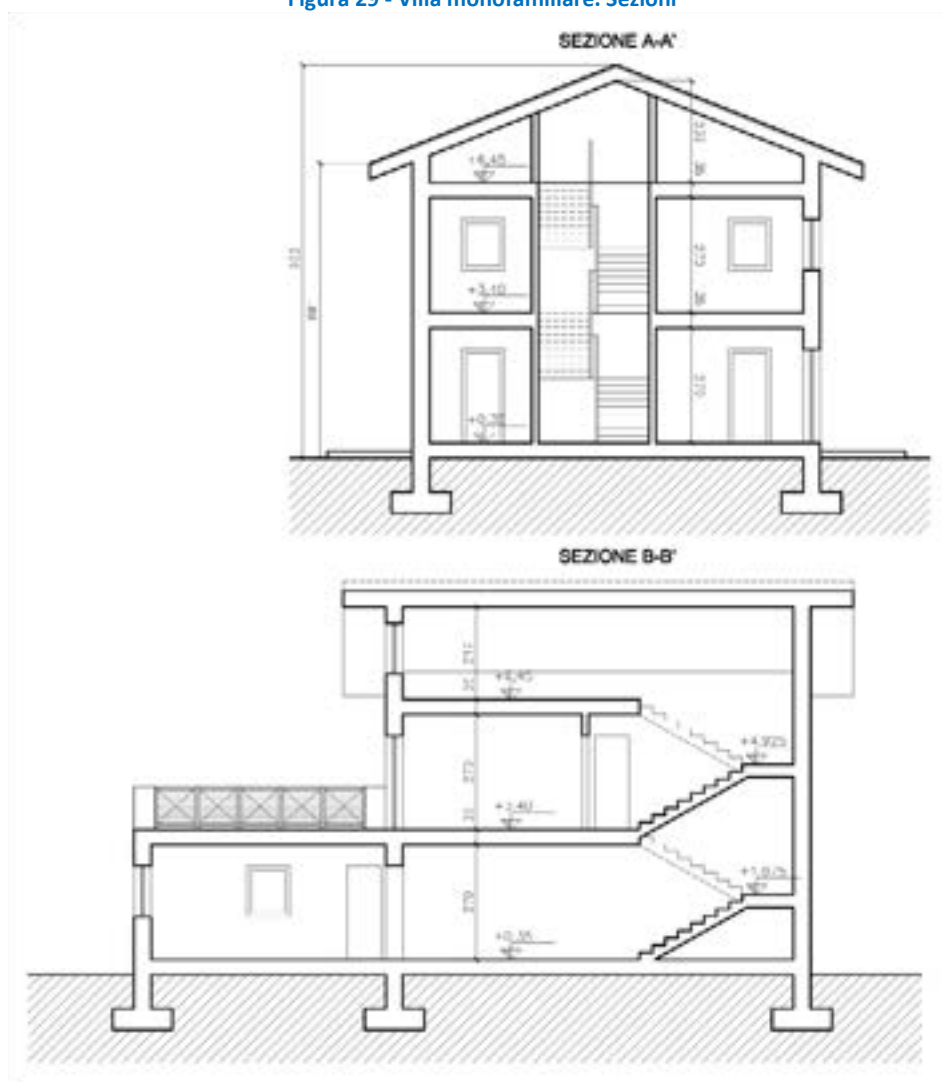


Figura 29 - Villa monofamiliare. Sezioni



Nel presente caso studio, l'edificio è stato suddiviso in spazi elementari così come indicato nelle tabelle seguenti. Ai fini dei calcoli, i diversi spazi sono raggruppati in zone a seconda della tipologia di servizio.

Tabella 34 – Villa monofamiliare. Spazi all'interno del fabbricato

LIVELLO (piano)	Descrizione unità minima di suddivisione	A [m ²]	h [m]	V _N [m ³]
0	Soggiorno	41,45	2,70	111,92
	Cucina	16,22	2,70	43,79
	Disimpegno	2,13	2,70	5,75
	Ripostiglio	2,16	2,70	5,83
	Bagno	7,01	2,70	18,93
	Vano scala (superficie calpestabile piano terra)	3,00	2,70	8,10
1	Vano scala (proiezione rampe al primo piano)	8,88	2,70	23,98
	Pianerottolo	3,60	2,70	9,72
2	Vano scala (proiezione rampe al secondo piano)	8,88	-	19,54
	Pianerottolo	3,24	-	6,51
1	Camera	19,55	2,70	52,79
	Camera	16,56	2,70	44,71
	Camera	17,03	2,70	45,98
	Bagno	11,52	2,70	31,10

La superficie utile calpestabile climatizzata totale dell'edificio è di 161,23 m². Il volume netto climatizzato totale è di 428,65 m³. E' considerata superficie utile calpestabile la superficie ove l'altezza è maggiore di 1,50 m. Ai fini dei calcoli, sulla base dei parametri gestionali e delle caratteristiche degli impianti presenti è stata effettuata un'aggregazione degli spazi elementari in zone, a seconda del servizio considerato. Tenendo presente i servizi considerati, le caratteristiche e le modalità di regolazione degli impianti, l'aggregazione degli spazi in zone è stata considerata così come riportato nella tabella seguente.

Tabella 35 – Villa monofamiliare. Suddivisione in zone termiche

LIVELLO (piano)	Descrizione unità minima di suddivisione	A [m ²]	h [m]	V _N [m ³]	H	W
0	Soggiorno	41,45	2,70	111,92	H1	W1
0	Cucina	16,22	2,70	43,79		
0	Disimpegno	2,13	2,70	5,75		
0	Ripostiglio	2,16	2,70	5,83		
0	Bagno	7,01	2,70	18,93		
0	Vano scala (superficie calpestabile piano terra)	3,00	2,70	8,10		
1	Vano scala (proiezione rampe al primo piano)	8,88	2,70	23,98		
1	Pianerottolo	3,60	2,70	9,72		
2	Vano scala (proiezione rampe al secondo piano)	8,88	-	19,54		
2	Pianerottolo	3,24	-	6,51		
1	Camera	19,55	2,70	52,79	H2	
1	Camera	16,56	2,70	44,71		
1	Camera	17,03	2,70	45,98		
1	Bagno	11,52	2,70	31,10		

Nell'edificio sono presenti anche zone non climatizzate. Nel presente caso studio, il calcolo dello scambio termico per trasmissione verso i locali non climatizzati è effettuato utilizzando coefficienti di correzione ($b_{tr,x}$) determinati con procedimento analitico (così come definito dalla normativa tecnica nel caso di edifici di nuova realizzazione). Il coefficiente di correzione varia in base alle caratteristiche degli spazi non climatizzati. Per tutti i componenti opachi verticali e orizzontali confinanti con esterno si è ipotizzato un colore delle superfici esterne medio, corrispondente ad un fattore di assorbimento solare (α_{so}) pari a 0,6. Per tutti i componenti opachi è stato considerato un'emissività di 0,9.

Per tutti i componenti finestrati, con trasmittanza termica variabile, sulla base della tipologia di vetro descritto, è stato considerato un fattore di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale ($g_{gl,n}$) pari a 0,67.

Per quanto riguarda la presenza di schermature mobili è stato considerato un fattore di riduzione, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}), variabile in base alla combinazione esaminata.

In merito alla presenza di ponti termici la scelta della tipologia dei ponti termici è stata effettuata sulla base delle caratteristiche dei vari elementi strutturali costituenti l'edificio. La trasmittanza termica lineica di ciascun ponte termico è stata determinata attraverso calcolo agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211 con apposito software. Si riportano le caratteristiche geometriche relative ai ponti termici presenti nel fabbricato.

Tabella 36 – Villa monofamiliare. Caratteristiche geometriche dei ponti termici

Descrizione	L [m]
Giunzione tra pareti e pavimento su terreno	35,05
Giunzioni dovute a solai interpiano	137,6
Giunzioni tra pareti esterne e serramenti	69,4
Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a pilastri	16,2
Interruzione di forma dovuta ad angoli esterni (in corrispondenza di pilastri)	21,6

Per quanto riguarda la trasmittanza termica le casistiche presentate tengono conto della trasmittanza termica equivalente del pavimento determinata secondo UNI EN ISO 13370 [30].

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche delle superfici disperdenti del fabbricato, esse vengono di seguito riassunte.

Tabella 37 – Villa monofamiliare. Zona 1. Caratteristiche geometriche delle superfici trasparenti

#	Descrizione	Q.tà [#]	Ambiente confinante	$b_{tr,U}$ [-]	A_w [m ²]	Esposiz.
1	Porta finestra 100x220	2	Esterno	1,00	4,40	E
2	Porta finestra 100x220	2	Esterno	1,00	4,40	N
3	Finestra 100x120	2	Esterno	1,00	2,40	N
4	Porta finestra 100x220	1	Esterno	1,00	2,20	O

Tabella 38 – Villa monofamiliare. Zona 1. Caratteristiche geometriche delle superfici opache

#	Descrizione	Ambiente confinante	$b_{tr,U}$ [-]	S [m ²]	Esposiz.	Tilt [°]
1	Porta interna	U1	VAR	1,76		
2	Parete	U1	VAR	21,46		
3	Parete	Esterno	1,00	20,31	E	90
4	Parete	Esterno	1,00	11,40	N	90
5	Parete	Esterno	1,00	17,33	N	90
6	Parete	Esterno	1,00	21,70	O	90
7	Pavimento su terreno	Terreno	1,00	96,57		
8	Copertura da 35 cm	Esterno	VAR	13,44	Orizz.	0
9	Parete interna	U2	0,61	21,62		
10	Solaio	Interno	0,00	68,97		
11	Solaio	Interno	0,00	48,72		
12	Porta interna	U2	VAR	1,76		

Tabella 39 – Villa monofamiliare. Zona 2. Caratteristiche geometriche delle superfici trasparenti

#	Descrizione	Q.tà [#]	Ambiente confinante	$b_{tr,U}$ [-]	A_w [m ²]	Esposiz.
1	Porta finestra 140x220	2	Esterno	1,00	6,16	S
2	Finestra 100x120	2	Esterno	1,00	2,40	E
3	Finestra 100x120	2	Esterno	1,00	2,40	N
4	Finestra 100x120	1	Esterno	1,00	1,20	O

Tabella 40 – Villa monofamiliare. Zona 1. Caratteristiche geometriche delle superfici opache

#	Descrizione	Ambiente confinante	$b_{tr,U}$ [-]	S [m ²]	Esposiz.	Tilt [°]
1	Parete	Esterno	1,00	17,06	S	90
2	Parete	Esterno	1,00	21,90	E	90
3	Parete	Esterno	1,00	13,40	N	90
4	Parete	Esterno	1,00	23,10	O	90
5	Solaio	U2	VAR	64,66		
6	Solaio	Interno	0,00	64,66		

3.2.1 Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile nel fabbricato

Si riportano di seguito alcuni grafici esplicativi che mettono in relazione, per il caso studio e in riferimento a diverse tipologie di chiusure tecniche trasparenti, la variazione della percentuale di superficie massima realizzabile vetrata dell'involucro disperdente verticale, considerando le proprietà termofisiche dell'involucro come definite dal D.M. "Requisiti minimi" [42] per i due step temporali 2015 – 2019/2021, per ciascuna zona climatica, al variare del parametro H'_T . Tali percentuali sono relazionate alla superficie minima realizzabile per garantire i rapporti aero illuminanti prevista dal D.M. 5/07/1975 (linea orizzontale).

Figura 30 – Villa monofamiliare. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015.

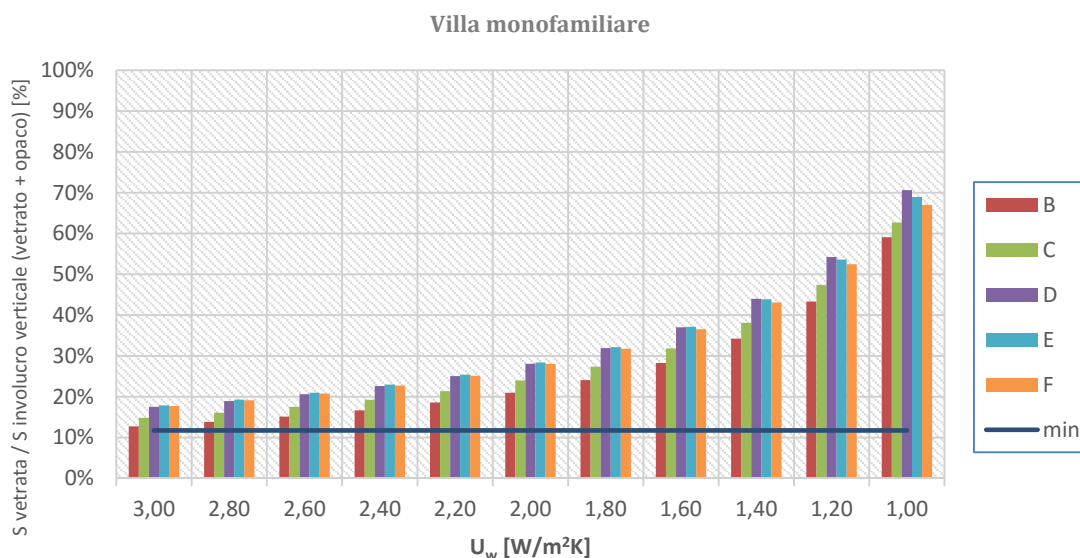
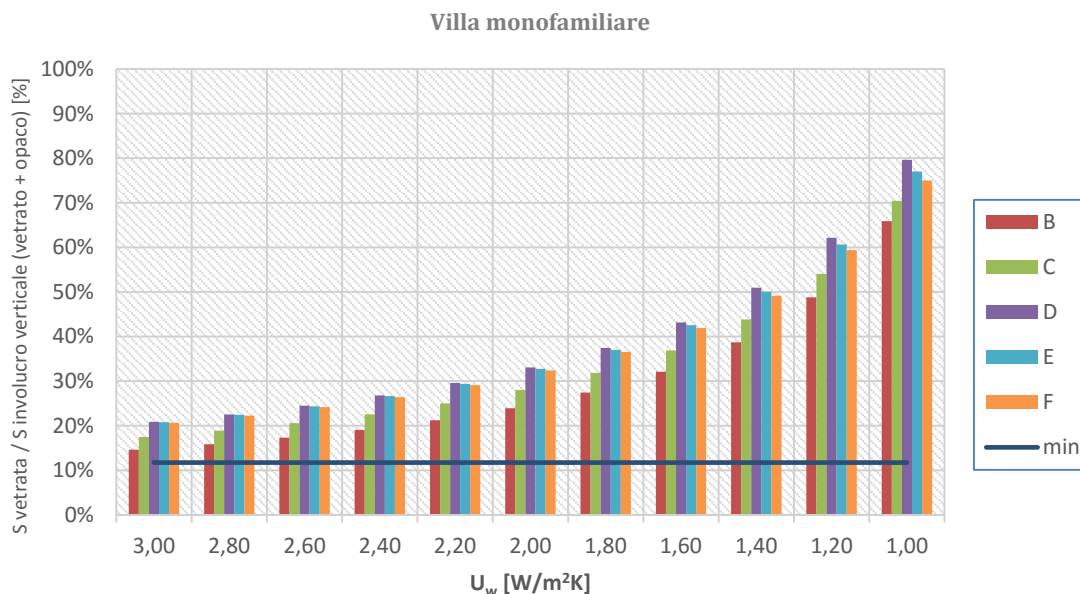


Figura 31 – Villa monofamiliare. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019.



3.2.2 Correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile, e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato

Di seguito si presentano alcuni grafici che mettono in relazione per ogni unità immobiliare del caso studio, l'utilizzo di diverse schermature solari e il parametro da verificare previsto dalla legislazione $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$. Come si evince dal prospetto il parametro $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$ non è soddisfatto per qualunque tipologia di schermatura solare mobile ma, in generale solamente per quei sistemi schermanti caratterizzati da $g_{gl+sh}/g_{gl} < 0,4$ per vetrate con $g_{gl,n}=0,75$ e da $g_{gl+sh}/g_{gl} < 0,5$ per vetrate con $g_{gl,n}=0,67$. Nella simulazione non sono state considerate eventuali ostruzioni all'orizzonte (condizione peggiore).

I valori di $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$, come richiesto dalla legislazione vigente [42], devono essere inferiori al 0,03 [m^2/m^2].

$g_{gl,n}=0,75$ [-]											
	g_{gl+sh}/g_{gl}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Zona B	Palermo	0,055	0,051	0,047	0,043	0,039	0,035	0,031	0,027	0,023	0,019
Zona C	Bari	0,058	0,054	0,050	0,045	0,041	0,037	0,033	0,028	0,024	0,020
Zona D	Roma	0,062	0,057	0,053	0,048	0,044	0,039	0,035	0,030	0,025	0,021
Zona E	Milano	0,055	0,051	0,047	0,043	0,039	0,035	0,031	0,027	0,023	0,019
Zona F	Cuneo	0,052	0,049	0,045	0,041	0,037	0,033	0,030	0,026	0,022	0,018

$g_{gl,n}=0,67$ [-]											
	g_{gl+sh}/g_{gl}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Zona B	Palermo	0,049	0,045	0,042	0,038	0,035	0,031	0,028	0,024	0,021	0,017
Zona C	Bari	0,052	0,048	0,044	0,041	0,037	0,033	0,029	0,025	0,022	0,018
Zona D	Roma	0,055	0,051	0,047	0,043	0,039	0,035	0,031	0,027	0,023	0,019
Zona E	Milano	0,049	0,045	0,042	0,038	0,035	0,031	0,028	0,024	0,020	0,017
Zona F	Cuneo	0,047	0,043	0,040	0,037	0,033	0,030	0,026	0,023	0,020	0,016

Figura 32 – Villa monofamiliare. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle schermature solari mobili. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

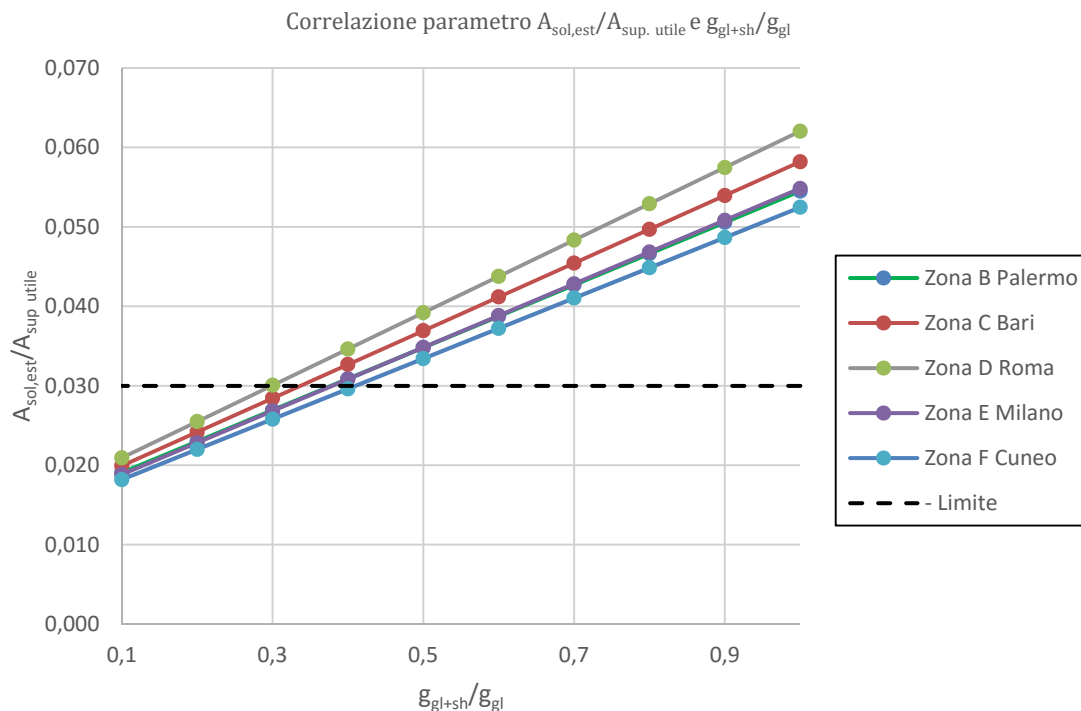
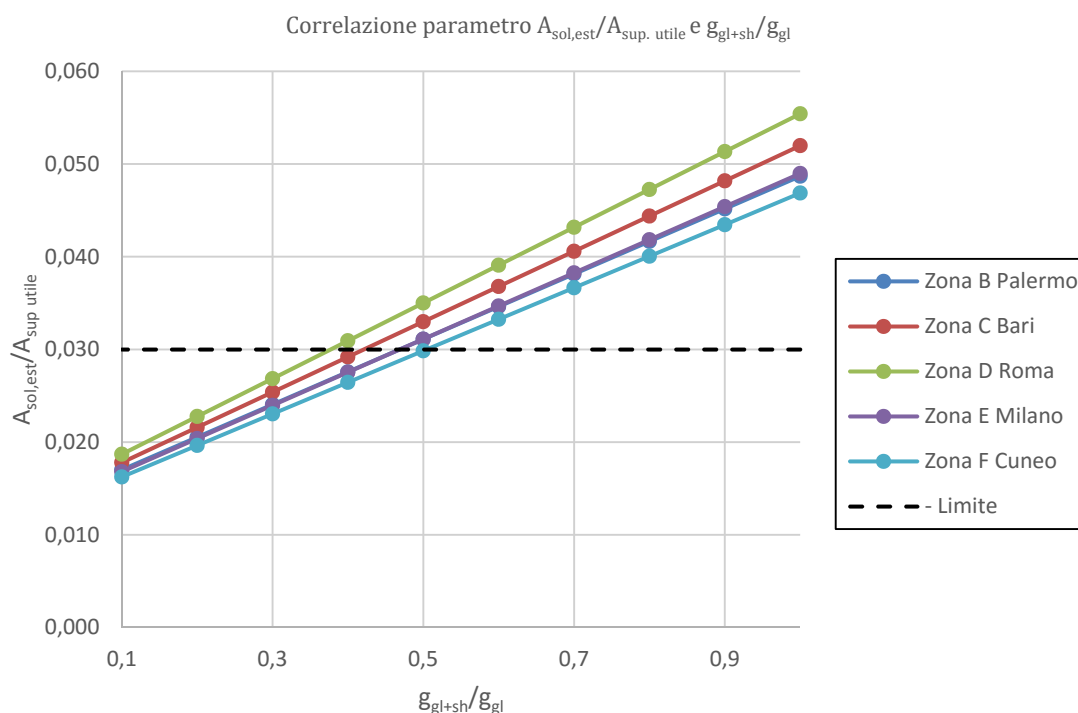


Figura 33 – Villa monofamiliare. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle schermature solari mobili. Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).

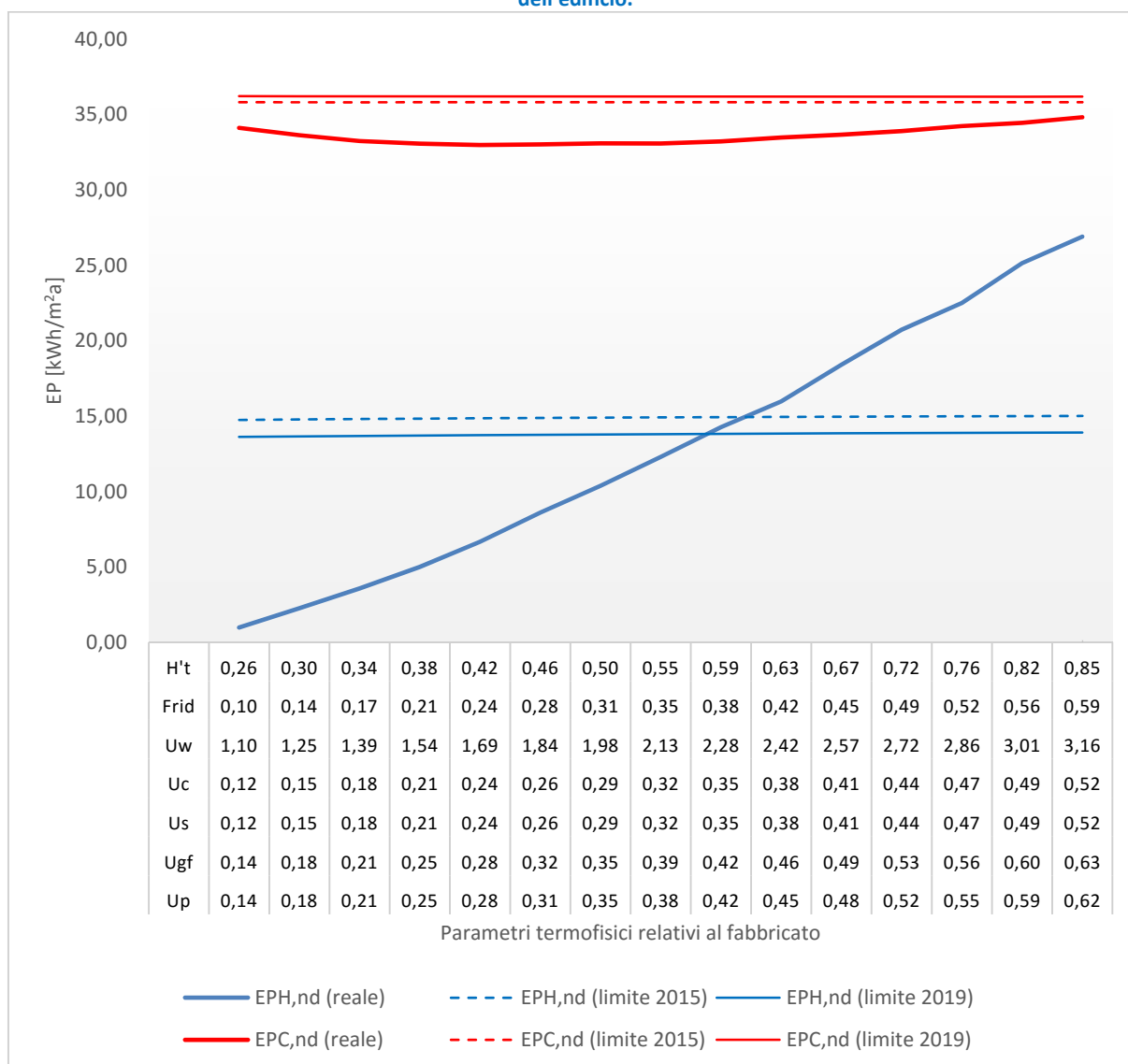


3.2.3 Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato

Si riportano di seguito i principali risultati relativi alla casistica presentata nel prospetto seguente. Le considerazioni relative ai risultati presentati nei grafici sono riportate nel paragrafo 3.2.3.4. Per ogni grafico viene determinato il campo di esistenza con i relativi limiti inferiore e superiore per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021.

Variabilità dei parametri di progetto del fabbricato			
Località	Parametri relativi al fabbricato variabili	Parametri relativi al fabbricato variabili ad eccezione di U_w	Parametri relativi al fabbricato variabili ad eccezione di U_w e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl}
Palermo	Figura 34	Figura 35 ($U_w=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 36 ($U_w=3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$)
Roma	Figura 37	Figura 38 ($U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 39 ($U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$)
Torino	Figura 40	Figura 41 ($U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 42 ($U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$)

Figura 34 – Villa monofamiliare - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,406	0,144	0,406
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,414	0,144	0,414
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,342	0,120	0,342
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,342	0,120	0,342
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,234	1,100	2,234
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,370	0,100	0,370
H'_T	W/m²K	0,258	0,574	0,258	0,574
$A_{sol,est}/A_{sup. utile}$	m²/m²	0,005	0,018	0,005	0,018
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	0,97	13,48	0,97	13,48
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	14,74	14,93	13,61	13,82
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	34,12	33,23	34,12	33,23
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	35,82	35,83	36,22	36,20

Figura 35 – Villa monofamiliare - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,144	0,358	0,144	0,338
U - Solaio contro terra	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,144	0,364	0,144	0,344
U - Solaio verso esterno (PT)	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,120	0,301	0,120	0,285
U - Copertura	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,120	0,301	0,120	0,285
U - Serramenti	$\text{W/m}^2\text{K}$	3,000	3,000	3,000	3,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,320	0,100	0,300
H'_T	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,382	0,579	0,382	0,563
$A_{sol,est}/A_{sup, utile}$	m^2/m^2	0,005	0,016	0,005	0,015
$EP_{H,nd}$ (reale)	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	6,06	14,33	6,06	13,67
$EP_{H,nd}$ (limite)	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	14,83	14,93	13,70	13,80
$EP_{C,nd}$ (reale)	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	28,40	31,13	28,40	30,83
$EP_{C,nd}$ (limite)	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	35,64	35,76	36,01	36,11

Figura 36 – Villa monofamiliare - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$

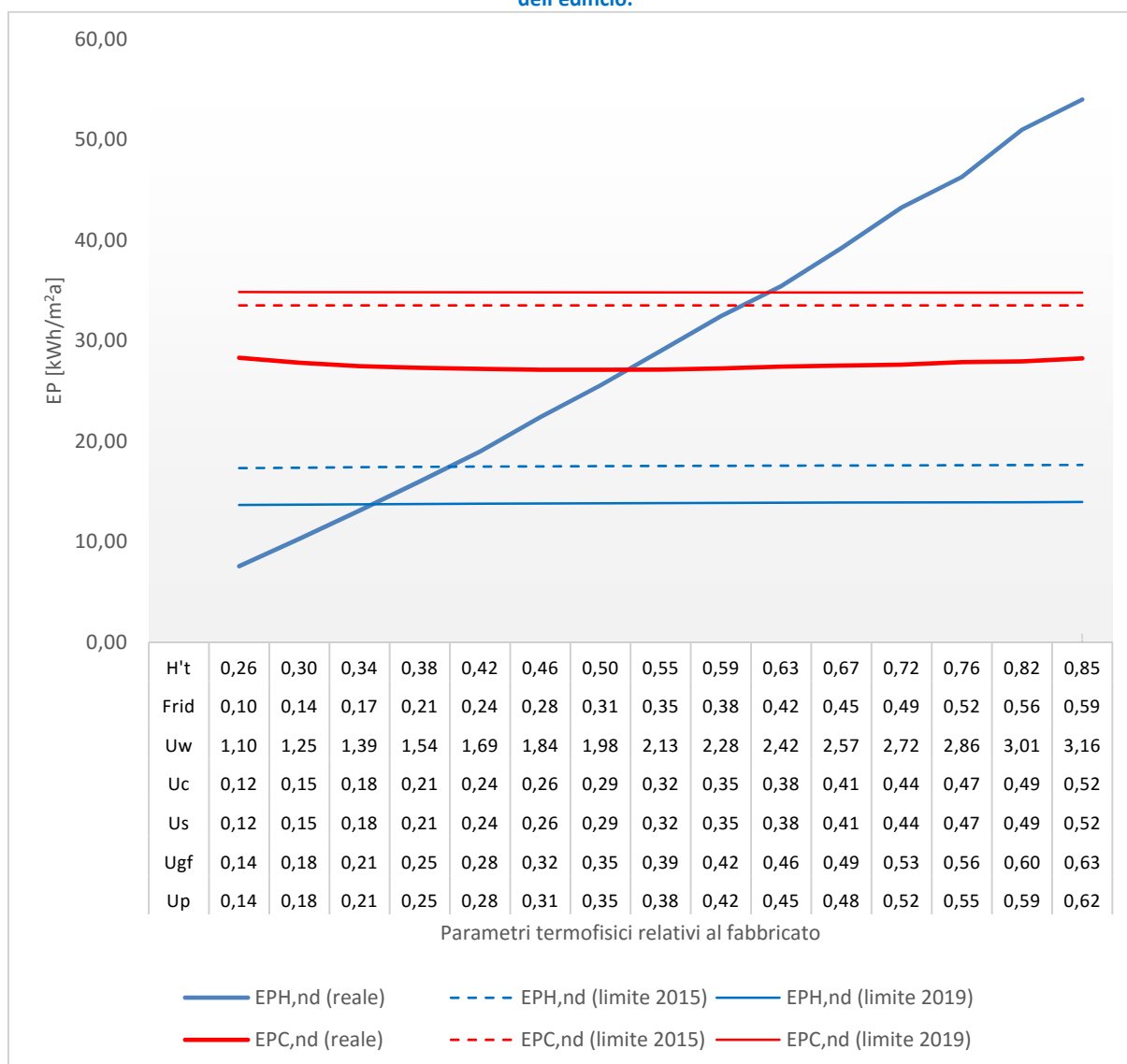


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,207	0,338	0,173	0,338
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,209	0,344	0,174	0,344
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,174	0,285	0,145	0,285
U - Copertura	W/m²K	0,174	0,285	0,145	0,285
U - Serramenti	W/m²K	3,200	3,200	3,200	3,200
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
H'_T	W/m²K	0,454	0,576	0,422	0,576
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,027	0,027	0,027	0,027
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	7,54	13,26	6,21	13,26
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	14,87	14,93	13,72	13,80
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	35,62	34,65	36,00	34,65
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	35,66	35,73	36,01	36,09

Figura 37 – Villa monofamiliare - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

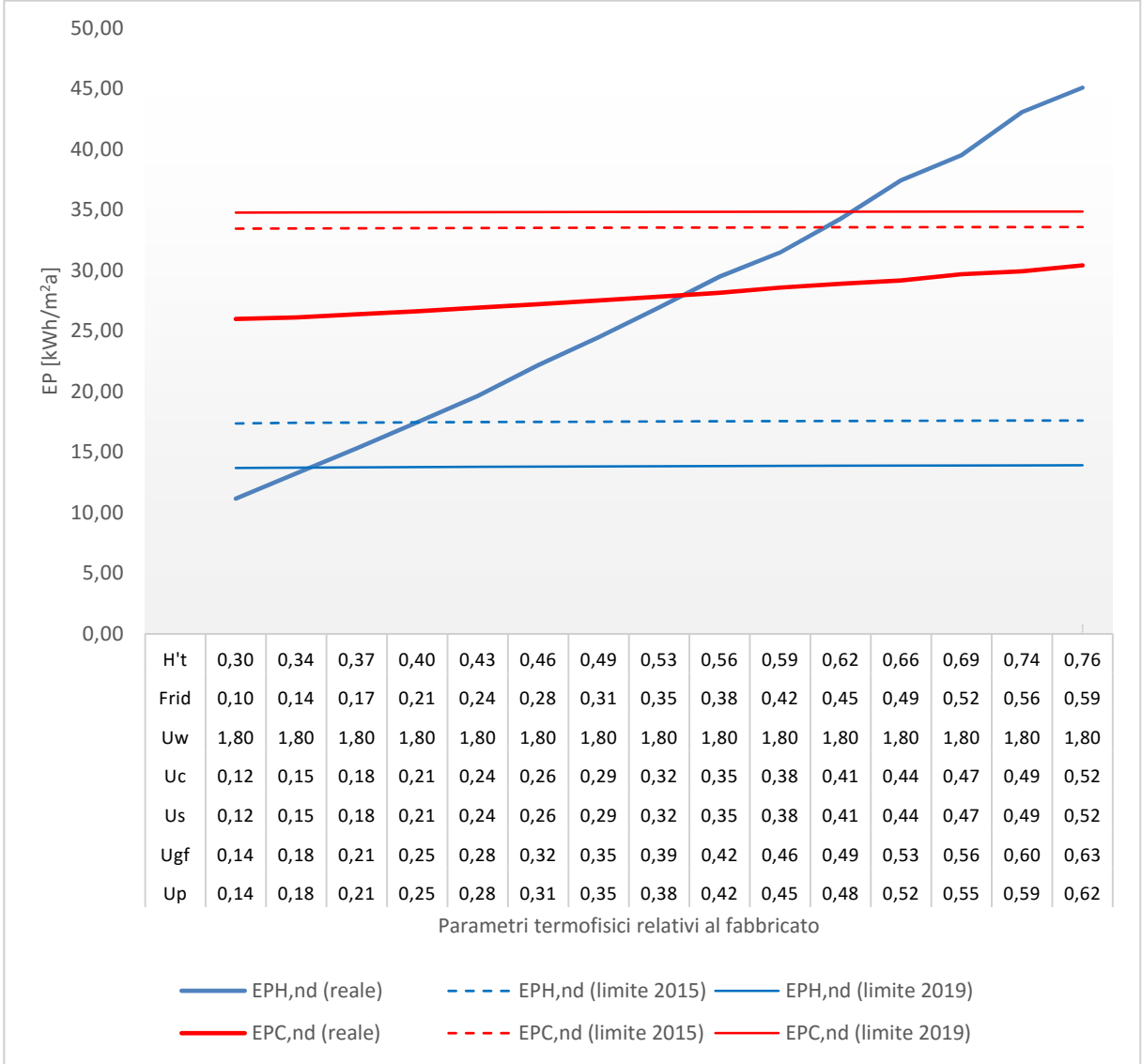


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,261	0,144	0,217
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,264	0,144	0,219
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,219	0,120	0,182
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,219	0,120	0,182
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,604	1,100	1,415
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,220	0,100	0,175
H'_T	W/m²K	0,258	0,398	0,258	0,346
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,006	0,012	0,006	0,010
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	7,55	17,25	7,55	13,56
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	17,32	17,46	13,65	13,72
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	28,29	27,23	28,29	27,40
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	33,51	33,51	34,83	34,82

Figura 38 – Villa monofamiliare - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,246	0,144	0,183
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,249	0,144	0,184
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,207	0,120	0,153
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,207	0,120	0,153
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,205	0,100	0,140
H'_T	W/m²K	0,304	0,397	0,304	0,340
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,006	0,011	0,006	0,008
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	11,15	17,45	11,15	13,55
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	17,36	17,46	13,69	13,71
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	25,98	26,61	25,98	26,13
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	33,45	33,49	34,76	34,77

Figura 39 – Villa monofamiliare - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$

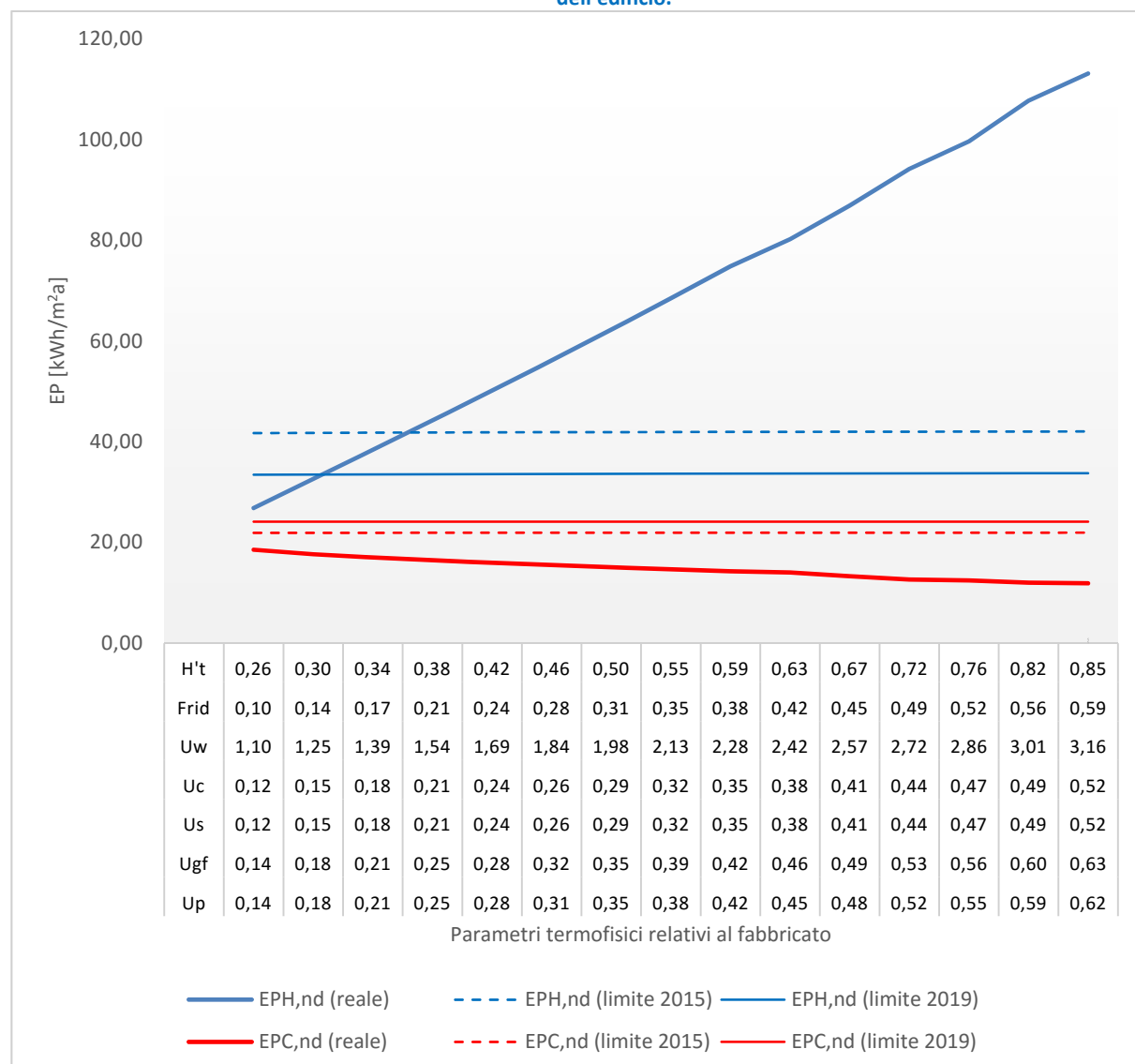


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,251	0,144	0,197
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,254	0,144	0,199
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,211	0,120	0,165
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,211	0,120	0,165
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,317	0,414	0,317	0,367
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,025	0,025	0,025	0,025
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	9,94	17,08	9,94	13,49
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	17,40	17,47	13,70	13,73
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	32,46	30,57	32,46	31,31
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	33,43	33,48	34,74	34,76

Figura 40 – Villa monofamiliare - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

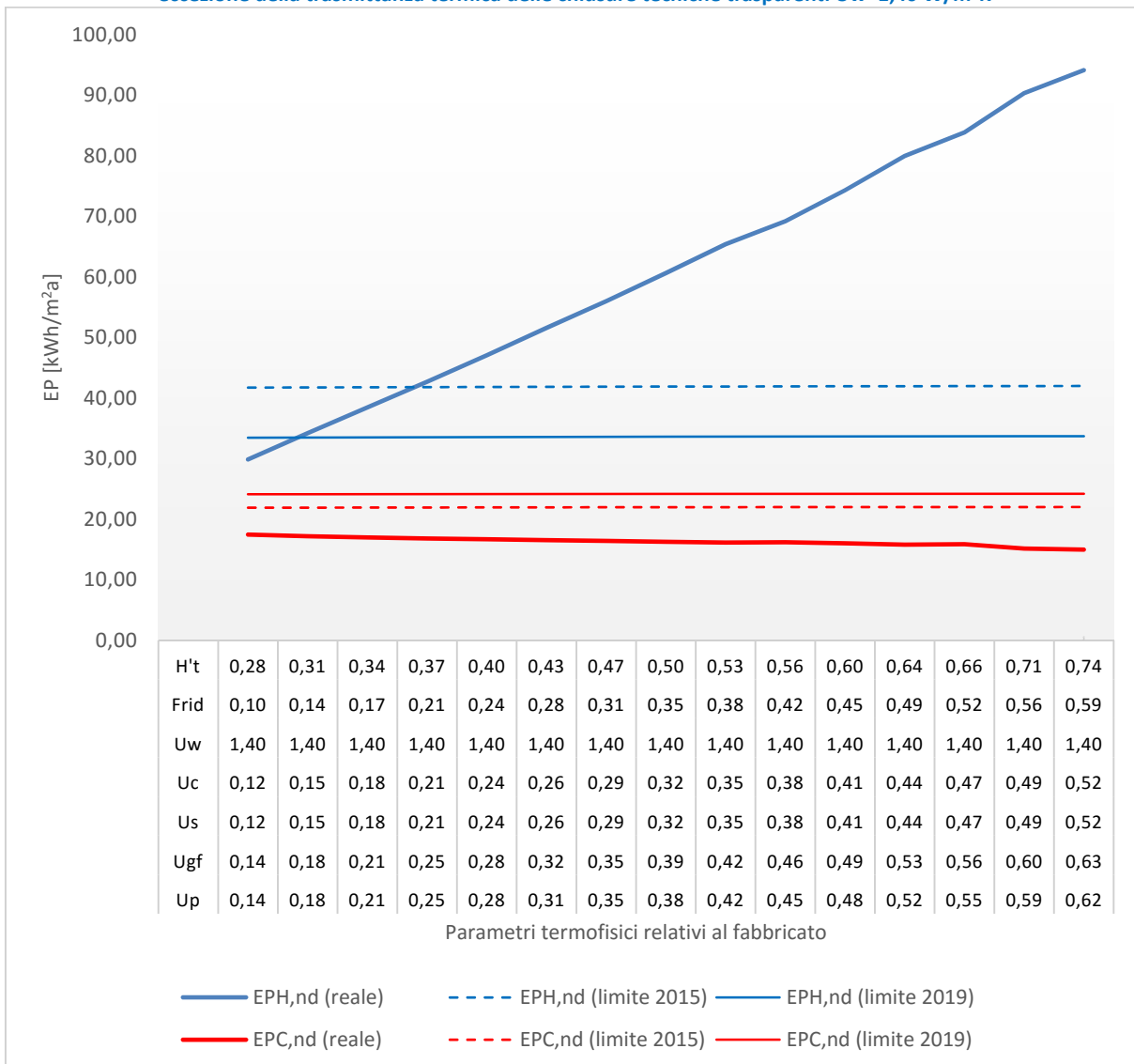


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,231	0,144	0,183
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,234	0,144	0,184
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,194	0,120	0,153
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,194	0,120	0,153
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,478	1,100	1,268
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,190	0,100	0,140
H'_T	W/m²K	0,258	0,363	0,258	0,305
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,005	0,010	0,005	0,007
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	26,82	41,73	26,82	33,42
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	41,72	41,81	33,43	33,47
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	18,56	16,66	18,56	17,56
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	21,92	21,93	24,13	24,13

Figura 41 – Villa monofamiliare - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

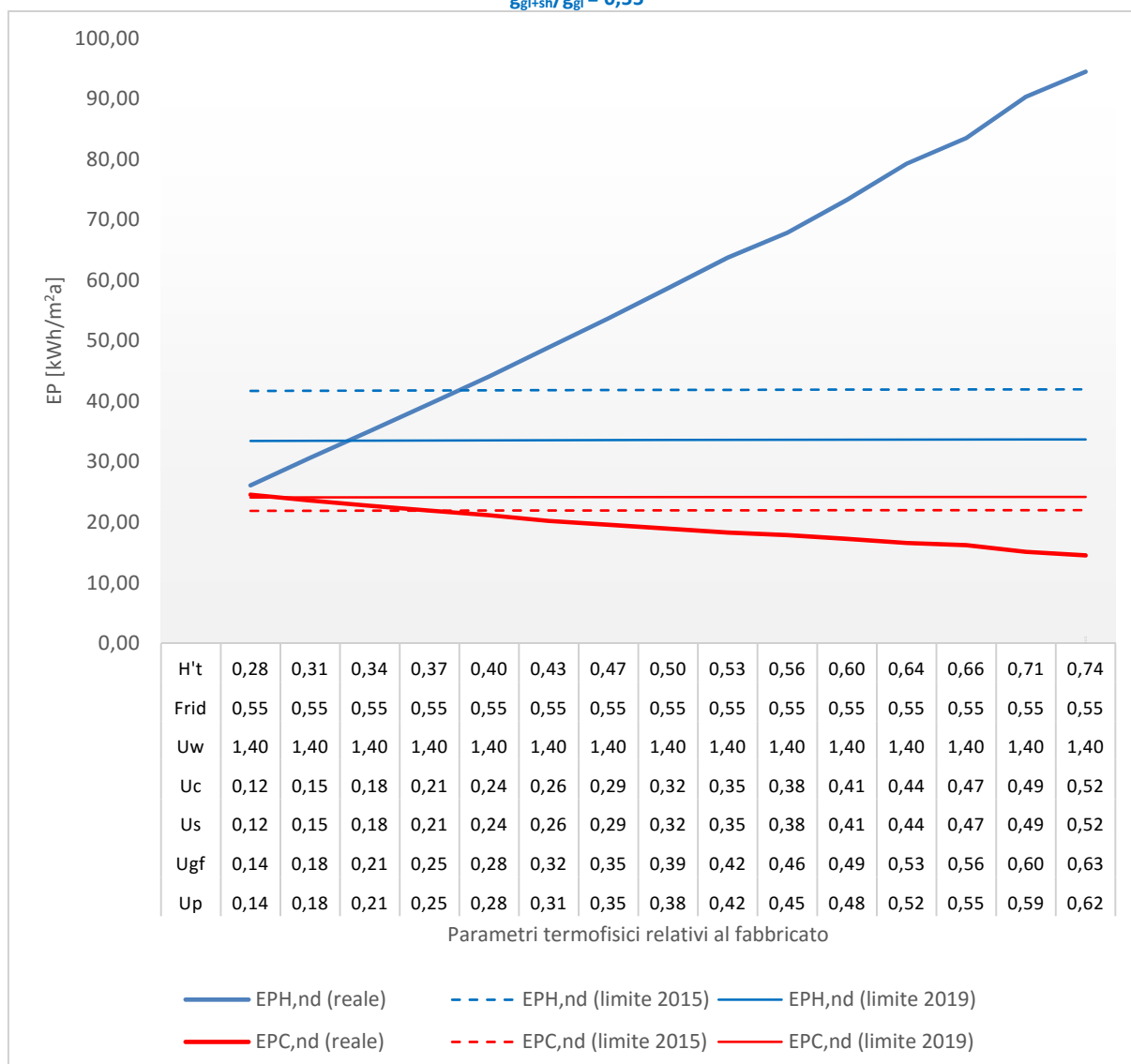


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,236	0,144	0,168
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,239	0,144	0,169
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,198	0,120	0,141
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,198	0,120	0,141
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,195	0,100	0,125
H'_T	W/m²K	0,278	0,362	0,278	0,300
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,005	0,010	0,005	0,006
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	29,87	41,45	29,87	32,95
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	41,73	41,81	33,45	33,47
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,46	16,87	17,46	17,25
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	21,90	21,94	24,10	24,11

Figura 42 – Villa monofamiliare - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,246	0,261	0,163	0,197
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,249	0,264	0,164	0,199
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,207	0,219	0,136	0,165
U - Copertura	W/m²K	0,207	0,219	0,136	0,165
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
H'_T	W/m²K	0,371	0,385	0,295	0,327
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m²/m²	0,028	0,028	0,028	0,028
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	39,57	41,51	28,64	33,22
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	41,82	41,83	33,46	33,49
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	21,92	21,59	24,02	23,08
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	21,94	21,95	24,11	24,12

Tabella 41 – Villa monofamiliare - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza per le località Palermo, Roma e Torino.

2015		2015									2019/2021								
		Palermo			Roma			Torino			Palermo			Roma			Torino		
		sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3
U - Parete	W/m ² K	0,406	0,358	0,338	0,261	0,246	0,251	0,231	0,236	0,261	0,406	0,338	0,338	0,217	0,183	0,197	0,183	0,168	0,197
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,414	0,364	0,344	0,264	0,249	0,254	0,234	0,239	0,264	0,414	0,344	0,344	0,219	0,184	0,199	0,184	0,169	0,199
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,342	0,301	0,285	0,219	0,207	0,211	0,194	0,198	0,219	0,342	0,285	0,285	0,182	0,153	0,165	0,153	0,141	0,165
U - Copertura	W/m ² K	0,342	0,301	0,285	0,219	0,207	0,211	0,194	0,198	0,219	0,342	0,285	0,285	0,182	0,153	0,165	0,153	0,141	0,165
U - Serramenti	W/m ² K	2,234	3,000	3,200	1,604	1,800	2,000	1,478	1,400	1,400	2,234	3,000	3,200	1,415	1,800	2,000	1,268	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,370	0,320	0,550	0,220	0,205	0,450	0,190	0,195	0,550	0,370	0,300	0,550	0,175	0,140	0,450	0,140	0,125	0,550
H'_T	W/m ² K	0,57	0,58	0,58	0,40	0,40	0,41	0,36	0,36	0,38	0,57	0,56	0,58	0,35	0,34	0,37	0,31	0,30	0,33
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	m ² /m ²	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	13,48	14,33	13,26	17,25	17,45	17,08	41,73	41,45	41,51	13,48	13,67	13,26	13,56	13,55	13,49	33,42	32,95	33,22
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	14,93	14,93	14,93	17,46	17,46	17,47	41,81	41,81	41,83	13,82	13,80	13,80	13,72	13,71	13,73	33,47	33,47	33,49
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	33,23	31,13	34,65	27,23	26,61	30,57	16,66	16,87	21,59	33,23	30,83	34,65	27,40	26,13	31,31	17,56	17,25	23,08
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	35,83	35,76	35,73	33,51	33,49	33,48	21,93	21,94	21,95	36,20	36,11	36,09	34,82	34,77	34,76	24,13	24,11	24,12

Tabella 42 – Villa monofamiliare - Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento per le località Palermo, Roma e Torino.

2015		2015									2019								
		Palermo			Roma			Torino			Palermo			Roma			Torino		
		sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3	sol.1	sol.2	sol.3
U - Parete		-9,68%	-20,48%	-24,80%	-23,34%	-27,63%	-26,20%	-22,84%	-21,22%	-13,12%	-5,48%	-21,30%	-21,30%	-25,21%	-36,94%	-31,91%	-29,66%	-35,27%	-24,05%
U - Solaio contro terra		-10,00%	-20,87%	-25,22%	-17,50%	-22,19%	-20,63%	-22,00%	-20,33%	-12,00%	-5,91%	-21,82%	-21,82%	-24,48%	-36,55%	-31,38%	-29,23%	-35,00%	-23,46%
U - Solaio verso esterno (PT)		-9,87%	-20,72%	-25,05%	-27,04%	-31,16%	-29,79%	-22,34%	-20,69%	-12,45%	-2,15%	-18,63%	-18,63%	-30,08%	-41,17%	-36,42%	-30,47%	-36,09%	-24,85%
U - Copertura		-9,87%	-20,72%	-25,05%	-27,04%	-31,16%	-29,79%	-22,34%	-20,69%	-12,45%	-2,15%	-18,63%	-18,63%	-30,08%	-41,17%	-36,42%	-30,47%	-36,09%	-24,85%
U - Serramenti		-30,19%	-6,25%	0,00%	-19,80%	-10,00%	0,00%	-17,89%	-22,22%	-22,22%	-25,53%	0,00%	6,67%	-21,39%	0,00%	11,11%	-9,43%	0,00%	0,00%
g_{gl+sh}/g_{gl}		5,71%	-8,57%	57,14%	-37,14%	-41,43%	28,57%	-45,71%	-44,29%	57,14%	5,71%	-14,29%	57,14%	-50,00%	-60,00%	28,57%	-60,00%	-64,29%	57,14%
H'_T		-1,07%	-0,18%	-0,65%	-24,92%	-25,04%	-21,82%	-27,35%	-27,58%	-23,09%	-1,07%	-2,91%	-0,65%	-34,66%	-35,84%	-30,84%	-38,95%	-39,91%	-34,53%
EP _{H,nd}		-9,72%	-4,00%	-11,20%	-1,17%	-0,02%	-2,22%	-0,20%	-0,87%	-0,76%	-2,47%	-0,96%	-3,93%	-1,17%	-1,22%	-1,77%	-0,17%	-1,54%	-0,82%
EP _{C,nd}		-7,80%	-14,85%	-3,13%	-23,09%	-25,86%	-9,50%	-31,60%	-30,07%	-1,66%	-8,92%	-17,13%	-4,17%	-27,08%	-33,10%	-11,04%	-37,42%	-39,81%	-4,51%

3.2.3.1 Confronto delle soluzioni

Figura 43 – Villa monofamiliare - Località Palermo (Zona climatica B). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

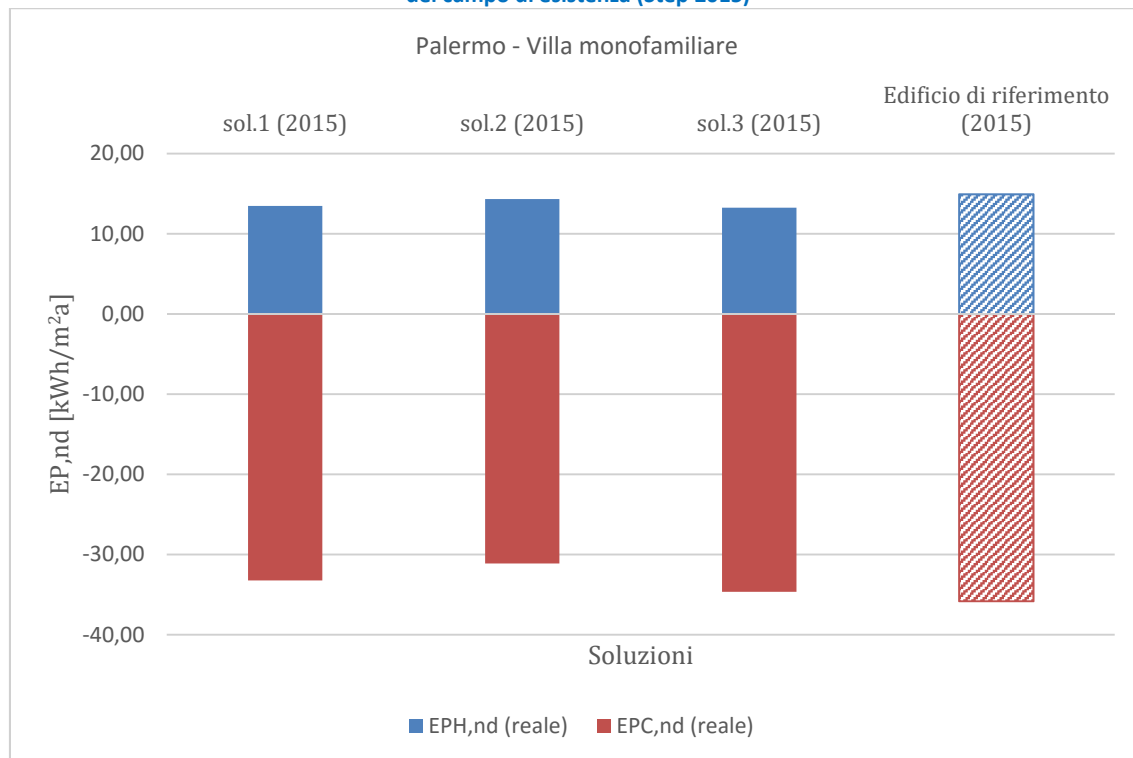


Figura 44 – Villa monofamiliare - Località Palermo (Zona climatica B). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

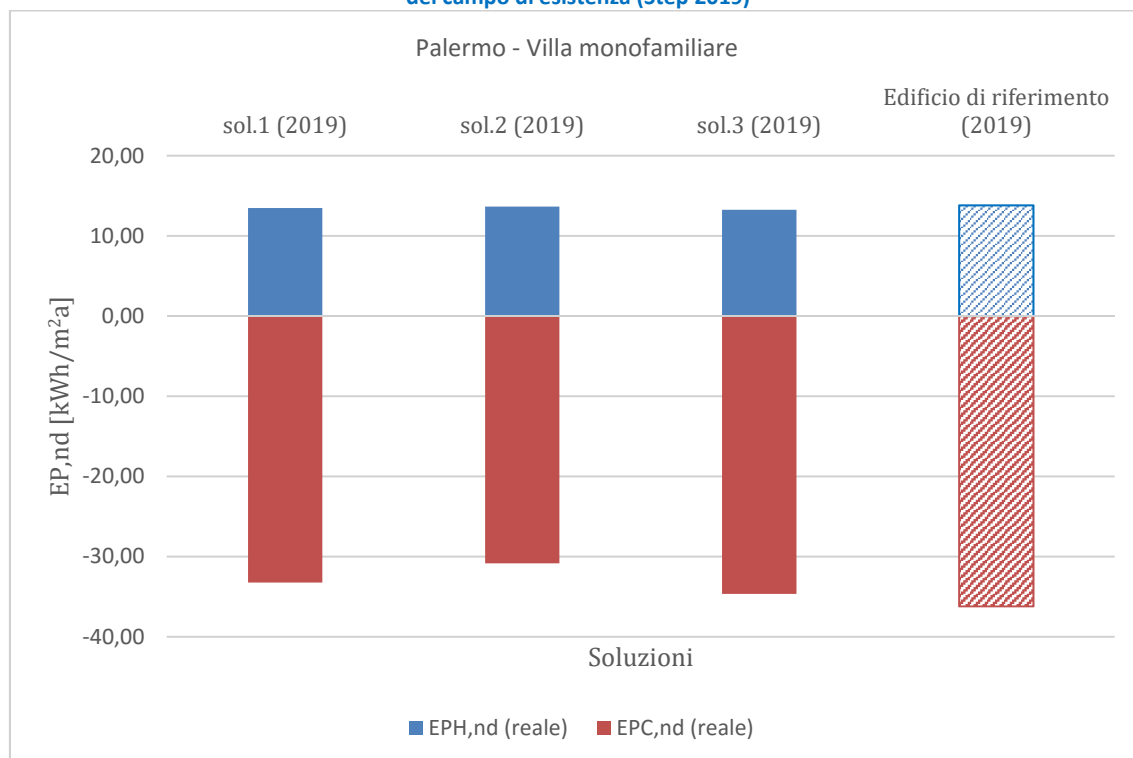


Figura 45 – Villa monofamiliare - Località Roma (Zona climatica D). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

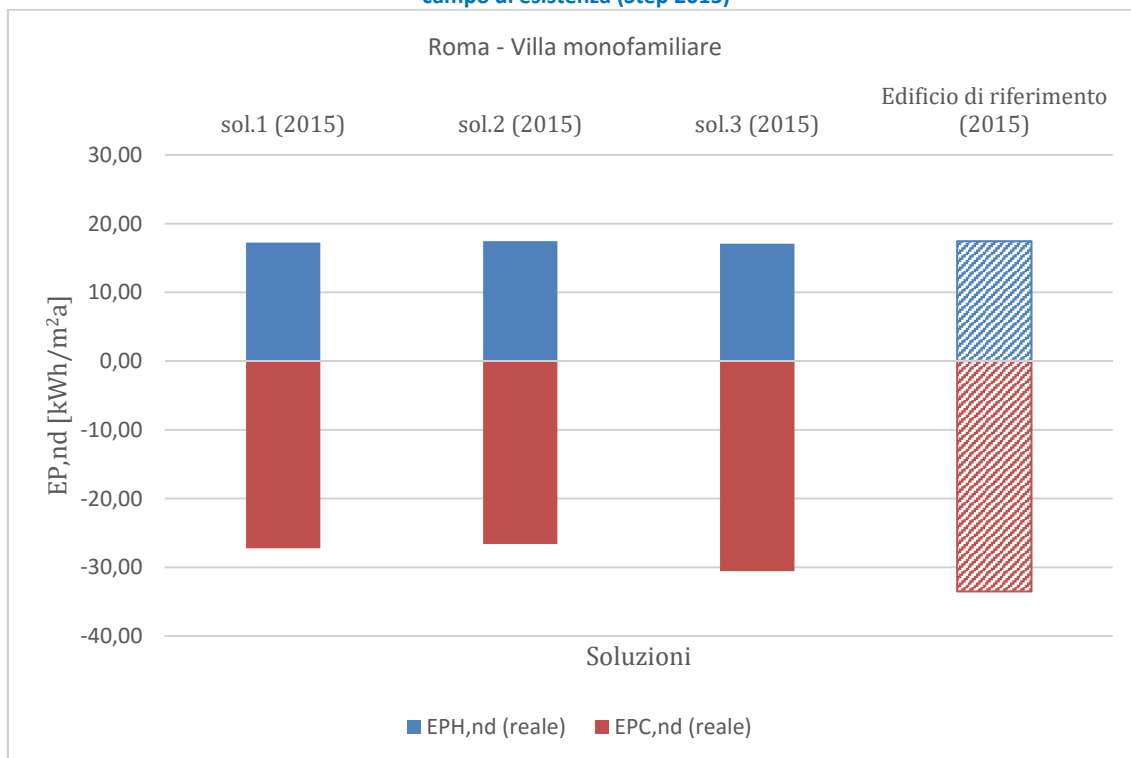


Figura 46 – Villa monofamiliare - Località Roma (Zona climatica D). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

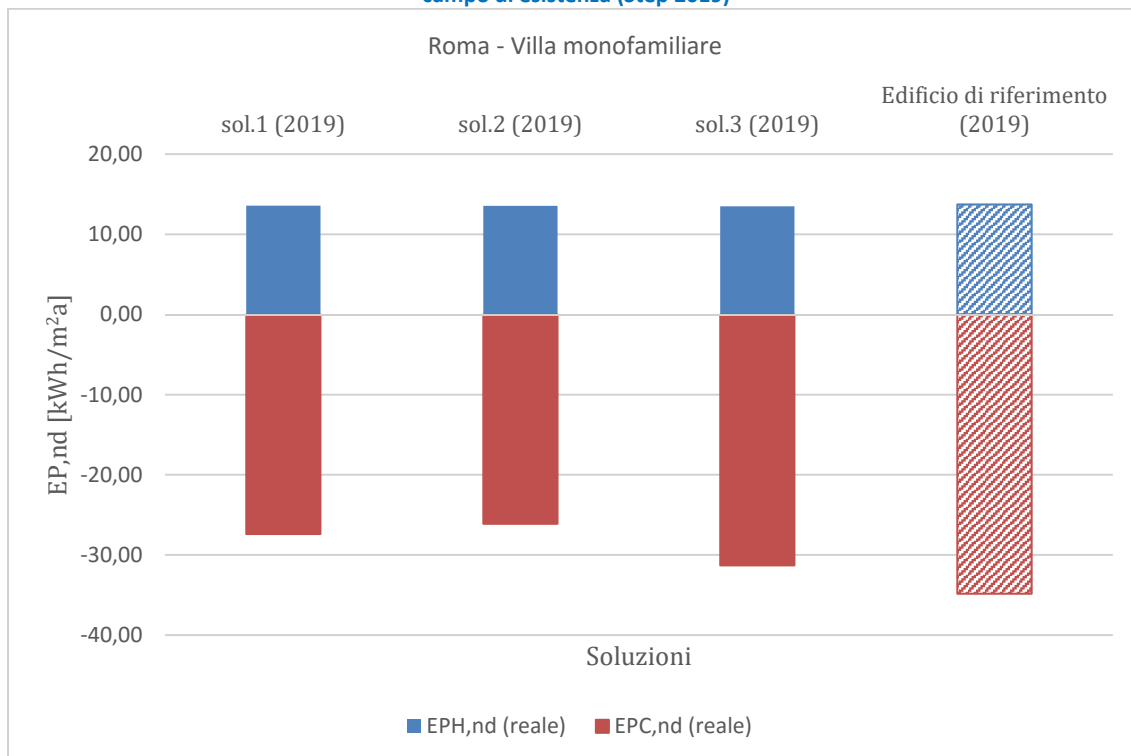


Figura 47 – Villa monofamiliare - Località Torino (Zona climatica E). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

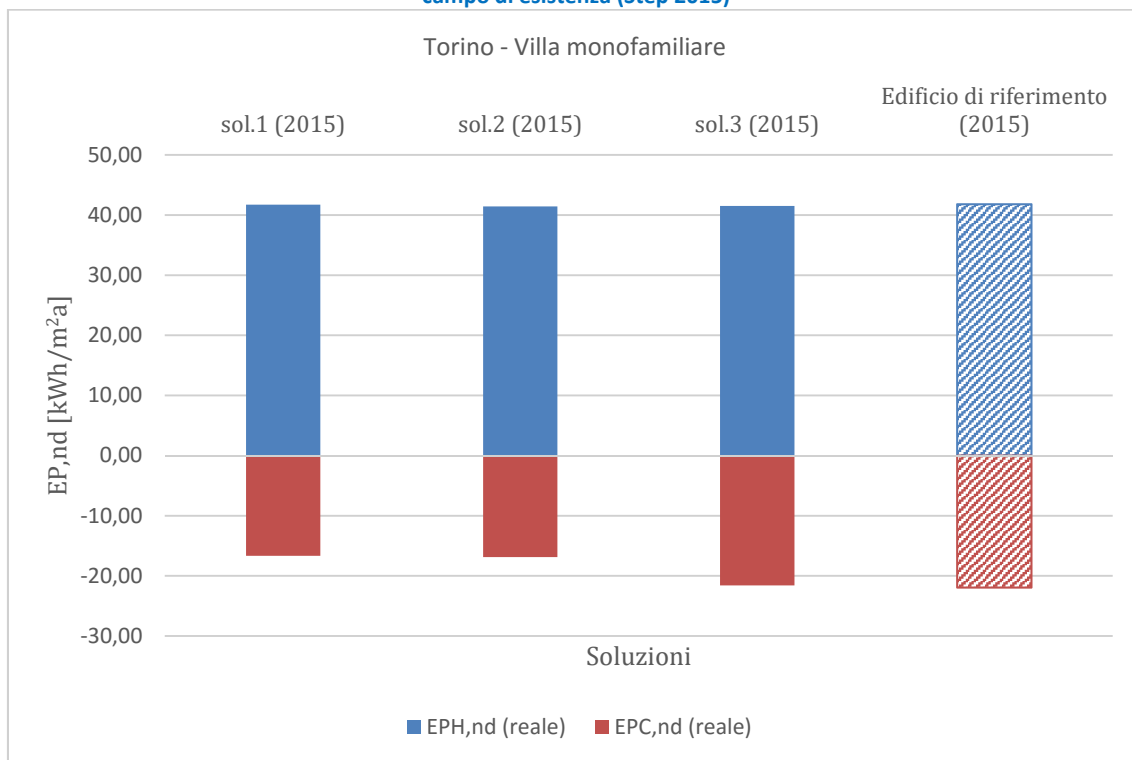


Figura 48 – Villa monofamiliare - Località Torino (Zona climatica E). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

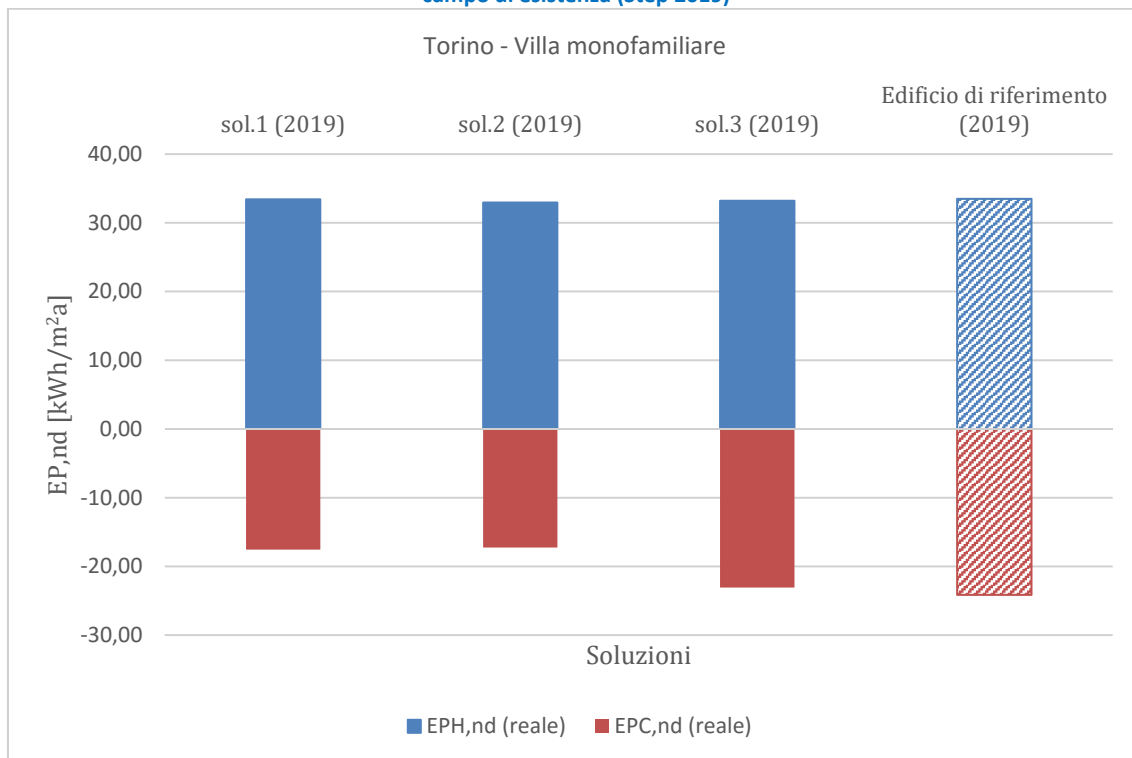
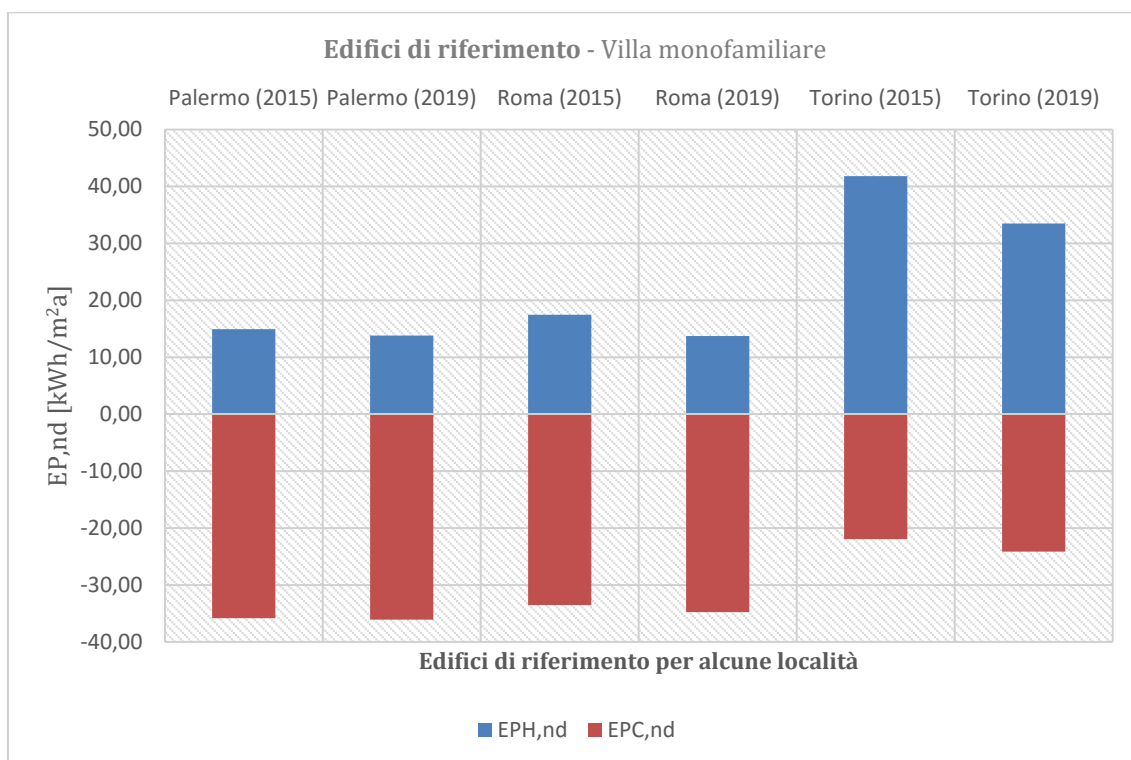


Figura 49 – Villa monofamiliare – Confronto degli indici di prestazione energetica per climatizzazione invernale ed estiva degli edifici di riferimento per i due orizzonti temporali 2015 e 2019/2021.



3.2.3.2 Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici

Si riportano di seguito alcuni prospetti che mettono in relazione la presenza di ponti termici (calcolata come percentuale maggiorazione degli scambi termici per trasmissione) e la conseguente variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto dell'involucro del fabbricato edilizio. Si assumono fisse le caratteristiche delle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. È stato scelto di adottare nei calcoli la metodologia con maggiorazione percentuale poiché negli edifici esistenti vi è notevole variabilità della presenza dei ponti termici dovuta alle diverse caratteristiche costruttive del fabbricato.

Tabella 43 – Villa monofamiliare. Località Palermo (zona climatica B). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

	U.M.	2015						2019					
PALERMO		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	W/m ² K	0,31	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,31	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19
U - Copertura	W/m ² K	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19
U - Serramenti	W/m ² K	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
g _{gl+sh} /g _{gl}	-	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
H' _T	W/m ² K	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m ² /m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	13,12	13,26	13,31	13,28	13,20	13,30	13,12	13,26	13,31	13,28	13,20	13,30
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	14,92	14,91	14,90	14,89	14,88	14,87	13,79	13,78	13,77	13,76	13,75	13,74
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	34,56	34,33	34,12	33,94	33,77	33,60	34,56	34,33	34,12	33,94	33,77	33,60
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	35,74	35,73	35,72	35,71	35,70	35,69	36,10	36,09	36,08	36,07	36,06	36,05

Nota: percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione

Tabella 44 – Villa monofamiliare. Località Palermo (zona climatica B). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento.

	2015						2019					
PALERMO	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	-30,20%	-34,52%	-38,84%	-43,16%	-47,48%	-50,72%	-26,95%	-31,47%	-36,00%	-40,52%	-45,04%	-48,43%
U - Solaio contro terra	-30,65%	-35,00%	-39,35%	-43,70%	-48,04%	-51,30%	-27,50%	-32,05%	-36,59%	-41,14%	-45,68%	-49,09%
U - Solaio verso esterno (PT)	-30,47%	-34,81%	-39,15%	-43,48%	-47,82%	-51,07%	-24,51%	-29,22%	-33,93%	-38,64%	-43,35%	-46,88%
U - Copertura	-30,47%	-34,81%	-39,15%	-43,48%	-47,82%	-51,07%	-24,51%	-29,22%	-33,93%	-38,64%	-43,35%	-46,88%
U - Serramenti	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H' _T	-0,75%	-0,32%	-0,17%	-0,29%	-0,69%	-0,35%	-0,75%	-0,32%	-0,17%	-0,29%	-0,69%	-0,35%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%	-10,74%
EP _{H,nd}	-12,05%	-11,06%	-10,69%	-10,81%	-11,29%	-10,59%	-4,84%	-3,76%	-3,35%	-3,48%	-3,99%	-3,23%
EP _{C,nd}	-3,29%	-3,91%	-4,48%	-4,96%	-5,40%	-5,85%	-4,27%	-4,89%	-5,44%	-5,92%	-6,36%	-6,80%

Tabella 45 – Villa monofamiliare. Località Roma (zona climatica D). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

ROMA	U.M.	2015						2019					
		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	W/m ² K	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,15
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,15
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
U - Copertura	W/m ² K	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
U - Serramenti	W/m ² K	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H' _T	W/m ² K	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,37
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m ² /m ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	17,04	17,44	17,30	17,05	17,21	17,28	13,62	13,43	13,59	13,68	13,22	13,65
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	17,46	17,45	17,44	17,43	17,43	17,42	13,73	13,72	13,71	13,70	13,69	13,69
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	30,70	30,43	30,30	30,19	30,01	29,86	31,47	31,35	31,15	30,98	30,99	30,73
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	33,49	33,49	33,48	33,48	33,47	33,47	34,78	34,78	34,77	34,77	34,76	34,76

Nota: percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione

Tabella 46 – Villa monofamiliare. Località Roma (zona climatica D). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento

ROMA	2015						2019					
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	-25,53%	-28,79%	-33,69%	-38,59%	-41,85%	-45,12%	-28,00%	-33,74%	-37,57%	-41,40%	-47,14%	-49,05%
U - Solaio contro terra	-19,75%	-23,31%	-28,66%	-34,00%	-37,56%	-41,13%	-27,17%	-33,07%	-37,00%	-40,93%	-46,83%	-48,79%
U - Solaio verso esterno (PT)	-29,07%	-32,20%	-36,90%	-41,60%	-44,73%	-47,87%	-32,62%	-38,04%	-41,65%	-45,27%	-50,69%	-52,50%
U - Copertura	-29,07%	-32,20%	-36,90%	-41,60%	-44,73%	-47,87%	-32,62%	-38,04%	-41,65%	-45,27%	-50,69%	-52,50%
U - Serramenti	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H' _T	-21,55%	-20,62%	-21,03%	-21,69%	-21,38%	-21,24%	-30,08%	-30,63%	-30,27%	-30,10%	-31,34%	-30,27%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%	-16,87%
EP _{H,nd}	-2,43%	-0,06%	-0,80%	-2,19%	-1,26%	-0,80%	-0,83%	-2,10%	-0,87%	-0,18%	-3,48%	-0,29%
EP _{C,nd}	-8,33%	-9,14%	-9,51%	-9,80%	-10,33%	-10,77%	-9,53%	-9,85%	-10,41%	-10,89%	-10,86%	-11,60%

Tabella 47 – Villa monofamiliare. Località Torino (zona climatica E). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

TORINO	U.M.	2015						2019					
		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	W/m ² K	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21	0,19	0,20	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
U - Copertura	W/m ² K	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
U - Serramenti	W/m ² K	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

	U.M.	2015						2019					
TORINO		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
H' _T	W/m ² K	0,383	0,381	0,383	0,38	0,39	0,39	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m ² /m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	41,28	40,98	41,36	41,62	41,73	41,72	33,05	33,24	33,32	33,25	33,04	32,70
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	41,83	41,81	41,80	41,80	41,79	41,78	33,49	33,48	33,48	33,46	33,45	33,44
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	21,50	21,41	21,21	21,05	20,73	20,63	23,05	22,88	22,75	22,65	22,58	22,56
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	21,94	21,94	21,93	21,93	21,92	21,92	24,12	24,12	24,11	24,11	24,11	24,10
Nota: percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione													

Tabella 48 – Villa monofamiliare. Località Torino (zona climatica E). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento

	2015						2019					
TORINO	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	-15,60%	-21,15%	-24,85%	-28,55%	-32,25%	-35,95%	-23,96%	-28,23%	-32,50%	-36,77%	-41,04%	-45,31%
U - Solaio contro terra	-14,40%	-20,10%	-23,90%	-27,70%	-31,50%	-35,30%	-23,15%	-27,54%	-31,92%	-36,31%	-40,69%	-45,08%
U - Solaio verso esterno (PT)	-14,88%	-20,52%	-24,28%	-28,04%	-31,80%	-35,56%	-24,64%	-28,91%	-33,18%	-37,45%	-41,73%	-46,00%
U - Copertura	-14,88%	-20,52%	-24,28%	-28,04%	-31,80%	-35,56%	-24,64%	-28,91%	-33,18%	-37,45%	-41,73%	-46,00%
U - Serramenti	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H' _T	-23,38%	-23,83%	-23,35%	-23,05%	-22,93%	-22,99%	-34,69%	-34,44%	-34,38%	-34,49%	-34,80%	-35,29%
A _{sol,est} / A _{sup utile}	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%	-8,09%
EP _{H,nd}	-1,29%	-1,99%	-1,06%	-0,42%	-0,13%	-0,14%	-1,34%	-0,72%	-0,48%	-0,64%	-1,23%	-2,22%
EP _{C,nd}	-2,00%	-2,39%	-3,28%	-4,02%	-5,46%	-5,90%	-4,42%	-5,12%	-5,65%	-6,07%	-6,32%	-6,41%

3.2.3.3 Determinazione dello spessore di coibente per adeguare le strutture esistenti ai requisiti minimi

Si riportano di seguito alcuni prospetti riepilogativi che mettono in relazione per diverse tipologie murarie e di copertura riqualficate, la trasmittanza termica di partenza del componente e lo strato coibente necessario per adeguare la struttura ai requisiti minimi di progetto. Lo studio considera che il fabbricato abbia diverse percentuali di incidenza dei ponti termici sugli scambi per trasmissione. Le strutture assunte come riferimento sono quelle del rapporto tecnico UNI/TR 11552:2014 “Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici” [9]. Si considera l'utilizzo di un isolante termico generico con conducibilità pari a 0,04 W/mK.

Legenda

	Dati relativi alla struttura di partenza
	Spessore di isolante necessario per la riqualificazione
	Spessore complessivo della struttura a seguito della riqualificazione
%	Percentuale di incidenza del ponte termico

Tabella 49 – Villa monofamiliare. Località Palermo (zona climatica B). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)											
Palermo				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,31	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,31	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,31	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22						
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	11	26	12	27	13	28	14	29	15	30	17	32	11	26	12	27	13	28	14	29	15	30	17	32
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	11	40	12	41	12	41	13	42	14	43	16	45	11	40	12	41	12	41	13	42	14	43	16	45
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	10	52	11	53	11	53	12	54	14	56	15	57	10	52	11	53	11	53	12	54	14	56	15	57
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	9	64	10	65	11	66	12	67	13	68	14	69	9	64	10	65	11	66	12	67	13	68	14	69
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	8	76	9	77	10	78	11	79	12	80	14	82	8	76	9	77	10	78	11	79	12	80	14	82
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	11	25	12	26	13	26	14	27	15	29	17	30	11	25	12	26	13	26	14	27	15	29	17	30
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	11	37	12	38	12	39	13	40	15	41	16	43	11	37	12	38	12	39	13	40	15	41	16	43
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	10	50	11	50	11	51	13	52	14	53	15	55	10	50	11	50	11	51	13	52	14	53	15	55
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	9	62	10	63	11	63	12	64	13	66	15	67	9	62	10	63	11	63	12	64	13	66	15	67
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	9	74	9	75	10	75	11	77	12	78	14	79	9	74	9	75	10	75	11	77	12	78	14	79
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	10	39	10	39	11	40	12	41	13	42	15	44	10	39	10	39	11	40	12	41	13	42	15	44
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	8	42	9	43	10	44	11	45	12	46	14	48	8	42	9	43	10	44	11	45	12	46	14	48
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	11	26	12	27	13	28	14	29	15	30	17	32	11	26	12	27	13	28	14	29	15	30	17	32
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	11	40	12	41	12	41	13	42	15	44	16	45	11	40	12	41	12	41	13	42	15	44	16	45
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	10	52	11	53	12	54	13	55	14	56	16	58	10	52	11	53	12	54	13	55	14	56	16	58
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	10	65	11	66	11	66	12	67	14	69	15	70	10	65	11	66	11	66	12	67	14	69	15	70
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	9	77	10	78	11	79	12	80	13	81	14	82	9	77	10	78	11	79	12	80	13	81	14	82
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	11	55	12	56	13	57	14	58	15	59	17	61	11	55	12	56	13	57	14	58	15	59	17	61
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	11	65	12	66	13	67	14	68	15	69	16	70	11	65	12	66	13	67	14	68	15	69	16	70
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	11	75	12	76	12	76	13	77	15	79	16	80	11	75	12	76	12	76	13	77	15	79	16	80
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	11	85	12	86	12	86	13	87	15	89	16	90	11	85	12	86	12	86	13	87	15	89	16	90
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	11	95	12	96	12	96	13	97	14	98	16	100	11	95	12	96	12	96	13	97	14	98	16	100
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	11	105	11	105	12	106	13	107	14	108	16	110	11	105	11	105	12	106	13	107	14	108	16	110
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	10	114	11	115	12	116	13	117	14	118	16	120	10	114	11	115	12	116	13	117	14	118	16	120
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	10	44	11	45	11	45	12	46	14	48	15	49	10	44	11	45	11	45	12	46	14	48	15	49
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	9	53	10	54	10	54	12	56	13	57	14	58	9	53	10	54	10	54	12	56	13	57	14	58
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	8	62	9	63	10	64	11	65	12	66	14	68	8	62	9	63	10	64	11	65	12	66	14	68
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	8	72	9	73	9	73	10	74	11	75	13	77	8	72	9	73	9	73	10	74	11	75	13	77
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	7	81	8	82	8	82	9	83	11	85	12	86	7	81	8	82	8	82	9	83	11	85	12	86
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	10	52	10	52	11	53	12	54	13	55	15	57	10	52	10	52	11	53	12	54	13	55	15	57
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	9	56	10	57	11	58	12	59	13	60	15	62	9	56	10	57	11	58	12	59	13	60	15	62
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	9	61	10	62	10	62	11	63	13	65	14	66	9	61	10	62	10	62	11	63	13	65	14	66
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	9	66	10	67	10	67	11	68	12	69	14	71	9	66	10	67	10	67	11	68	12	69	14	71
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	10	34	11	35	12	36	13	37	14	38	16	40	10	34	11	35	12	36	13	37	14	38	16	40
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	10	44	11	45	11	45	12	46	13	47	15	49	10	44	11	45	11	45	12	46	13	47	15	49

Tabella 50 – Villa monofamiliare. Località Roma (zona climatica D). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)											
Roma				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,25	0,24	0,23	0,21	0,2	0,19	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,15												
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	14	29	15	30	16	31	17	32	18	33	20	35	17	32	20	35	21	36	22	37	25	40	25	40
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	14	43	14	43	15	44	17	46	18	47	19	48	17	46	19	48	20	49	21	50	24	53	24	53
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	13	55	14	56	14	56	16	58	17	59	18	60	16	58	18	60	19	61	21	63	24	66	24	66
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	12	67	13	68	14	69	15	70	16	71	17	72	15	70	17	72	19	74	20	75	23	78	23	78
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	12	80	12	80	13	81	15	83	16	84	17	85	15	83	17	85	18	86	19	87	22	90	22	90
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	15	28	15	29	16	29	18	31	19	32	20	33	18	31	20	33	21	34	22	36	25	39	25	39
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	14	40	15	41	15	42	17	43	18	44	19	45	17	43	19	45	20	47	21	48	25	51	25	51
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	13	53	14	53	15	54	16	56	17	57	18	58	16	56	18	58	19	59	21	60	24	63	24	63
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	12	65	13	66	14	66	15	68	16	69	17	70	15	68	17	70	19	71	20	72	23	76	23	76
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	12	77	12	78	13	79	15	80	16	81	17	82	15	80	17	82	18	83	19	85	22	88	22	88
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	13	42	13	42	14	43	16	45	17	46	18	47	16	45	18	47	19	48	20	49	23	52	23	52
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	12	46	12	46	13	47	15	49	16	50	17	51	15	49	17	51	18	52	19	53	22	56	22	56
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	15	30	15	30	16	31	18	33	19	34	20	35	18	33	20	35	21	36	22	37	25	40	25	40
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	14	43	15	44	15	44	17	46	18	47	19	48	17	46	19	48	20	49	22	51	25	54	25	54
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	13	55	14	56	15	57	16	58	17	59	18	60	16	58	18	60	20	62	21	63	24	66	24	66
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	13	68	14	69	14	69	16	71	17	72	18	73	16	71	18	73	19	74	20	75	24	79	24	79
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	12	80	13	81	14	82	15	83	16	84	17	85	15	83	17	85	18	86	20	88	23	91	23	91
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	14	58	15	59	16	60	17	61	18	62	20	64	17	61	20	64	21	65	22	66	25	69	25	69
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	14	68	15	69	16	70	17	71	18	72	19	73	17	71	19	73	21	75	22	76	25	79	25	79
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	14	78	15	79	16	80	17	81	18	82	19	83	17	81	19	83	20	84	22	86	25	89	25	89
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	14	88	15	89	15	89	17	91	18	92	19	93	17	91	19	93	20	94	21	95	25	99	25	99
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	14	98	14	98	15	99	17	101	18	102	19	103	17	101	19	103	20	104	21	105	24	108	24	108
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	14	108	14	108	15	109	17	111	18	112	19	113	17	111	19	113	20	114	21	115	24	118	24	118
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	13	117	14	118	15	119	16	120	17	121	19	123	16	120	19	123	20	124	21	125	24	128	24	128
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	13	47	14	48	14	48	16	50	17	51	18	52	16	50	18	52	19	53	20	54	24	58	24	58
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	12	56	13	57	14	58	15	59	16	60	17	61	15	59	17	61	18	62	20	64	23	67	23	67
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	11	65	12	66	13	67	15	69	15	69	17	71	15	69	17	71	18	72	19	73	22	76	22	76
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	11	75	11	75	12	76	14	78	15	79	16	80	14	78	16	80	17	81	18	82	21	85	21	85
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	10	84	11	85	11	85	13	87	14	88	15	89	13	87	15	89	16	90	18	92	21	95	21	95
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	13	55	13	55	14	56	16	58	17	59	18	60	16	58	18	60	19	61	20	62	23	65	23	65
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	12	59	13	60	14	61	15	62	16	63	17	64	15	62	17	64	19	66	20	67	23	70	23	70
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	12	64	13	65	13	65	15	67	16	68	17	69	15	67	17	69	18	70	20	72	23	75	23	75
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	12	69	12	69	13	70	15	72	16	73	17	74	15	72	17	74	18	75	19	76	22	79	22	79
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	14	38	14	38	15	39	17	41	18	42	19	43	17	41	19	43	20	44	21	45	24	48	24	48
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	13	47	13	47	14	48	16	50	17	51	18	52	16	50	18	52	19	53	20	54	23	57	23	57

Tabella 51 – Villa monofamiliare. Località Torino (zona climatica E). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

Torino				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%												
				0,25	0,24	0,23	0,21	0,2	0,19	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14												
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	14	29	15	30	16	31	17	32	18	33	20	35	18	33	20	35	21	36	23	38	25	40	27	42
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	14	43	14	43	15	44	17	46	18	47	19	48	18	47	19	48	20	49	23	52	24	53	26	55
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	13	55	14	56	14	56	16	58	17	59	18	60	17	59	18	60	19	61	22	64	24	66	26	68
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	12	67	13	68	14	69	15	70	16	71	17	72	16	71	17	72	19	74	21	76	23	78	25	80
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	12	80	12	80	13	81	15	83	16	84	17	85	16	84	17	85	18	86	21	89	22	90	24	92
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	15	28	15	29	16	29	18	31	19	32	20	33	19	32	20	33	21	34	24	37	25	39	27	41
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	14	40	15	41	15	42	17	43	18	44	19	45	18	44	19	45	20	47	23	49	25	51	26	53
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	13	53	14	53	15	54	16	56	17	57	18	58	17	57	18	58	19	59	22	62	24	63	26	65
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	12	65	13	66	14	66	15	68	16	69	17	70	16	69	17	70	19	71	21	74	23	76	25	77
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	12	77	12	78	13	79	15	80	16	81	17	82	16	81	17	82	18	83	21	86	22	88	24	90
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	13	42	13	42	14	43	16	45	17	46	18	47	17	46	18	47	19	48	22	51	23	52	25	54
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	12	46	12	46	13	47	15	49	16	50	17	51	16	50	17	51	18	52	21	55	22	56	24	58
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	15	30	15	30	16	31	18	33	19	34	20	35	19	34	20	35	21	36	24	39	25	40	27	42
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	14	43	15	44	15	44	17	46	18	47	19	48	18	47	19	48	20	49	23	52	25	54	27	56
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	13	55	14	56	15	57	16	58	17	59	18	60	17	59	18	60	20	62	22	64	24	66	26	68
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	13	68	14	69	14	69	16	71	17	72	18	73	17	72	18	73	19	74	22	77	24	79	25	80
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	12	80	13	81	14	82	15	83	16	84	17	85	16	84	17	85	18	86	21	89	23	91	25	93
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	14	58	15	59	16	60	17	61	18	62	20	64	18	62	20	64	21	65	23	67	25	69	27	71
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	14	68	15	69	16	70	17	71	18	72	19	73	18	72	19	73	21	75	23	77	25	79	27	81
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	14	78	15	79	16	80	17	81	18	82	19	83	18	82	19	83	20	84	23	87	25	89	27	91
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	14	88	15	89	15	89	17	91	18	92	19	93	18	92	19	93	20	94	23	97	25	99	27	101
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	14	98	14	98	15	99	17	101	18	102	19	103	18	102	19	103	20	104	23	107	24	108	26	110
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	14	108	14	108	15	109	17	111	18	112	19	113	18	112	19	113	20	114	23	117	24	118	26	120
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	13	117	14	118	15	119	16	120	17	121	19	123	17	121	19	123	20	124	22	126	24	128	26	130
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	13	47	14	48	14	48	16	50	17	51	18	52	17	51	18	52	19	53	22	56	24	58	25	59
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	12	56	13	57	14	58	15	59	16	60	17	61	16	60	17	61	18	62	21	65	23	67	25	69
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	11	65	12	66	13	67	15	69	15	69	17	71	15	69	17	71	18	72	20	74	22	76	24	78
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	11	75	11	75	12	76	14	78	15	79	16	80	15	79	16	80	17	81	20	84	21	85	23	87
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	10	84	11	85	11	85	13	87	14	88	15	89	14	88	15	89	16	90	19	93	21	95	23	97
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	13	55	13	55	14	56	16	58	17	59	18	60	17	59	18	60	19	61	22	64	23	65	25	67
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	12	59	13	60	14	61	15	62	16	63	17	64	16	63	17	64	19	66	21	68	23	70	25	72
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	12	64	13	65	13	65	15	67	16	68	17	69	16	68	17	69	18	70	21	73	23	75	25	77
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	12	69	12	69	13	70	15	72	16	73	17	74	16	73	17	74	18	75	21	78	22	79	24	81
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	14	38	14	38	15	39	17	41	18	42	19	43	18	42	19	43	20	44	23	47	24	48	26	50
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	13	47	13	47	14	48	16	50	17	51	18	52	17	51	18	52	19	53	22	56	23	57	25	59

Tabella 52 – Villa monofamiliare. Località Palermo (zona climatica B). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

Palermo				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)								% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)							
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%
				0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,26	0,25	0,23	0,21
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	13	40	14	41	15	42	17	44	18	45	19	46	13	40	14	41
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	13	44	14	45	15	46	17	48	18	49	19	50	13	44	14	45
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	13	50	13	50	15	52	16	53	17	54	18	55	13	50	13	50
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	13	48	14	49	15	50	17	52	18	53	19	54	13	48	14	49
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	13	52	13	52	15	54	16	55	17	56	18	57	13	52	13	52
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	13	58	13	58	15	60	16	61	17	62	18	63	13	58	13	58
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	11	45	12	46	13	47	15	49	16	50	17	51	11	45	12	46
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	11	49	12	50	13	51	15	53	16	54	17	55	11	49	12	50
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	11	55	11	55	13	57	14	58	15	59	16	60	11	55	11	55
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	8	45	9	46	10	47	12	49	13	50	14	51	8	45	9	46
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	8	49	9	50	10	51	12	53	13	54	14	55	8	49	9	50
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	8	55	9	56	10	57	12	59	13	60	14	61	8	55	9	56
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	11	53	11	53	13	55	15	57	15	57	17	59	11	53	11	53
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	11	57	11	57	13	59	14	60	15	61	16	62	11	57	11	57
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	11	63	11	63	13	65	14	66	15	67	16	68	11	63	11	63
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	8	53	9	54	10	55	12	57	13	58	14	59	8	53	9	54
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	8	57	9	58	10	59	12	61	13	62	14	63	8	57	9	58
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	8	63	8	63	10	65	12	67	12	67	14	69	8	63	8	63
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	11	43	12	44	13	45	15	47	16	48	17	49	11	43	12	44
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	11	47	12	48	13	49	15	51	16	52	17	53	11	47	12	48
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	42	0,86	11	53	11	53	13	55	14	56	15	57	16	58	11	53	11	53
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	35	0,58	8	43	9	44	10	45	12	47	13	48	14	49	8	43	9	44
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	39	0,57	8	47	9	48	10	49	12	51	13	52	14	53	8	47	9	48
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	45	0,55	8	53	9	54	10	55	12	57	13	58	14	59	8	53	9	54
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	40	0,91	11	51	12	52	13	53	15	55	16	56	17	57	11	51	12	52
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	44	0,88	11	55	11	55	13	57	15	59	15	59	17	61	11	55	11	55
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	50	0,83	11	61	11	61	13	63	14	64	15	65	16	66	11	61	11	61
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	43	0,56	8	51	9	52	10	53	12	55	13	56	14	57	8	51	9	52
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	47	0,55	8	55	9	56	10	57	12	59	13	60	14	61	8	55	9	56
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	53	0,54	8	61	9	62	10	63	12	65	13	66	14	67	8	61	9	62
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	30	1,62	13	43	14	44	15	45	17	47	18	48	19	49	13	43	14	44
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	34	1,52	13	47	13	47	15	49	16	50	17	51	18	52	13	47	13	47
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	40	1,4	13	53	13	53	15	55	16	56	17	57	18	58	13	53	13	53
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	38	1,52	13	51	13	51	15	53	16	54	17	55	18	56	13	51	13	51

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)									
Palermo				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%								
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19								
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	42	1,44	13	55	13	55	15	57	16	58	17	59	18	60								
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	48	1,33	12	60	13	61	14	62	16	64	17	65	18	66								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+12+4)	31	1,73	13	44	14	45	15	46	17	48	18	49	19	50								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+16+4)	35	1,56	13	48	13	48	15	50	16	51	17	52	18	53								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+18+4)	37	1,49	13	50	13	50	15	52	16	53	17	54	18	55								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+20+4)	39	1,42	13	52	13	52	15	54	16	55	17	56	18	57								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+22+4)	41	1,37	12	53	13	54	14	55	16	57	17	58	18	59								
CIN01	2 - 2 - 4/10 - 2	6,4	1,01	11	18	12	18	13	20	15	21	16	22	17	23								
CIN01	2 - 5 - 4/10 - 2	9,4	0,6	9	18	9	19	11	20	12	22	13	23	14	24								
CIN02	'3 - 2	5	1,18	12	17	13	18	14	19	16	21	17	22	18	23								
CIN02	'3 - 5	8	0,66	9	17	10	18	11	19	13	21	14	22	15	23								
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 2	26	1	11	37	12	38	13	39	15	41	16	42	17	43								
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 5	29	0,6	9	38	9	38	11	40	12	41	13	42	14	43								
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 2	34	0,96	11	45	12	46	13	47	15	49	16	50	17	51								
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 5	37	0,58	8	45	9	46	10	47	12	49	13	50	14	51								
CIN04	2 - 16 - 4 - 2	24	1,79	13	37	14	38	15	39	17	41	18	42	19	43								
CIN04	2 - 24 - 4 - 2	32	1,67	13	45	14	46	15	47	17	49	18	50	19	51								
CIN05	3	3	2,5	14	17	14	17	16	19	17	20	18	21	19	22								

Tabella 53 – Villa monofamiliare. Località Roma (zona climatica D). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				Requisiti minimi di legge [42]																			
Roma				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)									
				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%								
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12								
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	17	44	18	45	19	46	20	47	21	48	23	50								
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	17	48	18	49	19	50	20	51	21	52	23	54								
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	16	53	17	54	18	55	20	57	21	58	22	59								
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	17	52	18	53	19	54	20	55	21	56	23	58								
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	16	55	17	56	18	57	20	59	21	60	22	61								
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	16	61	17	62	18	63	19	64	21	66	22	67								
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	15	49	16	50	17	51	18	52	19	53	21	55								
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	15	53	16	54	17	55	18	56	19	57	21	59								
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	14	58	15	59	16	60	17	61	19	63	20	64								
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	12	49	13	50	14	51	15	52	17	54	18	55								
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	12	53	13	54	14	55	15	56	16	57	18	59								

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)									
Roma				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%								
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12								
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	12 59	13 60	14 61	15 62	16 63	18 65	15 62	18 65	19 66	21 68	23 70	26 73								
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	15 57	15 57	17 59	18 60	19 61	20 62	18 60	20 62	22 64	24 66	26 68	29 71								
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	14 60	15 61	16 62	18 64	19 65	20 66	18 64	20 66	22 68	24 70	26 72	29 75								
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	14 66	15 67	16 68	17 69	19 71	20 72	17 69	20 72	22 74	24 76	26 78	28 80								
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	12 57	13 58	14 59	15 60	16 61	18 63	15 60	18 63	20 65	21 66	24 69	26 71								
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	12 61	13 62	14 63	15 64	16 65	18 67	15 64	18 67	19 68	21 70	23 72	26 75								
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	12 67	12 67	14 69	15 70	16 71	17 72	15 70	17 72	19 74	21 76	23 78	26 81								
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	15 47	16 48	17 49	18 50	19 51	21 53	18 50	21 53	22 54	24 56	27 59	29 61								
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	15 51	16 52	17 53	18 54	19 55	21 57	18 54	21 57	22 58	24 60	26 62	29 65								
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	42	0,86	14 56	15 57	16 58	18 60	19 61	20 62	18 60	20 62	22 64	24 66	26 68	29 71								
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	35	0,58	12 47	13 48	14 49	15 50	17 52	18 53	15 50	18 53	20 55	22 57	24 59	26 61								
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	39	0,57	12 51	13 52	14 53	15 54	17 56	18 57	15 54	18 57	20 59	22 61	24 63	26 65								
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	45	0,55	12 57	13 58	14 59	15 60	16 61	18 63	15 60	18 63	19 64	21 66	23 68	26 71								
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	40	0,91	15 55	16 56	17 57	18 58	19 59	21 61	18 58	21 61	22 62	24 64	26 66	29 69								
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	44	0,88	15 59	15 59	17 61	18 62	19 63	20 64	18 62	20 64	22 66	24 68	26 70	29 73								
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	50	0,83	14 64	15 65	16 66	17 67	19 69	20 70	17 67	20 70	22 72	24 74	26 76	29 79								
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	43	0,56	12 55	13 56	14 57	15 58	16 59	18 61	15 58	18 61	20 63	21 64	24 67	26 69								
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	47	0,55	12 59	13 60	14 61	15 62	16 63	18 65	15 62	18 65	19 66	21 68	23 70	26 73								
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	53	0,54	12 65	13 66	14 67	15 68	16 69	18 71	15 68	18 71	19 72	21 74	23 76	26 79								
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	30	1,62	17 47	18 48	19 49	20 50	21 51	23 53	20 50	23 53	24 54	26 56	28 58	31 61								
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	34	1,52	16 50	17 51	18 52	20 54	21 55	22 56	20 54	22 56	24 58	26 60	28 62	31 65								
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	40	1,4	16 56	17 57	18 58	19 59	21 61	22 62	19 59	22 62	24 64	26 66	28 68	30 70								
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	38	1,52	16 54	17 55	18 56	20 58	21 59	22 60	20 58	22 60	24 62	26 64	28 66	31 69								
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	42	1,44	16 58	17 59	18 60	19 61	21 63	22 64	19 61	22 64	24 66	26 68	28 70	31 73								
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	48	1,33	16 64	17 65	18 66	19 67	21 69	22 70	19 67	22 70	24 72	26 74	28 76	30 78								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+12+4)	31	1,73	17 48	18 49	19 50	20 51	21 52	23 54	20 51	23 54	24 55	26 57	28 59	31 62								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+16+4)	35	1,56	16 51	17 52	18 53	20 55	21 56	22 57	20 55	22 57	24 59	26 61	28 63	31 66								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+18+4)	37	1,49	16 53	17 54	18 55	20 57	21 58	22 59	20 57	22 59	24 61	26 63	28 65	31 68								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+20+4)	39	1,42	16 55	17 56	18 57	19 58	21 60	22 61	19 58	22 61	24 63	26 65	28 67	31 70								
COP05	1 - 4 - 6 - (4+22+4)	41	1,37	16 57	17 58	18 59	19 60	21 62	22 63	19 60	22 63	24 65	26 67	28 69	30 71								
CIN01	2 - 2 - 4/10 - 2	6,4	1,01	15 21	16 22	17 23	18 25	20 26	21 27	18 25	21 27	23 29	25 31	27 33	29 36								
CIN01	2 - 5 - 4/10 - 2	9,4	0,6	12 22	13 23	14 24	16 25	17 26	18 28	16 25	18 28	20 29	22 31	24 34	27 36								
CIN02	'3 - 2	5	1,18	16 21	17 22	18 23	19 24	20 25	22 27	19 24	22 27	23 28	25 30	27 32	30 35								
CIN02	'3 - 5	8	0,66	13 21	14 22	15 23	16 24	17 25	19 27	16 24	19 27	21 29	23 31	25 33	27 35								
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 2	26	1	15 41	16 42	17 43	18 44	20 46	21 47	18 44	21 47	23 49	25 51	27 53	29 55								

Roma				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)								% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)							
				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	Spessore muratura	U		0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12				
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 5	29	0,6	12	41	13	42	14	43	16	45	17	46	18	47	16	45	18	47
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 2	34	0,96	15	49	16	50	17	51	18	52	19	53	21	55	18	52	21	55
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 5	37	0,58	12	49	13	50	14	51	15	52	17	54	18	55	15	52	18	55
CIN04	2 - 16 - 4 - 2	24	1,79	17	41	18	42	19	43	20	44	21	45	23	47	20	44	23	47
CIN04	2 - 24 - 4 - 2	32	1,67	17	49	18	50	19	51	20	52	21	53	23	55	20	52	23	55
CIN05	3	3	2,5	17	20	18	21	19	22	21	24	22	25	23	26	21	24	23	26

Tabella 54 – Villa monofamiliare. Località Torino (zona climatica E). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

Torino				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)								% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)							
				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12				
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	17	44	18	45	19	46	20	47	21	48	23	50	21	48	23	50
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	17	48	18	49	19	50	20	51	21	52	23	54	21	52	23	54
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	16	53	17	54	18	55	20	57	21	58	22	59	21	58	22	59
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	17	52	18	53	19	54	20	55	21	56	23	58	21	56	23	58
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	16	55	17	56	18	57	20	59	21	60	22	61	21	60	22	61
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	16	61	17	62	18	63	19	64	21	66	22	67	21	66	22	67
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	15	49	16	50	17	51	18	52	19	53	21	55	19	53	21	55
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	15	53	16	54	17	55	18	56	19	57	21	59	19	57	21	59
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	14	58	15	59	16	60	17	61	19	63	20	64	19	63	20	64
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	12	49	13	50	14	51	15	52	17	54	18	55	17	54	18	55
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	12	53	13	54	14	55	15	56	16	57	18	59	16	57	18	59
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	12	59	13	60	14	61	15	62	16	63	18	65	16	63	18	65
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	15	57	15	57	17	59	18	60	19	61	20	62	19	61	20	62
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	14	60	15	61	16	62	18	64	19	65	20	66	19	65	20	66
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	14	66	15	67	16	68	17	69	19	71	20	72	19	71	20	72
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	12	57	13	58	14	59	15	60	16	61	18	63	16	61	18	63
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	12	61	13	62	14	63	15	64	16	65	18	67	16	65	18	67
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	12	67	12	67	14	69	15	70	16	71	17	72	16	71	17	72
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	15	47	16	48	17	49	18	50	19	51	21	53	19	51	21	53
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	15	51	16	52	17	53	18	54	19	55	21	57	19	55	21	57
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	42	0,86	14	56	15	57	16	58	18	60	19	61	20	62	19	61	20	62
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	35	0,58	12	47	13	48	14	49	15	50	17	52	18	53	17	52	18	53
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	39	0,57	12	51	13	52	14	53	15	54	17	56	18	57	17	56	18	57

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Torino				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%												
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12												
COP03	2-16-4-2-12-1-5-3	45	0,55	12	57	13	58	14	59	15	60	16	61	18	63	16	61	18	63	19	64	21	66	23	68	26	71
COP03	2-24-4-2-2-1-2-3	40	0,91	15	55	16	56	17	57	18	58	19	59	21	61	19	59	21	61	22	62	24	64	26	66	29	69
COP03	2-24-4-2-6-1-2-3	44	0,88	15	59	15	59	17	61	18	62	19	63	20	64	19	63	20	64	22	66	24	68	26	70	29	73
COP03	2-24-4-2-12-1-2-3	50	0,83	14	64	15	65	16	66	17	67	19	69	20	70	19	69	20	70	22	72	24	74	26	76	29	79
COP03	2-24-4-2-2-1-5-3	43	0,56	12	55	13	56	14	57	15	58	16	59	18	61	16	59	18	61	20	63	21	64	24	67	26	69
COP03	2-24-4-2-6-1-5-3	47	0,55	12	59	13	60	14	61	15	62	16	63	18	65	16	63	18	65	19	66	21	68	23	70	26	73
COP03	2-24-4-2-12-1-5-3	53	0,54	12	65	13	66	14	67	15	68	16	69	18	71	16	69	18	71	19	72	21	74	23	76	26	79
COP04	2-16-4-2-2-1-3	30	1,62	17	47	18	48	19	49	20	50	21	51	23	53	21	51	23	53	24	54	26	56	28	58	31	61
COP04	2-16-4-2-6-1-3	34	1,52	16	50	17	51	18	52	20	54	21	55	22	56	21	55	22	56	24	58	26	60	28	62	31	65
COP04	2-16-4-2-12-1-3	40	1,4	16	56	17	57	18	58	19	59	21	61	22	62	21	61	22	62	24	64	26	66	28	68	30	70
COP04	2-24-4-2-2-1-3	38	1,52	16	54	17	55	18	56	20	58	21	59	22	60	21	59	22	60	24	62	26	64	28	66	31	69
COP04	2-24-4-2-6-1-3	42	1,44	16	58	17	59	18	60	19	61	21	63	22	64	21	63	22	64	24	66	26	68	28	70	31	73
COP04	2-24-4-2-12-1-3	48	1,33	16	64	17	65	18	66	19	67	21	69	22	70	21	69	22	70	24	72	26	74	28	76	30	78
COP05	1-4-6-(4+12+4)	31	1,73	17	48	18	49	19	50	20	51	21	52	23	54	21	52	23	54	24	55	26	57	28	59	31	62
COP05	1-4-6-(4+16+4)	35	1,56	16	51	17	52	18	53	20	55	21	56	22	57	21	56	22	57	24	59	26	61	28	63	31	66
COP05	1-4-6-(4+18+4)	37	1,49	16	53	17	54	18	55	20	57	21	58	22	59	21	58	22	59	24	61	26	63	28	65	31	68
COP05	1-4-6-(4+20+4)	39	1,42	16	55	17	56	18	57	19	58	21	60	22	61	21	60	22	61	24	63	26	65	28	67	31	70
COP05	1-4-6-(4+22+4)	41	1,37	16	57	17	58	18	59	19	60	21	62	22	63	21	62	22	63	24	65	26	67	28	69	30	71
CIN01	2-2-4/10-2	6,4	1,01	15	21	16	22	17	23	18	25	20	26	21	27	20	26	21	27	23	29	25	31	27	33	29	36
CIN01	2-5-4/10-2	9,4	0,6	12	22	13	23	14	24	16	25	17	26	18	28	17	26	18	28	20	29	22	31	24	34	27	36
CIN02	'3-2	5	1,18	16	21	17	22	18	23	19	24	20	25	22	27	20	25	22	27	23	28	25	30	27	32	30	35
CIN02	'3-5	8	0,66	13	21	14	22	15	23	16	24	17	25	19	27	17	25	19	27	21	29	23	31	25	33	27	35
CIN03	2-16-4-2-2	26	1	15	41	16	42	17	43	18	44	20	46	21	47	20	46	21	47	23	49	25	51	27	53	29	55
CIN03	2-16-4-2-5	29	0,6	12	41	13	42	14	43	16	45	17	46	18	47	17	46	18	47	20	49	22	51	24	53	27	56
CIN03	2-24-4-2-2	34	0,96	15	49	16	50	17	51	18	52	19	53	21	55	19	53	21	55	23	57	24	58	27	61	29	63
CIN03	2-24-4-2-5	37	0,58	12	49	13	50	14	51	15	52	17	54	18	55	17	54	18	55	20	57	22	59	24	61	26	63
CIN04	2-16-4-2	24	1,79	17	41	18	42	19	43	20	44	21	45	23	47	21	45	23	47	24	48	26	50	29	53	31	55
CIN04	2-24-4-2	32	1,67	17	49	18	50	19	51	20	52	21	53	23	55	21	53	23	55	24	56	26	58	28	60	31	63
CIN05	3	3	2,5	17	20	18	21	19	22	21	24	22	25	23	26	22	25	23	26	25	28	27	30	29	32	32	35

3.2.3.4 Commento ai risultati

Dalle Figura 30 e Figura 31 relative alla percentuale massima realizzabile di superficie vetrata è possibile osservare che al diminuire delle trasmittanze relative alle chiusure tecniche trasparenti, a parità delle altre trasmittanze del fabbricato (come definite dalle tabelle da 1 a 5 del D.M. 26/06/2016 – comprensive dei ponti termici [42]) si ha un aumento della superficie vetrata realizzabile (tenendo conto della sola verifica dei parametri H'_{T1}). Tuttavia, per nessuna zona climatica e per nessun tipo di chiusura tecnica trasparente (le relative caratteristiche prestazionali sono indicate nei grafici) si riesce a giungere a involucri verticali completamente vetrati. Per tale casistica si confermano le considerazioni già delineate nel paragrafo 2.2, per la prima fase applicativa 2015, relative alla zona climatica B ovvero, immaginando di impiegare nella progettazione componenti di involucro perfettamente rispondenti al fabbricato dell'edificio di riferimento (con $U_w=3,30 \text{ W/m}^2\text{K}$) non si riesce a garantire la superficie minima finestrata (1/8 della superficie utile). Per rientrare nelle verifiche bisogna dunque impiegare chiusure tecnica trasparenti caratterizzate da prestazioni migliori rispetto a quelle definite dal D.M. stesso [42].

Per quanto concerne la correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato dalle Figura 32 e Figura 33 risulta che per garantire il soddisfacimento di tale requisito l'elemento schermante da utilizzare ha caratteristiche di trasmissione solare molto simili per tutte le zone climatiche.

È inoltre importante notare che nell'edificio di riferimento, per i calcoli della prestazione energetica, il valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud da assumere è pari a 0,35, mentre per le altre esposizioni si assume un fattore di riduzione pari a 1 (nessuna riduzione della radiazione solare incidente).

Il calcolo dell'area solare equivalente estiva $A_{sol,est}$ dell'edificio è la sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato come definito al punto 2.2 del D.M. "Requisiti minimi" dell'allegato A [42]. Tale sommatoria, rapportata alla superficie utile dell'U.I, deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 11 del D.M. stesso [42]. Quindi vanno inputate nel calcolo anche le aree equivalenti estive relative alle superfici vetrate con orientamento Nord. Per rientrare nei limiti legislativi le strade perseguibili possono essere due:

- Ridurre l'area solare equivalente estiva anche per le superfici vetrate esposte a Nord impiegando elementi schermanti che, da un punto di vista di calcolo, non modificano la prestazione termica del fabbricato, ma permettono comunque di soddisfare la verifica,
- Non impiegare alcun elemento schermante per le esposizioni diverse dall'orientamento da Est a Ovest passando per Sud usando invece elementi schermanti con caratteristiche più performanti per quei componenti vetrati soggetti a radiazione solare diretta.

Per quanto concerne invece la verifica contestuale del rispetto degli indici e dei parametri del D.M. "Requisiti minimi" (Punto 3.3 - Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero [42]) sono stati ricercati i campi di esistenza (limite inferiore e superiore) concernenti le funzioni come definite al paragrafo 3.1.

È interessante notare come le caratteristiche di progetto, per la villa monofamiliare possano:

- **Località Palermo** (Figura 34): variare notevolmente per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021. Nella prima soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto (caratteristiche termofisiche). In questo caso le soluzioni relative alle due fasi temporali applicative sono identiche ed hanno un ampio range di variabilità;
- **Località Palermo** (Figura 35): In questa soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari

- a $3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$). In questo caso le soluzioni relative alle due fasi temporali sono diverse e più vicine tra loro;
- **Località Palermo** (Figura 36): In questa ipotesi, nella ricerca delle soluzioni, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a $3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} (assunto per tutti gli orientamenti pari a $0,55 [-]$) in questo caso, come per il primo, vi è un ampio range di variabilità delle proprietà termofisiche di progetto dei componenti opachi. Tuttavia è stato possibile associare componenti vetrati con caratteristiche termiche peggiori rispetto alle altre soluzioni (e quindi caratterizzate da maggiori scambi per trasmissione) a tende schermanti caratterizzate da caratteristiche di trasmissione solare peggiori (con minore intercettazione della radiazione solare), è stato dunque possibile giungere a soluzioni con un miglior bilanciamento tra apporti e dispersioni. Rimane sottinteso che il limite da considerare nella progettazione è sempre quello superiore poiché permette l'impiego di soluzioni che sono meno costose (rispetto a quelle del limite inferiore) da un punto di vista economico pur rispettando tutti i limiti imposti dal Decreto [42].
 - **Località Roma** (Figura 37): le caratteristiche variano notevolmente seppur con un range più limitato rispetto alla soluzione relativa alla città di Palermo. In questa soluzione sono state fatte variare tutte le matrici dei valori di progetto. A differenza di Palermo le soluzioni relative al limite superiore delle fasi 2015 e 2019/2021 sono diverse, l'ampiezza del campo di esistenza 2019/2021 è in maggior misura ridotto.
 - **Località Roma** (Figura 38): In questa soluzione si sono fatte variare tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa ai componenti trasparenti (assunta pari a $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$). In questo caso, rispetto al precedente, i limiti superiore e inferiore del campo di esistenza, sono più ravvicinati tra loro soprattutto per lo step temporale 2019/2021;
 - **Località Roma** (Figura 39): In questa ipotesi, nella ricerca delle soluzioni, si sono fatte variare contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} (assunto per tutti gli orientamenti pari a $0,45 [-]$). Nella soluzione è stato possibile associare componenti vetrati con caratteristiche termiche peggiori rispetto alle altre soluzioni presentate (e quindi caratterizzate da maggiori scambi termici per trasmissione) a tende schermanti caratterizzate da caratteristiche di trasmissione solare peggiori (con minore intercettazione della radiazione solare), è stato dunque possibile giungere ad alternative con un miglior bilanciamento tra apporti e dispersioni. Nonostante le caratteristiche delle componenti trasparenti abbiano caratteristiche peggiori rispetto alla soluzione precedente (prima $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ ora $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) la soluzione al limite superiore favorisce l'utilizzo di componenti opache caratterizzate da minor prestazioni termiche (minore impiego di prodotto isolante). Risulta evidente quindi che una buona progettazione deve saper correttamente valorizzare gli apporti termici solari gratuiti.
 - **Località Torino** (Figura 40): nella prima soluzione sono state fatte variare tutte le matrici dei valori di progetto. Rispetto ai casi studio precedenti per Torino le condizioni relative al clima sono più rigide, ne consegue una riduzione del range di soluzioni possibili rientranti nel campo di esistenza per la progettazione di nZEB;
 - **Località Torino** (Figura 41): la trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). In questo caso la disponibilità di soluzioni relative alla fase 2015 è aumentata rispetto al caso precedente (limite superiore più alto), mentre per il 2019 il limite superiore, rispetto al caso precedente, si è abbassato;
 - **Località Torino** (Figura 42): In questa ipotesi, nella ricerca delle soluzioni, sono state fatte variare contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} (assunto per tutti gli orientamenti pari a $0,55 [-]$). Rispetto alla soluzione precedente sono state

utilizzate tende schermanti contraddistinte da caratteristiche di trasmissione solare peggiori (con minore intercettazione della radiazione solare) arrivando a risultanze con un campo di esistenza delle soluzioni più ristretto rispetto ai casi precedenti ma con limiti superiori spostati verso valori più alti di trasmittanza termica. In un clima più freddo è infatti fondamentale riuscire a valorizzare gli apporti termici solari gratuiti.

In generale è quindi evidente che per ogni località esistono più soluzioni che permettono di rispettare gli indici e i parametri del D.M. “Requisiti minimi” [42]. Dovrà essere il progettista a bilanciare conoscenze tecniche e risparmi economici conseguibili selezionando solamente quelle tecnologie/combinazioni che permettono il rispetto dei limiti con il fine ultimo di perseguire comunque il minor costo dell’intervento. A tal proposito nelle Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46, Figura 47 e Figura 48 è riportato con confronto visivo relativo ai fabbisogni di energia termica utile per le soluzioni, relative ai limiti superiori, individuate nella ricerca.

In Figura 49, solamente per un confronto visivo, è invece riportato un raffronto tra gli indici di prestazione energetica per climatizzazione invernale ed estiva, per l’edificio oggetto di studio e per le due fasi applicative del D.M. “Requisiti minimi” [42] 2015 e 2019/2021. In prima battuta, dal confronto, è evidente che ad un irrigidimento dei requisiti (diminuzione delle trasmittanze termiche del fabbricato di riferimento) corrisponde da un lato un contenimento dei fabbisogni di energia termica utile nella stagione di riscaldamento e, dall’altra, fabbisogni maggiori di energia termica utile nella stagione di raffrescamento. In ogni caso, tuttavia, la somma dei due fabbisogni termici utili per climatizzazione (invernale più estivo) va a diminuire.

Poiché l’analisi relativa al caso studio esamina gli aspetti concernenti sia la realizzazione di nuovi edifici che l’eventuale ristrutturazione di quelli già esistenti, per concludere l’analisi è stato ipotizzato di intervenire su fabbricati edilizi differenziati da un’incidenza della presenza di ponti termici variabile crescente dal 25% al 50%. Tale scelta è nata dalla convenienza di rendere lo studio presentato adattabile anche ai fabbricati edificati nei vari periodi storici i quali, generalmente, sono contraddistinti da caratteristiche costruttive dell’involucro anche molto differenti tra loro [9]. Lo scopo dell’analisi è stato dunque quello di determinare da un punto di vista quantitativo le maggiori ricadute progettuali e se i valori relativi al fabbricato di riferimento possano essere ritenuti ben calibrati anche per il parco edilizio esistente. Tale analisi, come le precedenti, è stata affrontata per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021.

L’analisi è stata svolta considerando fisse le caratteristiche relative alle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. In linea di massima dalla lettura delle tabelle (Tabella 43, Tabella 45, Tabella 47) si può notare che, considerate accettabili tali assunzioni, le caratteristiche dell’involucro variano linearmente verso obiettivi di ristrutturazione delle componenti opache che sono sempre più ambiziosi seppur, nel presente caso studio, ancora tecnicamente raggiungibili. Le simulazioni sono state svolte per Palermo, Roma e Torino. Considerato che le trasmittanze del fabbricato di riferimento sono più rigide in zona climatica E, Torino risulta la località in cui occorre impiegare maggior strato coibente per riuscire a osservare tutti i limiti del D.M. “Requisiti minimi” [42]. Per i comuni montani in zona F tale criticità risulta essere ancora più accentuata.

A fronte della ricerca delle caratteristiche termofisiche (principalmente trasmittanze termiche) che permettono al fabbricato, anche a fronte di una considerevole quantità di scambi dovuti a ponti termici, di ottemperare ai requisiti del D.M. [42] una parte della ricerca ha determinato per varie tipologie murarie e di copertura (dati e simbologia tratti da UNI/TR 11552 [9]), lo spessore dello strato termoisolante necessario. Esso varia per zona climatica e per incidenza percentuale dei ponti termici sull’involucro. Nel caso peggiore, ovvero, per un’incidenza del 50% per la località Torino (Tabella 47), l’intervento di ristrutturazione dell’involucro può prevedere strati di isolante ($\lambda=0,04$ W/m K) con spessori che possono raggiungere circa 30 cm per l’involucro opaco orizzontale (Tabella 54) e 25 cm per l’involucro opaco verticale (Tabella 51).

Va tuttavia notato che nelle simulazioni (eseguite per gli edifici esistenti con maggiorazione forfettaria degli scambi termici per trasmissione) i ponti termici sono stati assegnati interamente alla componente opaca; un altro approccio adottabile e comprensibile per le simulazioni, può prevedere che i ponti termici siano attribuiti, con percentuale variabile, sia all'involucro opaco che a quello trasparente, tale approccio permette di realizzare isolamenti termici della parete economicamente e tecnicamente più sostenibili impiegando serramenti caratterizzati da proprietà termiche migliori rispetto a quelle di riferimento.

3.2.4 Descrizioni delle configurazioni impiantistiche

3.2.4.1 Configurazione impiantistica 1

Nella prima configurazione presa in esame per il caso della villa monofamiliare, sia il servizio di **riscaldamento** sia quello di **produzione di acqua calda sanitaria** sono garantite da un unico impianto combinato costituito da **caldaia a gas** con circuito di distribuzione del riscaldamento servente radiatori e rete di distribuzione all'erogazione dell'acqua calda sanitaria.

Nelle tabelle seguenti si riportano i principali parametri di input per diversi livelli prestazionali.

Tabella 55 – Climatizzazione invernale (H) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,97	0,97	0,97
Rendimento di regolazione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento di distribuzione	[-]	0,972	0,972	0,926
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)

Tabella 56 – Produzione di acqua calda sanitaria (W) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di erogazione	[-]	1,00	1,00	1,00
Rendimento di distribuzione	[-]	0,926	0,926	0,893
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)

Nell'edificio reale sono inoltre considerati ausiliari elettrici di distribuzione (pompa di circolazione del circuito di riscaldamento da 50W funzionante in maniera intermittente) e ausiliari elettrici di generazione (potenze variabili in funzione della potenza del generatore e date dalla UNI/TS 11300-2:2014 [2]).

3.2.4.2 Risultati

In questa parte sono presentati i risultati di calcolo relativi alle simulazioni impiantistiche. Nelle tabelle sono riportati sia i risultati dell'edificio reale sia i valori limite di riferimento. La cella viene evidenziata in verde qualora il requisito sul parametro sia rispettato; in rosso in caso contrario.

Successivamente all'analisi quantitativa sono riportanti dei commenti che costituiscono un'analisi qualitativa e riassumono le principali conclusioni relative allo specifico caso.

3.2.4.2.1 Località Torino

Tabella 57 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,78	0,73	0,70	0,73
η_W	[-]	0,63	0,60	0,58	0,57
η_C	[-]	-	-	-	-
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	77,87	82,13	85,90	83,69

Tabella 58 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	77,65	81,91	85,69
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	0,3	0,3	0,3
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,3	0,3	0,3
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	0,0	0,0	0,0

3.2.4.2.2 Località Roma

Tabella 59 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,79	0,74	0,71	0,73
η_W	[-]	0,65	0,62	0,60	0,57
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	41,93	44,20	46,16	46,47

Tabella 60 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	41,84	44,11	46,07
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	0,2	0,2	0,2
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,2	0,2	0,2
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	0,0	0,0	0,0

3.2.4.2.3 Località Palermo

Tabella 61 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,81	0,76	0,73	0,73
η_W	[-]	0,63	0,61	0,58	0,57
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	36,63	38,58	40,27	40,73

Tabella 62 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	36,55	38,51	40,19
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	0,2	0,2	0,2
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,2	0,2	0,2
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	0,0	0,0	0,0

3.2.4.2.4 Commenti e note ai risultati

- 1) Con rendimenti nominali di generazione di **0,93** (al 100%) e **0,90** (al 30%), attribuibili a una caldaia standard a gas, si riescono a soddisfare tutti i requisiti di legge con un certo margine. In questo caso il rendimento medio stagionale di generazione dell'edificio reale è di **0,84**. Il rendimento è infatti più elevato durante la stagione di riscaldamento; in regime di sola produzione di acqua calda sanitaria il generatore lavora invece a regimi (carichi) più bassi con conseguente diminuzione del rendimento.

Si noti quindi che, anche con un rendimento di generazione medio stagionale inferiore al valore di riferimento del DM Requisiti Minimi (0,95), considerata anche la presenza di ausiliari elettrici di distribuzione e generazione, si riescono a soddisfare i limiti di legge. La ragione di ciò è attribuibile ai

sottosistemi di utilizzazione, che nell'edificio reale sono più performanti in rapporto ai rendimenti di riferimento (0,81 per il riscaldamento e 0,70 per l'acqua calda sanitaria).

- 2) Con rendimenti nominali di generazione inferiori (di **0,88** al 100% e di **0,85** al 30%) e con un rendimento medio stagionale di **0,79** ci si porta al limite del soddisfacimento dei requisiti; in particolare non risulta soddisfatto solo il requisito sull'efficienza di riscaldamento per pochi punti decimali; questo a condizione che i rendimenti di utilizzazione si mantengano elevati;
- 3) Qualora invece, con rendimenti nominali di generazione di **0,88** al 100% e di **0,85** al 30%, si trascurasse, ad esempio, l'isolamento delle tubazioni, oppure vi sia una rete di distribuzione molto estesa e/o corrente per alcuni tratti al di fuori dell'involucro riscaldato, non risulterebbe più verificato né il requisito sull'efficienza media di riscaldamento né il requisito sull'energia primaria globale totale;

L'analisi effettuata ai punti precedenti è valida per tutte e tre le località, con lievi differenze dovute principalmente al differente dimensionamento del generatore in funzione della zona climatica e del conseguente carico termico dell'edificio.

3.2.4.3 Configurazione impiantistica 2

Nella seconda configurazione presa in esame per il caso della villa monofamiliare, il servizio di **riscaldamento** è garantito da due impianti. Il primo è costituito da una **stufa a pellet** collocata in ambiente riscaldato. Tale impianto riscalda quindi direttamente l'aria dell'ambiente attraverso il generatore, senza il circuito di distribuzione. Il secondo impianto è costituito da **caldaia a gas** con proprio circuito di distribuzione servente radiatori. L'impianto di **produzione di acqua calda sanitaria è combinato** all'impianto di riscaldamento idronico; il generatore per l'acqua calda sanitaria è quindi la stessa caldaia che provvede al riscaldamento. La **stufa a pellet** è collocata al piano terra della villa (zona giorno) e si assume che possa soddisfare al massimo il 50% del fabbisogno termico della zona effettivamente servita dal generatore a biomassa (vedere anche UNI/TS 11300-4 Prospetto 23 [5]). L'impianto idronico (caldaia a gas) è invece al servizio di entrambe le zone (giorno e notte). L'impianto con la stufa a pellet viene gestito in priorità rispetto alla caldaia. E' possibile anche chiudere e/o regolare e controllare i terminali della zona dove è presente la stufa a pellet per evitare il surriscaldamento degli ambienti quando questa è in funzione.

Nelle tabelle seguenti i principali parametri di input per diversi livelli prestazionali.

Tabella 63 – Climatizzazione invernale (H) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,97	0,97	0,97
Rendimento di regolazione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento di distribuzione	[-]	0,972	0,972	0,926
Rendimento di generazione nominale – stufa a pellet	[-]	0,75	0,70	0,65
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)

Tabella 64 – Produzione di acqua calda sanitaria (W) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di erogazione	[-]	1,00	1,00	1,00
Rendimento di distribuzione	[-]	0,926	0,926	0,893
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)

3.2.4.4 Risultati

In questa parte sono presentati i risultati di calcolo relativi alle simulazioni impiantistiche. Nelle tabelle sono riportati sia i risultati dell'edificio reale sia i valori limite di riferimento. La cella viene evidenziata in verde qualora il requisito sul parametro sia rispettato; in rosso in caso contrario.

Successivamente all'analisi quantitativa sono riportanti dei commenti che costituiscono un'analisi qualitativa e riassumono le principali conclusioni relative allo specifico caso.

3.2.4.4.1 Località Torino

Tabella 65 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,73	0,69	0,65	0,67
η_W	[-]	0,66	0,63	0,61	0,57
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	80,26	84,92	89,44	88,64

Tabella 66 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	63,44	66,93	70,07
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	21,0	21,1	21,7
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	21,0	21,1	21,7
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	0,0	0,0	0,0

3.2.4.4.2 Località Roma

Tabella 67 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,73	0,68	0,64	0,67
η_W	[-]	0,69	0,65	0,63	0,57
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	42,73	45,18	47,47	48,74

Tabella 68 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	35,03	36,94	38,59
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	18,0	18,2	18,7
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	18,0	18,2	18,7
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	0,0	0,0	0,0

3.2.4.4.3 Località Palermo

Tabella 69 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,75	0,71	0,67	0,67
η_W	[-]	0,67	0,64	0,62	0,57
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	37,14	39,24	41,18	42,51

Tabella 70 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m²]	31,09	32,77	34,21
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	16,3	16,5	16,9
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	16,3	16,5	16,9
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	0,0	0,0	0,0

3.2.4.4.4 Commenti e note ai risultati

- 1) In linea generale anche con l'introduzione della stufa a pellet come impianto di riscaldamento, si manifestano situazioni analoghe a quelle della configurazione impiantistica 1. In particolare, considerati anche gli ausiliari elettrici (in aggiunta a quelli del circuito idronico vi sono, in questo caso, anche quelli della stufa a pellet) il raggiungimento dei limiti è possibile anche con un rendimento nominale inferiore a quello di riferimento (per i generatori alimentati a biomasse solide pari a **0,72** per il servizio di riscaldamento). Questo soprattutto grazie ai rendimenti dei sottosistemi di utilizzazione;
- 2) Come per l'esempio 1 occorre prestare attenzione al dimensionamento dell'impianto, in quanto fattori di carico reale bassi portano a valori medi mensili inferiori a quello di riferimento.

3.3 Edificio ad uso scolastico

Il presente edificio è costituito da un fabbricato adibito ad attività scolastiche. La destinazione d'uso dell'edificio, in riferimento alle categorie del D.P.R. 412/93 è E.7 [46]. L'edificio è situato in località Roma. L'edificio è composto da un'unica unità immobiliare disposta su tre livelli (il piano terreno, primo piano e secondo piano). Tutti i locali sono climatizzati. All'interno del fabbricato non sono presenti locali non climatizzati adiacenti ai locali climatizzati. Per il presente edificio prestazione energetica si calcola tenendo conto dei servizi di riscaldamento (H), produzione di acqua calda sanitaria (W), illuminazione (L) e trasporto di persone (T). Di seguito sono riportati i disegni di piante, prospetti e sezioni del presente edificio. Essi hanno solamente la finalità di fornire un'informazione qualitativa in merito alla tipologia e alle geometrie dell'edificio.

Figura 50 - Edificio ad uso scolastico. Pianta piano terra

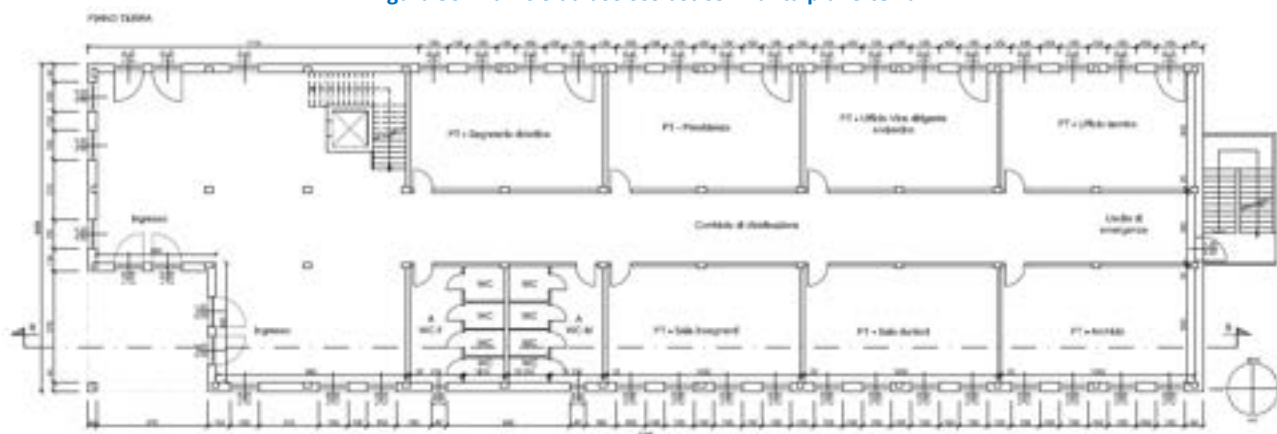


Figura 51 - Edificio ad uso scolastico. Pianta piano primo

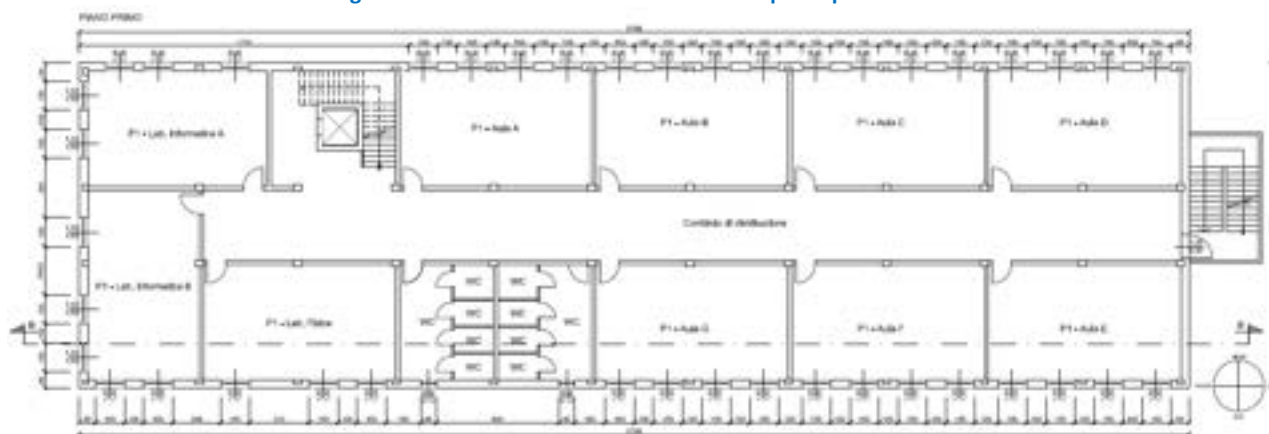


Figura 52 - Edificio ad uso scolastico. Pianta piano secondo

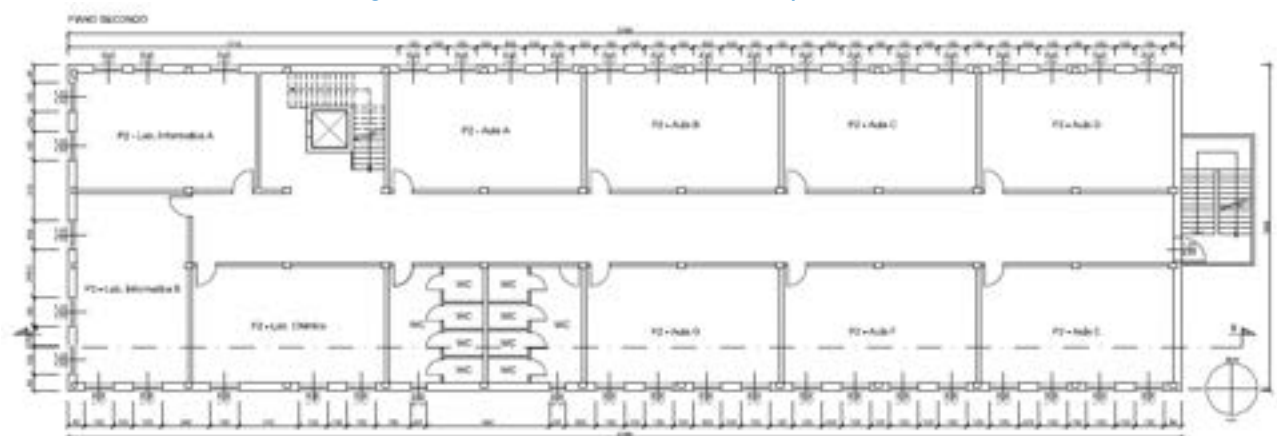


Figura 53 - Edificio ad uso scolastico. Sezione B – B’

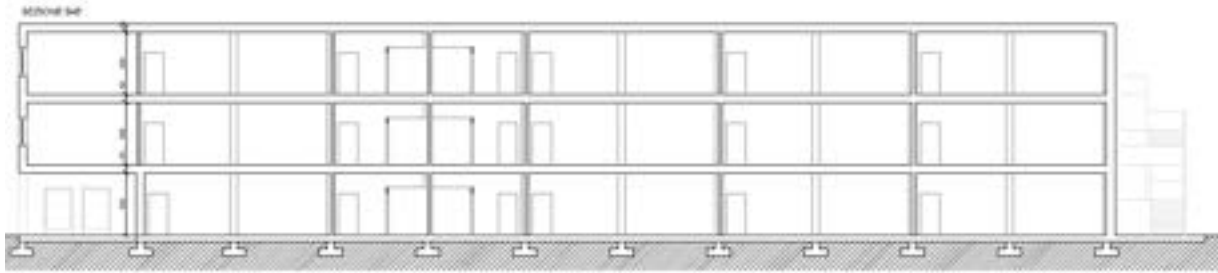


Figura 54 - Edificio ad uso scolastico. Prospetti Sud e Nord

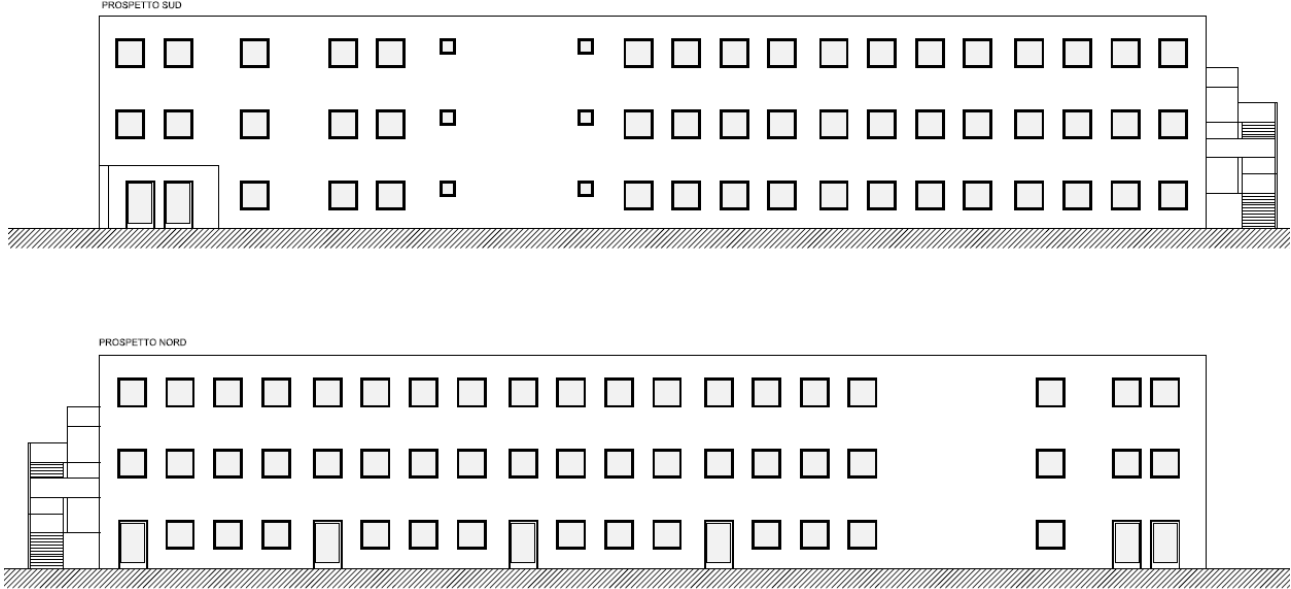
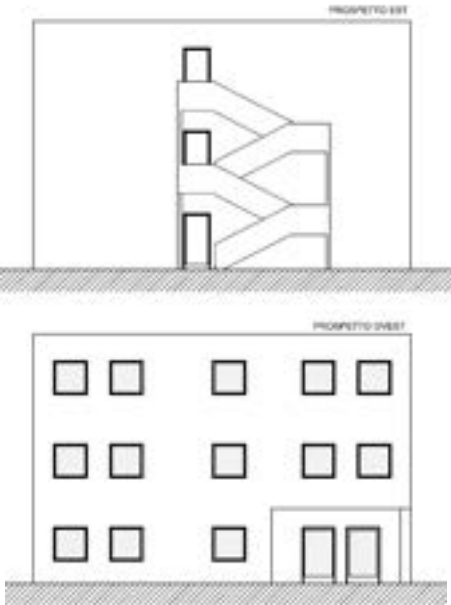


Figura 55 - Edificio ad uso scolastico. Prospetti Est e Ovest



3.3.1 Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile nel fabbricato

Si riportano di seguito alcuni grafici che correlano la variazione della percentuale di superficie vetrata dell'involucro disperdente verticale al variare del parametro H'_T .

Per ogni unità immobiliare vengono quindi individuati i limiti massimi raggiungibili (istogrammi) di superficie vetrata che si potrebbero avere adottando nella progettazione, in riferimento all'involucro opaco, i parametri caratteristici dell'involucro di riferimento. I grafici riportati di seguito sono relativi sia ai limiti 2015 che a quelli 2019/2021 del D.M. 26/06/2015 [42].

Figura 56 - Edificio ad uso scolastico. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015.

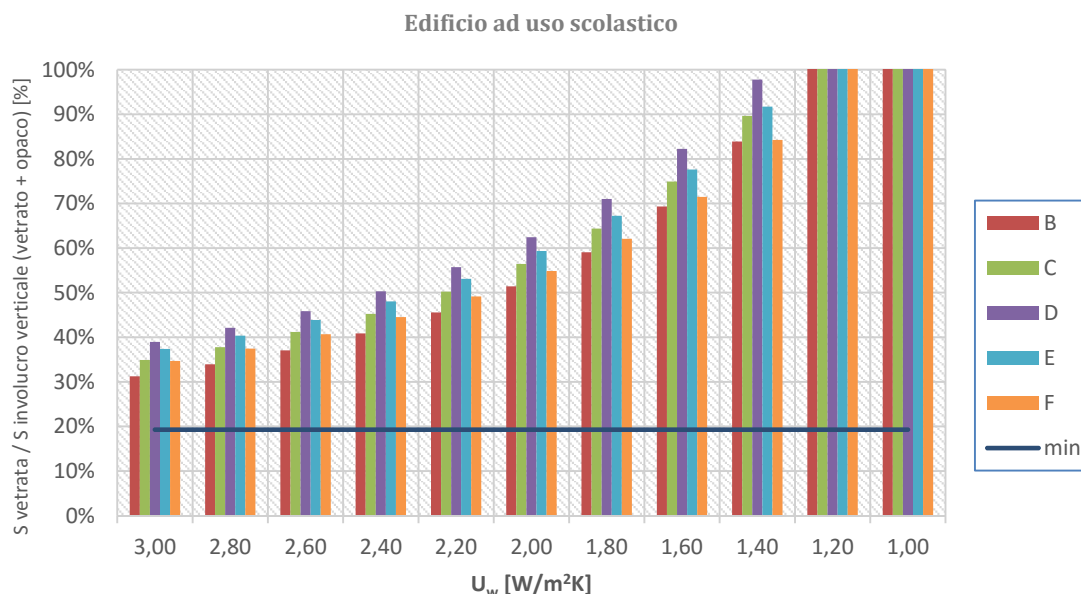
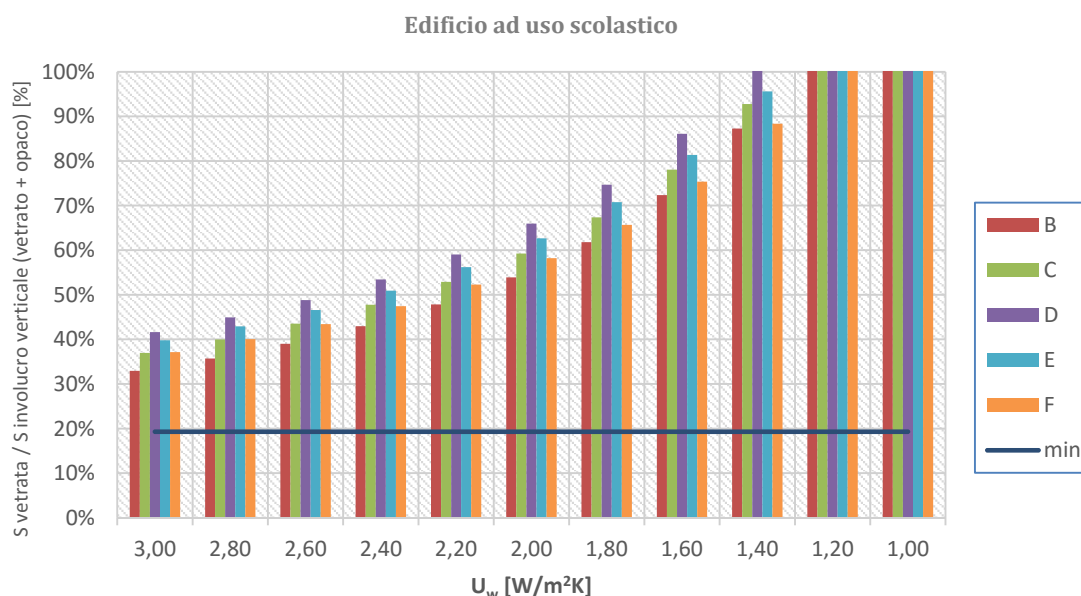


Figura 57 - Edificio ad uso scolastico. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019.



3.3.2 Correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile, e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato.

Di seguito si presentano alcuni grafici che mettono in relazione del caso studio l'utilizzo di diverse schermature solari e il parametro da verificare previsto dalla legislazione $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$. Come si evince praticamente il parametro $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$ è soddisfatto per qualunque tipologia di schermatura solare mobile. Nella simulazione non sono state considerate eventuali ostruzioni all'orizzonte. I valori di $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$, secondo la legislazione vigente, devono essere al di sotto di 0,04.

$g_{gl,n}=0,75 [-]$											
	g_{gl+sh}/g_{gl}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Zona B	Palermo	0,037	0,035	0,033	0,030	0,028	0,026	0,024	0,022	0,020	0,017
Zona C	Bari	0,039	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,025	0,023	0,021	0,018
Zona D	Roma	0,042	0,039	0,037	0,034	0,032	0,029	0,027	0,024	0,022	0,019
Zona E	Milano	0,038	0,036	0,033	0,031	0,029	0,026	0,024	0,022	0,020	0,017
Zona F	Cuneo	0,036	0,034	0,032	0,030	0,028	0,025	0,023	0,021	0,019	0,017

$g_{gl,n}=0,67 [-]$											
	g_{gl+sh}/g_{gl}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Zona B	Palermo	0,033	0,031	0,029	0,027	0,025	0,023	0,021	0,019	0,018	0,016
Zona C	Bari	0,035	0,033	0,031	0,029	0,027	0,025	0,023	0,020	0,018	0,016
Zona D	Roma	0,037	0,035	0,033	0,031	0,028	0,026	0,024	0,022	0,019	0,017
Zona E	Milano	0,034	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,022	0,020	0,017	0,015
Zona F	Cuneo	0,032	0,030	0,029	0,027	0,025	0,023	0,021	0,019	0,017	0,015

Figura 58 - Edificio ad uso scolastico. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup. utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di apparato schermante. Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

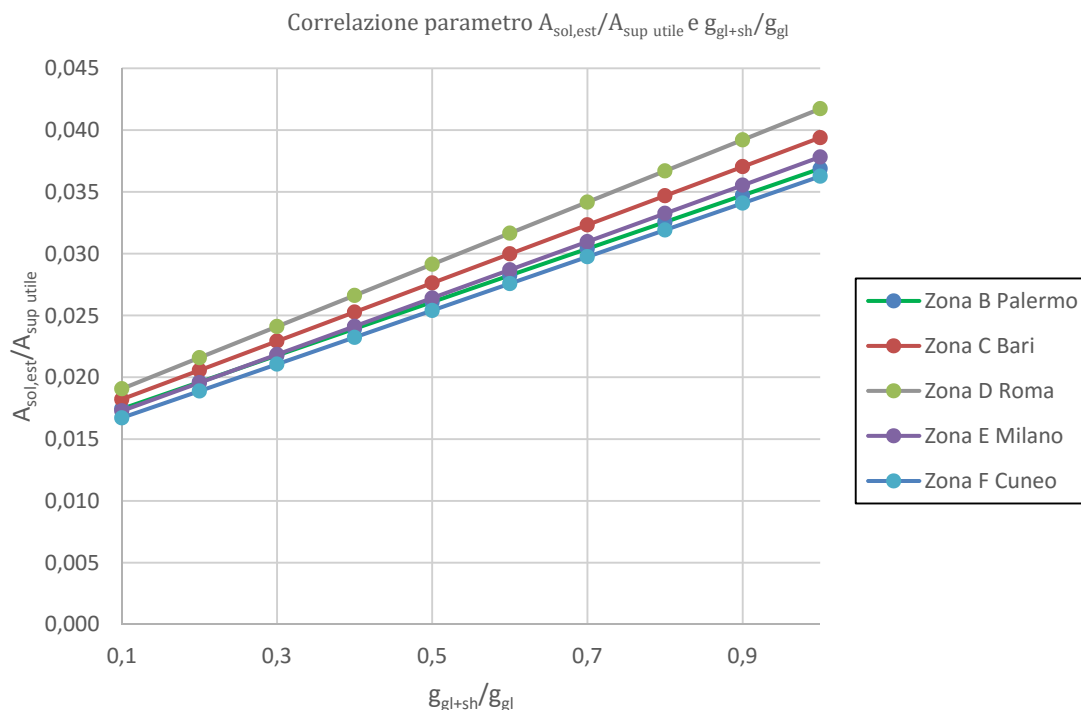
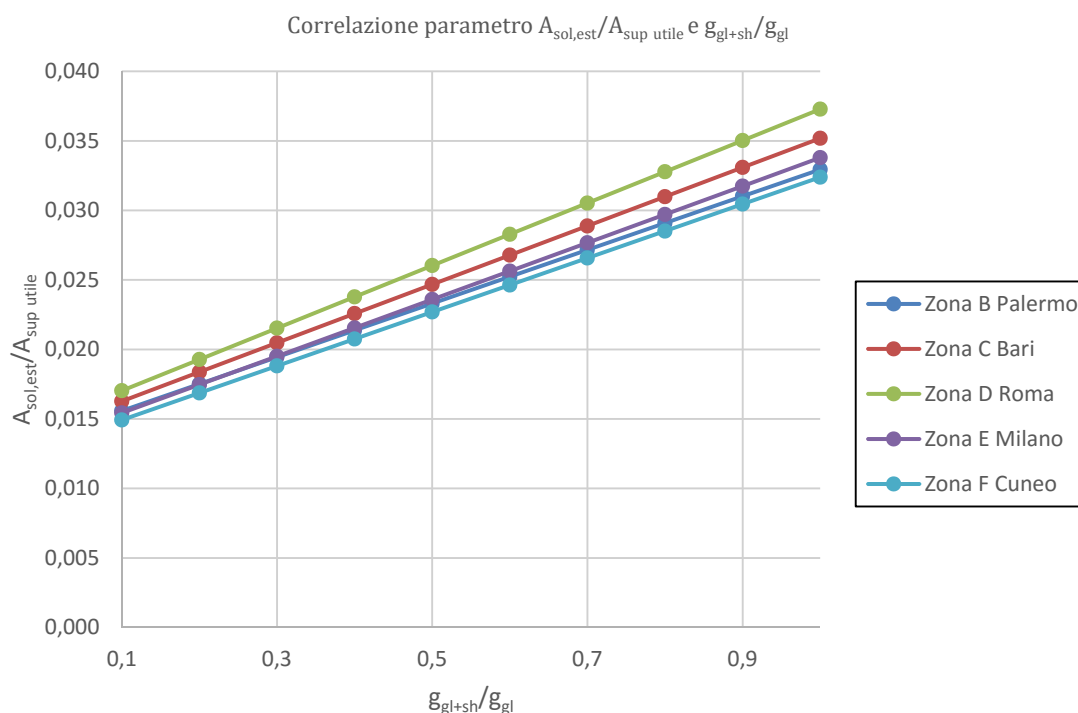


Figura 59. Edificio ad uso scolastico. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di apparato schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).



3.3.3 Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato

Ai fini dei calcoli, l'edificio oggetto di studi è stato suddiviso in spazi elementari così come indicato nelle tabelle seguenti. Per una migliore comprensione della suddivisione si vedano, in riferimento a ciascun livello, anche i disegni.

Tabella 71 – Edificio ad uso scolastico. Locali

LIVELLO (piano)	SPAZIO	Descrizione unità minima di suddivisione	A [m ²]	h [m]	V _N [m ³]
Lev.0	1	Ingresso	197,84	3,30	652,87
Lev.0	2	Vano ascensore	3,61	10,70	38,63
Lev.0	3	Scale	14,21	10,70	152,05
Lev.0	4	Corridoio	147,76	3,30	487,61
Lev.0	5	Segreteria didattica	59,94	3,30	197,80
Lev.0	6	Presidenza	59,94	3,30	197,80
Lev.0	7	Ufficio vice dirigente	59,94	3,30	197,80
Lev.0	8	Ufficio tecnico	59,94	3,30	197,80
Lev.0	9	Archivio	59,94	3,30	197,80
Lev.0	10	Sala riunioni	59,94	3,30	197,80
Lev.0	11	Sala insegnanti	59,94	3,30	197,80
Lev.0	12	WC uomini (servizi)	16,18	3,30	53,39
Lev.0	13	WC donne (servizi)	16,20	3,30	53,46
Lev.0	14	WC uomini (zona WC)	12,08	3,30	39,86
Lev.0	15	WC donne (zona WC)	12,06	3,30	39,80
Lev.1	16	Disimpegno	37,32	3,30	123,16
Lev.1	17	Pianerottolo	19,92	3,30	65,74
Lev.1	18	Scale	14,21	0,00	0,00
Lev.1	19	Laboratorio fisica	59,94	3,30	197,80
Lev.1	20	Laboratorio informatica B	34,22	3,30	112,93
Lev.1	21	Laboratorio informatica B	22,56	3,30	74,45
Lev.1	22	Laboratorio informatica A	55,76	3,30	184,01
Lev.1	23	Corridoio	147,76	3,30	487,61

LIVELLO (piano)	SPAZIO	Descrizione unità minima di suddivisione	A [m ²]	h [m]	V _N [m ³]
Lev.1	24	Aula A	59,94	3,30	197,80
Lev.1	25	Aula B	59,94	3,30	197,80
Lev.1	26	Aula C	59,94	3,30	197,80
Lev.1	27	Aula D	59,94	3,30	197,80
Lev.1	28	Aula E	59,94	3,30	197,80
Lev.1	29	Aula F	59,94	3,30	197,80
Lev.1	30	Aula G	59,94	3,30	197,80
Lev.1	31	WC uomini (servizi)	16,18	3,30	53,39
Lev.1	32	WC donne (servizi)	16,20	3,30	53,46
Lev.1	33	WC uomini (zona WC)	12,08	3,30	39,86
Lev.1	34	WC donne (zona WC)	12,06	3,30	39,80
Lev.2	35	Disimpegno	37,32	3,30	123,16
Lev.2	36	Pianerottolo	19,92	3,30	65,74
Lev.2	37	Laboratorio chimica	59,94	3,30	197,80
Lev.2	38	Laboratorio informatica B	56,78	3,30	187,37
Lev.2	39	Laboratorio informatica A	55,76	3,30	184,01
Lev.2	40	Corridoio	147,76	3,30	487,61
Lev.2	41	Aula A	59,94	3,30	197,80
Lev.2	42	Aula B	59,94	3,30	197,80
Lev.2	43	Aula C	59,94	3,30	197,80
Lev.2	44	Aula D	59,94	3,30	197,80
Lev.2	45	Aula E	59,94	3,30	197,80
Lev.2	46	Aula F	59,94	3,30	197,80
Lev.2	47	Aula G	59,94	3,30	197,80
Lev.2	48	WC uomini (servizi)	16,18	3,30	53,39
Lev.2	49	WC donne (servizi)	16,20	3,30	53,46
Lev.2	50	WC uomini (zona WC)	12,08	3,30	39,86
Lev.2	51	WC donne (zona WC)	12,06	3,30	39,80

La superficie utile calpestabile climatizzata totale dell'edificio è di 2565,40 m² mentre il volume netto climatizzato totale è di 8550,79 m³.

Nel presente edificio sono individuate le seguenti tipologie di componenti opache disperdenti: parete esterna; pavimento su terreno; solaio verso esterno; copertura verso esterno. La trasmittanza termica di ogni componente è variabile per caso studio.

Per tutti i componenti opachi confinanti con esterno è stato ipotizzato un colore delle superfici esterne medio, corrispondente ad un fattore di assorbimento solare (α_{sol}) di 0,6. Per tutti i componenti opachi si consideri una emissività di 0,9.

Per quanto concerne le chiusure tecniche trasparenti la relativa trasmittanza termica è variabile per caso studio, con emissività di 0,837. I valori delle trasmittanze termiche di vetri e telai sono comprensivi di adduttanze termiche. Per tutti i componenti finestrati, sulla base della tipologia di vetro descritto, è stato considerato un fattore di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale ($g_{gl,n}$) di 0,67.

Per quanto riguarda la presenza di schermature mobili è stato considerato un fattore di riduzione, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}), variabile in base alla combinazione esaminata nel caso studio. Nella tabella presente è riportato un schema riassuntivo relativo alle superfici disperdenti suddivise per tipologia e orientamento.

Tabella 72 – Edificio ad uso scolastico. Superfici disperdenti trasparenti suddivise per orientamento

Descrizione	Quantità	A _w [m ²]	Orientamento
Porta-finestra 150x250	2	7,50	S
Finestra 150x150	49	110,25	S
Finestra 80x80	6	3,84	S
Porta-finestra 120x250	3	9,00	E
Porta-finestra 150x250	6	22,50	N
Finestra 150x150	51	114,75	N

Descrizione	Quantità	A _w [m ²]	Orientamento
Porta-finestra 150x250	2	7,50	O
Finestra 150x150	13	29,25	O

Tabella 73 – Edificio ad uso scolastico. Superfici disperdenti opache verticali suddivise per orientamento

Descrizione	S [m ²]	Esposizione
Parete esterna	429,51	S
Parete esterna	145,44	E
Parete esterna	415,83	N
Parete esterna	121,12	O
Pavimento su terreno	839,52	
Solaio verso esterno	34,22	
Copertura	871,40	Orizz.

In merito alla presenza di ponti termici la scelta della tipologia dei ponti termici è stata effettuata sulla base delle caratteristiche dei vari elementi strutturali costituenti l'edificio. La trasmittanza termica lineica di ciascun ponte termico è stata determinata, con apposito software, attraverso calcolo agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211 [32]. Si riportano le caratteristiche geometriche relative ai ponti termici presenti nel fabbricato.

Tabella 74 – Edificio ad uso scolastico. Caratteristiche geometriche dei ponti termici.

Descrizione	L [m]
Giunzione tra pareti esterne e copertura	145,80
Giunzioni dovute a solai interpiano	291,60
Giunzione tra pareti e pavimento su terreno	145,80
Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a pilastri	277,20
Giunzioni tra pareti esterne e serramenti	780,80

Tabella 75 - Edificio ad uso scolastico. Indici geometrici riepilogativi relativi alle superfici disperdenti.

% di superficie trasparente su superficie opaca disperdente complessiva	7,95%
% di superficie trasparente su superficie opaca disperdente verticale verso esterno	14,60%
Superficie trasparente su superficie utile	11,89%

Si riportano di seguito i principali risultati relativi alla casistica presentata nel prospetto seguente.

Tabella 76 – Edificio ad uso scolastico. Palermo (Zona climatica B) casistica esaminata

Palermo (Zona climatica B)	
Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili.	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U _w e g _{gl+sh} /g _{gl}
1	Figura 60 (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,45) (U _w =1,40 W/m ² K)
2	Figura 61 (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,10) (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,45) (U _w =1,60 W/m ² K)
3	Figura 62 (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,25) (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,55) (U _w =1,80 W/m ² K)
4	Figura 63 (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,35) (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,55) (U _w =2,00 W/m ² K)
5	Figura 64 (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,45) (g _{gl+sh} /g _{gl} =0,60)

Palermo (Zona climatica B)		
Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili.		Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e g_{gl+sh}/g_{gl}
		($U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$)
6	Figura 65 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$)	Figura 73 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$) ($U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)
7	Figura 66 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$)	Figura 74 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$) ($U_w=2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)
8	Figura 67 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$)	Figura 75 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$) ($U_w=2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
9		Figura 76 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$) ($U_w=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)
10		Figura 77 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$) ($U_w=3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Tabella 77 – Edificio ad uso scolastico. Roma (Zona climatica D) casistica esaminata

Roma (Zona climatica D)		
Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili.	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e g_{gl+sh}/g_{gl}	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e g_{gl+sh}/g_{gl}
1	Figura 78	
2	Figura 79 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$)	
3		Figura 80 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$) ($U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)
4		Figura 81 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$) ($U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)
5		Figura 82 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$) ($U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
6		Figura 83 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$) ($U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)
7		Figura 84 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$) ($U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$)
8		Figura 85 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$) ($U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)
9		Figura 86 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$) ($U_w=2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)
10		Figura 87 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,90$) ($U_w=2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Tabella 78 – Edificio ad uso scolastico. Torino (Zona climatica E) casistica esaminata

Torino (Zona climatica E)		
Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati.	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e g_{gl+sh}/g_{gl}	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e g_{gl+sh}/g_{gl}
1	Figura 88	
2	Figura 89 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$)	
3	Figura 90 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$)	
4	Figura 91 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$) ($U_w=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$)	
5	Figura 93 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$) ($U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 92 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,60$) ($U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)
6		Figura 95 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$) ($U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Figura 60 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,443	0,192	0,408
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,451	0,192	0,415
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,373	0,160	0,344
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,373	0,160	0,344
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,612	1,100	2,402
$g_{gl}+sh/g_{gl}$	-	0,100	0,748	0,100	0,658
H'_{T}	W/m²K	0,344	0,712	0,344	0,661
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,003	0,024	0,003	0,021
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	18,252	25,430	18,252	24,443
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	20,877	25,114	20,877	24,532
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 61 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,10$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,373	0,192	0,349
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,379	0,192	0,354
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,314	0,160	0,293
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,314	0,160	0,293
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,192	1,100	2,045
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,100	0,100	0,100
H't	W/m²K	0,344	0,609	0,344	0,572
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,003	0,003	0,003	0,003
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	18,252	25,486	18,252	24,474
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	20,877	20,420	20,877	20,462
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 62 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,25$

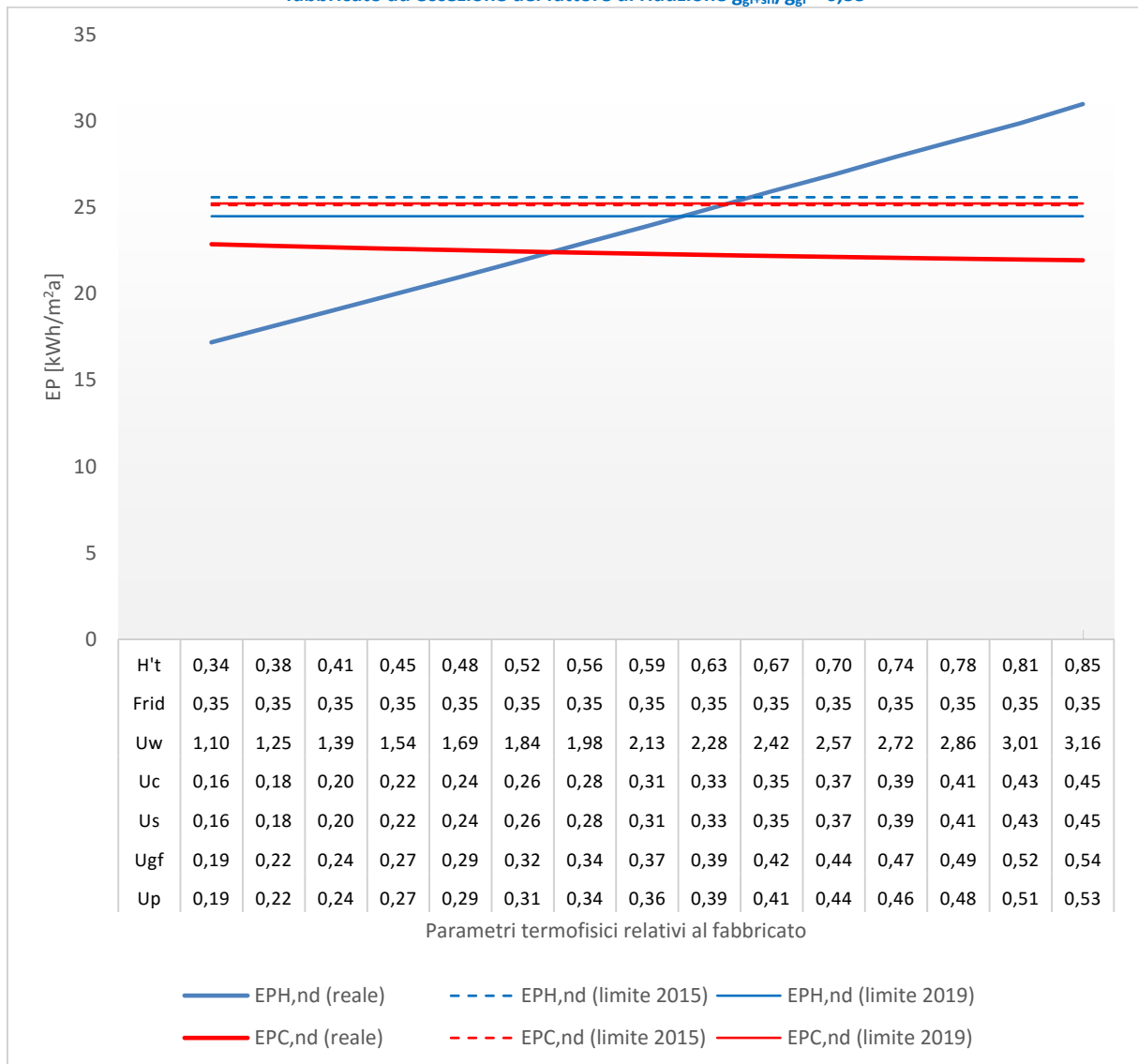


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,390	0,192	0,363
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,397	0,192	0,368
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,329	0,160	0,305
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,329	0,160	0,305
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,297	1,100	2,129
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,250	0,250	0,250	0,250
H'_T	W/m²K	0,344	0,634	0,344	0,592
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,008	0,008	0,008	0,008
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,603	25,497	17,603	24,348
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	22,061	21,482	22,061	21,550
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 63 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,35$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,401	0,192	0,373
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,408	0,192	0,379
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,338	0,160	0,314
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,338	0,160	0,314
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,360	1,100	2,192
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,350	0,350	0,350	0,350
H'_T	W/m²K	0,344	0,649	0,344	0,609
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,011	0,011	0,011	0,011
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	17,180	25,463	17,180	24,358
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,866	22,209	22,866	22,278
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 64 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$

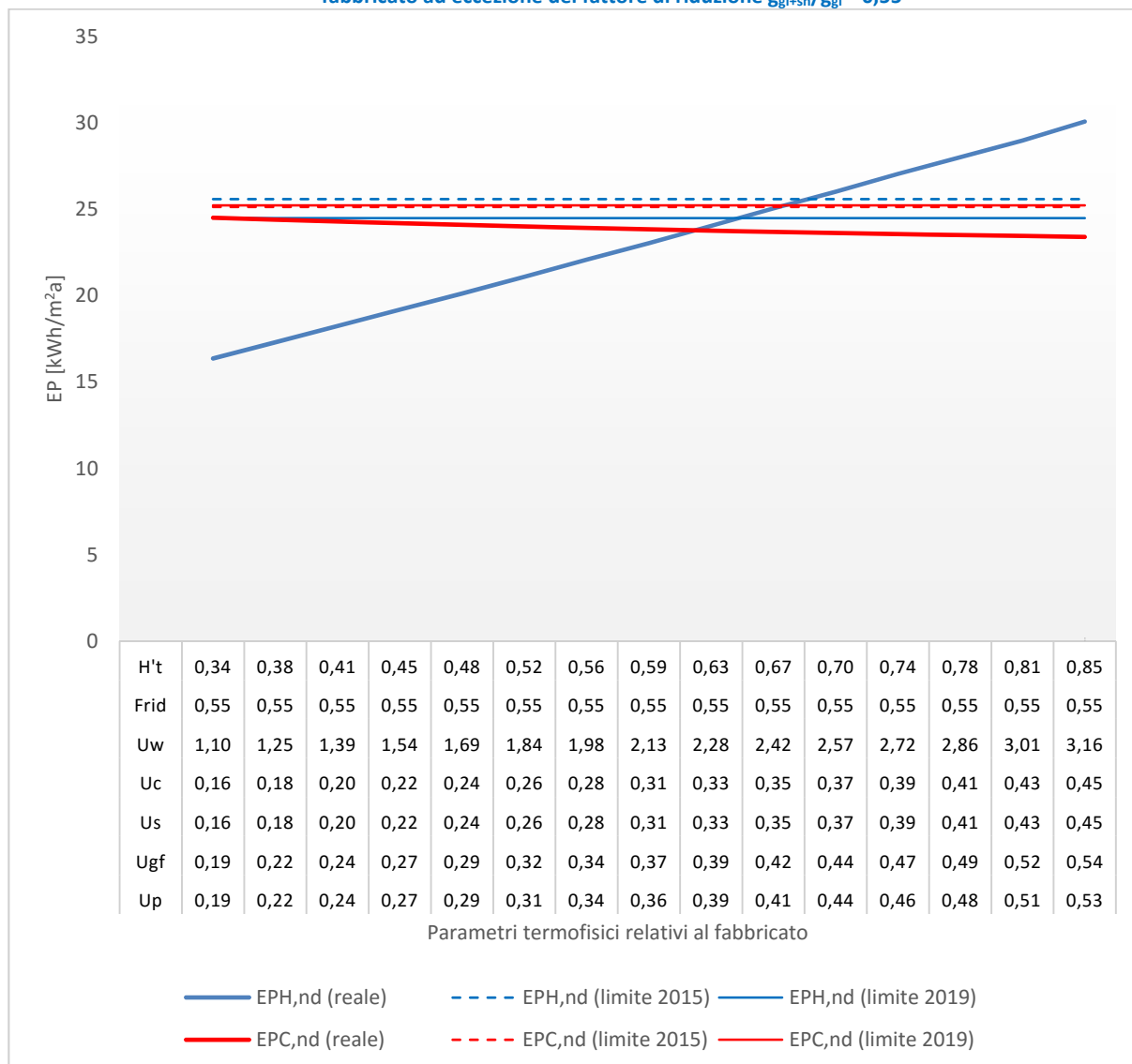


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,411	0,192	0,387
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,419	0,192	0,394
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,346	0,160	0,326
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,346	0,160	0,326
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,423	1,100	2,276
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,344	0,666	0,344	0,629
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,014	0,014	0,014	0,014
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	16,765	25,485	16,765	24,469
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,683	22,937	23,683	22,982
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 65 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,422	0,192	0,397
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,430	0,192	0,404
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,355	0,160	0,335
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,355	0,160	0,335
U - Serramenti	W/m²K	1,100	2,486	1,100	2,339
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
H't	W/m²K	0,344	0,682	0,344	0,644
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,018	0,018	0,018	0,018
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	16,359	25,460	16,359	24,446
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	24,506	23,658	24,506	23,722
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 66 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,237	0,436	0,216	0,408
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,239	0,444	0,217	0,415
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,198	0,367	0,181	0,344
U - Copertura	W/m²K	0,198	0,367	0,181	0,344
U - Serramenti	W/m²K	1,373	2,570	1,247	2,402
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
H'_{T}	W/m²K	0,409	0,702	0,379	0,661
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,021	0,021	0,021
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,696	25,576	16,896	24,477
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	25,114	24,381	25,216	24,462
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 67 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$

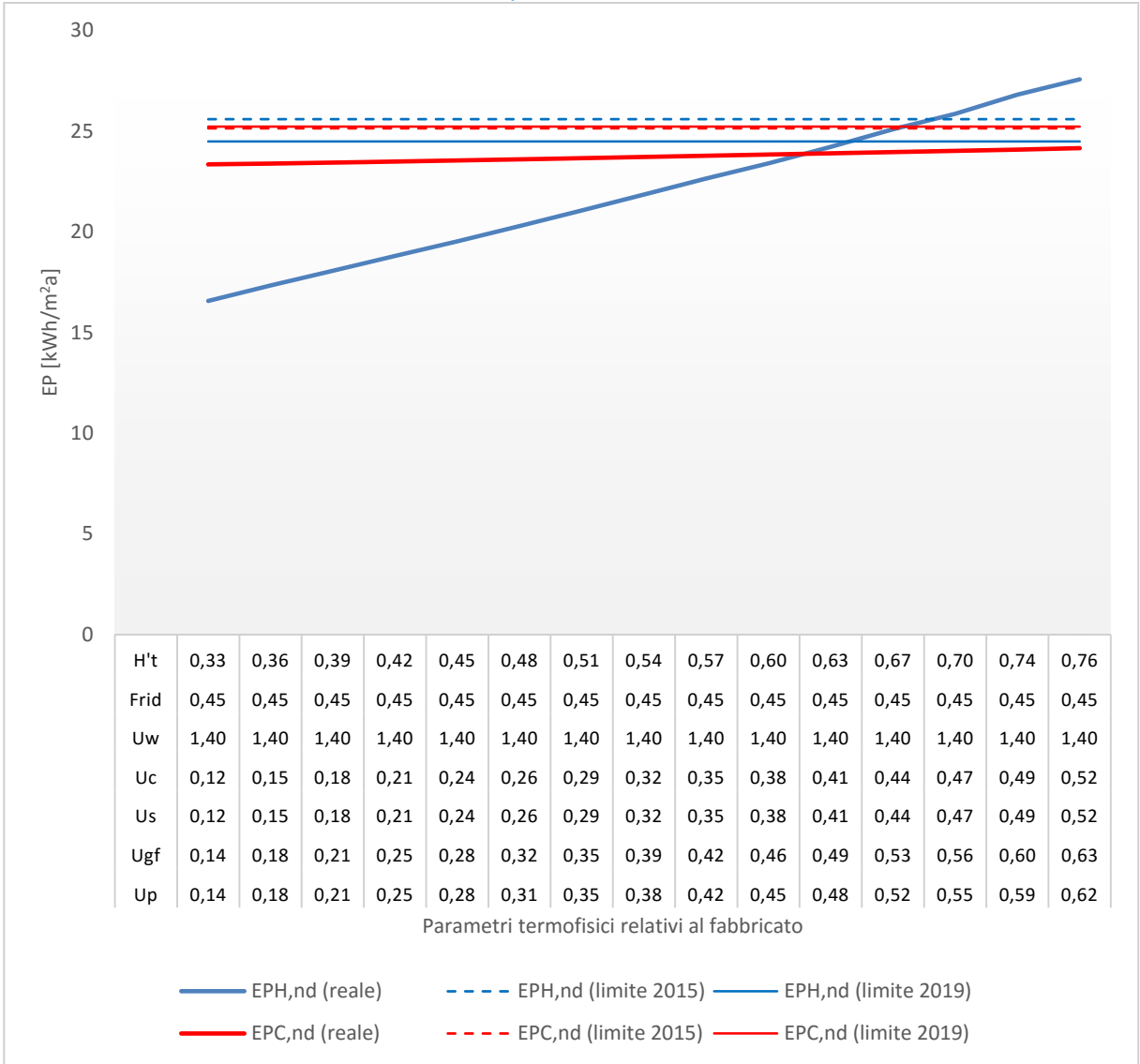


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,44	0,45	0,41	0,42
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,45	0,45	0,42	0,43
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,37	0,38	0,35	0,35
U - Copertura	W/m²K	0,37	0,38	0,35	0,35
U - Serramenti	W/m²K	2,61	2,63	2,44	2,47
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,75	0,75	0,75	0,75
H'_{T}	W/m²K	0,71	0,72	0,67	0,68
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,02	0,02	0,02	0,02
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	25,42	25,56	24,33	24,46
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,59	25,59	24,48	24,48
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	25,13	25,11	25,22	25,20
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,13	25,13	25,22	25,22

Figura 68 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

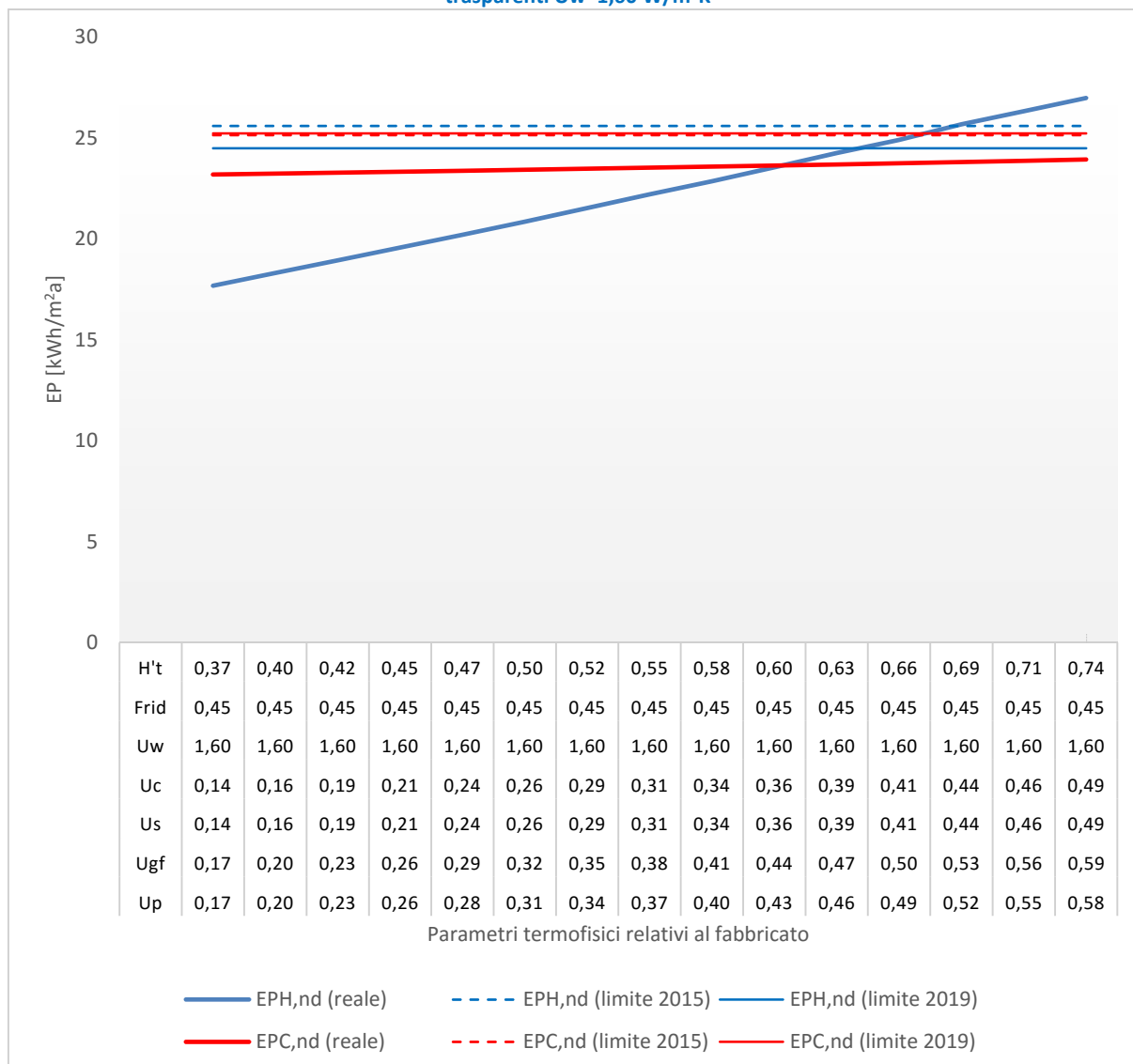


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,144	0,538	0,144	0,494
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,144	0,549	0,144	0,504
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,120	0,454	0,120	0,417
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,454	0,120	0,417
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,331	0,685	0,331	0,642
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,014	0,014	0,014	0,014
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	16,565	25,514	16,565	24,422
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,340	23,988	23,340	23,901
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 69 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

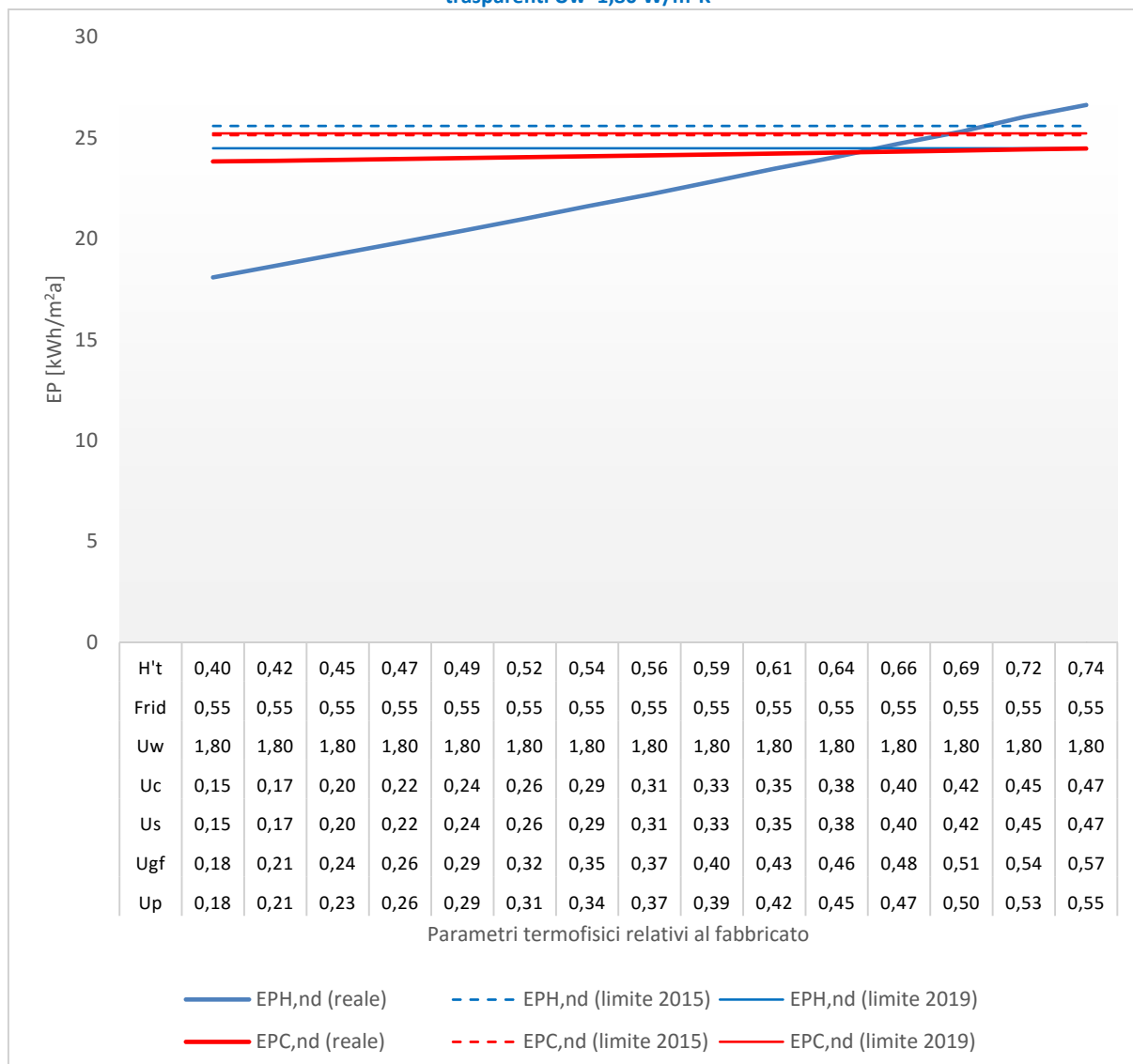


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,168	0,514	0,168	0,468
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,168	0,525	0,168	0,478
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,140	0,434	0,140	0,395
U - Copertura	W/m²K	0,140	0,434	0,140	0,395
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	1,600	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,372	0,684	0,372	0,639
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,014	0,014	0,014	0,014
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,672	25,573	17,672	24,431
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,179	23,771	23,179	23,691
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 70 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

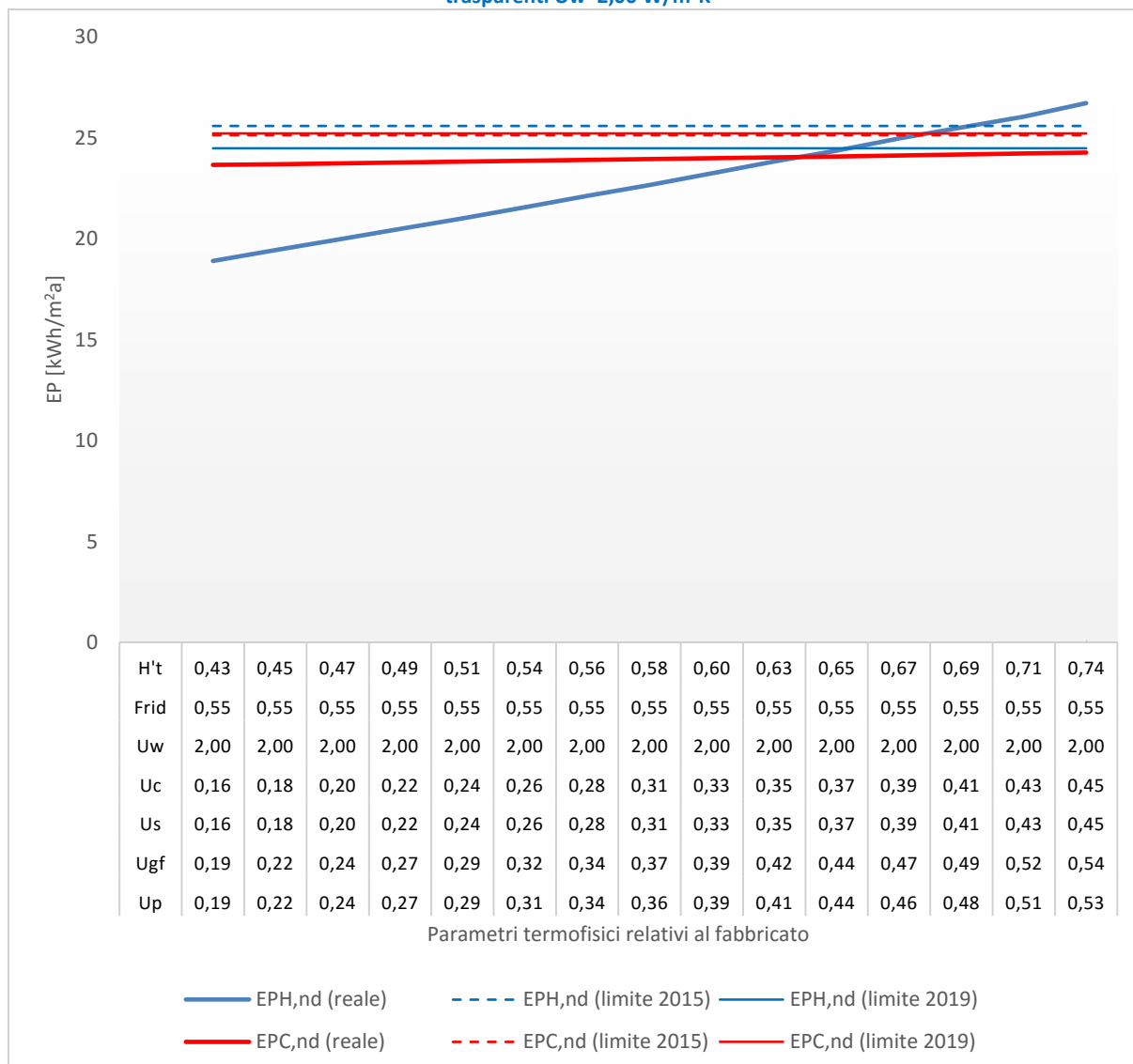


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,180	0,509	0,180	0,463
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,180	0,520	0,180	0,472
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,150	0,430	0,150	0,391
U - Copertura	W/m²K	0,150	0,430	0,150	0,391
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
H'_T	W/m²K	0,401	0,694	0,401	0,654
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,018	0,018	0,018	0,018
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	18,083	25,472	18,083	24,459
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,822	24,383	23,822	24,294
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 71 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

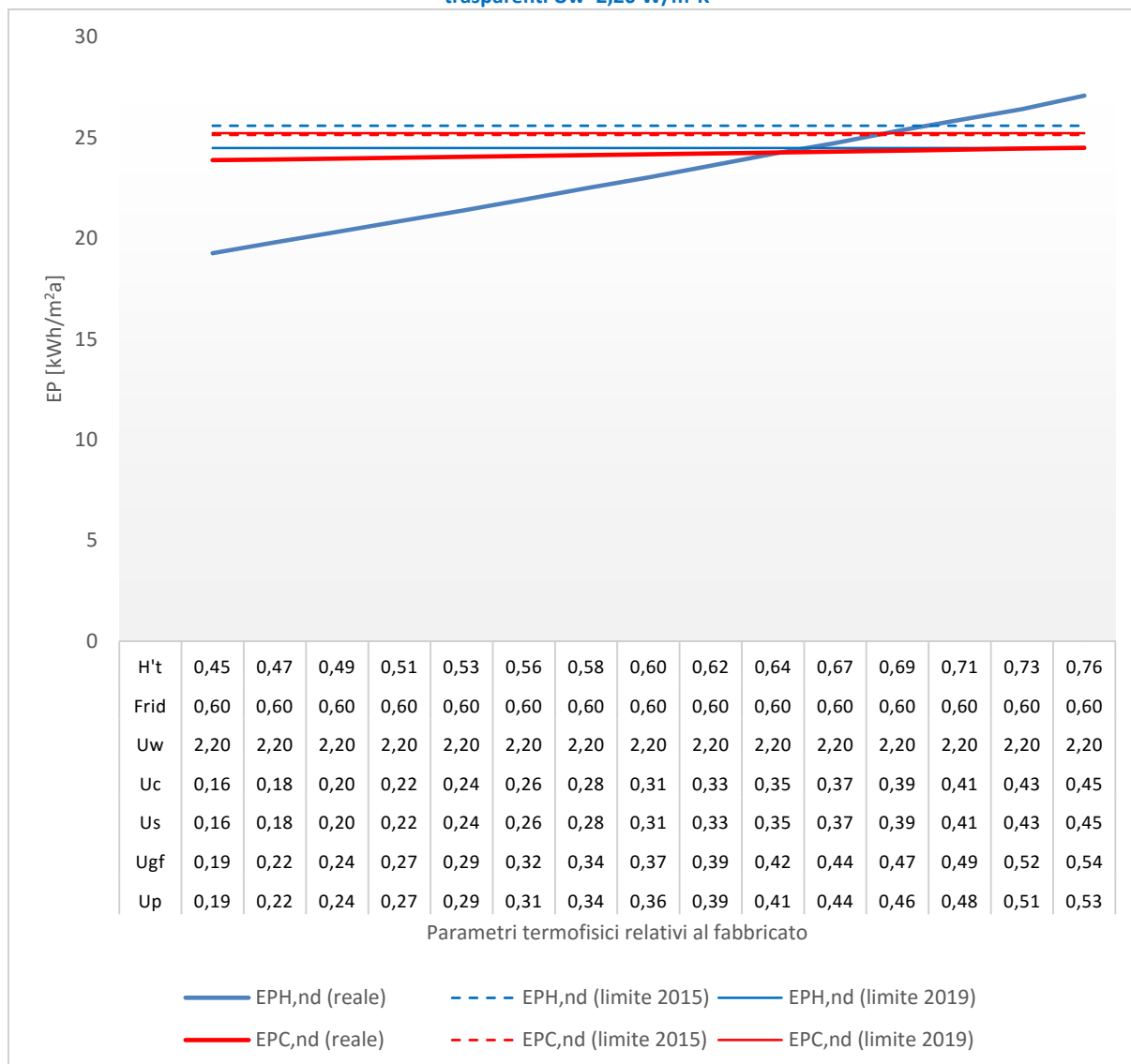


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,488	0,192	0,439
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,498	0,192	0,448
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,412	0,160	0,370
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,412	0,160	0,370
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
H'_T	W/m²K	0,431	0,695	0,431	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,018	0,018	0,018	0,018
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	18,901	25,586	18,901	24,442
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,656	24,184	23,656	24,080
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 72 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

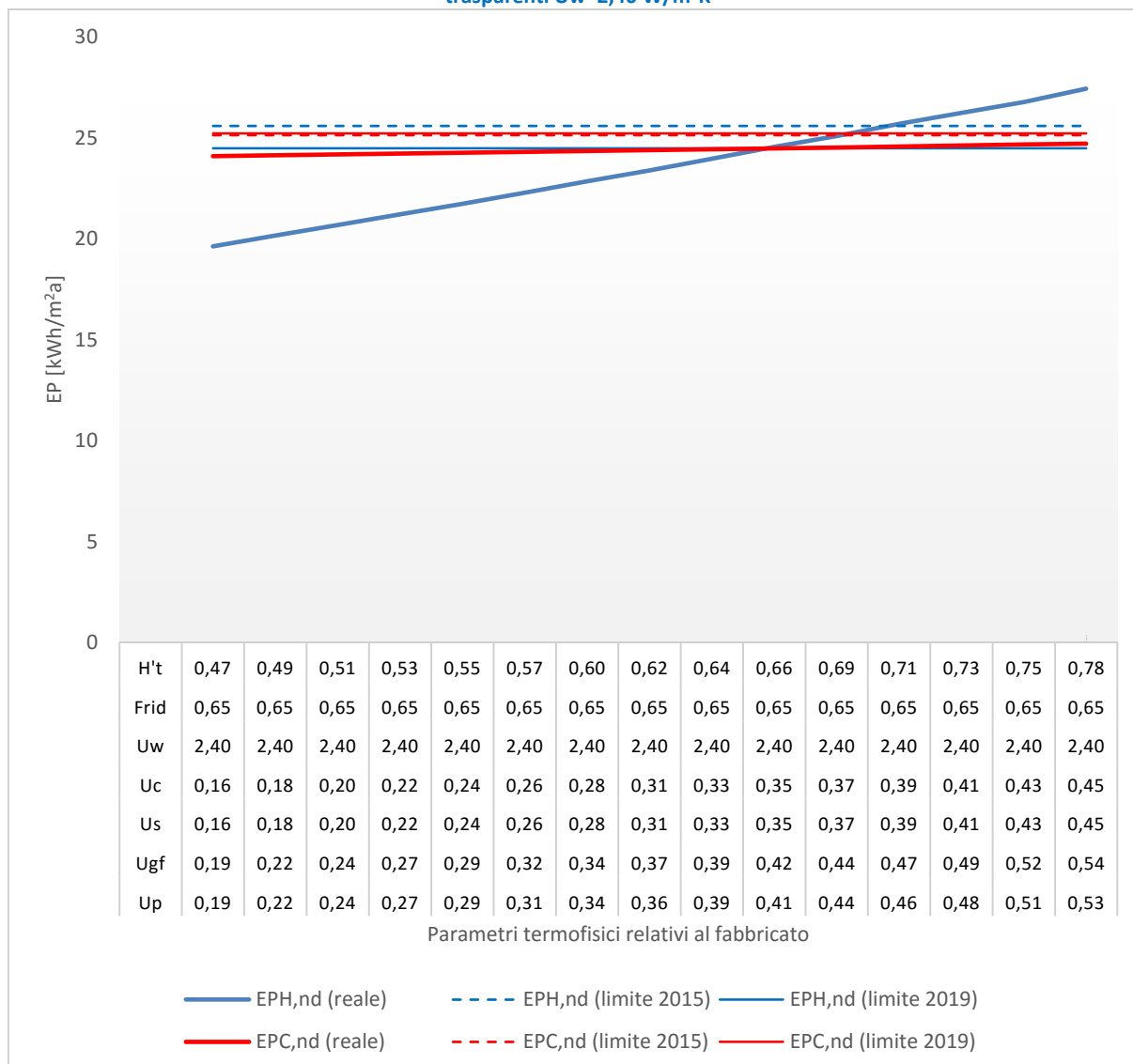


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,470	0,192	0,422
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,480	0,192	0,430
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,397	0,160	0,355
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,397	0,160	0,355
U - Serramenti	W/m²K	2,200	2,200	2,200	2,200
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,600	0,600	0,600	0,600
H'_T	W/m²K	0,450	0,699	0,450	0,654
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,019	0,019	0,019	0,019
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,262	25,559	19,262	24,418
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,878	24,364	23,878	24,274
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 73 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

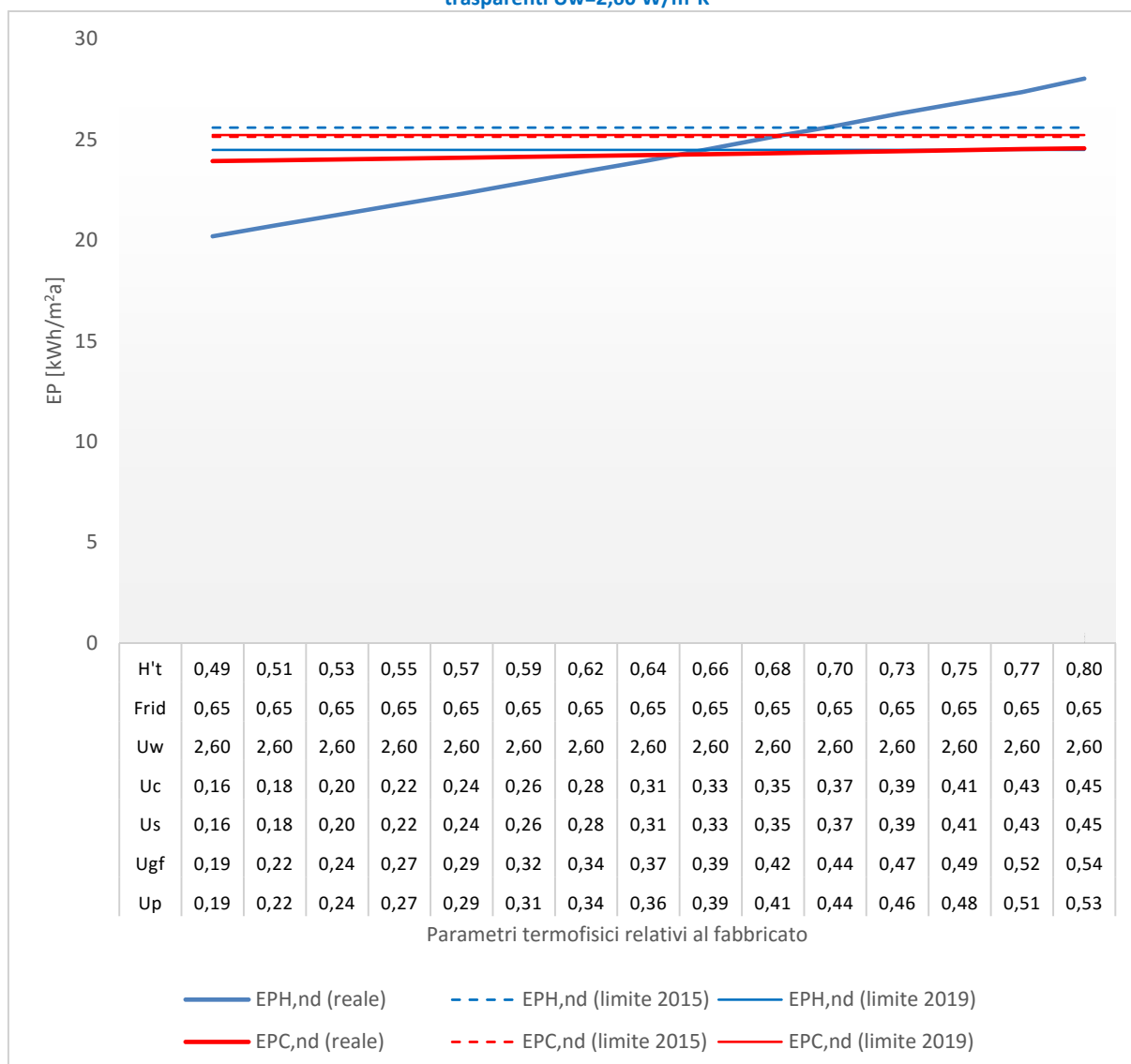


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,453	0,192	0,408
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,462	0,192	0,415
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,382	0,160	0,344
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,382	0,160	0,344
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400	2,400	2,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
H'_T	W/m²K	0,469	0,703	0,469	0,661
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,021	0,021	0,021
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,623	25,538	19,623	24,472
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	24,090	24,554	24,090	24,464
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 74 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

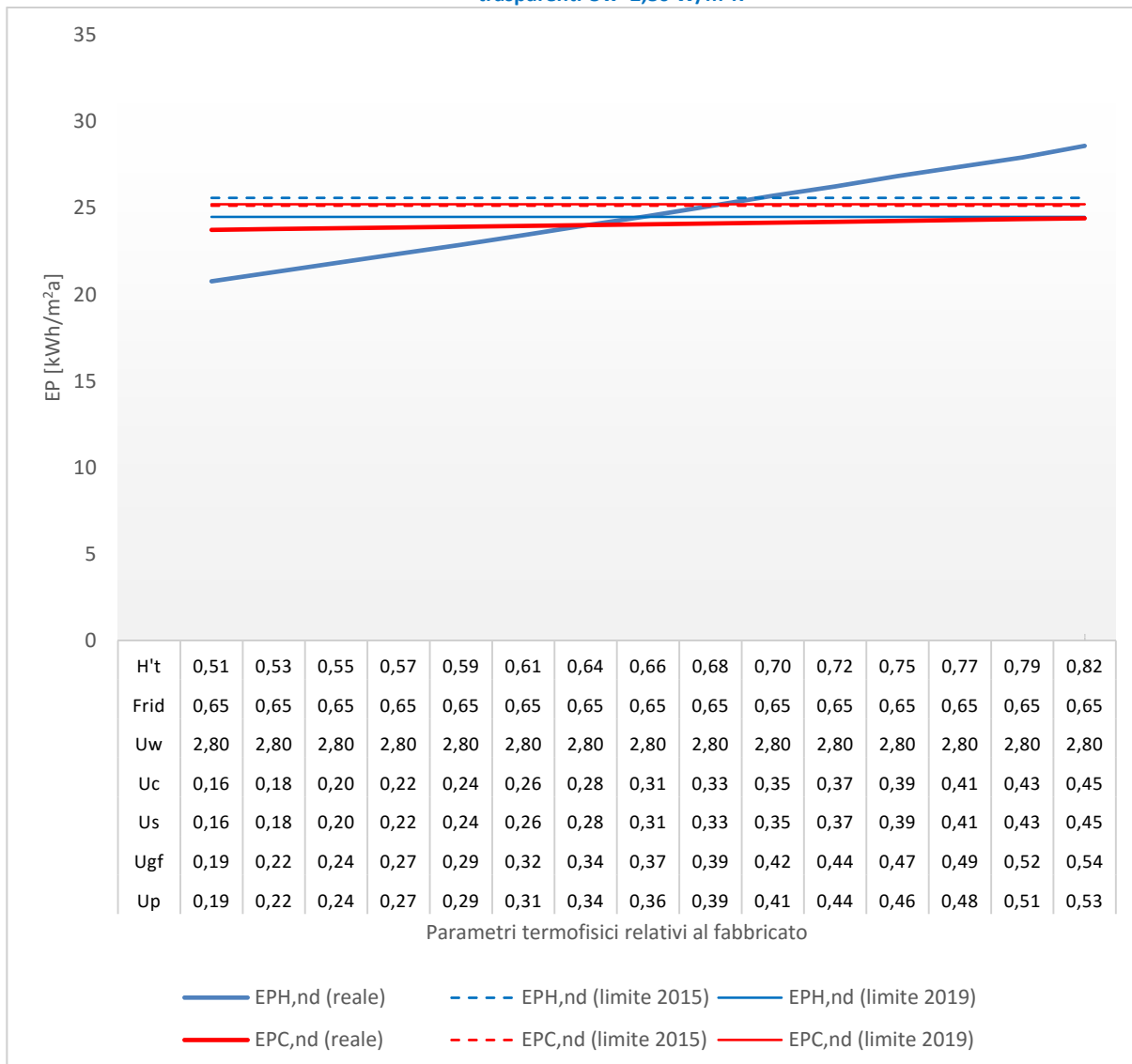


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,432	0,192	0,383
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,440	0,192	0,390
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,364	0,160	0,323
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,364	0,160	0,323
U - Serramenti	W/m²K	2,600	2,600	2,600	2,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
H'_T	W/m²K	0,489	0,702	0,489	0,657
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,021	0,021	0,021
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	20,192	25,586	20,192	24,459
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,916	24,351	23,916	24,247
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 75 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

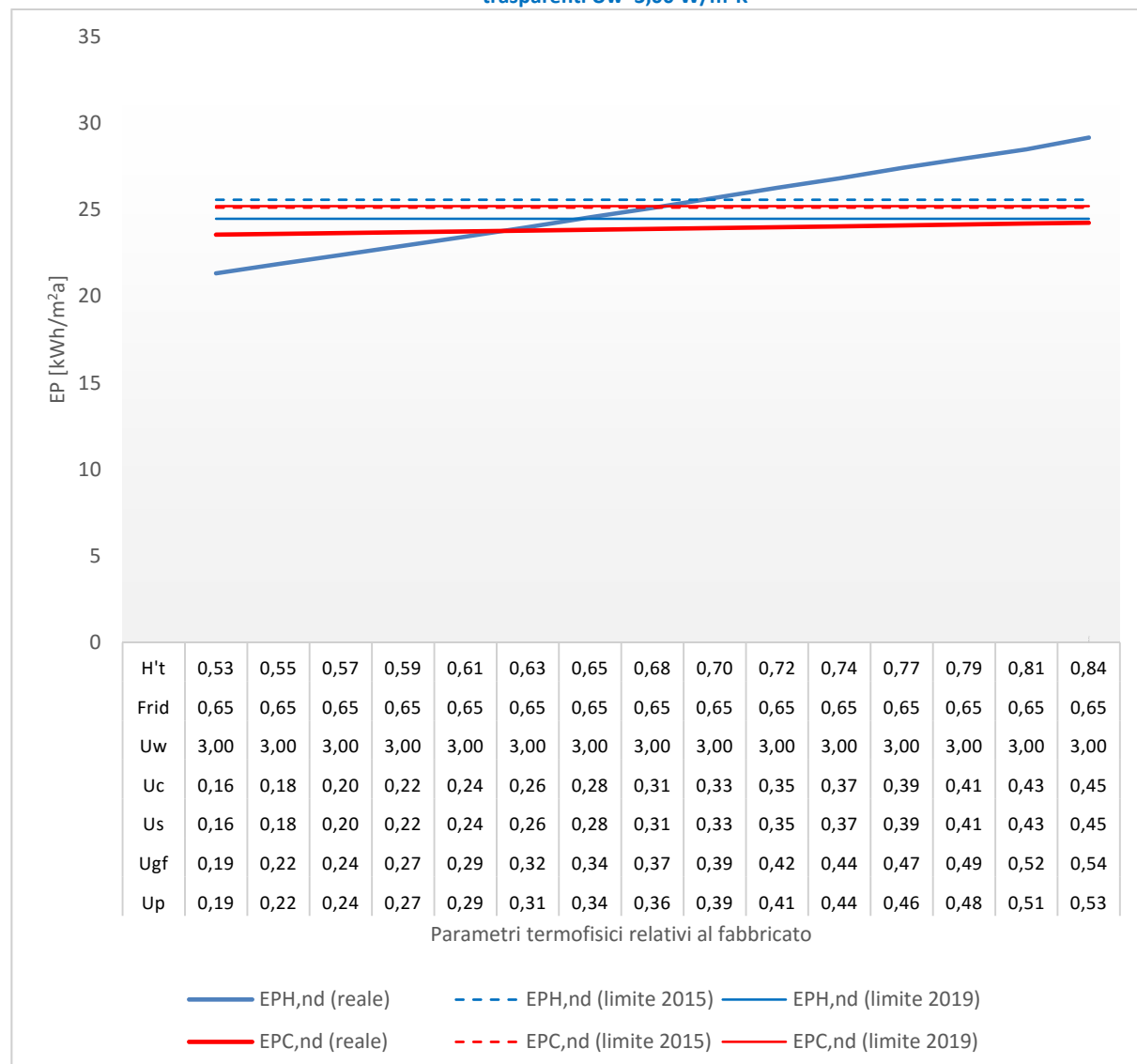


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,404	0,192	0,359
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,412	0,192	0,365
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,341	0,160	0,302
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,341	0,160	0,302
U - Serramenti	W/m²K	2,800	2,800	2,800	2,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
H'_T	W/m²K	0,508	0,695	0,508	0,654
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,021	0,021	0,021
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	20,762	25,496	20,762	24,454
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,734	24,140	23,734	24,044
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 76 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

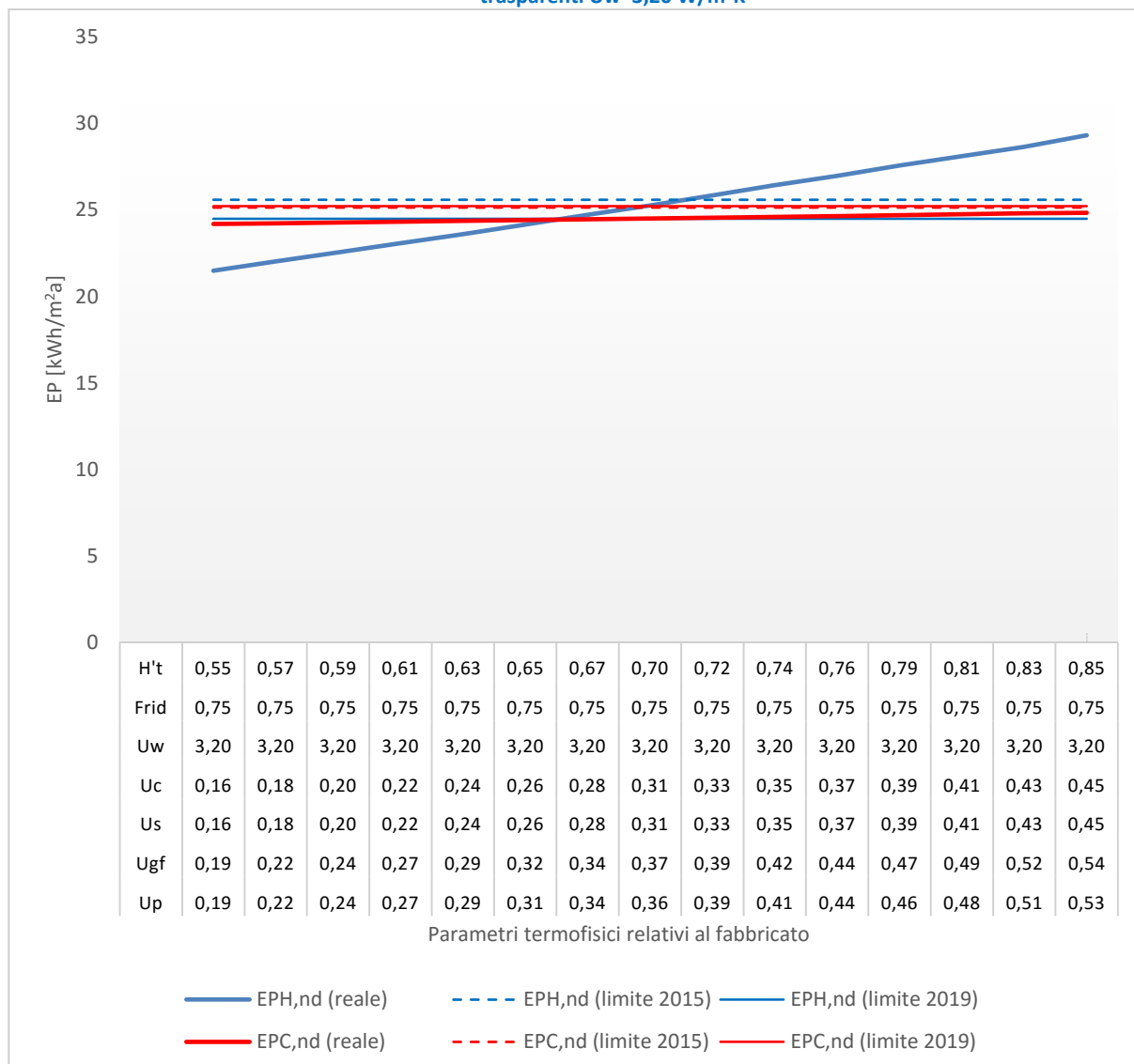


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,19	0,38	0,19	0,33
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,19	0,39	0,19	0,34
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,16	0,32	0,16	0,28
U - Copertura	W/m²K	0,16	0,32	0,16	0,28
U - Serramenti	W/m²K	3,00	3,00	3,00	3,00
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,65	0,65	0,65	0,65
H'_T	W/m²K	0,53	0,69	0,53	0,65
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,02	0,02	0,02	0,02
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	21,33	25,53	21,33	24,46
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,59	25,59	24,48	24,48
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	23,56	23,92	23,56	23,84
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,13	25,13	25,22	25,22

Figura 77 – Edificio ad uso scolastico – Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,373	0,192	0,328
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,379	0,192	0,332
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,314	0,160	0,275
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,314	0,160	0,275
U - Serramenti	W/m²K	3,200	3,200	3,200	3,200
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
H'_T	W/m²K	0,546	0,706	0,546	0,664
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,024	0,024	0,024	0,024
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	21,485	25,525	21,485	24,455
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,586	25,586	24,481	24,481
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	24,189	24,520	24,189	24,427
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,132	25,132	25,218	25,218

Figura 78 – Edificio ad uso scolastico – Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,230		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,232		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,193		
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,193		
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,331		
$g_{gl}+sh/g_{gl}$	-	0,100	0,199		
H'_T	W/m²K	0,344	0,399		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,004	0,007		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	38,573	40,233		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	15,788	16,333		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391		

Figura 79 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,293	0,192	0,251
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,296	0,192	0,253
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,246	0,160	0,210
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,246	0,160	0,210
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,709	1,100	1,457
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
H'_T	W/m²K	0,344	0,489	0,344	0,430
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,023	0,023	0,023	0,023
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	33,281	40,296	33,281	37,349
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311	37,562	37,562
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,763	19,242	19,763	19,445
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391	20,523	20,523

Figura 80 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,331	0,192	0,262
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,336	0,192	0,264
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,278	0,160	0,219
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,278	0,160	0,219
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
H'_T	W/m²K	0,373	0,494	0,373	0,433
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,023	0,023	0,023	0,023
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	34,798	40,287	34,798	37,451
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311	37,562	37,562
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,479	19,557	19,479	19,506
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391	20,523	20,523

Figura 81 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

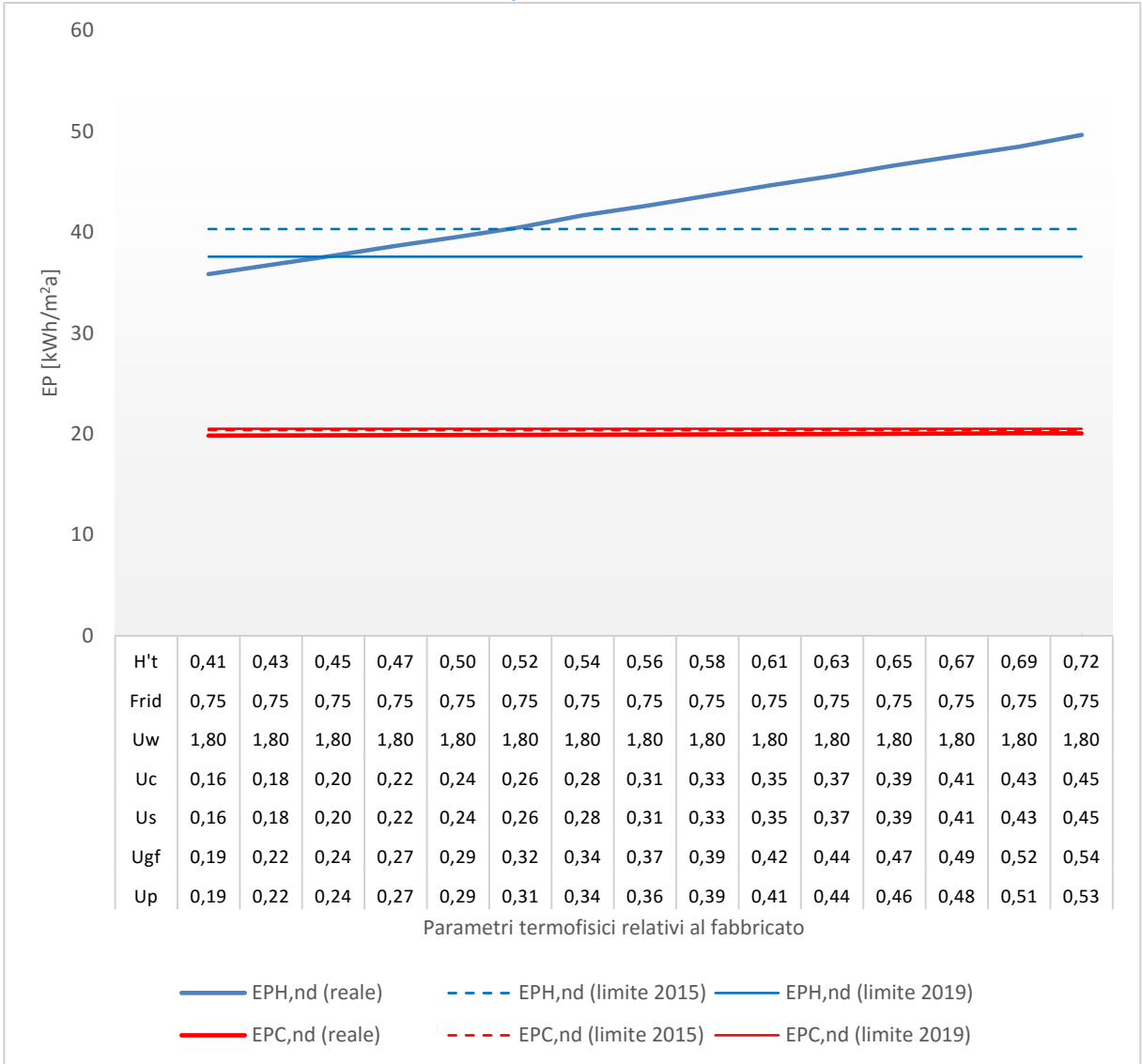


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,331	0,192	0,262
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,336	0,192	0,264
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,278	0,160	0,219
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,278	0,160	0,219
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	1,600	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
H'_T	W/m²K	0,392	0,513	0,392	0,452
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,027	0,027	0,027	0,027
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	34,833	40,183	34,833	37,479
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311	37,562	37,562
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	20,029	20,094	20,029	20,049
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391	20,523	20,523

Figura 82 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,307	0,192	0,237
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,311	0,192	0,239
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,258	0,160	0,198
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,258	0,160	0,198
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
H'_T	W/m²K	0,411	0,510	0,411	0,451
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,027	0,027	0,027	0,027
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	35,843	40,195	35,843	37,540
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311	37,562	37,562
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,826	19,901	19,826	19,849
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391	20,523	20,523

Figura 83 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,279	0,192	0,209
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,282	0,192	0,210
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,234	0,160	0,175
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,234	0,160	0,175
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
H'_T	W/m²K	0,431	0,505	0,431	0,446
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,027	0,027	0,027	0,027
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	36,802	40,108	36,802	37,514
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311	37,562	37,562
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,635	19,710	19,635	19,648
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391	20,523	20,523

Figura 84 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,269	0,192	0,195
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,271	0,192	0,196
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,225	0,160	0,163
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,225	0,160	0,163
U - Serramenti	W/m²K	2,200	2,200	2,200	2,200
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800	0,800	0,800
H'_T	W/m²K	0,450	0,516	0,450	0,453
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	37,326	40,255	37,326	37,457
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311	37,562	37,562
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,821	19,878	19,821	19,824
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391	20,523	20,523

Figura 85 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,237		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,239		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,198		
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,198		
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800		
H'_T	W/m²K	0,469	0,508		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	38,343	40,049		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,634	19,658		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391		

Figura 86 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,230		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,232		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,193		
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,193		
U - Serramenti	W/m²K	2,600	2,600		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,850	0,850		
H'_T	W/m²K	0,489	0,522		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,031	0,031		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	38,869	40,311		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	19,813	19,839		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391		

Figura 87 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,90$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

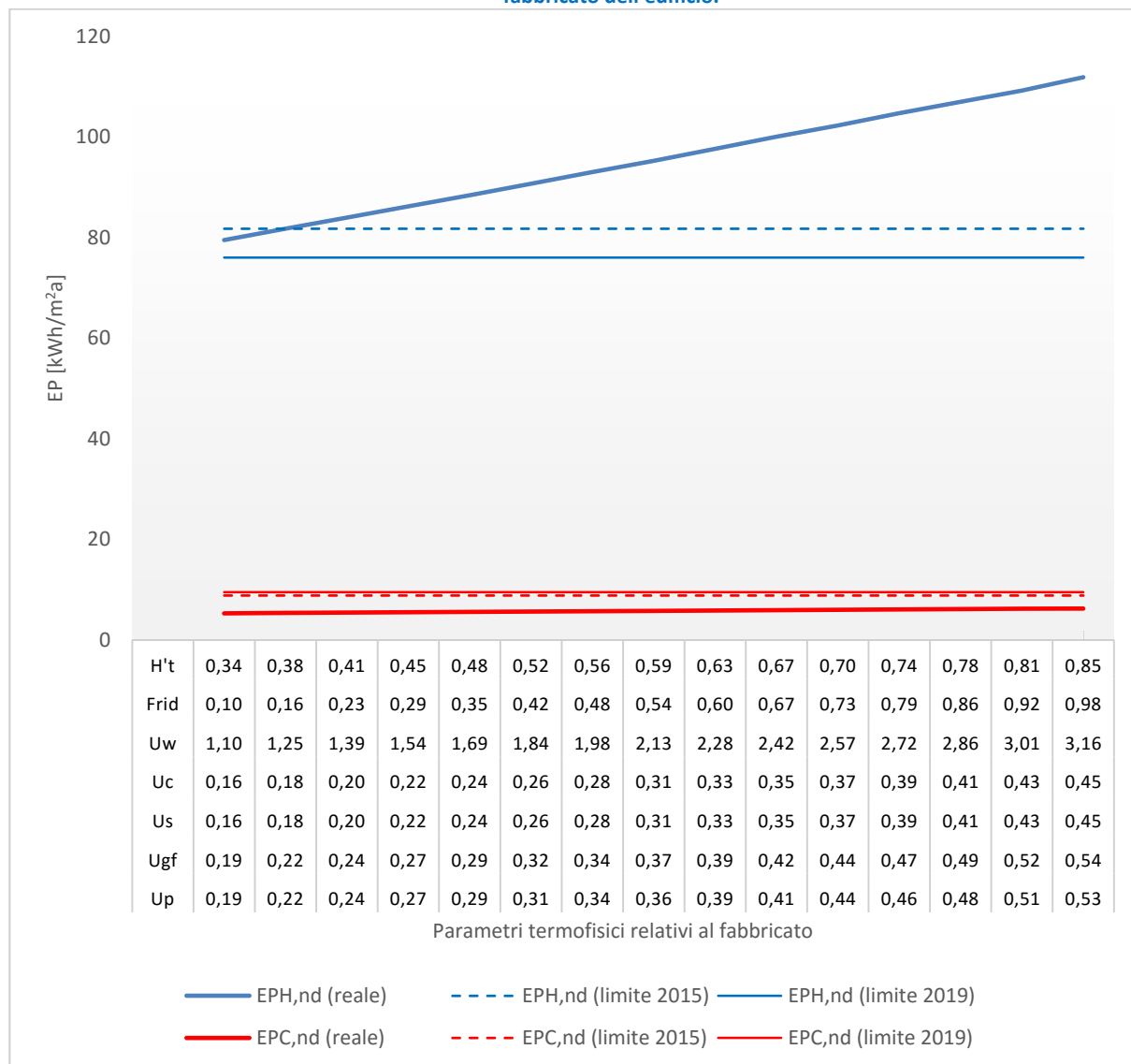


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,213		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,214		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,178		
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,178		
U - Serramenti	W/m²K	2,800	2,800		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,900	0,900		
H'_T	W/m²K	0,508	0,526		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,032	0,032		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	39,397	40,182		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	40,311	40,311		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	20,000	20,009		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	20,391	20,391		

Figura 88 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,216		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,217		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,181		
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,181		
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,247		
$g_{gl}+sh/g_{gl}$	-	0,100	0,163		
H'_T	W/m²K	0,344	0,379		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,003	0,005		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	79,518	81,755		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	81,769	81,769		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	5,268	5,339		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	8,840	8,840		

Figura 89 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,60$

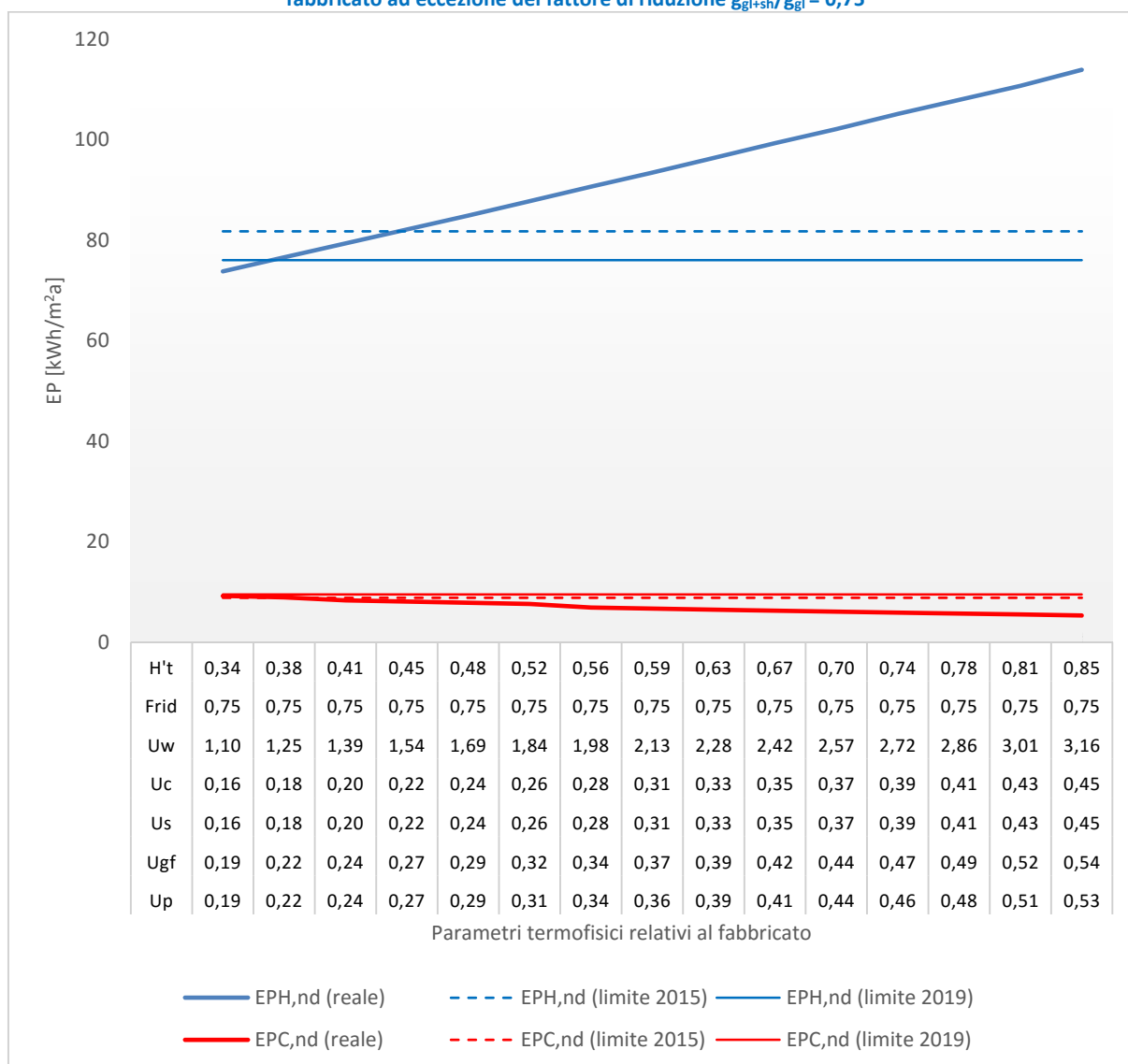


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,248	0,192	0,199
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,250	0,192	0,199
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,207	0,160	0,166
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,207	0,160	0,166
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,436	1,100	1,142
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,600	0,600	0,600	0,600
H'_T	W/m²K	0,344	0,425	0,344	0,354
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,020	0,020	0,020	0,020
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	75,094	81,470	75,094	75,894
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	81,769	81,769	76,016	76,016
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	8,357	7,472	8,357	7,976
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	8,840	8,840	9,498	9,498

Figura 90 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$

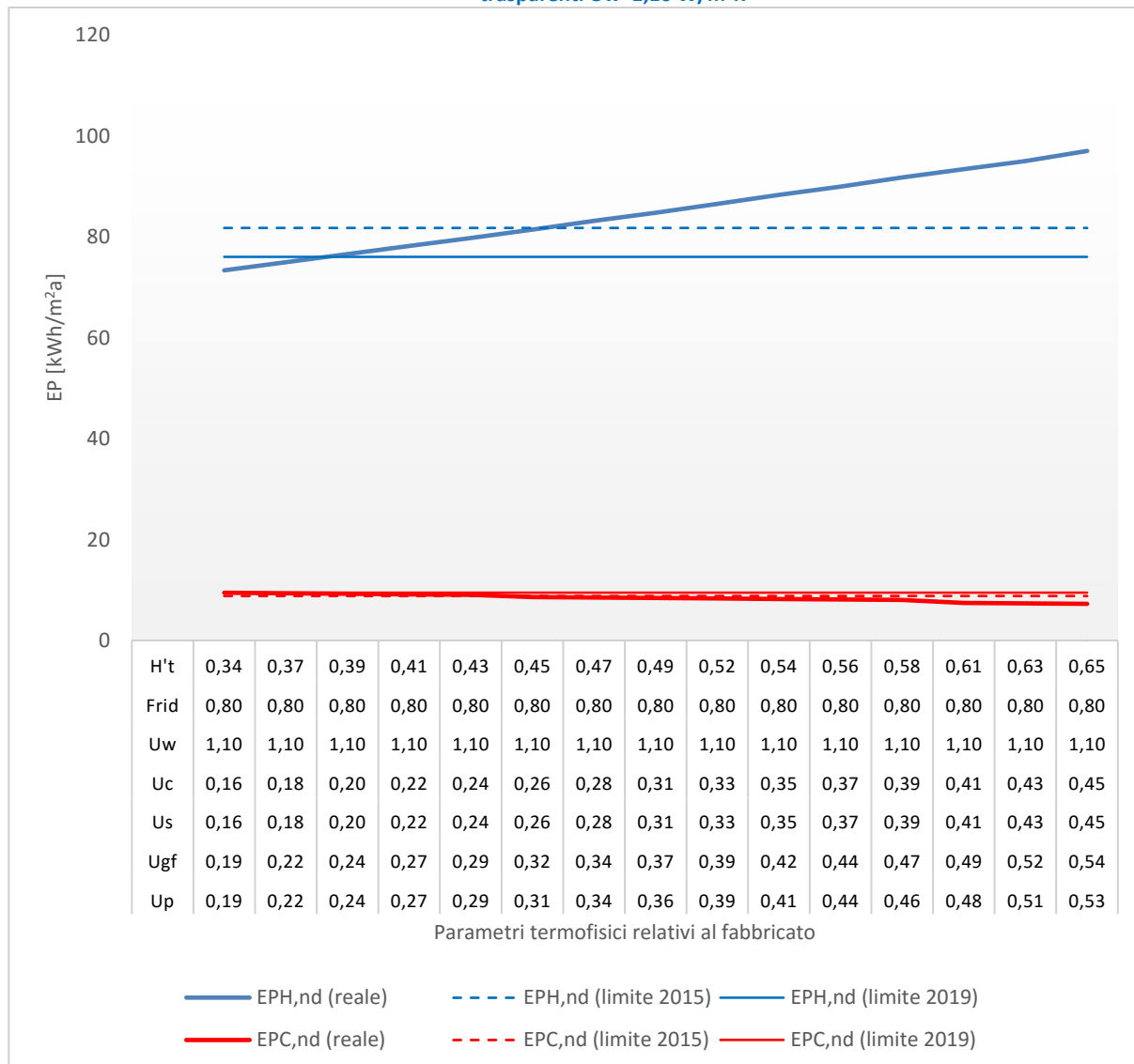


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,223	0,262	0,192	0,209
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,224	0,264	0,192	0,210
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,187	0,219	0,160	0,175
U - Copertura	W/m²K	0,187	0,219	0,160	0,175
U - Serramenti	W/m²K	1,289	1,520	1,100	1,205
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
H'_T	W/m²K	0,389	0,444	0,344	0,369
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,025	0,025	0,025	0,025
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	77,381	81,725	73,787	75,785
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	81,769	81,769	76,016	76,016
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	8,822	8,093	9,182	8,966
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	8,840	8,840	9,498	9,498

Figura 91 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

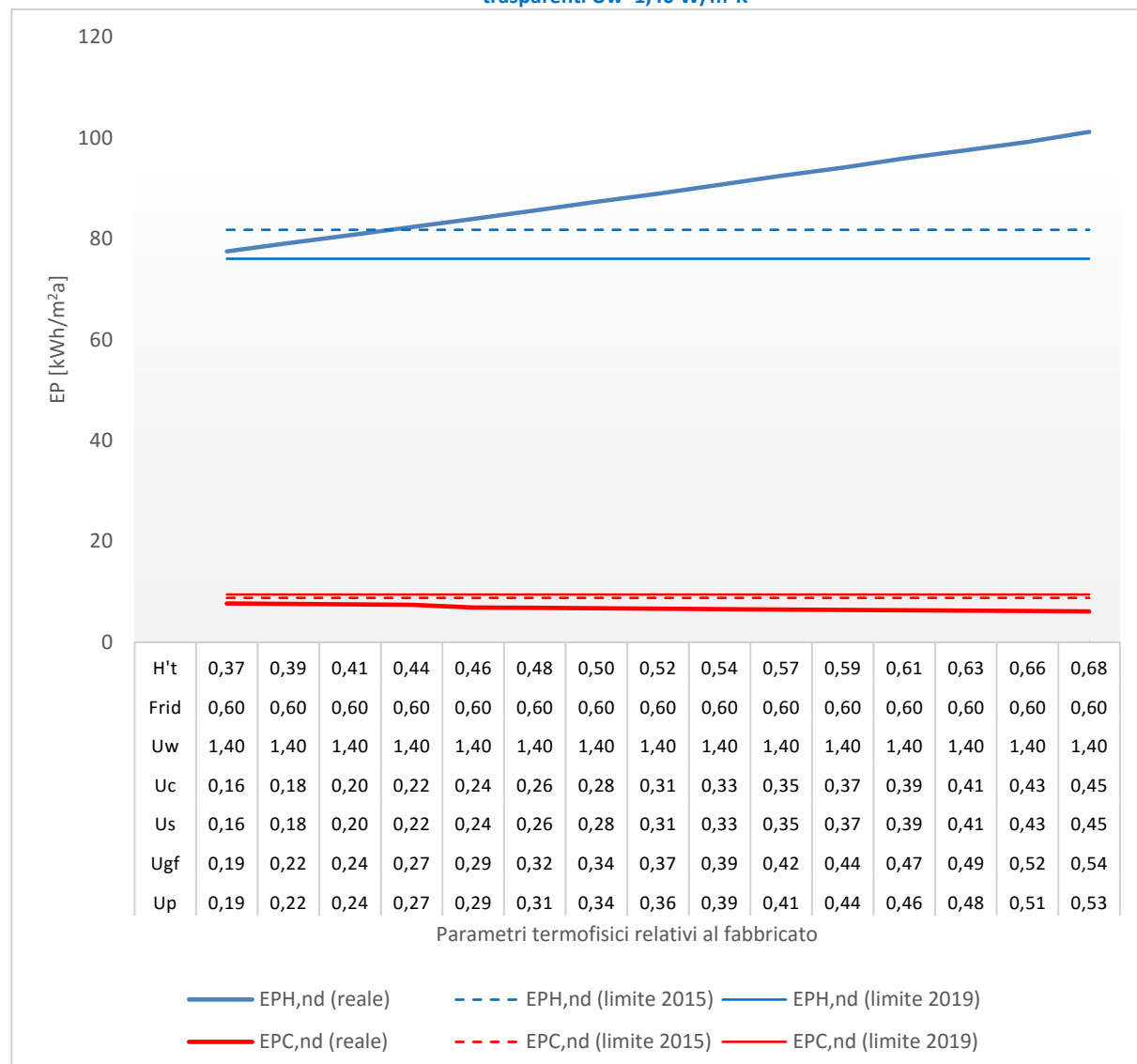


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K	0,303	0,317	0,192	0,230
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,307	0,322	0,192	0,232
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,255	0,267	0,160	0,193
U - Copertura	W/m ² K	0,255	0,267	0,160	0,193
U - Serramenti	W/m ² K	1,100	1,100	1,100	1,100
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800	0,800	0,800
H'_T	W/m ² K	0,440	0,453	0,344	0,377
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,027	0,027	0,027	0,027
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	80,691	81,669	73,354	75,888
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	81,769	81,769	76,016	76,016
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	8,684	8,616	9,477	9,304
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	8,840	8,840	9,498	9,498

Figura 92 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,60$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

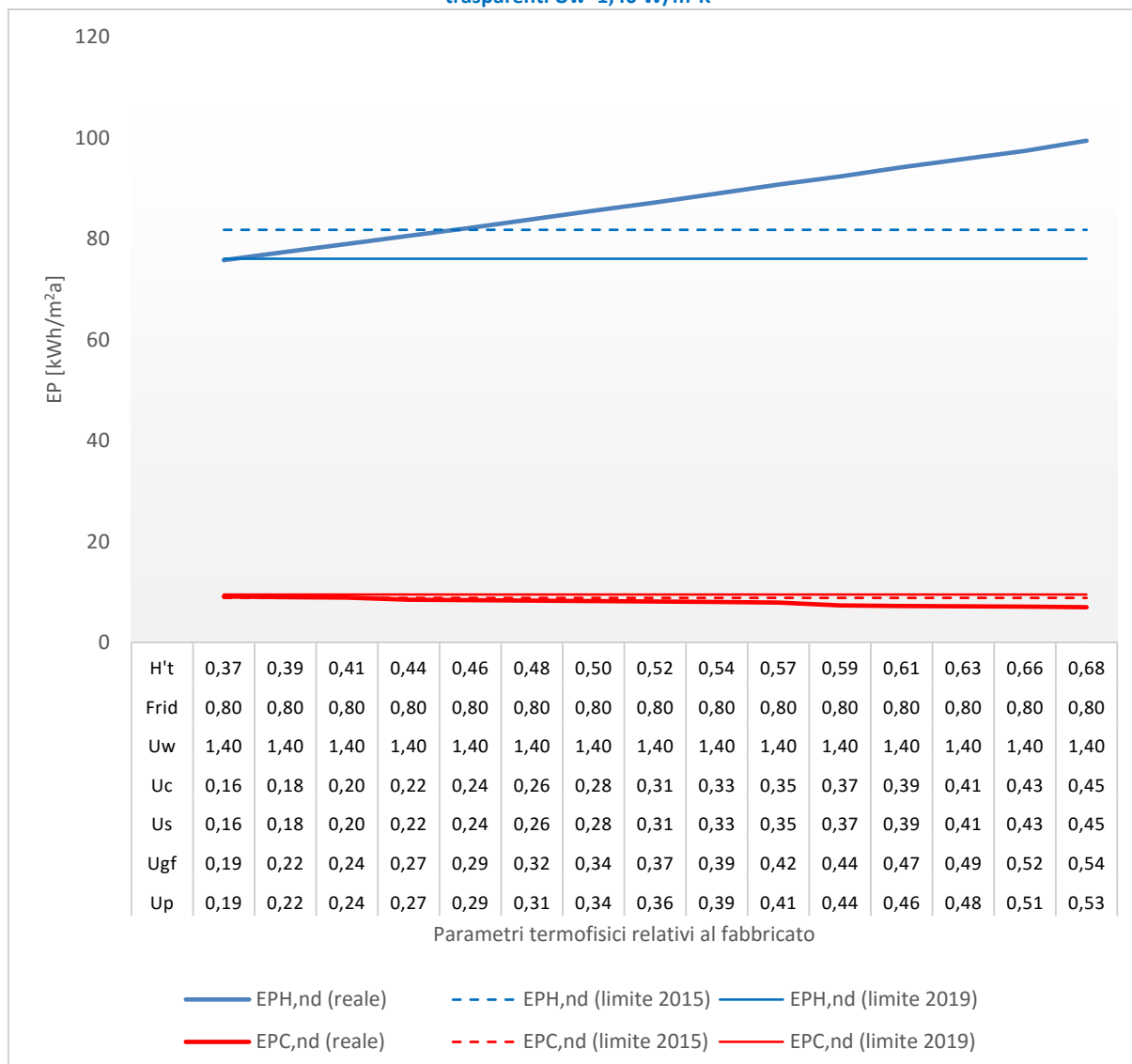


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,192	0,255		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,192	0,257		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,160	0,213		
U - Copertura	W/m²K	0,160	0,213		
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,600	0,600		
H'_T	W/m²K	0,373	0,427		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,020	0,020		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	77,489	81,614		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	81,769	81,769		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	7,708	7,490		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	8,840	8,840		

Figura 93 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,248	0,282	0,192	0,195
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,250	0,286	0,192	0,196
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,207	0,237	0,160	0,163
U - Copertura	W/m²K	0,207	0,237	0,160	0,163
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800	0,800	0,800
H'_T	W/m²K	0,421	0,451	0,373	0,376
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,027	0,027	0,027	0,027
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	79,438	81,700	75,747	75,979
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	81,769	81,769	76,016	76,016
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	8,548	8,416	9,101	9,071
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	8,840	8,840	9,498	9,498

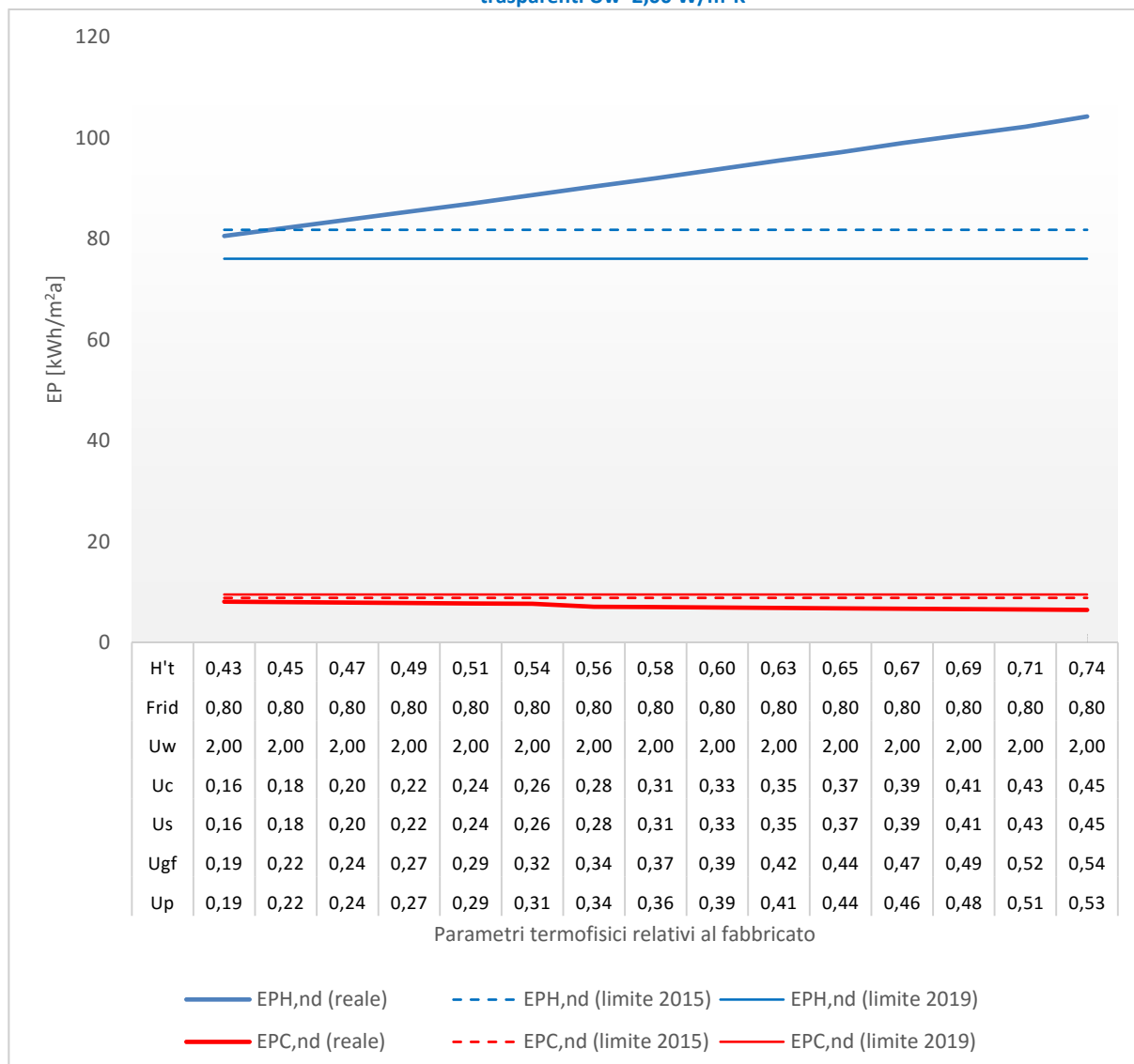
Figura 94 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,265	0,276		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,268	0,278		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,222	0,231		
U - Copertura	W/m²K	0,222	0,231		
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800		
H't	W/m²K	0,449	0,459		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,027	0,027		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	85,47	86,28		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	86,50	86,50		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	5,18	5,10		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	5,19	5,19		

Figura 95 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,80$ e della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K	0,192	0,209		
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,192	0,210		
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,160	0,175		
U - Copertura	W/m ² K	0,160	0,175		
U - Serramenti	W/m ² K	2,000	2,000		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800		
H'_T	W/m ² K	0,431	0,446		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,027	0,027		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	80,534	81,695		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	81,769	81,769		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	8,078	8,005		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	8,840	8,840		

Tabella 79 – Edificio ad uso scolastico - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Località Palermo. Limite temporale 2015

[illegible]

Tabella 80 – Edificio ad uso scolastico - Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Località Palermo.

2015	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8	sol.9	sol.10	sol.11	sol.12	sol.13	sol.14	sol.15	sol.16	sol.17	sol.18
U - Parete	-1,65%	-17,12%	-13,25%	-10,93%	-8,61%	-6,29%	-3,20%	-0,88%	19,48%	14,25%	13,10%	8,40%	4,53%	0,67%	-3,97%	-10,16%	-15,57%	-17,12%
U - Solaio contro terra	-1,91%	-17,57%	-13,65%	-11,30%	-8,96%	-6,61%	-3,48%	-1,13%	19,35%	14,11%	12,98%	8,26%	4,35%	0,43%	-4,26%	-10,52%	-16,00%	-17,57%
U - Solaio verso esterno (PT)	-1,81%	-17,39%	-13,49%	-11,16%	-8,82%	-6,48%	-3,37%	-1,03%	19,40%	14,16%	13,03%	8,32%	4,42%	0,53%	-4,15%	-10,38%	-15,83%	-17,39%
U - Copertura	-1,81%	-17,39%	-13,49%	-11,16%	-8,82%	-6,48%	-3,37%	-1,03%	19,40%	14,16%	13,03%	8,32%	4,42%	0,53%	-4,15%	-10,38%	-15,83%	-17,39%
U - Serramenti	-18,38%	-31,50%	-28,22%	-26,25%	-24,28%	-22,31%	-19,69%	-17,72%	-56,25%	-50,00%	-43,75%	-37,50%	-31,25%	-25,00%	-18,75%	-12,50%	-6,25%	0,00%
ggl+hsh/ggl	113,71%	-71,43%	-28,57%	0,00%	28,57%	57,14%	85,71%	114,29%	28,57%	28,57%	57,14%	57,14%	71,43%	85,71%	85,71%	85,71%	85,71%	114,29%
EP _{h,nd}	-0,61%	-0,39%	-0,35%	-0,48%	-0,40%	-0,49%	-0,04%	-0,11%	-0,28%	-0,05%	-0,44%	0,00%	-0,11%	-0,19%	0,00%	-0,35%	-0,20%	-0,24%
EP _{ext}	-0,07%	-18,75%	-14,52%	-11,63%	-8,74%	-5,87%	-2,99%	-0,08%	-4,55%	-5,42%	-2,98%	-3,77%	-3,06%	-2,30%	-3,11%	-2,98%	-4,82%	-2,44%

Tabella 81 – Edificio ad uso scolastico - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Località Palermo. Limite temporale 2019

[illegible]

Tabella 82 – Edificio ad uso scolastico. Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Località Palermo. Limite temporale 2019

2019	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8	sol.9	sol.10	sol.11	sol.12	sol.13	sol.14	sol.15	sol.16	sol.17	sol.18
U - Parete	-5,17%	-18,93%	-15,69%	-13,27%	-10,03%	-7,60%	-5,17%	-2,74%	14,87%	8,89%	7,69%	2,11%	-1,93%	-5,17%	-10,84%	-16,50%	-22,17%	-23,79%
U - Solaio contro terra	-5,64%	-19,55%	-16,27%	-13,82%	-10,55%	-8,09%	-5,64%	-3,18%	14,55%	8,55%	7,34%	1,73%	-2,36%	-5,64%	-11,36%	-17,09%	-22,82%	-24,45%
U - Solaio verso esterno (PT)	-1,85%	-16,23%	-12,85%	-10,31%	-6,93%	-4,39%	-1,85%	0,69%	19,04%	12,82%	11,57%	5,76%	1,53%	-1,85%	-7,77%	-13,69%	-19,61%	-21,30%
U - Copertura	-1,85%	-16,23%	-12,85%	-10,31%	-6,93%	-4,39%	-1,85%	0,69%	19,04%	12,82%	11,57%	5,76%	1,53%	-1,85%	-7,77%	-13,69%	-19,61%	-21,30%
g _{gl+sh} /g _{gl}	-19,93%	-31,83%	-29,03%	-26,93%	-24,13%	-22,03%	-19,93%	-17,83%	-53,33%	-46,67%	-40,00%	-33,33%	-26,67%	-20,00%	-13,33%	-6,67%	0,00%	6,67%
U - Serramenti	88,00%	-71,43%	-28,57%	0,00%	28,57%	57,14%	85,71%	114,29%	28,57%	28,57%	57,14%	57,14%	71,43%	85,71%	85,71%	85,71%	85,71%	114,29%
EP _{H,nd}	-0,16%	-0,03%	-0,55%	-0,50%	-0,05%	-0,15%	-0,02%	-0,08%	-0,24%	-0,21%	-0,09%	-0,16%	-0,26%	-0,04%	-0,09%	-0,11%	-0,08%	-0,11%
EP _{C,nd}	-2,72%	-18,86%	-14,55%	-11,66%	-8,87%	-5,93%	-3,00%	-0,08%	-5,22%	-6,05%	-3,66%	-4,51%	-3,74%	-2,99%	-3,85%	-4,66%	-5,47%	-3,13%

Tabella 83 – Edificio ad uso scolastico - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Località Roma. Limite temporale 2015

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8	sol.9	sol.10
U - Parete	W/m ² K	0,192	0,293	0,331	0,331	0,307	0,279	0,269	0,237	0,230	0,213
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,192	0,296	0,336	0,336	0,311	0,282	0,271	0,239	0,232	0,214
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,160	0,246	0,278	0,278	0,258	0,234	0,225	0,198	0,193	0,178
U - Copertura	W/m ² K	0,160	0,246	0,278	0,278	0,258	0,234	0,225	0,198	0,193	0,178
U - Serramenti	W/m ² K	1,100	1,709	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800
g _{gl+sh} /g _{gl}	-	0,100	0,650	0,650	0,750	0,750	0,750	0,800	0,800	0,850	0,900
H' _T	W/m ² K	0,344	0,489	0,494	0,513	0,510	0,505	0,516	0,508	0,522	0,526
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m ² /m ²	0,004	0,023	0,023	0,027	0,027	0,027	0,029	0,029	0,031	0,032
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	38,573	40,296	40,287	40,183	40,195	40,108	40,255	40,049	40,311	40,182
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	15,788	19,242	19,557	20,094	19,901	19,710	19,878	19,658	19,839	20,009
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	20,391	20,391	20,391	20,391	20,391	20,391	20,391	20,391	20,391	20,391

Tabella 84 – Edificio ad uso scolastico - Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Località Roma. Limite temporale 2015

2015	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8	sol.9	sol.10
U - Parete	-43,53%	-13,85%	-2,59%	-2,59%	-9,75%	-17,94%	-21,01%	-30,22%	-32,27%	-37,39%
U - Solaio contro terra	-40,00%	-7,38%	5,00%	5,00%	-2,88%	-11,88%	-15,25%	-25,38%	-27,63%	-33,25%
U - Solaio verso esterno (PT)	-46,67%	-18,05%	-7,20%	-7,20%	-14,11%	-22,00%	-24,96%	-33,84%	-35,81%	-40,75%
U - Copertura	-46,67%	-18,05%	-7,20%	-7,20%	-14,11%	-22,00%	-24,96%	-33,84%	-35,81%	-40,75%
U - Serramenti	-45,00%	-14,55%	-30,00%	-20,00%	-10,00%	0,00%	10,00%	20,00%	30,00%	40,00%
g _{gl+sh} /g _{gl}	-71,43%	85,71%	85,71%	114,29%	114,29%	114,29%	128,57%	128,57%	142,86%	157,14%
EP _{H,nd}	-4,31%	-0,04%	-0,06%	-0,32%	-0,29%	-0,50%	-0,14%	-0,65%	0,00%	-0,32%
EP _{C,nd}	-22,57%	-5,63%	-4,09%	-1,46%	-2,40%	-3,34%	-2,52%	-3,59%	-2,71%	-1,87%

Tabella 85 – Edificio ad uso scolastico - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Località Roma. Limite temporale 2019

2019	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8	sol.9	sol.10
U - Parete	W/m²K		0,251	0,262	0,262	0,237	0,209	0,195			
U - Solaio contro terra	W/m²K		0,253	0,264	0,264	0,239	0,210	0,196			
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K		0,210	0,219	0,219	0,198	0,175	0,163			
U - Copertura	W/m²K		0,210	0,219	0,219	0,198	0,175	0,163			
U - Serramenti	W/m²K		1,457	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200			
g_{gl+sh}/g_{gl}	-		0,650	0,650	0,750	0,750	0,750	0,800			
H'_T	W/m²K		0,430	0,433	0,452	0,451	0,446	0,453			
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²		0,023	0,023	0,027	0,027	0,027	0,029			
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a		37,349	37,451	37,479	37,540	37,514	37,457			
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a		37,562	37,562	37,562	37,562	37,562	37,562			
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a		19,445	19,506	20,049	19,849	19,648	19,824			
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a		20,523	20,523	20,523	20,523	20,523	20,523			

Tabella 86 – Edificio ad uso scolastico - Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Località Roma. Limite temporale 2019

2019	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8	sol.9	sol.10
U - Parete		-13,39%	-9,79%	-9,79%	-18,19%	-27,79%	-32,59%			
U - Solaio contro terra		-12,69%	-8,97%	-8,97%	-17,66%	-27,59%	-32,55%			
U - Solaio verso esterno (PT)		-19,11%	-15,69%	-15,69%	-23,66%	-32,77%	-37,32%			
U - Copertura		-19,11%	-15,69%	-15,69%	-23,66%	-32,77%	-37,32%			
U - Serramenti		-19,06%	-22,22%	-11,11%	0,00%	11,11%	22,22%			
g_{gl+sh}/g_{gl}		85,71%	85,71%	114,29%	114,29%	114,29%	128,57%			
EP _{H,nd}		-0,57%	-0,30%	-0,22%	-0,06%	-0,13%	-0,28%			
EP _{C,nd}		-5,25%	-4,96%	-2,31%	-3,29%	-4,27%	-3,41%			

Tabella 87 – Edificio ad uso scolastico - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Località Torino. Limite temporale 2015

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8
U - Parete	W/m²K	0,216	0,248	0,262	0,317	0,255	0,258	0,234	0,209
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,217	0,250	0,264	0,322	0,257	0,260	0,235	0,210
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,181	0,207	0,219	0,267	0,213	0,216	0,196	0,175
U - Copertura	W/m²K	0,181	0,207	0,219	0,267	0,213	0,216	0,196	0,175
U - Serramenti	W/m²K	1,247	1,436	1,520	1,100	1,400	1,600	1,800	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,163	0,600	0,750	0,800	0,600	0,800	0,800	0,800
H'_T	W/m²K	0,379	0,425	0,444	0,453	0,427	0,449	0,448	0,446
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,005	0,020	0,025	0,027	0,020	0,027	0,027	0,027

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	81,755	81,470	81,725	81,669	81,614	81,697	81,705	81,695
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	81,769	81,769	81,769	81,769	81,769	81,769	81,769	81,769
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	5,339	7,472	8,093	8,616	7,490	8,283	8,150	8,005
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	8,840	8,840	8,840	8,840	8,840	8,840	8,840	8,840

Tabella 88 – Edificio ad uso scolastico - Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Località Torino. Limite temporale 2015

2015	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8
U - Parete	-27,88%	-17,44%	-12,80%	5,76%	-15,12%	-13,96%	-22,08%	-30,20%
U - Solaio contro terra	-27,60%	-16,80%	-12,00%	7,20%	-14,40%	-13,20%	-21,60%	-30,00%
U - Solaio verso esterno (PT)	-27,71%	-17,06%	-12,32%	6,62%	-14,69%	-13,50%	-21,79%	-30,08%
U - Copertura	-27,71%	-17,06%	-12,32%	6,62%	-14,69%	-13,50%	-21,79%	-30,08%
U - Serramenti	-30,72%	-20,22%	-15,56%	-38,89%	-22,22%	-11,11%	0,00%	11,11%
g _{gl} +sh/g _{gl}	-53,43%	71,43%	114,29%	128,57%	71,43%	128,57%	128,57%	128,57%
EP _{H,nd}	-0,02%	-0,36%	-0,05%	-0,12%	-0,19%	-0,09%	-0,08%	-0,09%
EP _{C,nd}	-39,60%	-15,47%	-8,45%	-2,54%	-15,27%	-6,31%	-7,81%	-9,45%

Tabella 89 – Edificio ad uso scolastico - Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Località Torino. Limite temporale 2019

2019	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8
U - Parete	W/m ² K		0,199	0,209	0,230				
U - Solaio contro terra	W/m ² K		0,199	0,210	0,232				
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K		0,166	0,175	0,193				
U - Copertura	W/m ² K		0,166	0,175	0,193				
U - Serramenti	W/m ² K		1,142	1,205	1,100				
g _{gl} +sh/g _{gl}	-		0,600	0,750	0,800				
H' _T	W/m ² K		0,354	0,369	0,377				
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m ² /m ²		0,020	0,025	0,027				
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a		75,894	75,785	75,888				
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a		76,016	76,016	76,016				
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a		7,976	8,966	9,304				
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a		9,498	9,498	9,498				

Tabella 90 – Edificio ad uso scolastico - Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Località Torino. Limite temporale 2019

2019	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8
U - Parete		-23,48%	-19,46%	-11,43%				
U - Solaio contro terra		-23,38%	-19,23%	-10,92%				
U - Solaio verso esterno (PT)		-24,58%	-20,55%	-12,47%				

2019	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7	sol.8
U - Copertura		-24,58%	-20,55%	-12,47%				
U - Serramenti		-18,43%	-13,93%	-21,43%				
ggl+sh/ggl		71,43%	114,29%	128,57%				
EP _{H,nd}		-0,16%	-0,30%	-0,17%				
EP _{C,nd}		-16,03%	-5,59%	-2,04%				

3.3.3.1 Confronto delle soluzioni

Figura 96 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

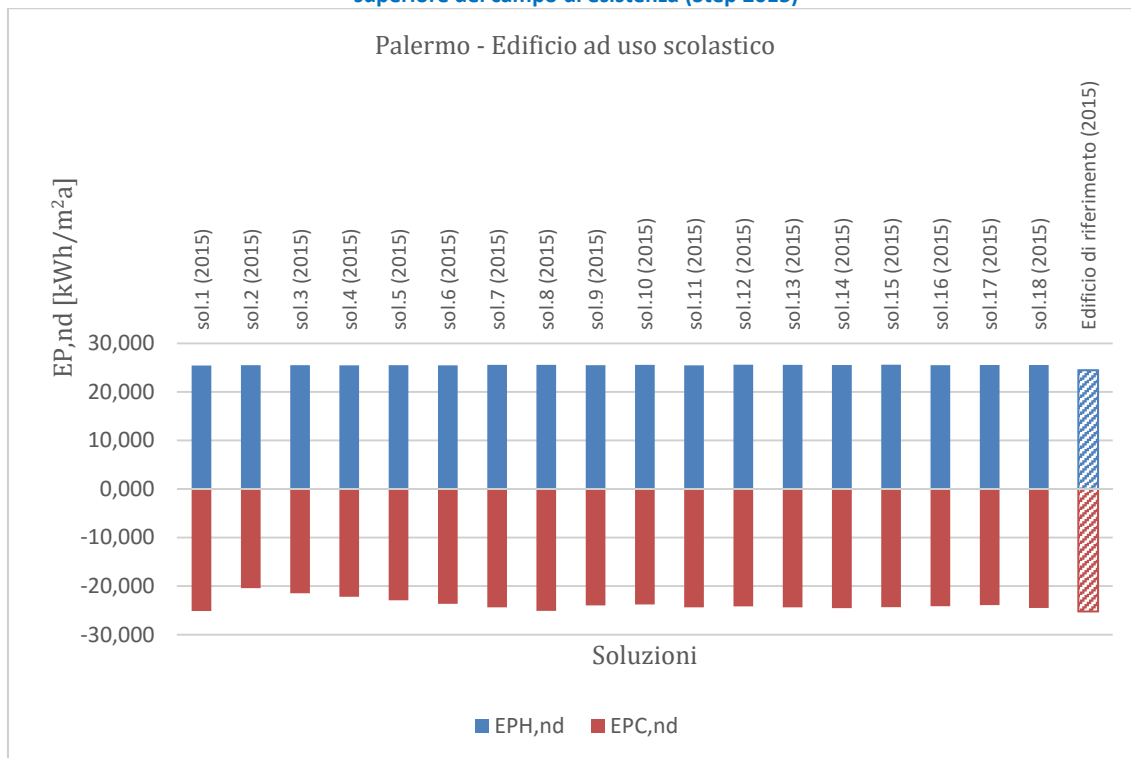


Figura 97 – Edificio ad uso scolastico - Località Palermo (Zona climatica B). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

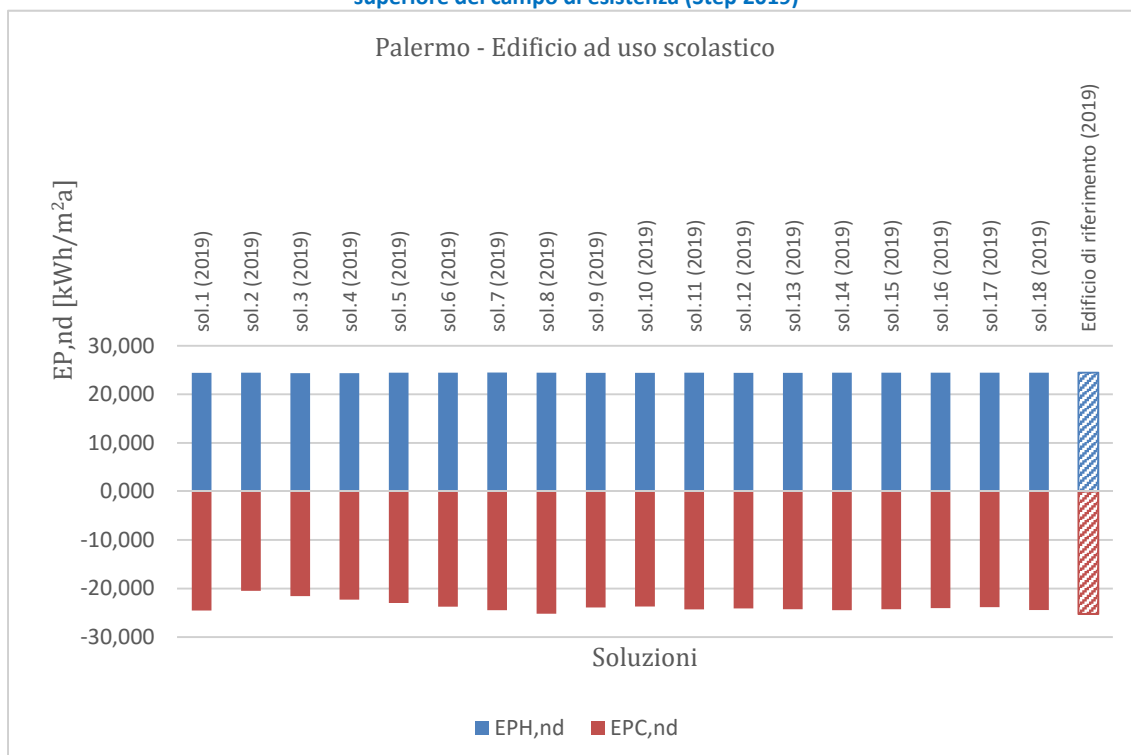


Figura 98 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

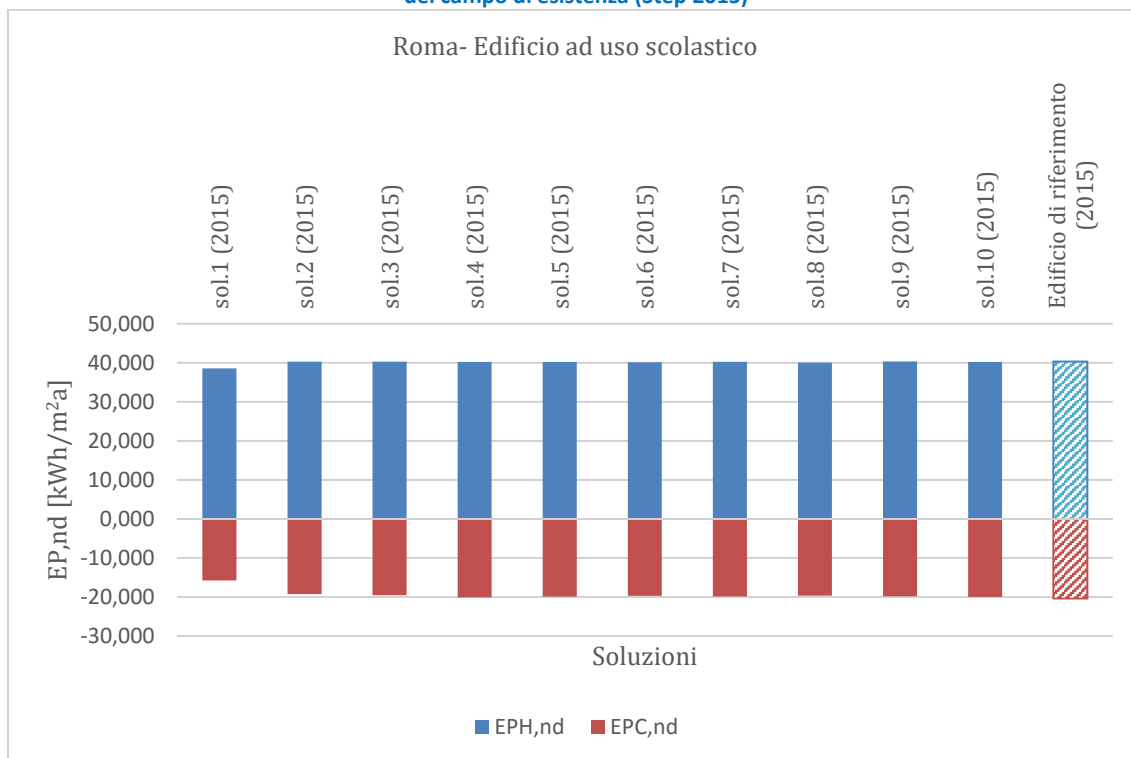


Figura 99 – Edificio ad uso scolastico - Località Roma (Zona climatica D). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

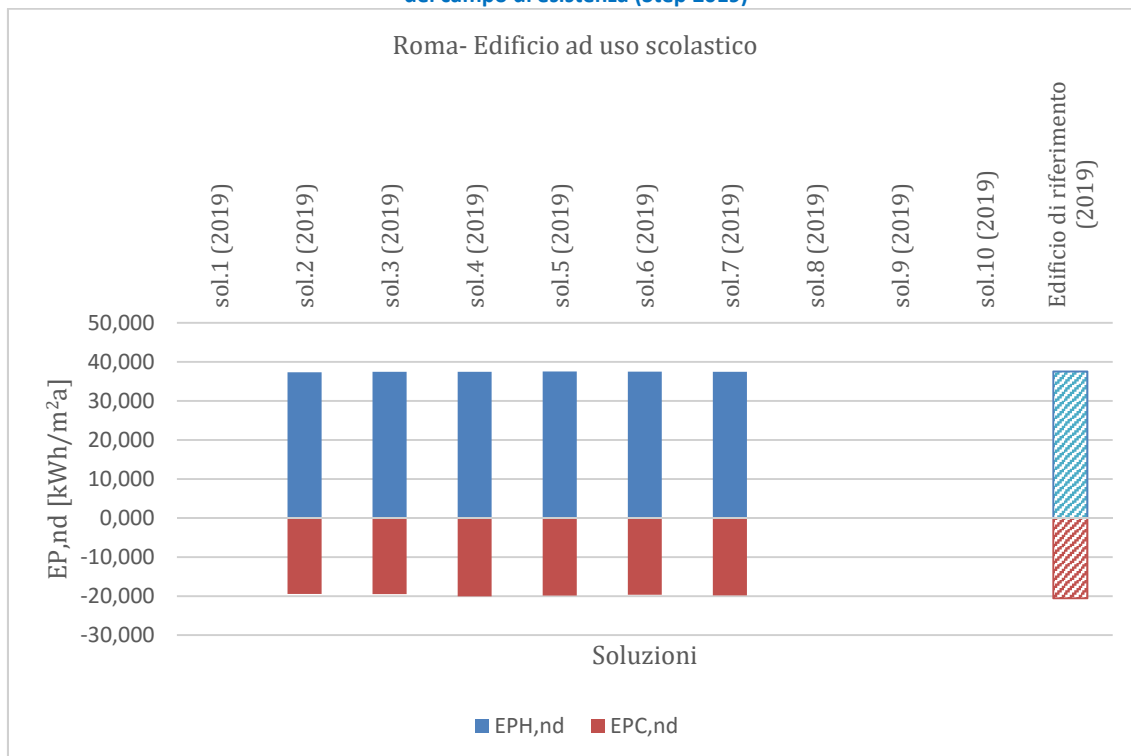


Figura 100 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

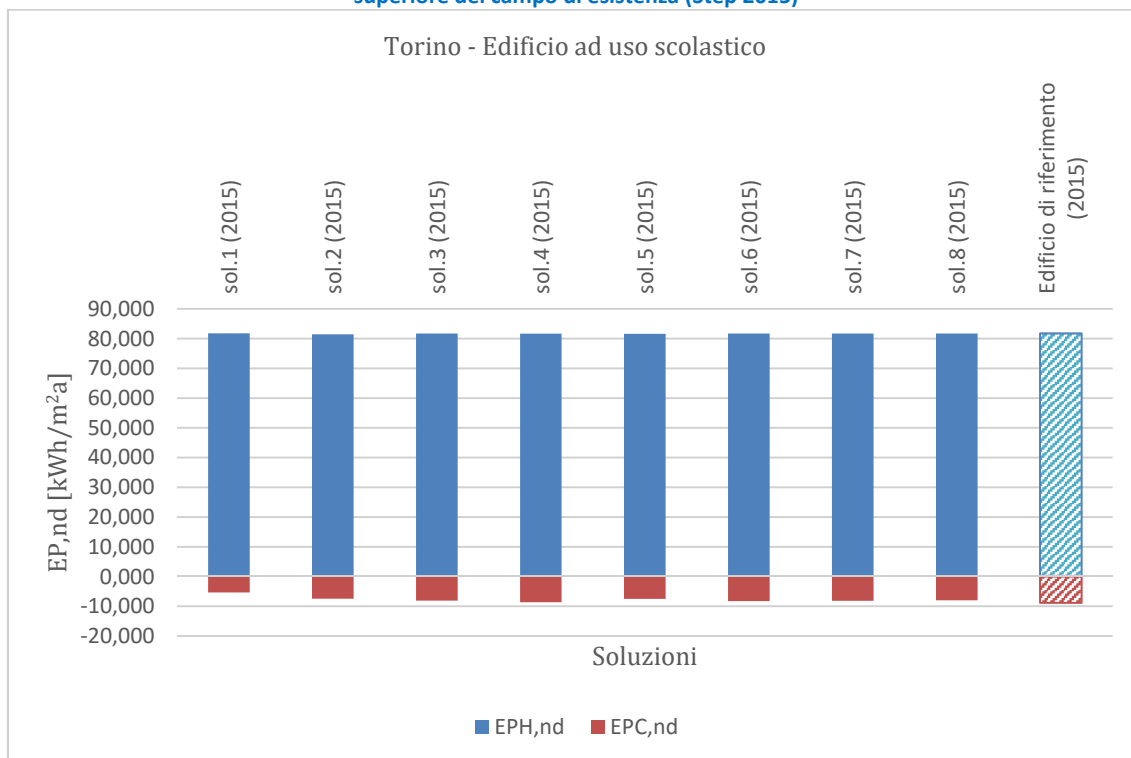


Figura 101 – Edificio ad uso scolastico - Località Torino (Zona climatica E). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

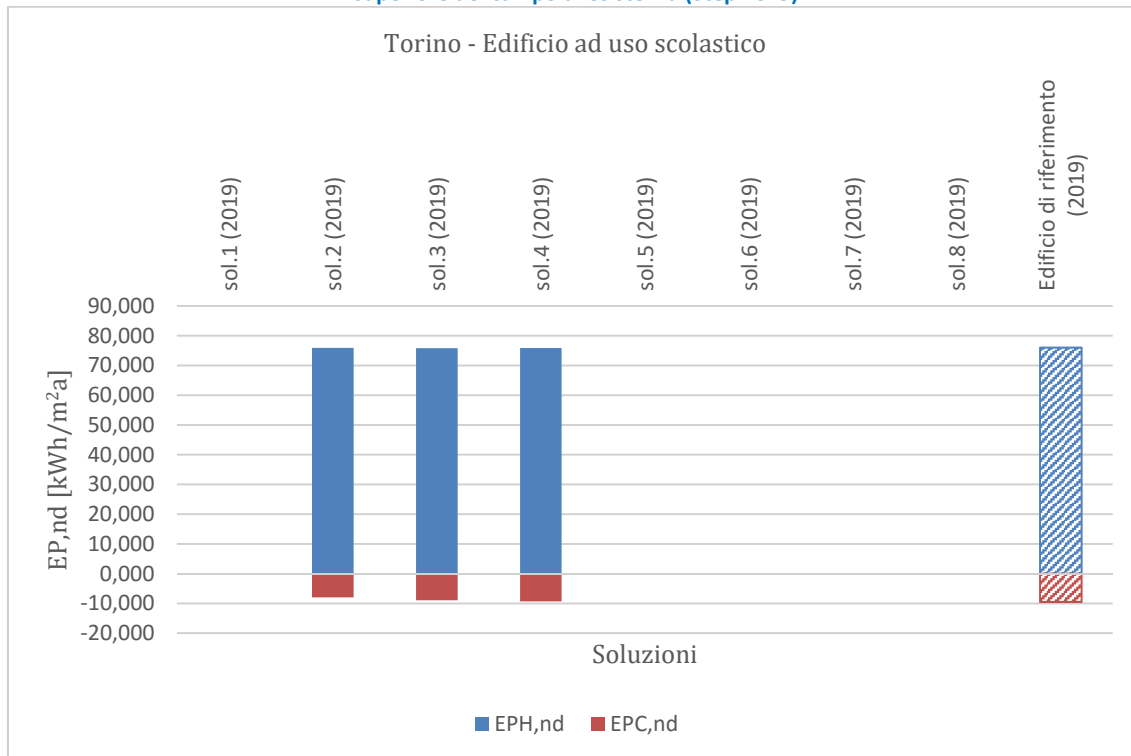
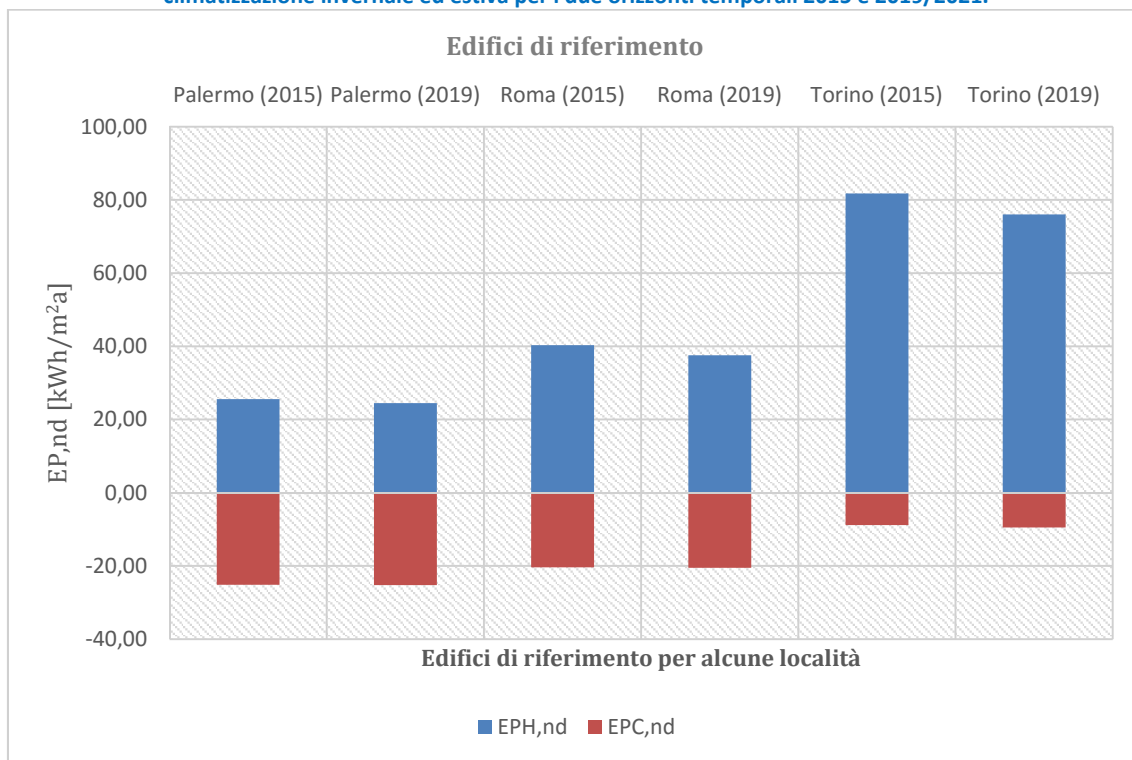


Figura 102 – Edificio ad uso scolastico. Confronto degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento per climatizzazione invernale ed estiva per i due orizzonti temporali 2015 e 2019/2021.



3.3.3.2 Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici

Si riportano di seguito alcuni prospetti che mettono in relazione la presenza di ponti termici (calcolata come percentuale maggiorazione degli scambi termici per trasmissione) e la conseguente variazione delle caratteristiche termofisiche dell'involucro del fabbricato edilizio. Si assumono fisse le caratteristiche delle schermature solari (tende) e delle chiusure tecniche trasparenti. È stato scelto di considerare la maggiorazione percentuale poiché negli edifici esistenti vi è notevole variabilità di presenza dei ponti termici dovuta alle diverse caratteristiche costruttive dei fabbricati.

Tabella 91 – Edificio ad uso scolastico. Località Palermo (zona climatica B). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

PALERMO	U.M.	2015						2019					
		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	W/m ² K	0,30	0,28	0,26	0,24	0,21	0,20	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,31	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14
U - Copertura	W/m ² K	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14
U - Serramenti	W/m ² K	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
H'_T	W/m ² K	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64	0,65
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	25,46	25,54	25,57	25,55	25,48	25,55	24,39	24,42	24,41	24,34	24,41	24,43
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	25,59	25,59	25,59	25,59	25,59	25,59	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48	24,48
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	23,60	23,49	23,40	23,29	23,20	23,12	23,54	23,43	23,33	23,24	23,17	23,08
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	25,13	25,13	25,13	25,13	25,13	25,13	25,22	25,22	25,22	25,22	25,22	25,22

Nota: percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione

Tabella 92 – Edificio ad uso scolastico. Località Palermo (zona climatica B). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento

PALERMO	2015						2019					
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	-32,63%	-37,57%	-42,50%	-47,43%	-52,37%	-56,07%	-38,53%	-43,70%	-48,86%	-54,02%	-57,90%	-61,77%
U - Solaio contro terra	-33,02%	-37,98%	-42,93%	-47,89%	-52,85%	-56,57%	-39,05%	-44,23%	-49,41%	-54,59%	-58,48%	-62,36%
U - Solaio verso esterno (PT)	-32,87%	-37,82%	-42,76%	-47,71%	-52,66%	-56,37%	-36,51%	-41,89%	-47,26%	-52,63%	-56,66%	-60,69%
U - Copertura	-32,87%	-37,82%	-42,76%	-47,71%	-52,66%	-56,37%	-36,51%	-41,89%	-47,26%	-52,63%	-56,66%	-60,69%
U - Serramenti	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H'_T	18,65%	19,08%	19,18%	18,95%	18,38%	18,73%	11,39%	11,53%	11,34%	10,82%	11,16%	11,26%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%	-30,81%
EP _{H,nd}	-0,48%	-0,17%	-0,05%	-0,13%	-0,41%	-0,16%	-0,39%	-0,24%	-0,30%	-0,56%	-0,30%	-0,19%
EP _{C,nd}	-6,11%	-6,52%	-6,91%	-7,34%	-7,69%	-8,00%	-6,65%	-7,10%	-7,47%	-7,83%	-8,13%	-8,47%

Tabella 93 – Edificio ad uso scolastico. Località Roma (zona climatica D). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato Soluzioni al limite superiore.

	U.M.	2015						2019					
ROMA		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	W/m²K	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12
U - Copertura	W/m²K	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12
U - Serramenti	W/m²K	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
H'_T	W/m²K	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,44	0,45	0,44	0,44
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	40,14	39,96	39,98	40,12	40,01	40,16	37,44	37,42	37,35	37,56	37,36	37,42
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	40,31	40,31	40,31	40,31	40,31	40,31	37,56	37,56	37,56	37,56	37,56	37,56
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	19,74	19,66	19,57	19,50	19,44	19,37	19,76	19,68	19,62	19,55	19,49	19,44
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	20,39	20,39	20,39	20,39	20,39	20,39	20,52	20,52	20,52	20,52	20,52	20,52

Nota: percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione

Tabella 94 – Edificio ad uso scolastico. Località Roma (zona climatica D). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento

	2015						2019					
ROMA	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	-20,63%	-27,16%	-32,06%	-36,96%	-41,85%	-45,12%	-26,09%	-31,83%	-37,57%	-41,40%	-47,14%	-50,97%
U - Solaio contro terra	-14,41%	-21,53%	-26,88%	-32,22%	-37,56%	-41,13%	-25,21%	-31,10%	-37,00%	-40,93%	-46,83%	-50,76%
U - Solaio verso esterno (PT)	-24,37%	-30,63%	-35,33%	-40,03%	-44,73%	-47,87%	-30,81%	-36,23%	-41,65%	-45,27%	-50,69%	-54,31%
U - Copertura	-24,37%	-30,63%	-35,33%	-40,03%	-44,73%	-47,87%	-30,81%	-36,23%	-41,65%	-45,27%	-50,69%	-54,31%
U - Serramenti	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H'_T	-4,24%	-5,13%	-5,15%	-5,46%	-6,03%	-5,51%	-15,58%	-15,75%	-16,19%	-15,62%	-16,56%	-16,41%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%	-9,75%
EP _{C,nd}	-0,43%	-0,87%	-0,81%	-0,47%	-0,75%	-0,38%	-0,34%	-0,36%	-0,57%	-0,01%	-0,53%	-0,38%
EP _{C,nd}	-3,18%	-3,59%	-4,01%	-4,36%	-4,67%	-4,98%	-3,73%	-4,09%	-4,42%	-4,75%	-5,02%	-5,29%

Tabella 95 – Edificio ad uso scolastico. Località Torino (zona climatica E). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato Soluzioni al limite superiore.

	U.M.	2015						2019					
TORINO		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	W/m²K	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,26	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m²K	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
U - Copertura	W/m²K	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
U - Serramenti	W/m²K	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40

	U.M.	2015						2019					
TORINO		25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
H'_T	W/m ² K	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	81,45	81,76	81,43	81,56	81,60	81,55	75,73	75,81	75,81	75,72	75,55	75,92
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	81,77	81,77	81,77	81,77	81,77	81,77	76,02	76,02	76,02	76,02	76,02	76,02
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	8,36	8,29	8,26	8,20	8,15	8,12	9,10	9,03	8,98	8,95	8,92	8,84
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50

Nota: percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione

Tabella 96 – Edificio ad uso scolastico. Località Torino (zona climatica E). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato

	2015						2019					
TORINO	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
U - Parete	-13,92%	-18,08%	-24,32%	-28,48%	-32,64%	-36,80%	-27,08%	-31,88%	-36,68%	-41,48%	-46,28%	-48,68%
U - Solaio contro terra	-12,53%	-16,80%	-23,20%	-27,47%	-31,73%	-36,00%	-26,15%	-31,08%	-36,00%	-40,92%	-45,85%	-48,31%
U - Solaio verso esterno (PT)	-13,09%	-17,31%	-23,65%	-27,87%	-32,10%	-36,32%	-27,64%	-32,44%	-37,24%	-42,04%	-46,84%	-49,24%
U - Copertura	-13,09%	-17,31%	-23,65%	-27,87%	-32,10%	-36,32%	-27,64%	-32,44%	-37,24%	-42,04%	-46,84%	-49,24%
U - Serramenti	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H'_T	-10,60%	-9,83%	-10,74%	-10,47%	-10,40%	-10,56%	-25,47%	-25,30%	-25,34%	-25,60%	-26,08%	-25,16%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%	-10,94%
EP _{C,nd}	-0,39%	-0,01%	-0,41%	-0,26%	-0,21%	-0,27%	-0,38%	-0,27%	-0,27%	-0,39%	-0,61%	-0,13%
EP _{C,nd}	-5,42%	-6,27%	-6,61%	-7,24%	-7,76%	-8,18%	-4,21%	-4,97%	-5,44%	-5,81%	-6,09%	-6,88%

3.3.3.3 Determinazione dello spessore di coibente per adeguare le strutture esistenti ai requisiti minimi

Si riportano di seguito alcuni prospetti riepilogativi che mettono in relazione per diverse tipologie murarie e di copertura da sottoporre a ristrutturazione, la trasmittanza termica di partenza del componente e lo strato coibente necessario per adeguare la struttura ai requisiti minimi di progetto. Lo studio considera che l'involucro del fabbricato sia caratterizzato da diverse percentuali di incidenza dei ponti termici sugli scambi per trasmissione. Le strutture assunte come riferimento sono quelle del rapporto tecnico UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici" [9]. Si considera l'utilizzo di un isolante generico con conducibilità termica pari a 0,04 W/mK.

Legenda

	Dati relativi alla struttura di partenza
	Spessore di isolante necessario per la riqualificazione
	Spessore complessivo della struttura a seguito della riqualificazione
%	Percentuale di incidenza del ponte termico

Tabella 97 – Edificio ad uso scolastico. Località Palermo (zona climatica B). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)											
Palermo				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,30		0,28		0,26		0,24		0,21		0,20		0,26		0,24		0,22		0,20		0,18		0,16	
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	12	27	13	28	14	29	15	30	17	32	19	34	14	29	15	30	17	32	19	34	21	36	23	38
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	11	40	12	41	13	42	15	44	16	45	18	47	13	42	14	43	16	45	18	47	20	49	22	51
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	10	52	11	53	12	54	14	56	16	58	17	59	12	54	14	56	15	57	17	59	19	61	21	63
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	9	64	11	66	12	67	13	68	15	70	17	72	11	66	13	68	14	69	17	72	18	73	21	76
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	9	77	10	78	11	79	12	80	14	82	16	84	11	79	12	80	14	82	16	84	18	86	20	88
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	12	25	13	26	14	28	15	29	17	31	19	32	14	27	15	29	17	30	19	32	21	34	23	36
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	11	38	12	39	13	40	15	41	17	43	18	45	13	39	14	41	16	43	18	45	20	46	22	49
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	10	50	11	51	13	52	14	54	16	55	17	57	12	52	14	53	15	55	17	57	19	59	21	61
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	10	62	11	63	12	64	13	66	15	68	17	69	12	64	13	65	15	67	17	69	18	71	21	73
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	9	74	10	75	11	77	13	78	14	80	16	81	11	76	12	78	14	79	16	81	18	83	20	86
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	10	39	11	40	12	41	14	43	15	44	17	46	12	41	13	42	15	44	17	46	19	48	21	50
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	9	43	10	44	11	45	12	46	14	48	16	50	11	45	12	46	14	48	16	50	18	52	20	54
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	12	27	13	28	14	29	15	30	17	32	19	34	14	29	15	30	17	32	19	34	21	36	23	38
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	11	40	12	41	13	42	15	44	17	46	18	47	13	42	15	44	16	45	18	47	20	49	22	51
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	11	53	12	54	13	55	14	56	16	58	18	60	13	55	14	56	16	58	18	60	20	62	22	64
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	10	65	11	66	12	67	14	69	16	71	17	72	12	67	13	68	15	70	17	72	19	74	21	76
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	9	77	10	78	12	80	13	81	15	83	16	84	11	79	13	81	14	82	16	84	18	86	21	89
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	12	56	13	57	14	58	15	59	17	61	19	63	14	58	15	59	17	61	19	63	21	65	23	67

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Palermo				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,30		0,28		0,26		0,24		0,21		0,20		0,26		0,24		0,22		0,20		0,18		0,16	
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	11	65	13	67	14	68	15	69	17	71	19	73	13	67	15	69	16	70	19	73	20	74	23	77
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	11	75	12	76	14	78	15	79	17	81	18	82	13	77	15	79	16	80	18	82	20	84	22	86
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	11	85	12	86	13	87	15	89	17	91	18	92	13	87	14	88	16	90	18	92	20	94	22	96
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	11	95	12	96	13	97	15	99	16	100	18	102	13	97	14	98	16	100	18	102	20	104	22	106
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	11	105	12	106	13	107	15	109	16	110	18	112	13	107	14	108	16	110	18	112	20	114	22	116
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	11	115	12	116	13	117	14	118	16	120	18	122	13	117	14	118	16	120	18	122	20	124	22	126
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	10	44	11	45	12	46	14	48	16	50	17	51	12	46	13	47	15	49	17	51	19	53	21	55
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	9	53	10	54	12	56	13	57	15	59	16	60	11	55	13	57	14	58	16	60	18	62	21	65
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	9	63	10	64	11	65	12	66	14	68	16	70	11	65	12	66	14	68	16	70	18	72	20	74
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	8	72	9	73	10	74	12	76	13	77	15	79	10	74	11	75	13	77	15	79	17	81	19	83
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	7	81	8	82	9	83	11	85	13	87	14	88	9	83	11	85	12	86	14	88	16	90	18	92
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	10	52	11	53	12	54	14	56	15	57	17	59	12	54	13	55	15	57	17	59	19	61	21	63
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	10	57	11	58	12	59	13	60	15	62	17	64	11	58	13	60	15	62	17	64	18	65	21	68
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	9	61	10	62	12	64	13	65	15	67	16	68	11	63	13	65	14	66	16	68	18	70	20	72
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	9	66	10	67	11	68	13	70	14	71	16	73	11	68	12	69	14	71	16	73	18	75	20	77
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	11	35	12	36	13	37	14	38	16	40	18	42	13	37	14	38	16	40	18	42	20	44	22	46
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	10	44	11	45	12	46	14	48	15	49	17	51	12	46	13	47	15	49	17	51	19	53	21	55

Tabella 98 – Edificio ad uso scolastico. Località Roma (zona climatica D). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Roma				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%			
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14		0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14		0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	13	28	15	30	16	31	17	32	19	34	20	35	17	32	19	34	21	36	22	37	25	40	27	42		
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	13	42	14	43	15	44	16	45	18	47	19	48	16	45	18	47	20	49	21	50	24	53	26	55		
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	12	54	13	55	14	56	16	58	17	59	18	60	16	58	17	59	19	61	21	63	23	65	25	67		
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	11	66	12	67	14	69	15	70	17	72	18	73	15	70	17	72	18	73	20	75	22	77	24	79		
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	10	78	12	80	13	81	14	82	16	84	17	85	14	82	16	84	18	86	19	87	22	90	24	92		
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	13	27	15	28	16	29	17	31	19	32	20	34	17	31	19	32	21	34	22	36	25	38	27	40		
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	13	39	14	41	15	42	17	43	18	45	19	46	17	43	18	45	20	46	21	48	24	50	26	52		
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	12	51	13	53	14	54	16	55	17	57	19	58	16	55	17	57	19	59	21	60	23	63	25	65		
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	11	64	13	65	14	66	15	68	17	69	18	70	15	68	17	69	18	71	20	72	22	75	25	77		
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	11	76	12	77	13	79	14	80	16	81	17	83	14	80	16	81	18	83	19	85	22	87	24	89		
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	11	40	13	42	14	43	15	44	17	46	18	47	15	44	17	46	19	48	20	49	23	52	25	54		
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	10	44	12	46	13	47	14	48	16	50	17	51	14	48	16	50	18	52	19	53	22	56	24	58		
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	13	28	15	30	16	31	17	32	19	34	20	35	17	32	19	34	21	36	22	37	25	40	27	42		
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	13	42	14	43	15	44	17	46	18	47	19	48	17	46	18	47	20	49	22	51	24	53	26	55		
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	12	54	14	56	15	57	16	58	18	60	19	61	16	58	18	60	20	62	21	63	24	66	26	68		
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	12	67	13	68	14	69	16	71	17	72	18	73	16	71	17	72	19	74	20	75	23	78	25	80		
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	11	79	12	80	14	82	15	83	16	84	18	86	15	83	16	84	18	86	20	88	22	90	24	92		

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Roma				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%												
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14												
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	13	57	15	59	16	60	17	61	19	63	20	64	17	61	19	63	21	65	22	66	25	69	27	71
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	13	67	14	68	16	70	17	71	19	73	20	74	17	71	19	73	20	74	22	76	24	78	26	80
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	13	77	14	78	15	79	17	81	18	82	20	84	17	81	18	82	20	84	22	86	24	88	26	90
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	13	87	14	88	15	89	17	91	18	92	19	93	17	91	18	92	20	94	21	95	24	98	26	100
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	13	97	14	98	15	99	16	100	18	102	19	103	16	100	18	102	20	104	21	105	24	108	26	110
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	12	106	14	108	15	109	16	110	18	112	19	113	16	110	18	112	20	114	21	115	24	118	26	120
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	12	116	14	118	15	119	16	120	18	122	19	123	16	120	18	122	20	124	21	125	24	128	26	130
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	12	46	13	47	14	48	16	50	17	51	18	52	16	50	17	51	19	53	20	54	23	57	25	59
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	11	55	12	56	14	58	15	59	16	60	18	62	15	59	16	60	18	62	20	64	22	66	24	68
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	10	64	12	66	13	67	14	68	16	70	17	71	14	68	16	70	18	72	19	73	22	76	24	78
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	10	74	11	75	12	76	13	77	15	79	16	80	13	77	15	79	17	81	18	82	21	85	23	87
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	9	83	10	84	11	85	13	87	14	88	15	89	13	87	14	88	16	90	18	92	20	94	22	96
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	11	53	13	55	14	56	15	57	17	59	18	60	15	57	17	59	19	61	20	62	23	65	25	67
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	11	58	13	60	14	61	15	62	17	64	18	65	15	62	17	64	18	65	20	67	22	69	24	71
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	11	63	12	64	13	65	15	67	16	68	18	70	15	67	16	68	18	70	20	72	22	74	24	76
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	11	68	12	69	13	70	14	71	16	73	17	74	14	71	16	73	18	75	19	76	22	79	24	81
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	12	36	14	38	15	39	16	40	18	42	19	43	16	40	18	42	20	44	21	45	24	48	26	50
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	12	46	13	47	14	48	15	49	17	51	18	52	15	49	17	51	19	53	20	54	23	57	25	59

Tabella 99 – Edificio ad uso scolastico. Località Torino (zona climatica E). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)											
Torino				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13												
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	14	29	15	30	16	31	17	32	18	33	20	35	20	35	21	36	23	38	25	40	27	42	28	43
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	13	42	14	43	15	44	16	45	18	47	19	48	19	48	20	49	22	51	24	53	26	55	28	57
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	13	55	13	55	15	57	16	58	17	59	18	60	18	60	20	62	21	63	23	65	26	68	27	69
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	12	67	13	68	14	69	15	70	16	71	17	72	17	72	19	74	21	76	23	78	25	80	26	81
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	11	79	12	80	13	81	14	82	15	83	17	85	17	85	18	86	20	88	22	90	24	92	26	94
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	14	28	15	28	16	30	17	31	18	32	20	33	20	33	21	35	23	36	25	38	27	41	29	42
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	13	40	14	41	15	42	16	43	18	44	19	45	19	45	20	47	22	49	24	51	26	53	28	54
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	13	52	13	53	15	54	16	55	17	56	18	58	18	58	20	59	21	61	23	63	26	65	27	67
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	12	64	13	65	14	67	15	68	16	69	17	70	17	70	19	71	21	73	23	75	25	78	26	79
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	11	77	12	77	13	79	14	80	15	81	17	82	17	82	18	84	20	85	22	87	24	90	26	91
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	12	41	13	42	14	43	15	44	16	45	18	47	18	47	19	48	21	50	23	52	25	54	27	56
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	11	45	12	46	13	47	14	48	15	49	17	51	17	51	18	52	20	54	22	56	24	58	26	60
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	14	29	15	30	16	31	17	32	18	33	20	35	20	35	21	36	23	38	25	40	27	42	29	44
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	13	42	14	43	16	45	17	46	18	47	19	48	19	48	21	50	22	51	24	53	27	56	28	57
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	13	55	14	56	15	57	16	58	17	59	19	61	19	61	20	62	22	64	24	66	26	68	27	69
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	12	67	13	68	14	69	15	70	17	72	18	73	18	73	19	74	21	76	23	78	25	80	27	82

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Torino				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%												
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13												
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	12	80	13	81	14	82	15	83	16	84	17	85	17	85	19	87	21	89	23	91	25	93	26	94
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	14	58	15	59	16	60	17	61	18	62	20	64	20	64	21	65	23	67	25	69	27	71	28	72
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	14	68	15	69	16	70	17	71	18	72	19	73	19	73	21	75	23	77	25	79	27	81	28	82
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	14	78	14	78	16	80	17	81	18	82	19	83	19	83	21	85	22	86	24	88	27	91	28	92
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	13	87	14	88	16	90	17	91	18	92	19	93	19	93	21	95	22	96	24	98	27	101	28	102
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	13	97	14	98	15	99	16	100	18	102	19	103	19	103	20	104	22	106	24	108	26	110	28	112
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	13	107	14	108	15	109	16	110	17	111	19	113	19	113	20	114	22	116	24	118	26	120	28	122
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	13	117	14	118	15	119	16	120	17	121	19	123	19	123	20	124	22	126	24	128	26	130	27	131
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	12	46	13	47	15	49	16	50	17	51	18	52	18	52	20	54	21	55	23	57	26	60	27	61
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	12	56	12	56	14	58	15	59	16	60	17	61	17	61	19	63	20	64	22	66	25	69	26	70
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	11	65	12	66	13	67	14	68	15	69	17	71	17	71	18	72	20	74	22	76	24	78	25	79
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	10	74	11	75	12	76	13	77	15	79	16	80	16	80	17	81	19	83	21	85	23	87	25	89
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	10	84	10	84	12	86	13	87	14	88	15	89	15	89	17	91	18	92	20	94	23	97	24	98
MCO02	2 – 8 – 5 - 25 – 2	42	1,19	12	54	13	55	14	56	15	57	16	58	18	60	18	60	19	61	21	63	23	65	25	67	27	69
MCO02	2 – 8 – 10 - 25 – 2	47	1,1	12	59	13	60	14	61	15	62	16	63	17	64	17	64	19	66	21	68	23	70	25	72	26	73
MCO02	2 – 8 – 15 - 25 – 2	52	1,02	12	64	12	64	14	66	15	67	16	68	17	69	17	69	19	71	20	72	22	74	25	77	26	78
MCO02	2 – 8 – 20 - 25 – 2	57	0,95	11	68	12	69	13	70	14	71	16	73	17	74	17	74	18	75	20	77	22	79	24	81	26	83
MCO03	2 – 20 – 2	24	1,61	13	37	14	38	15	39	16	40	17	41	19	43	19	43	20	44	22	46	24	48	26	50	27	51
MCO03	2 – 30 – 2	34	1,22	12	46	13	47	14	48	15	49	17	51	18	52	18	52	19	53	21	55	23	57	25	59	27	61

Tabella 100 – Edificio ad uso scolastico. Località Palermo (zona climatica B). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Palermo				25%		30%		35%		40%		45%		50%		25%		30%		35%		40%		45%		50%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,26		0,24		0,22		0,20		0,18		0,17		0,22		0,20		0,18		0,17		0,15		0,14	
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	13	40	15	42	16	43	18	45	20	47	22	49	16	43	17	44	19	46	22	49	24	51	27	54
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	13	44	14	45	16	47	18	49	20	51	22	53	16	47	17	48	19	50	22	53	24	55	27	58
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	13	50	14	51	16	53	17	54	20	57	21	58	15	52	17	54	19	56	21	58	24	61	26	63
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	13	48	14	49	16	51	18	53	20	55	22	57	16	51	17	52	19	54	22	57	24	59	27	62
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	13	52	14	53	16	55	18	57	20	59	22	61	15	54	17	56	19	58	22	61	24	63	26	65
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	13	58	14	59	16	61	17	62	19	64	21	66	15	60	17	62	19	64	21	66	24	69	26	71
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	11	45	13	47	14	48	16	50	18	52	20	54	14	48	15	49	17	51	20	54	22	56	25	59
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	11	49	12	50	14	52	16	54	18	56	20	58	14	52	15	53	17	55	20	58	22	60	25	63
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	11	55	12	56	14	58	15	59	17	61	19	63	13	57	15	59	17	61	19	63	22	66	24	68
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	9	46	10	47	11	48	13	50	15	52	17	54	11	48	13	50	15	52	17	54	19	56	22	59
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	9	50	10	51	11	52	13	54	15	56	17	58	11	52	13	54	15	56	17	58	19	60	22	63
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	8	55	10	57	11	58	13	60	15	62	17	64	11	58	12	59	14	61	17	64	19	66	22	69
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	11	53	12	54	14	56	16	58	18	60	20	62	13	55	15	57	17	59	20	62	22	64	25	67

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Palermo				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%												
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14												
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	11	57	12	58	14	60	15	61	18	64	19	65	13	59	15	61	17	63	19	65	22	68	24	70
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	11	63	12	64	14	66	15	67	17	69	19	71	13	65	15	67	17	69	19	71	21	73	24	76
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	9	54	10	55	11	56	13	58	15	60	17	62	11	56	13	58	15	60	17	62	19	64	22	67
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	8	57	10	59	11	60	13	62	15	64	17	66	11	60	12	61	14	63	17	66	19	68	22	71
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	8	63	9	64	11	66	13	68	15	70	17	72	10	65	12	67	14	69	17	72	19	74	22	77
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	11	43	13	45	14	46	16	48	18	50	20	52	14	46	15	47	17	49	20	52	22	54	25	57
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	11	47	13	49	14	50	16	52	18	54	20	56	14	50	15	51	17	53	20	56	22	58	25	61
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	42	0,86	11	53	12	54	14	56	15	57	18	60	19	61	13	55	15	57	17	59	19	61	22	64	24	66
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	35	0,58	9	44	10	45	11	46	13	48	15	50	17	52	11	46	13	48	15	50	17	52	19	54	22	57
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	39	0,57	9	48	10	49	11	50	13	52	15	54	17	56	11	50	13	52	15	54	17	56	19	58	22	61
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	45	0,55	8	53	10	55	11	56	13	58	15	60	17	62	11	56	12	57	14	59	17	62	19	64	22	67
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	40	0,91	11	51	13	53	14	54	16	56	18	58	20	60	14	54	15	55	17	57	20	60	22	62	25	65
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	44	0,88	11	55	12	56	14	58	16	60	18	62	20	64	13	57	15	59	17	61	20	64	22	66	25	69
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	50	0,83	11	61	12	62	14	64	15	65	17	67	19	69	13	63	15	65	17	67	19	69	22	72	24	74
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	43	0,56	9	52	10	53	11	54	13	56	15	58	17	60	11	54	13	56	15	58	17	60	19	62	22	65
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	47	0,55	8	55	10	57	11	58	13	60	15	62	17	64	11	58	12	59	14	61	17	64	19	66	22	69
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	53	0,54	8	61	10	63	11	64	13	66	15	68	17	70	11	64	12	65	14	67	17	70	19	72	22	75
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	30	1,62	13	43	14	44	16	46	18	48	20	50	22	52	16	46	17	47	19	49	22	52	24	54	27	57
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	34	1,52	13	47	14	48	16	50	17	51	20	54	21	55	15	49	17	51	19	53	21	55	24	58	26	60
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	40	1,4	13	53	14	54	16	56	17	57	19	59	21	61	15	55	17	57	19	59	21	61	24	64	26	66
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	38	1,52	13	51	14	52	16	54	17	55	20	58	21	59	15	53	17	55	19	57	21	59	24	62	26	64
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	42	1,44	13	55	14	56	16	58	17	59	19	61	21	63	15	57	17	59	19	61	21	63	24	66	26	68
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	48	1,33	13	61	14	62	15	63	17	65	19	67	21	69	15	63	17	65	19	67	21	69	23	71	26	74
COP05	1 - 4 - 6 - (4+12+4)	31	1,73	13	44	15	46	16	47	18	49	20	51	22	53	16	47	17	48	19	50	22	53	24	55	27	58
COP05	1 - 4 - 6 - (4+16+4)	35	1,56	13	48	14	49	16	51	18	53	20	55	22	57	15	50	17	52	19	54	22	57	24	59	27	62
COP05	1 - 4 - 6 - (4+18+4)	37	1,49	13	50	14	51	16	53	17	54	20	57	21	58	15	52	17	54	19	56	21	58	24	61	26	63
COP05	1 - 4 - 6 - (4+20+4)	39	1,42	13	52	14	53	16	55	17	56	19	58	21	60	15	54	17	56	19	58	21	60	24	63	26	65
COP05	1 - 4 - 6 - (4+22+4)	41	1,37	13	54	14	55	15	56	17	58	19	60	21	62	15	56	17	58	19	60	21	62	23	64	26	67
CIN01	2 - 2 - 4/10 - 2	6,4	1,01	12	18	13	19	14	21	16	23	18	25	20	27	14	20	16	22	18	24	20	27	22	29	25	32
CIN01	2 - 5 - 4/10 - 2	9,4	0,6	9	18	10	20	12	21	13	23	16	25	17	27	11	21	13	22	15	24	17	27	20	29	22	32
CIN02	'3 - 2	5	1,18	12	17	14	19	15	20	17	22	19	24	21	26	15	20	16	21	18	23	21	26	23	28	26	31
CIN02	'3 - 5	8	0,66	10	18	11	19	12	20	14	22	16	24	18	26	12	20	14	22	16	24	18	26	20	28	23	31
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 2	26	1	12	38	13	39	14	40	16	42	18	44	20	46	14	40	16	42	18	44	20	46	22	48	25	51
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 5	29	0,6	9	38	10	39	12	41	13	42	16	45	17	46	11	40	13	42	15	44	17	46	20	49	22	51
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 2	34	0,96	12	46	13	47	14	48	16	50	18	52	20	54	14	48	15	49	18	52	20	54	22	56	25	59

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)						% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)					
Palermo				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	Spessore muratura	U		0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 5	37	0,58	9	46	10	47	11	48	13	50	15	52	17	54
CIN04	2 - 16 - 4 - 2	24	1,79	13	37	15	39	16	40	18	42	20	44	22	46
CIN04	2 - 24 - 4 - 2	32	1,67	13	45	15	47	16	48	18	50	20	52	22	54
CIN05	3	3	2,5	14	17	15	18	17	20	19	22	21	24	23	26

Tabella 101 – Edificio ad uso scolastico. Località Roma (zona climatica D). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)						% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)					
Roma				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	15	42	17	44	18	45	20	47	22	49	23	50
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	15	46	17	48	18	49	20	51	22	53	23	54
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	15	52	17	54	18	55	20	57	21	58	23	60
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	15	50	17	52	18	53	20	55	22	57	23	58
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	15	54	17	56	18	57	20	59	22	61	23	62
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	15	60	16	61	18	63	19	64	21	66	23	68
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	13	47	15	49	16	50	18	52	20	54	21	55
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	13	51	15	53	16	54	18	56	20	58	21	59
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	13	57	14	58	16	60	17	61	19	63	21	65
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	11	48	12	49	14	51	15	52	17	54	19	56
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	10	51	12	53	13	54	15	56	17	58	19	60
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	10	57	12	59	13	60	15	62	17	64	19	66
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	13	55	15	57	16	58	18	60	20	62	21	63
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	13	59	15	61	16	62	18	64	19	65	21	67
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	13	65	14	66	16	68	17	69	19	71	21	73
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	10	55	12	57	13	58	15	60	17	62	18	63
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	10	59	12	61	13	62	15	64	17	66	19	68
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	10	65	12	67	13	68	15	70	17	72	19	74
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	13	45	15	47	16	48	18	50	20	52	21	53
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	13	49	15	51	16	52	18	54	20	56	21	57
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	42	0,86	13	55	15	57	16	58	18	60	19	61	21	63
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	35	0,58	11	46	12	47	14	49	15	50	17	52	19	54
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	39	0,57	11	50	12	51	14	53	15	54	17	56	19	58
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	45	0,55	10	55	12	57	13	58	15	60	17	62	18	63
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	40	0,91	13	53	15	55	16	56	18	58	20	60	21	61

			% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)												
Roma			25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%													
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12													
COP03	2-24-4-2-6-1-2-3	44	0,88	13	57	15	59	16	60	18	62	20	64	21	65	18	62	20	64	22	66	24	68	27	71	29	73
COP03	2-24-4-2-12-1-2-3	50	0,83	13	63	14	64	16	66	17	67	19	69	21	71	17	67	19	69	22	72	23	73	26	76	29	79
COP03	2-24-4-2-2-1-5-3	43	0,56	10	53	12	55	13	56	15	58	17	60	18	61	15	58	17	60	19	62	21	64	24	67	27	70
COP03	2-24-4-2-6-1-5-3	47	0,55	10	57	12	59	13	60	15	62	17	64	18	65	15	62	17	64	19	66	21	68	24	71	26	73
COP03	2-24-4-2-12-1-5-3	53	0,54	10	63	12	65	13	66	15	68	17	70	18	71	15	68	17	70	19	72	21	74	24	77	26	79
COP04	2-16-4-2-2-1-3	30	1,62	15	45	17	47	18	48	20	50	22	52	23	53	20	50	22	52	24	54	26	56	29	59	31	61
COP04	2-16-4-2-6-1-3	34	1,52	15	49	17	51	18	52	20	54	21	55	23	57	20	54	21	55	24	58	25	59	29	63	31	65
COP04	2-16-4-2-12-1-3	40	1,4	15	55	16	56	18	58	19	59	21	61	23	63	19	59	21	61	24	64	25	65	28	68	31	71
COP04	2-24-4-2-2-1-3	38	1,52	15	53	17	55	18	56	20	58	21	59	23	61	20	58	21	59	24	62	25	63	29	67	31	69
COP04	2-24-4-2-6-1-3	42	1,44	15	57	16	58	18	60	19	61	21	63	23	65	19	61	21	63	24	66	25	67	28	70	31	73
COP04	2-24-4-2-12-1-3	48	1,33	15	63	16	64	18	66	19	67	21	69	23	71	19	67	21	69	23	71	25	73	28	76	31	79
COP05	1-4-6-(4+12+4)	31	1,73	15	46	17	48	18	49	20	51	22	53	23	54	20	51	22	53	24	55	26	57	29	60	31	62
COP05	1-4-6-(4+16+4)	35	1,56	15	50	17	52	18	53	20	55	22	57	23	58	20	55	22	57	24	59	26	61	29	64	31	66
COP05	1-4-6-(4+18+4)	37	1,49	15	52	17	54	18	55	20	57	21	58	23	60	20	57	21	58	24	61	25	62	29	66	31	68
COP05	1-4-6-(4+20+4)	39	1,42	15	54	16	55	18	57	19	58	21	60	23	62	19	58	21	60	24	63	25	64	28	67	31	70
COP05	1-4-6-(4+22+4)	41	1,37	15	56	16	57	18	59	19	60	21	62	23	64	19	60	21	62	23	64	25	66	28	69	31	72
CIN01	2-2-4/10-2	6,4	1,01	14	20	15	22	17	23	18	25	20	27	22	28	18	25	20	27	22	29	24	31	27	34	30	36
CIN01	2-5-4/10-2	9,4	0,6	11	20	13	22	14	23	16	25	17	27	19	28	16	25	17	27	20	29	21	31	25	34	27	36
CIN02	'3-2	5	1,18	14	19	16	21	17	22	19	24	21	26	22	27	19	24	21	26	23	28	25	30	28	33	30	35
CIN02	'3-5	8	0,66	12	20	13	21	15	23	16	24	18	26	20	28	16	24	18	26	20	28	22	30	25	33	28	36
CIN03	2-16-4-2-2	26	1	14	40	15	41	17	43	18	44	20	46	22	48	18	44	20	46	22	48	24	50	27	53	30	56
CIN03	2-16-4-2-5	29	0,6	11	40	13	42	14	43	16	45	17	46	19	48	16	45	17	46	20	49	21	50	25	54	27	56
CIN03	2-24-4-2-2	34	0,96	13	47	15	49	16	50	18	52	20	54	21	55	18	52	20	54	22	56	24	58	27	61	30	64
CIN03	2-24-4-2-5	37	0,58	11	48	12	49	14	51	15	52	17	54	19	56	15	52	17	54	19	56	21	58	24	61	27	64
CIN04	2-16-4-2	24	1,79	15	39	17	41	18	42	20	44	22	46	23	47	20	44	22	46	24	48	26	50	29	53	31	55
CIN04	2-24-4-2	32	1,67	15	47	17	49	18	50	20	52	22	54	23	55	20	52	22	54	24	56	26	58	29	61	31	63
CIN05	3	3	2,5	16	19	18	21	19	22	21	24	23	26	24	27	21	24	23	26	25	28	27	30	30	33	32	35

Tabella 102 – Edificio ad uso scolastico. Località Torino (zona climatica E). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

Torino				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)						% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)					
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
				0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
COP01	2-16-4-2-2-1	27	1,74	16	43	17	44	19	46	20	47	21	48	23	50
COP01	2-16-4-2-6-1	31	1,63	16	47	17	48	19	50	20	51	21	52	23	54
COP01	2-16-4-2-12-1	37	1,49	16	53	17	54	18	55	19	56	21	58	22	59
COP01	2-24-4-2-2-1	35	1,62	16	51	17	52	18	53	20	55	21	56	23	58
COP01	2-24-4-2-6-1	39	1,53	16	55	17	56	18	57	20	59	21	60	23	62
COP01	2-24-4-2-12-1	45	1,41	16	61	17	62	18	63	19	64	21	66	22	67
COP02	2-16-4-2-2-1-2-5	34	0,92	14	48	15	49	17	51	18	52	19	53	21	55
COP02	2-16-4-2-6-1-2-5	38	0,89	14	52	15	53	16	54	18	56	19	57	21	59
COP02	2-16-4-2-12-1-2-5	44	0,84	14	58	15	59	16	60	17	61	19	63	20	64
COP02	2-16-4-2-2-1-5-5	37	0,57	11	48	12	49	14	51	15	52	17	54	18	55
COP02	2-16-4-2-6-1-5-5	41	0,56	11	52	12	53	14	55	15	56	16	57	18	59
COP02	2-16-4-2-12-1-5-5	47	0,54	11	58	12	59	14	61	15	62	16	63	18	65
COP02	2-24-4-2-2-1-2-5	42	0,88	14	56	15	57	16	58	18	60	19	61	21	63
COP02	2-24-4-2-6-1-2-5	46	0,85	14	60	15	61	16	62	17	63	19	65	20	66
COP02	2-24-4-2-12-1-2-5	52	0,82	14	66	14	66	16	68	17	69	19	71	20	72
COP02	2-24-4-2-2-1-5-5	45	0,56	11	56	12	57	14	59	15	60	16	61	18	63
COP02	2-24-4-2-6-1-5-5	49	0,54	11	60	12	61	14	63	15	64	16	65	18	67
COP02	2-24-4-2-12-1-5-5	55	0,53	11	66	12	67	13	68	15	70	16	71	18	73
COP03	2-16-4-2-2-1-2-3	32	0,94	14	46	15	47	17	49	18	50	19	51	21	53
COP03	2-16-4-2-6-1-2-3	36	0,91	14	50	15	51	17	53	18	54	19	55	21	57
COP03	2-16-4-2-12-1-2-3	42	0,86	14	56	15	57	16	58	18	60	19	61	20	62
COP03	2-16-4-2-2-1-5-3	35	0,58	12	47	12	47	14	49	15	50	17	52	18	53
COP03	2-16-4-2-6-1-5-3	39	0,57	11	50	12	51	14	53	15	54	17	56	18	57
COP03	2-16-4-2-12-1-5-3	45	0,55	11	56	12	57	14	59	15	60	16	61	18	63
COP03	2-24-4-2-2-1-2-3	40	0,91	14	54	15	55	17	57	18	58	19	59	21	61
COP03	2-24-4-2-6-1-2-3	44	0,88	14	58	15	59	16	60	18	62	19	63	21	65
COP03	2-24-4-2-12-1-2-3	50	0,83	14	64	15	65	16	66	17	67	19	69	20	70
COP03	2-24-4-2-2-1-5-3	43	0,56	11	54	12	55	14	57	15	58	16	59	18	61
COP03	2-24-4-2-6-1-5-3	47	0,55	11	58	12	59	14	61	15	62	16	63	18	65
COP03	2-24-4-2-12-1-5-3	53	0,54	11	64	12	65	14	67	15	68	16	69	18	71
COP04	2-16-4-2-2-1-3	30	1,62	16	46	17	47	18	48	20	50	21	51	23	53
COP04	2-16-4-2-6-1-3	34	1,52	16	50	17	51	18	52	20	54	21	55	22	56
COP04	2-16-4-2-12-1-3	40	1,4	16	56	16	56	18	58	19	59	21	61	22	62
COP04	2-24-4-2-2-1-3	38	1,52	16	54	17	55	18	56	20	58	21	59	22	60

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)											
Torino				25%	30%	35%	40%	45%	50%	25%	30%	35%	40%	45%	50%												
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11												
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	42	1,44	16	58	17	59	18	60	19	61	21	63	22	64	22	64	24	66	26	68	29	71	31	73	33	75
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	48	1,33	15	63	16	64	18	66	19	67	21	69	22	70	22	70	24	72	26	74	28	76	31	79	33	81
COP05	1 - 4 - 6 - (4+12+4)	31	1,73	16	47	17	48	19	50	20	51	21	52	23	54	23	54	25	56	27	58	29	60	32	63	34	65
COP05	1 - 4 - 6 - (4+16+4)	35	1,56	16	51	17	52	18	53	20	55	21	56	23	58	23	58	24	59	26	61	29	64	32	67	33	68
COP05	1 - 4 - 6 - (4+18+4)	37	1,49	16	53	17	54	18	55	19	56	21	58	22	59	22	59	24	61	26	63	29	66	32	69	33	70
COP05	1 - 4 - 6 - (4+20+4)	39	1,42	16	55	17	56	18	57	19	58	21	60	22	61	22	61	24	63	26	65	29	68	31	70	33	72
COP05	1 - 4 - 6 - (4+22+4)	41	1,37	15	56	16	57	18	59	19	60	21	62	22	63	22	63	24	65	26	67	28	69	31	72	33	74
CIN01	2 - 2 - 4/10 - 2	6,4	1,01	14	21	15	22	17	23	18	25	20	26	21	28	21	28	23	29	25	31	27	34	30	37	32	38
CIN01	2 - 5 - 4/10 - 2	9,4	0,6	12	21	13	22	14	24	16	25	17	26	18	28	18	28	20	30	22	32	25	34	28	37	29	39
CIN02	'3 - 2	5	1,18	15	20	16	21	18	23	19	24	20	25	22	27	22	27	24	29	26	31	28	33	31	36	32	37
CIN02	'3 - 5	8	0,66	12	20	13	21	15	23	16	24	18	26	19	27	19	27	21	29	23	31	25	33	28	36	30	38
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 2	26	1	14	40	15	41	17	43	18	44	20	46	21	47	21	47	23	49	25	51	27	53	30	56	32	58
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 5	29	0,6	12	41	13	42	14	43	16	45	17	46	18	47	18	47	20	49	22	51	25	54	28	57	29	58
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 2	34	0,96	14	48	15	49	17	51	18	52	19	53	21	55	21	55	23	57	25	59	27	61	30	64	32	66
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 5	37	0,58	12	49	12	49	14	51	15	52	17	54	18	55	18	55	20	57	22	59	24	61	27	64	29	66
CIN04	2 - 16 - 4 - 2	24	1,79	16	40	17	41	19	43	20	44	21	45	23	47	23	47	25	49	27	51	29	53	32	56	34	58
CIN04	2 - 24 - 4 - 2	32	1,67	16	48	17	49	19	51	20	52	21	53	23	55	23	55	25	57	27	59	29	61	32	64	33	65
CIN05	3	3	2,5	17	20	18	21	19	22	21	24	22	25	24	27	24	27	25	28	27	30	30	33	33	36	34	37

3.3.3.4 Commento ai risultati

L'edificio della presente analisi è caratterizzato da un'ampia superficie utile calpestabile e da un buon rapporto di forma. Dalle Figura 56 e Figura 57, relative ad analisi sul parametro H'_T , si può dedurre che impiegando serramenti ad alta prestazione energetica ($1,00 - 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$) è possibile progettare un fabbricato con superfici vetrate che si sviluppino per l'intero involucro disperdente verticale verso esterno. Tale analisi considera che siano utilizzati componenti caratterizzati da parametri termofisici del fabbricato reale coincidenti a quelli del fabbricato di riferimento (allegato A al D.M. "Requisiti minimi") [42]. Per il caso studio, la località tra quelle analizzate che può beneficiare di maggiore superficie vetrata è Roma (zona climatica D), mentre quella che ammette minore superficie vetrata verticale è la zona climatica B.

Per quanto concerne la correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato risulta che, per garantire il soddisfacimento di tale requisito, può essere utilizzato per tutte le località qualunque tipologia di elemento schermante, o in alternativa prevederne la completa assenza (dettagli maggiori sono disponibili nelle Figura 58 e Figura 59). Ciò è possibile poiché superficie vetrata e superficie utile sono ben calibrate tra loro e perché il limite $A_{\text{sol. est}} / A_{\text{sup. utile}}$ è maggiore per edifici con diversa destinazione d'uso dal residenziale. Tale parametro dunque non ha risvolti progettuali sull'edificio campione del caso studio. Va notato tuttavia che nell'edificio di riferimento per i relativi calcoli della prestazione energetica limite, il valore del fattore di trasmissione solare totale $g_{\text{gl+sh}}$ per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud assunto è pari a 0,35, mentre per le altre esposizioni viene assunto un fattore di riduzione pari a 1 (nessuna riduzione della radiazione solare incidente). Quindi, per rispettare i requisiti minimi di legge relativi agli indici di prestazione termica utile, andranno comunque impiegati sistemi che schermano dalla radiazione solare.

Per quanto concerne invece la verifica contestuale del rispetto degli indici e dei parametri del D.M. "Requisiti minimi" (Punto 3.3 - Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero [42]) sono stati ricercati i campi di esistenza (limite inferiore e superiore) concernenti le funzioni come definite al punto 3.1.1. Per una migliore facilità di lettura si riportano di seguito le considerazioni conclusive non andando a commentare tutti i trentacinque grafici presentati nel capitolo.

- **Località Palermo** (Figura 60): È interessante notare come le caratteristiche di progetto, per l'edificio ad uso scolastico possano variare notevolmente per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021. Nella prima soluzione sono state assunte variabili tutte le matrici dei valori di progetto. In questo caso le soluzioni relative alle due fasi temporali applicative sono identiche ed hanno un ampio range di variabilità (campo di esistenza più ampio);
- **Località Palermo** (da Figura 61 a Figura 67): sono state assunte variabili tutte le caratteristiche termofisiche dell'involucro opaco e trasparente ad eccezione del fattore di trasmissione solare totale $g_{\text{gl+sh}}$ per componenti finestrati. Dai grafici emerge che all'aumentare del parametro $g_{\text{gl+sh}} / g_{\text{gl}}$ aumentano proporzionalmente anche, sino ad un $g_{\text{gl+sh}} / g_{\text{gl}} = 0,75$ [-], le trasmittanze termiche dell'involucro opaco e trasparente, tuttavia si restringono sempre più i campi di esistenza concernenti le funzioni come definite al punto 3.1.1 e i relativi limiti inferiore e superiore si avvicinano riducendo il campo di esistenza sino quasi indicare un'unica combinazione progettuale. Risulta evidente quindi che una buona progettazione, anche per le località con condizioni climatiche miti come per la zona climatica B, deve saper correttamente valorizzare nel bilancio termico del fabbricato gli apporti termici solari gratuiti;
- **Località Palermo** (da Figura 68 a Figura 77): In queste combinazioni sono state assunte fisse sia le trasmittanze termiche dell'involucro trasparente, sia il parametro relativo alle schermature solari $g_{\text{gl+sh}} / g_{\text{gl}}$. Tali parametri, assunti fissi, variano per ogni caso studio (all'aumentare dell'uno aumenta

anche altro). In sostanza all'aumentare degli scambi termici per trasmissione aumentano anche gli apporti termici solari gratuiti provenienti dai componenti vetrati (combinazioni – $g_{gl+sh}/g_{gl} - U_w$ 0,45-1,40; 0,55-1,80; 0,55-2,00; 0,60-2,20; 0,65-2,40; 0,65-2,60; ecc. ...). Nonostante ci sia una buona valorizzazione dell'utilizzo degli apporti, le trasmittanze termiche relative ai componenti opachi relativi ai limiti superiori del campo di esistenza vanno ad abbassarsi. Il fabbricato risulta essere comunque verificato, per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021, sino all'impiego di serramenti con $U_w=3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ associati schermature con $g_{gl+sh} / g_{gl} = 0,75$ [-] (Figura 77). Sintesi dei limiti superiori sono riportati in Tabella 79 (limite temporale 2015) e in Tabella 81 (limite temporale 2019/2021).

- **Località Roma** (Figura 78): Nella prima soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto. In questo caso, mentre è possibile determinare un campo di esistenza per la prima fase temporale 2015, non è possibile determinare un risultato per la seconda fase temporale 2019/2021. Ciò significa che le matrici di valori impiegate non consentono di arrivare a delle soluzioni soddisfacenti. Esaminando il grafico è possibile comprendere che le combinazioni non soddisfano le verifiche relative agli indici di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Roma** (Figura 79): Nella seconda soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione del parametro g_{gl+sh} / g_{gl} posto pari a 0,65. Tale combinazione permette di determinare il campo di esistenza (limite inferiore e superiore) concernente le funzioni come definite al punto 3.1.1. Anche in questo caso, come per il precedente, il range delle soluzioni possibili viene limitato in primis dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Roma** (da Figura 80 a Figura 84): In queste combinazioni sono state assunte fisse sia le trasmittanze termiche dell'involucro trasparente, sia il parametro relativo alle schermature solari g_{gl+sh} / g_{gl} . Tali parametri, assunti fissi, vengono modificate per ogni caso studio esaminato (all'aumentare dell'uno aumenta anche altro). In sostanza all'aumentare degli scambi termici per trasmissione si tiene conto che aumentino anche apporti termici gratuiti provenienti dai componenti vetrati (combinazioni – $g_{gl+sh}/g_{gl} - U_w$ 0,65-1,40; 0,75-1,60; 0,75-1,80; 0,75-2,00; 0,80-2,20). Dalle lettura delle combinazioni di cui ai grafici (Figura 80 e Figura 81) ne scaturisce che, in termini di risultati, è possibile giungere alle medesime combinazioni di involucro opaco operando assunzioni progettuali diverse, il tecnico quindi attraverso una buona progettazione può conseguire la scelta più economicamente sostenibile raggiungendo così un buon compromesso tra risparmio economico ed energetico. Nelle soluzioni successive (da Figura 82 a Figura 84), le trasmittanze termiche concernenti i componenti opachi relativi ai limiti superiori vanno comunque ad abbassarsi riducendo l'ampiezza del campo di esistenza. Il fabbricato risulta essere comunque verificato, per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021, sino all'impiego di serramenti con $U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ associati schermature con $g_{gl+sh} / g_{gl} = 0,80$ [-]. Esaminando i vari grafici si comprende che il campo di esistenza, per tali casistiche, è limitato dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Sintesi dei limiti superiori sono riportata in Tabella 83 (limite temporale 2015) e Tabella 85 (limite temporale 2019/2021);
- **Località Roma** (da Figura 85 a Figura 87): come per le combinazioni precedenti sono state assunte fisse sia le trasmittanze termiche dell'involucro trasparente, sia il parametro relativo alle schermature solari g_{gl+sh} / g_{gl} , mentre si assumono variabili tutte le altre caratteristiche termiche dell'involucro opache. I grafici rilevano i campi di esistenza relativi alle seguenti combinazioni assunte fisse (combinazioni $g_{gl+sh}/g_{gl} - U_w$ pari a 0,80-2,40; 0,80-2,60; 0,90-2,80). Il primo aspetto evidente che si legge esaminando i grafici è che il fabbricato risulta essere verificato solamente per quanto concerne la prima fase applicativa 2015, ovvero non esiste un campo di esistenza per la seconda fase applicativa che soddisfi le matrici di dati utilizzate nelle simulazioni di calcolo. Come per le combinazioni precedenti, per tali casistiche il campo di esistenza è limitato dal requisito relativo al

soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per soddisfare le verifiche le verifiche di tutte le combinazioni di calcolo è comunque necessario prevedere l'impiego di elementi schermanti.

- **Località Torino** (Figura 88): Sono state assunte variabili tutte le caratteristiche termofisiche dell'involucro opaco e trasparente. Nella ricerca del campo di esistenza è interessante notare che esiste un campo di esistenza solamente per la prima fase applicativa 2015 e 2019/2021, mentre per la seconda non vengono individuate soluzioni soddisfacenti appartenenti ad un campo di esistenza. Tuttavia anche per le soluzioni relative alla prima fase temporale i limiti inferiore e superiore del campo di esistenza sono abbastanza ravvicinati. Il campo di esistenza viene contenuto dal requisito normativo concernente il soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Torino** (da Figura 89 a Figura 90): In questa ipotesi, nella ricerca delle soluzioni, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} (assunto per tutti gli orientamenti pari a 0,55 – Figura 89 - e 0,65 – Figura 90). In questi casi esistono soluzioni per entrambe le combinazioni. La seconda soluzione, rispetto alla prima, prevede che possano essere impiegati materiali con trasmittanze termiche più alte, tuttavia l'ampiezza del campo di esistenza tende a restringersi. Dalla lettura del grafico risulta che il campo di esistenza relativo alle combinazioni possibili, per le due casistiche, è limitato dal requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Torino** (Figura 91 e Figura 93): In queste combinazioni sono state assunte fisse sia le trasmittanze termiche dell'involucro trasparente, sia il parametro relativo alle schermature solari g_{gl+sh}/g_{gl} . Per le due soluzioni, nelle analisi, sono stati previsti serramenti ad alte prestazioni termiche ($U_w=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) associati a sistemi schermanti caratterizzati da buone proprietà di trasmissione solare $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$ [-]. Tale combinazione consente di verificare il fabbricato per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021. Dalla lettura del grafico risulta che il campo di esistenza relativo alle combinazioni possibili, per le due casistiche, è limitato dai requisiti relativi al soddisfacimento dei due indici di prestazione termica utile per riscaldamento e raffrescamento.
- **Località Torino** (Figura 92 e Figura 95): In queste combinazioni sono state assunte fisse sia le trasmittanze termiche dell'involucro trasparente, sia il parametro relativo alle schermature solari g_{gl+sh}/g_{gl} . Per le due soluzioni, nelle analisi, sono stati previsti serramenti con caratteristiche termiche identiche e/o peggiori rispetto a quelle del fabbricato di riferimento come definito dal D.M. "requisiti minimi" ($U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) associati a sistemi schermanti caratterizzati da buone proprietà di trasmissione solare ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,60$ [-] e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$ [-]).
Da tali scelte ne consegue che il fabbricato risulta essere verificato solamente per quanto concerne la prima fase applicativa 2015 ovvero, adottando le assunzioni definite non esiste per la seconda fase applicativa un campo di esistenza (nessuna combinazione permette di soddisfare contemporaneamente i requisiti minimi definiti dal D.M.[42]). Per quanto concerne la fase applicativa 2015, l'ampiezza del campo di esistenza è delimitata dal requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.

È quindi evidente che, per l'edificio in oggetto, per ogni località esistono più soluzioni che permettono di rispettare gli indici e i parametri del D.M. "Requisiti minimi" [42]. Dovrà essere il progettista a dover bilanciare conoscenze tecniche e risparmi economici conseguibili abbinando sistemi e tecnologie che permettono il rispetto dei limiti legislativi con il fine ultimo di perseguire comunque il minor costo dell'intervento.

È importante notare che in questo caso studio per le località studiate il numero di soluzioni relative alle località è molto variabile. Per le località con clima mite (Palermo) è possibile intervenire sul fabbricato facendo riferimento a un numero di soluzioni maggiori rispetto a quelle con il clima più freddo (Torino). A tal proposito nelle Figura 96 (Palermo, 2015), Figura 97 (Palermo, 2019/2021), Figura 98 (Roma 2015), Figura 99 (Roma 2019/2021), Figura 100 (Torino 2015), Figura 101 (Torino 2019/2021) è riportato con confronto visivo

relativo ai fabbisogni di energia termica utile per le soluzioni, relative ai limiti superiori, individuate nella ricerca.

In Figura 102, solamente per un confronto visivo, è invece riportato un grafico comparativo relativo agli indici di prestazione energetica per climatizzazione invernale ed estiva determinati sull'edificio di riferimento, per l'edificio oggetto di studio e per le due fasi applicative del D.M. "Requisiti minimi" 2015 e 2019/2021 [42].

In prima battuta, come per il caso studio relativo alla villa monofamiliare (capitolo 3.2), dal confronto risulta che ad un irrigidimento dei requisiti (diminuzione delle trasmittanze termiche dell'involucro del fabbricato di riferimento) corrisponde da un lato un contenimento dei fabbisogni di energia termica utile nella stagione di riscaldamento e, dall'altra, fabbisogni maggiori di energia termica utile nella stagione di raffrescamento. In ogni caso comunque la somma dei due fabbisogni termici utili per climatizzazione va a diminuire.

Poiché l'analisi relativa al caso studio esamina gli aspetti concernenti sia la realizzazione di nuovi edifici che l'eventuale ristrutturazione di quelli già esistenti, per concludere l'analisi è stato ipotizzato di intervenire su fabbricati edilizi caratterizzati da una differenza di incidenza di ponti termici variabile crescente dal 25% al 50%. Tale scelta nasce dalla convenienza di rendere il caso studio presentato adattabile anche ai fabbricati edificati nei vari periodi storici i quali, generalmente, sono contraddistinti da caratteristiche costruttive dell'involucro anche molto differenti tra loro [9]. Lo scopo di tale analisi è dunque quello di determinare da un punto di vista quantitativo quali siano le maggiori ricadute progettuali e se i valori relativi al fabbricato di riferimento possano essere ritenuti ben calibrati anche per il parco edilizio esistente. Tale analisi, come le precedenti, è stata affrontata per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021.

L'analisi è stata svolta considerando fisse le caratteristiche relative alle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. In linea di massima dalla lettura delle tabelle, si può notare che considerate buone tali assunzioni, le caratteristiche dell'involucro variano linearmente verso obiettivi di ristrutturazione delle componenti opache che sono sempre più ambiziose seppur, nel presente caso studio, ancora tecnicamente raggiungibili. Le simulazioni sono state svolte per Palermo, Roma e Torino. Ovviamente, considerato che le trasmittanze del fabbricato di riferimento sono più rigide in zona climatica E, nell'eventualità di non riuscire a correggere i ponti termici, Torino tra i casi studio esaminati risulta la località più sfavorita in cui per riuscire a osservare tutti i limiti del D.M. "Requisiti minimi" [42] occorre impiegare uno spessore maggiore di strato coibente. Per i comuni montani in zona F tale criticità risulta essere ancora più accentuata.

A fronte della ricerca delle caratteristiche termofisiche (principalmente trasmittanze termiche) che permettono al fabbricato, anche a fronte di una cospicua quantità di scambi dovuti a ponti termici, di ottemperare ai requisiti del D.M. una parte della ricerca ha determinato per varie tipologie murarie e di copertura (dati e simbologia tratti da UNI/TR 11552 [9]), lo spessore necessario dello strato termoisolante. Esso varia per zona climatica e per incidenza percentuale dei ponti termici sull'involucro.

Nel caso peggiore, ovvero, per un'incidenza del 50% per la località Torino, l'intervento di ristrutturazione dell'involucro può prevedere strati di isolante ($\lambda=0,04$ W/m k) con spessori che possono essere maggiori di 30 cm per l'involucro opaco orizzontale e di circa 30 cm per l'involucro opaco verticale.

Va tuttavia notato che nelle simulazioni (eseguite per gli edifici esistenti con maggiorazione forfettaria degli scambi termici per trasmissione) i ponti termici sono stati assegnati interamente alla componente opaca; un altro approccio adottabile e condivisibile per le simulazioni, può prevedere che l'effetto dei ponti termici possa essere attribuito, con percentuale variabile, sia all'involucro opaco che a quello trasparente, tale approccio permette di realizzare isolamenti termici della parete opaca economicamente e tecnicamente più sostenibili e fattibili impiegando serramenti caratterizzati da proprietà termiche migliori rispetto a quelle di riferimento.

3.3.4 Descrizioni delle configurazioni impiantistiche

3.3.4.1 Configurazione impiantistica 3

Nella presente configurazione impiantistica, l'intero edificio è dotato di impianto di **riscaldamento** di tipo idronico, da una **caldaia a gas** situata in centrale termica non adiacente al fabbricato. La produzione di **acqua calda sanitaria** è effettuata separatamente dall'impianto di riscaldamento, attraverso **scalda-acqua elettrici** dislocati nei locali servizi di ciascun piano. Non è presente alcun impianto di raffrescamento o climatizzazione estiva e/o di ventilazione meccanica dell'aria. Il ricambio d'aria nei locali è garantito da aerazione naturale. L'**illuminazione** dell'edificio è considerata solo per quanto riguarda l'illuminazione interna degli ambienti. Per il **trasporto di persone** si considera la presenza di un ascensore a servizio dei due piani sopraelevati dell'edificio.

Nell'edificio in esame è presente un **impianto di riscaldamento invernale** di tipo idronico (fluido termovettore acqua) composto dai seguenti sottosistemi:

- Emissione: radiatori su parete esterna;
- Regolazione: controllo per zona (piano) e per singolo ambiente;
- Distribuzione: distribuzione a due tubi orizzontale per piano;
- Accumulo: serbatoio in centrale termica a servizio della caldaia;
- Generazione: caldaia a gas in centrale termica.

Nelle tabelle seguenti i principali parametri di input per diversi livelli prestazionali.

Tabella 103 – Climatizzazione invernale (H) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento di regolazione	[-]	0,94	0,94	0,94
Rendimento di distribuzione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,94 (al 100% del carico) 1,00 (al 30% del carico)	0,94 (al 100% del carico) 1,00 (al 30% del carico)

Note:

- Il rendimento di distribuzione indicato nella tabella precedente è comprensivo delle perdite del serbatoio di accumulo e al netto dei recuperi termici del sottosistema di distribuzione;
- La potenza termica nominale della caldaia è stata considerata variabile in funzione del carico termico (dipendente dalla zona climatica);
- Il rendimento di distribuzione è stato determinato secondo il metodo analitico dell'appendice A della UNI/TS 11300-2:2014 [2];
- Le perdite di generazione sono determinate secondo il metodo analitico dell'appendice B.1 (metodo "direttiva") della UNI/TS 11300-2:2014 [2].

Tabella 104 – Produzione di acqua calda sanitaria (W) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di erogazione	[-]	1,00	1,00	1,00
Rendimento di distribuzione	[-]	0,926	0,926	0,926
Rendimento di generazione nominale – scaldacqua elettrico	[-]	0,65	0,65	0,65

Nell'edificio reale sono inoltre considerati ausiliari elettrici di distribuzione (pompa di circolazione del circuito di riscaldamento funzionante in maniera intermittente), ausiliari elettrici di generazione (potenze variabili in

funzione della potenza del generatore e date dalla UNI/TS 11300-2:2014 [2]) e pompe di circolazione sul circuito primario del generatore.

Nell'edificio di riferimento, invece, gli ausiliari elettrici sono già inclusi nelle efficienze di riferimento per i servizi di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria. Sono quindi considerati solo i fabbisogni di energia elettrica per la generazione di acqua calda sanitaria, illuminazione e trasporto.

Tabella 105 – Illuminazione (L)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Efficacia luminosa delle lampade	lm/W	65 per le lampade installate nelle zone di transito 85 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate	65 per le lampade installate nelle zone di transito 85 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate	75 per le lampade installate nelle zone di transito 90 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate
Sistemi di controllo dell'occupazione	[-]	Assenti	Assenti	Presenti
Sistemi di controllo dell'illuminazione	[-]	Assenti (Controllo manuale)	Assenti (Controllo manuale)	Presenti (Controllo automatico)

Tabella 106 – Trasporto (T)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Tipo di impianto		Gearless con inverter	Gearless con inverter	Gearless con inverter
Velocità	m/s	1,00	1,00	1,00
Portata	kg	480	480	480
Tipo di quadro		A relè	A relè	A relè
Tipo di lampade		Alogene	Alogene	Alogene
Spegnimento nelle fasi di sosta		sì	sì	sì

3.3.4.2 Risultati

3.3.4.2.1 Località Torino

Tabella 107 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,75	0,84	0,84	0,73
η_W	[-]	0,25	0,25	0,25	0,19
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m²]	164,19	153,11	143,77	156,28

Tabella 108 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m²]	153,22	142,14	134,62
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	6,7	7,2	6,4
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,4	0,5	0,5
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	19,4	19,4	19,4

3.3.4.2.2 Località Roma

Tabella 109 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,75	0,85	0,85	0,73
η_W	[-]	0,25	0,25	0,25	0,19
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	108,73	102,58	92,71	98,73

Tabella 110 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	97,93	91,78	83,83
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	9,9	10,7	9,6
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,6	0,7	0,7
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	19,4	19,4	19,4

3.3.4.2.3 Località Palermo

Tabella 111 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,75	0,85	0,85	0,73
η_W	[-]	0,25	0,25	0,25	0,19
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	88,86	84,76	74,26	77,64

Tabella 112 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	78,17	74,08	65,61
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	12,0	12,6	11,6
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,8	0,9	0,9
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	19,4	19,4	19,4

3.3.4.2.4 Commenti e note ai risultati

- 1) Analizzando i risultati relativi al primo livello prestazionale valutato, emerge immediatamente il fatto che, sebbene l'edificio reale sia dotato di generatori con rendimenti inferiori a quelli di riferimento, e nonostante nell'edificio reale siano considerati gli ausiliari mentre l'efficienza di riferimento li consideri compresi, le verifiche sulle efficienze risultano comunque rispettate. Ciò, come già sottolineato, è dovuto ancora una volta ai rendimenti di utilizzazione, che nell'edificio reale sono più elevati di quelli di riferimento.
- 2) Sempre in relazione alla prima simulazione (primo livello) la verifica sull'energia primaria totale globale non risulta soddisfatta principalmente per il servizio di illuminazione, in particolare per l'assenza di sistemi automatici di regolazione.

- 3) Nella seconda simulazione si è provato a compensare il deficit in termini di energia primaria totale del servizio di illuminazione con un altro servizio. Si è quindi installato un generatore più performante (a condensazione) per il servizio di riscaldamento. Da notare che si è scelto di agire sul solo servizio di riscaldamento poiché, riguardo ai restanti due, l'acqua calda sanitaria ha un peso relativo minimo nel presente caso studio e il servizio di trasporto è invariante rispetto ai limiti.
Si noti come il miglior rendimento dell'impianto di riscaldamento porti al raggiungimento di tutti i requisiti a Torino, ove il peso relativo del riscaldamento rispetto all'illuminazione è più elevato. Nelle località più calde (Roma e Palermo) il miglior rendimento del generatore non è sufficiente a soddisfare il requisito sull'energia primaria globale totale.
- 4) Introducendo invece, nella terza simulazione, sistemi automatici di controllo per l'illuminazione, si riescono a soddisfare tutti i requisiti in tutte le località. Oltre a ciò, riguardo il servizio di illuminazione, si noti che l'attuale configurazione dell'edificio di riferimento rendono il limite indipendente dal tipo di lampade installate: variare i corpi illuminanti, ovvero variando l'efficienza in termini di lm/W e quindi di conseguenza la potenza installata in W/m² di fatto non produce alcun effetto sui limiti del DM Requisiti Minimi.

3.3.4.3 Configurazione impiantistica 4

Nella presente configurazione impiantistica, l'intero edificio è dotato di impianto di **riscaldamento** di tipo idronico, servito da un **cogeneratore a gas** e da una **caldaia a gas** situati entrambi in centrale termica non adiacente al fabbricato.

La produzione di **acqua calda sanitaria** è effettuata separatamente dall'impianto di riscaldamento, attraverso **scalda-acqua elettrici** dislocati nei locali servizi di ciascun piano.

Non è presente alcun impianto di raffrescamento o climatizzazione estiva e/o di ventilazione meccanica dell'aria. Il ricambio d'aria nei locali è garantito da aerazione naturale.

L'**illuminazione** dell'edificio è considerata solo per quanto riguarda l'illuminazione interna degli ambienti.

Per il **trasporto di persone** si considera la presenza di un ascensore a servizio dei due piani sopraelevati dell'edificio.

Nell'edificio in esame è presente un **impianto di riscaldamento invernale** di tipo idronico (fluido termovettore acqua) composto dai seguenti sottosistemi:

- Emissione: radiatori su parete esterna;
- Regolazione: controllo per zona (piano) e per singolo ambiente;
- Distribuzione: distribuzione a due tubi orizzontale per piano;
- Accumulo: serbatoio in centrale termica a servizio del cogeneratore e della caldaia;
- Generazione: cogeneratore a gas e caldaia a gas in centrale termica.

Tale impianto provvede a garantire il servizio di climatizzazione invernale (solo riscaldamento) nei periodi di attivazione del riscaldamento.

Il cogeneratore è regolato per funzionare esclusivamente in funzione del fabbisogno di calore (modalità **termico segue**). Ciò significa che tutta l'energia termica prodotta in cogenerazione è utilizzata, ovvero non è prevista la dissipazione del calore prodotto durante il normale esercizio dell'impianto. L'energia elettrica prodotta dal cogeneratore durante il suo funzionamento per il soddisfacimento dei carichi termici è utilizzata per coprire i fabbisogni di energia elettrica dell'edificio (fabbisogni di tutti i servizi). L'energia in ingresso al cogeneratore è allocata all'energia termica ed elettrica prodotta in funzione dei fattori di allocazione calcolati secondo quanto definito dalla legislazione nazionale. L'energia elettrica prodotta dal cogeneratore e non utilizzata per il soddisfacimento di fabbisogni di energia elettrica dell'edificio (energia esportata) è convertita in primaria attraverso un fattore di conversione calcolato secondo UNI/TS 11300-5 [6] in funzione dei fattori di allocazione definiti della legislazione nazionale.

La sezione cogenerativa presente nell'edificio è costituita da un'unica unità di cogenerazione con accumulo, dimensionata per funzionare a carico nominale per la maggior parte del periodo di riscaldamento. Per i calcoli

si è utilizzata quindi la metodologia del “contributo frazionale” così come descritta nella UNI/TS 11300-4:2012 [5].

Nelle tabelle seguenti i principali parametri di input per diversi livelli prestazionali.

Tabella 113 – Climatizzazione invernale (H) – Rendimenti dell’edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento di regolazione	[-]	0,94	0,94	0,94
Rendimento di distribuzione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento elettrico nominale del cogeneratore	[-]	0,30	0,30	0,27
Rendimento termico nominale del cogeneratore	[-]	0,55	0,55	0,50
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)	0,88 (al 100% del carico) 0,85 (al 30% del carico)

Note:

- Il rendimento di distribuzione indicato nella tabella precedente è comprensivo delle perdite del serbatoio di accumulo e al netto dei recuperi termici del sottosistema di distribuzione;
- Le potenze nominali termica ed elettrica del cogeneratore e la potenza termica nominale della caldaia sono state considerate variabili in funzione del carico termico (dipendente dalla zona climatica).
- Il rendimento di distribuzione è stato determinato secondo il metodo analitico dell’appendice A della UNI/TS 11300-2:2014 [2];
- Le perdite di generazione sono determinate secondo il metodo analitico dell’appendice B.1 (metodo “direttiva”) della UNI/TS 11300-2:2014 [2].

Tabella 114 – Produzione di acqua calda sanitaria (W) – Rendimenti dell’edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di erogazione	[-]	1,00	1,00	1,00
Rendimento di distribuzione	[-]	0,926	0,926	0,893
Rendimento di generazione nominale – caldaia acqua elettrico	[-]	0,75	0,75	0,75

Nell’edificio reale sono inoltre considerati ausiliari elettrici di distribuzione (pompa di circolazione del circuito di riscaldamento funzionante in maniera intermittente), ausiliari elettrici di generazione (potenze variabili in funzione della potenza del generatore e date dalla UNI/TS 11300-2:2014 [2]) e pompe di circolazione sui circuiti primari dei generatori.

Nell’edificio di riferimento, invece, gli ausiliari elettrici sono già inclusi nelle efficienze di riferimento per i servizi di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria. Sono quindi considerati solo i fabbisogni di energia elettrica per la generazione di acqua calda sanitaria, illuminazione e trasporto.

Tabella 115 – Illuminazione (L)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Efficacia luminosa delle lampade	lm/W	65 per le lampade installate nelle zone di transito 85 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate	65 per le lampade installate nelle zone di transito 85 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate	65 per le lampade installate nelle zone di transito 85 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Sistemi di controllo dell'occupazione	[-]	Assenti	Presenti	Presenti
Sistemi di controllo dell'illuminazione	[-]	Assenti (controllo manuale)	Presenti (controllo automatico)	Presenti (controllo automatico)

Tabella 116 – Trasporto (T)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Tipo di impianto		Gearless con inverter	Gearless con inverter	Gearless con inverter
Velocità	m/s	1,00	1,00	1,00
Portata	kg	480	480	480
Tipo di quadro		A relè	A relè	A relè
Tipo di lampade		Alogene	Alogene	Alogene
Spegnimento nelle fasi di sosta		sì	sì	sì

3.3.4.4 Risultati

3.3.4.4.1 Località Torino

Tabella 117 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,90	0,90	0,84	0,85
η_W	[-]	0,36	0,37	0,35	0,22
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m²]	134,76	125,44	133,05	139,69

Tabella 118 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m²]	130,29	122,15	129,76
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	3,3	2,6	2,5
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,1	0,1	0,1
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	10,4	10,5	10,0

3.3.4.4.2 Località Roma

Tabella 119 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,92	0,92	0,86	0,86
η_W	[-]	0,32	0,32	0,31	0,22
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m²]	92,32	81,67	86,48	89,13

Tabella 120 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m²]	86,38	77,27	82,08
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	6,4	5,4	5,1

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,3	0,3	0,2
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	12,4	12,2	11,8

3.3.4.4.3 Località Palermo

Tabella 121 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	0,92	0,92	0,86	0,86
η_W	[-]	0,31	0,31	0,30	0,22
η_C	[-]				
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m ²]	78,41	66,92	70,20	71,40

Tabella 122 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	71,39	61,62	64,90
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	9,0	7,9	7,6
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	0,4	0,4	0,4
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	14,0	14,0	13,6

3.3.4.4.4 Commenti e note ai risultati

- 1) In relazione al livello prestazionale 1 è interessante effettuare un'analisi confrontando i risultati per le tre località climatiche. Si noti come a Torino tutte le verifiche siano rispettate, mentre a Roma e Palermo, a parità di configurazione e performance degli impianti, sebbene siano verificate le efficienze medie di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, non risulta verificata l'energia primaria totale globale. La ragione di questo fatto è dovuta all'incidenza del servizio di illuminazione. Infatti, nella situazione di Torino, essendo più elevati i fabbisogni per riscaldamento, l'incidenza relativa dell'illuminazione sull'EP totale risulta essere più contenuta. Di conseguenza, pur non avendo il sistema di illuminazione reale sistemi di controllo e quindi pur risultando il fabbisogno per illuminazione dell'edificio reale maggiore di quello di riferimento, la buona performance dei sistemi di riscaldamento e acqua calda sanitaria compensano tale situazione e permettono di soddisfare il limite globale.
Al contrario, riducendosi il peso relativo del servizio di riscaldamento nei confronti dell'illuminazione, in virtù del clima più caldo di Roma e Palermo, la verifica del limite globale risulta maggiormente condizionata dal servizio di illuminazione.
- 2) A parità di tutte le altre condizioni, introducendo nel sistema di illuminazione dispositivo di controllo di presenze e dispositivi automatici di regolazione della luce artificiale (si confrontino, a tal proposito, i livelli prestazionali 1 e 2), risulta essere soddisfatto anche il requisito sull'energia primaria totale. Nel presente caso studio, l'introduzione dei sistemi di cui sopra porta ad una riduzione dell' $EP_{gl,tot}$ di circa 9 – 11 kWh/m² anno a seconda delle zone climatiche (il beneficio in termini percentuali è maggiore a Palermo rispetto a Torino poiché nel primo caso vi è un maggiore e migliore sfruttamento della luce naturale attraverso i sistemi di controllo automatico).
- 3) Si notino, tra gli altri indicatori presentati, i risultati relativi alla QR. Considerando il solo servizio di acqua calda sanitaria, la QR risulta più elevata rispetto alla media di tutti i servizi. Ciò è motivato dal fatto che l'acqua calda sanitaria è ottenuta tramite energia elettrica da rete e tale vettore energetico ha una quota di energia rinnovabile (circa il 19%). In questo caso studio, tuttavia, la presenza del

cogeneratore a gas (combustibile non rinnovabile) riduce la QR poiché parte dell'energia elettrica da rete è sostituita da quella autoprodotta dal cogeneratore (non rinnovabile).

- 4) Si noti, tra il livello prestazionale 2 e 3, che la diminuzione della performance del cogeneratore, in particolare per quanto concerne il rendimento nominale termico, sebbene mantenga verificato il limite sull'energia primaria totale, porti al non soddisfacimento del requisito in termini di efficienza media di riscaldamento. Si noti quindi come, in generale, ai fini delle verifiche, sia più rilevante il rendimento termico rispetto al rendimento elettrico, soprattutto per ciò che concerne le efficienze medie stagionali.
- 5) Riguardo le efficienze medie stagionali per la produzione di acqua calda sanitaria, si noti come i valori piuttosto bassi siano dovuti al fatto che al denominatore vi è l'energia primaria totale e che in questo caso studio il vettore energetico utilizzato è l'energia elettrica da rete ($f_{p,tot} = 2,42$) oltre all'energia elettrica autoprodotta dal cogeneratore, che però confluisce soprattutto sul servizio di illuminazione, essendo i fabbisogni di energia elettrica di quest'ultimo notevolmente superiori a quelli per acqua calda sanitaria.

3.4 Palazzina ad uso uffici

Di seguito sono riportati i disegni di piante e prospetti dell'edificio oggetto di studio relativi ad una palazzina ad uso uffici, essi hanno la finalità di fornire un'informazione qualitativa in merito alla tipologia e alle geometrie del fabbricato.

Tabella 123 - Palazzina per uffici. Caratteristiche geometriche del fabbricato

Altezza interna dei locali	[m]	3,30
Spessore dei solai interpiano	[m]	0,35
Numero di piani	[-]	5,00
Altezza lorda del fabbricato	[m]	18,60
Dimensioni in pianta del fabbricato (Larghezza)	[m]	30,70
Dimensioni in pianta del fabbricato (Profondità)	[m]	16,30
Superficie in pianta del fabbricato	[m ²]	500,41
Volume lordo del fabbricato	[m ³]	9307,63
Superficie disperdente dell'involucro (esterna)	[m ²]	2749,22
Rapporto S/V	[m ⁻¹]	0,30
Superficie utile totale del fabbricato	[m ²]	2203,40
Volume netto	[m ³]	7271,22

Figura 103 – Palazzina per uffici. Pianta piano tipo

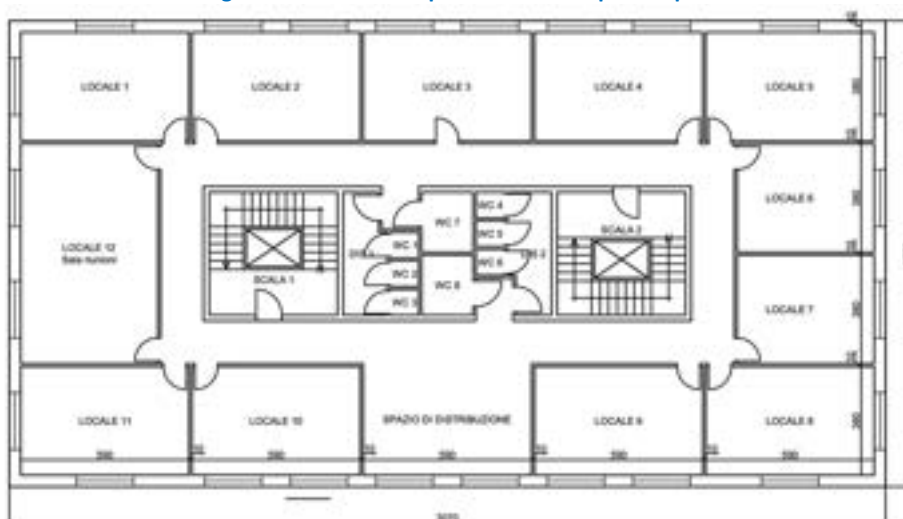
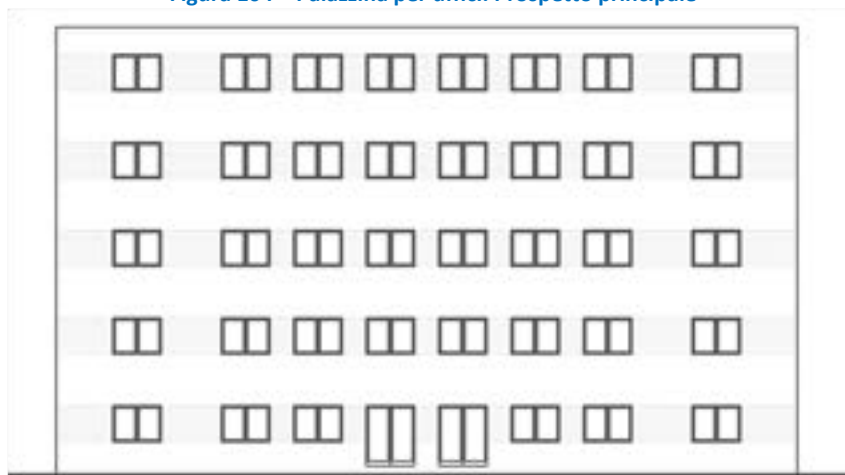


Figura 104 – Palazzina per uffici. Prospetto principale



Il presente edificio è costituito da un fabbricato adibito ad uffici. La destinazione d'uso dell'edificio, in riferimento alle categorie del D.P.R. 412/93 è la E.2 [46]. La palazzina è composta da un'unica unità immobiliare disposta su più livelli tutti climatizzati. Nel fabbricato non sono presenti locali non climatizzati. Per il presente edificio il calcolo della prestazione energetica, così come richiesto dalla legislazione vigente, tiene conto dei seguenti servizi: climatizzazione invernale (H), climatizzazione estiva (C), produzione di acqua calda sanitaria (W), ventilazione (V), illuminazione (L).

Tabella 124 - Palazzina per uffici. Caratteristiche geometriche delle superfici

Superficie vetrata disperdente complessiva	[m ²]	508,00
Superficie disperdente (interna) complessiva	[m ²]	2948,81
Superficie vetrata / Superficie lorda involucro (esterna) complessiva	[-]	18,48%
Superficie vetrata / Superficie lorda involucro (esterna) verticale	[-]	29,06%

Ai fini dei calcoli l'edificio è suddiviso in spazi elementari così come indicato nelle tabelle seguenti. Per ogni livello della palazzina la dislocazione degli spazi è identica.

Tabella 125 - Palazzina per uffici. Spazi all'interno del fabbricato

#	Descrizione unità minima suddivisione	A [m ²]	h [m]	V _N [m ³]
1	Locale 1 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
2	Locale 2 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
3	Locale 3 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
4	Locale 4 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
5	Locale 5 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
6	Locale 6 (Ufficio)	18,24	3,30	60,19
7	Locale 7 (Ufficio)	18,24	3,30	60,19
8	Locale 8 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
9	Locale 9 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
10	Locale 10 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
11	Locale 11 (Ufficio)	22,42	3,30	73,99
12	Locale 12 (Sala Riunione)	36,96	3,30	121,97
13	Spazio di distribuzione	101,31	3,30	334,32
14	Disimpegno 1	6,25	3,30	20,61
15	Disimpegno 2	6,25	3,30	20,61
15	WC 1	0,90	3,30	2,97
16	WC 2	0,90	3,30	2,97
17	WC 3	0,90	3,30	2,97
18	WC 4	0,90	3,30	2,97
19	WC 5	0,90	3,30	2,97
20	WC 6	0,90	3,30	2,97
21	WC 7 (disabili)	3,78	3,30	12,47
22	WC 8 (disabili)	3,78	3,30	12,47
23	Vano scala A	19,35	17,90	346,37
24	Vano scala B	19,35	17,90	346,37

Ai fini dei calcoli, sulla base dei parametri gestionali e delle caratteristiche degli impianti presenti per le simulazioni di calcolo è stata effettuata un'aggregazione degli spazi elementari in zone, a seconda del servizio considerato.

Nel presente edificio sono individuate le seguenti tipologie di componenti opachi: parete verso ambiente esterno; parete interna da 10 cm; pavimento verso terreno; solaio interno; copertura su esterno.

Per tutti i componenti opachi verticali e orizzontali confinanti con esterno si ipotizza un colore delle superfici esterne chiaro, corrispondente ad un fattore di assorbimento solare (α_{sol}) di 0,3.

Per tutti i componenti opachi si considera un'emissività di 0,9. Si riportano di seguito le superfici disperdenti del fabbricato

Tabella 126 - Palazzina per uffici. Superfici disperdenti suddivise per orientamento

Piano	Superfici opache				Superfici trasparenti				Solai	
	S	E	N	O	S	E	N	O	Contro terra	Copertura
	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]
0	38,16	73,35	38,49	69,35	12,00	24,00	12,00	28,00	440,68	0,00
1	38,16	73,35	38,49	73,35	12,00	24,00	12,00	24,00	0,00	0,00
2	38,16	73,35	38,49	73,35	12,00	24,00	12,00	24,00	0,00	0,00
3	38,16	73,35	38,49	73,35	12,00	24,00	12,00	24,00	0,00	0,00
4	38,16	73,35	38,49	73,35	12,00	24,00	12,00	24,00	0,00	0,00
5	38,16	73,35	38,49	73,35	12,00	24,00	12,00	24,00	0,00	440,68

Tabella 127 - Palazzina per uffici. Principali ponti termici suddivisi per tipologia e relative caratteristiche geometriche

		Piano 0	Piano 1	Piano 2	Piano 3	Piano 4	Piano 5
Giunzione tra pareti esterne e copertura	[m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,50
Giunzioni dovute a solai interpiano	[m]	89,50	89,50	89,50	89,50	89,50	89,50
Giunzione tra pareti e pavimento su terreno	[m]	89,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Giunzioni tra pareti interne e pareti perimetrali	[m]	42,90	42,90	42,90	42,90	42,90	42,90
Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a balconi	[m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a pilastri	[m]	53,70	53,70	53,70	53,70	53,70	53,70
Interruzione di forma dovuta ad angoli esterni (in corrispondenza di pilastri)	[m]	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
Giunzioni tra pareti esterne e serramenti	[m]	172,00	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00

Nel presente caso studio, in merito al calcolo della portata minima di progetto di aria esterna è stata utilizzata l'equazione n. 33 della UNI/TS 11300-1:2014 [1] con le portate specifiche per persone e per superficie della UNI 10339. La portata $q_{ve,0}$ è stata calcolata, secondo la normativa tecnica vigente.

Nel presente edificio sono state individuate le seguenti tipologie di locali:

- locali in cui è previsto lo stazionamento di persone (uffici singoli, sale riunioni);
- locali in cui non è previsto lo stazionamento di persone (corridoi, atrio, vano scale, disimpegni, antibagni);
- servizi igienici (bagni).

Per i locali ove è previsto lo stazionamento di persone è stato considerato un indice di affollamento pari a 0,06 persone/m² per le zone adibite ad uffici singoli e 0,60 persone/m² per le sale riunioni; è stata inoltre considerata una portata di aria esterna per persona pari a 11 m³/s per persona per le zone adibite ad uffici singoli e 10 m³/s per persona per le due sale riunioni presenti. Per i locali ove non è previsto lo stazionamento di persone, ovvero per quei locali per i quali la UNI 10339:1995 non indica un affollamento, è stato assunto un indice di affollamento pari a 0 persone/m². Ai fini del calcolo della prestazione termica del fabbricato, il fabbisogno di energia termica utile ideale di riferimento del fabbricato è indipendente dalle modalità con cui è effettuata la ventilazione nell'edificio. Per tale calcolo si fa convenzionalmente riferimento all'aerazione naturale. Lo scambio termico per ventilazione è stato quindi calcolato con la portata di riferimento.

Per il presente caso studio la portata minima di progetto di aria esterna è calcolata per ogni zona secondo quanto già specificato. A tali portate è stato applicato un fattore di riduzione pari a 0,59 per gli uffici singoli, 0,51 per le due sale riunioni e 1,00 per i locali per cui non è specificato fattore di riduzione.

3.4.1 Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile

A fronte di alcune assunzioni di calcolo, viene presentata di seguito in relazione al caso studio la variazione del parametro H'_T al fine di valutarne, per tutte le zone climatiche, in riferimento ai limiti legislativi del D.M. 26/06/2016 (orizzonti temporali 2015 e 2019/2021) [42], la variazione. Si ipotizza che il fabbricato sia realizzato utilizzando soluzioni tecniche allineate ai parametri tecnici dell'edificio di riferimento.

Figura 105 - Palazzina per uffici. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015.

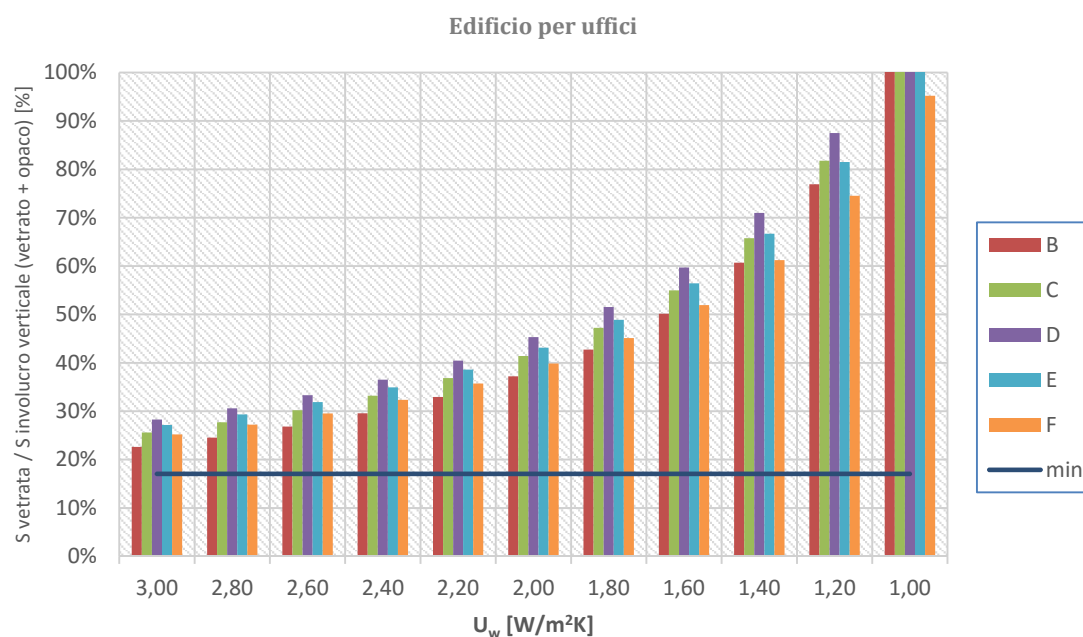
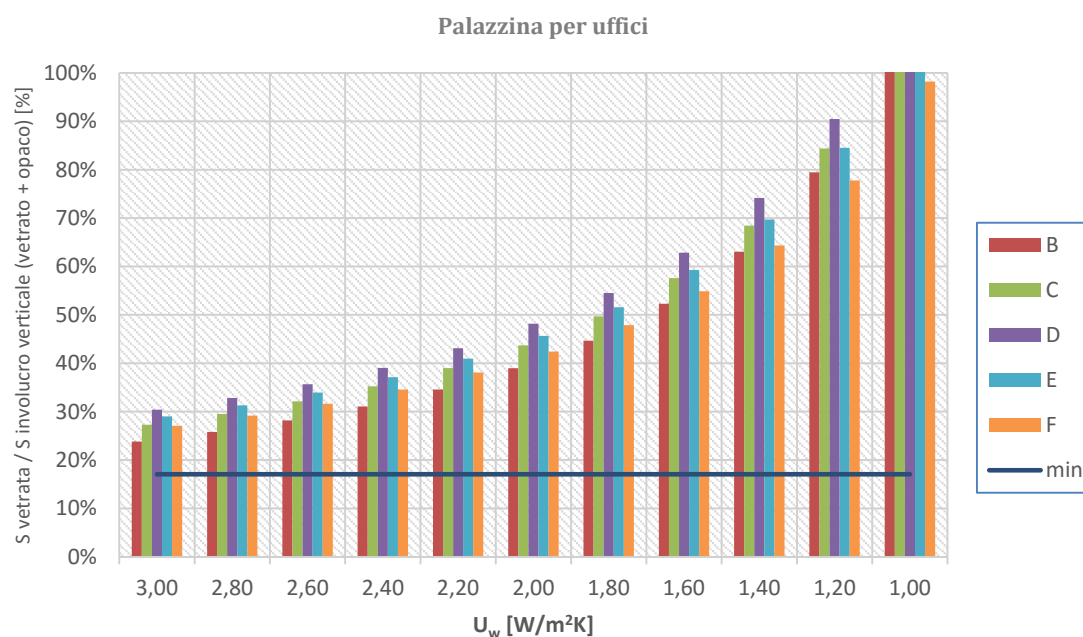


Figura 106 - Palazzina per uffici. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019.



3.4.2 Correlazione tra il fattore di energia solare g_{gl+sh}/g_{gl} e il rapporto area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato.

Di seguito si presentano alcuni grafici che mettono in relazione per ogni unità immobiliare del caso studio l'utilizzo di diverse schermature solari e il parametro da verificare previsto dalla legislazione $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$. Nella simulazione non è considerata l'eventuale presenza di ostruzioni all'orizzonte. I valori di $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$, in riferimento ai limiti legislativi del D.M. "Requisiti minimi" [42], devono essere minori o uguali a 0,04.

		$g_{gl,n}=0,75$ [-]									
	g_{gl+sh}/g_{gl}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Zona B	Palermo	0,072	0,065	0,059	0,053	0,046	0,040	0,033	0,027	0,021	0,014
Zona C	Bari	0,077	0,070	0,063	0,056	0,049	0,042	0,036	0,029	0,022	0,015
Zona D	Roma	0,082	0,075	0,068	0,060	0,053	0,045	0,038	0,031	0,023	0,016
Zona E	Milano	0,071	0,065	0,059	0,052	0,046	0,040	0,033	0,027	0,020	0,014
Zona F	Cuneo	0,068	0,062	0,056	0,050	0,044	0,038	0,032	0,026	0,020	0,014

(*) Per le chiusure tecniche esposte a Nord è stato assunto $g_{gl+sh}/g_{gl}=1$

		$g_{gl,n}=0,67$ [-]									
	g_{gl+sh}/g_{gl}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Zona B	Palermo	0,064	0,058	0,053	0,047	0,041	0,036	0,030	0,024	0,018	0,013
Zona C	Bari	0,069	0,062	0,056	0,050	0,044	0,038	0,032	0,026	0,020	0,013
Zona D	Roma	0,074	0,067	0,060	0,054	0,047	0,041	0,034	0,027	0,021	0,014
Zona E	Milano	0,064	0,058	0,052	0,047	0,041	0,035	0,030	0,024	0,018	0,013
Zona F	Cuneo	0,061	0,056	0,050	0,045	0,039	0,034	0,028	0,023	0,018	0,012

(*) Per le chiusure tecniche esposte a Nord è stato assunto $g_{gl+sh}/g_{gl}=1$

Figura 107 - Palazzina per uffici. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di apparato schermante. Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

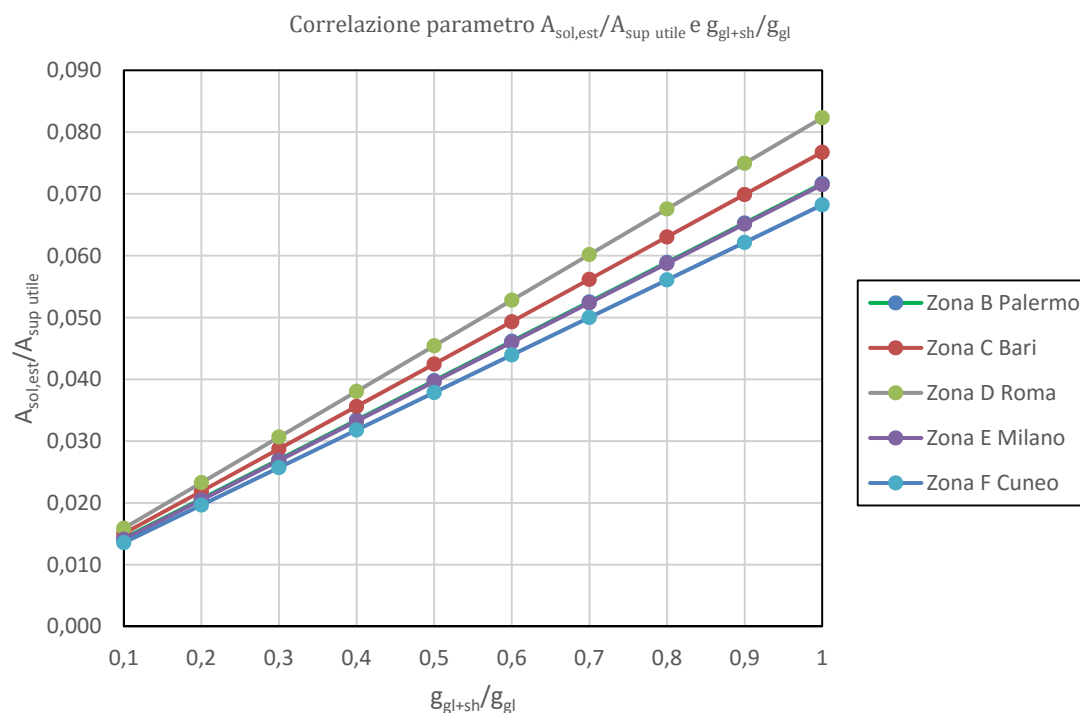
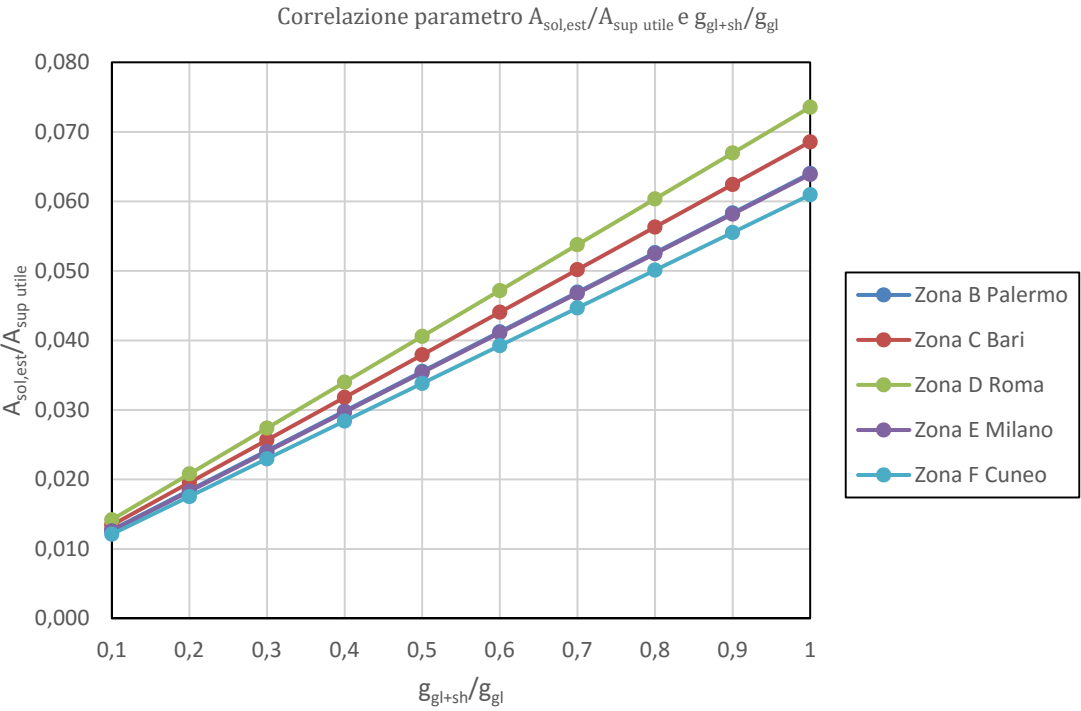


Figura 108 - Palazzina per uffici. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologie di apparato schermante. Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).

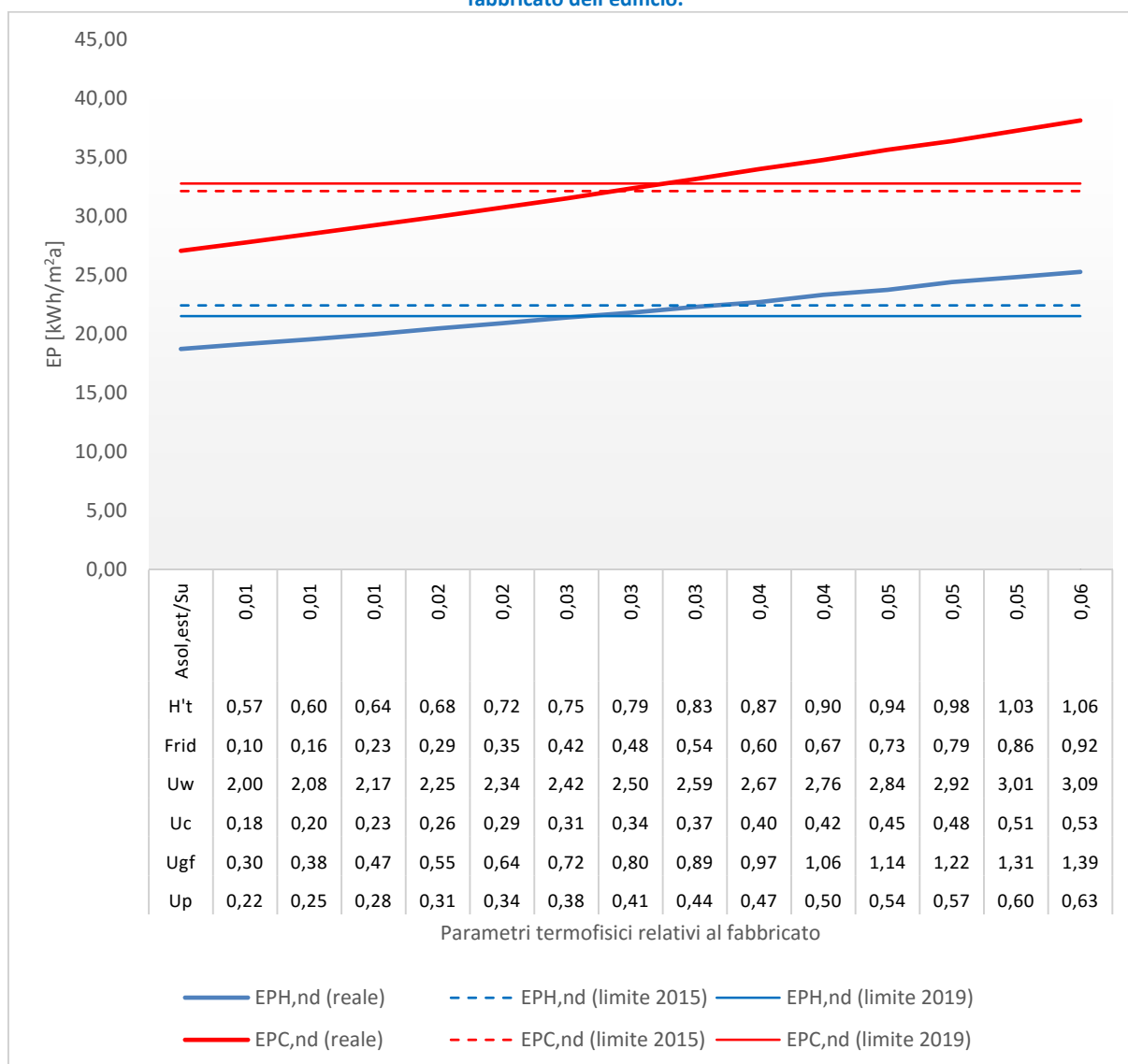


3.4.3 Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato

Si riportano di seguito i principali risultati relativi alla casistica presentata nel prospetto seguente.

Variabilità dei parametri di progetto del fabbricato				
Località	Parametri relativi al fabbricato tutti variabili	Parametri relativi al fabbricato variabili ad eccezione di U_w	Parametri relativi al fabbricato variabili ad eccezione del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl}	Parametri relativi al fabbricato variabili ad eccezione di U_w e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl}
Palermo	Figura 109	Figura 111 ($U_w=3,00\text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 110 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$)	Figura 112
Roma	Figura 113	Figura 115 ($U_w=1,60\text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 114 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$)	Figura 116
Torino	Figura 117	Figura 119 ($U_w=1,40\text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 118 ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$)	Figura 120 ($U_w=1,10\text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$) Figura 121 ($U_w=1,40\text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$) Figura 122 ($U_w=1,40\text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$) Figura 123 ($U_w=1,10\text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$)

Figura 109 – Palazzina ad uso uffici - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,215	0,413	0,215	0,413
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,816	0,300	0,816
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,231	0,150	0,231
U - Copertura	W/m²K	0,175	0,345	0,175	0,345
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,516	2,000	2,516
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,487	0,100	0,487
H'_T	W/m²K	0,566	0,798	0,566	0,798
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,006	0,031	0,006	0,031
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	18,73	21,45	18,73	21,45
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	22,43	22,43	21,51	21,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,05	31,62	27,05	31,62
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,13	32,13	32,76	32,76

Figura 110 – Palazzina ad uso uffici - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,386	0,447	0,353	0,442
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,876	1,008	0,804	0,996
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,235	0,246	0,229	0,245
U - Copertura	W/m²K	0,326	0,377	0,297	0,373
U - Serramenti	W/m²K	2,108	2,339	1,982	2,318
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'T	W/m²K	0,715	0,795	0,670	0,789
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	20,01	21,52	19,17	21,38
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	22,43	22,43	21,51	21,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,08	31,05	32,72	31,13
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,13	32,13	32,76	32,76

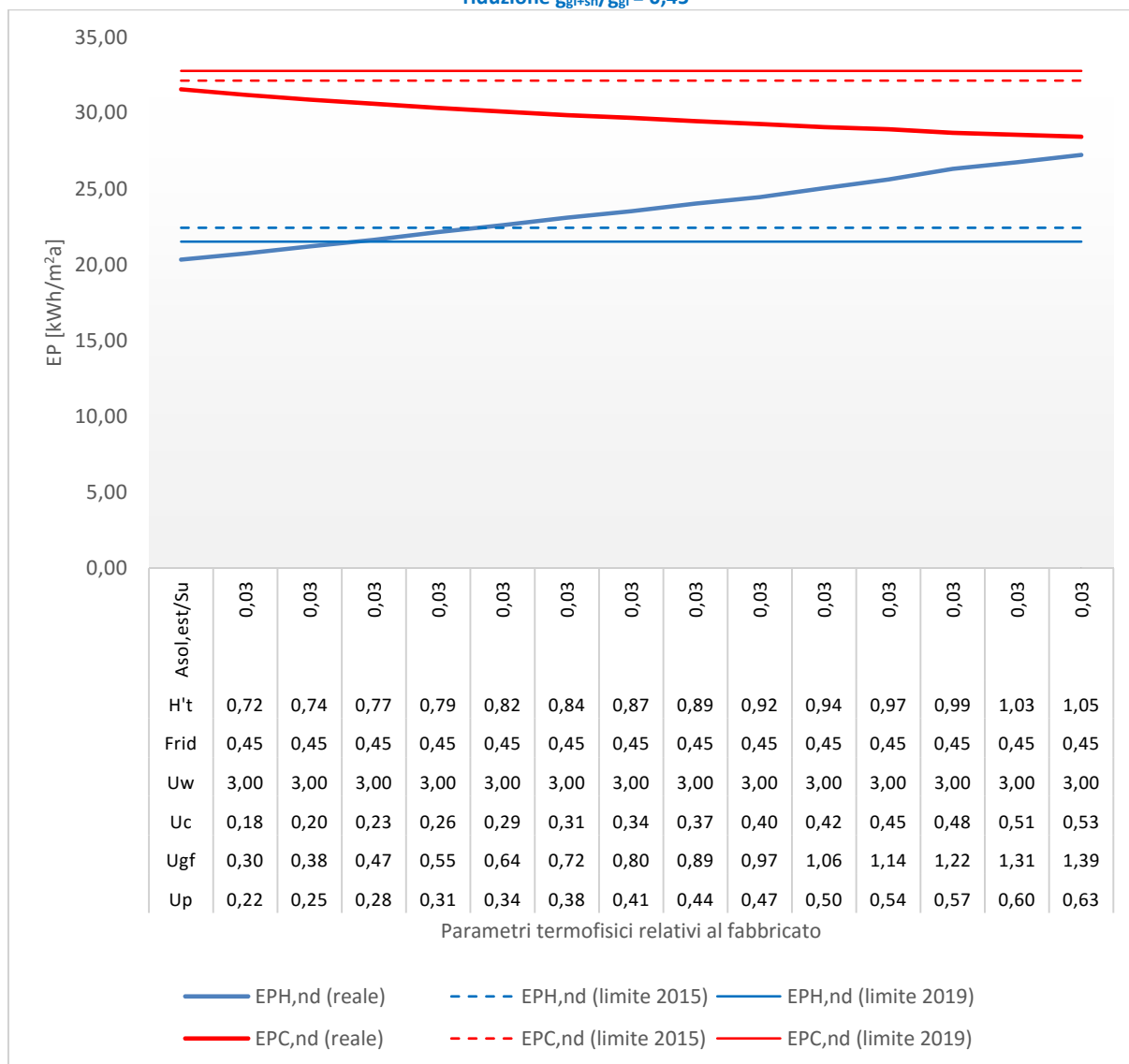
Figura 111 – Palazzina ad uso uffici - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,215	0,321		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,576		
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,203		
U - Copertura	W/m²K	0,175	0,266		
U - Serramenti	W/m²K	3,000	3,000		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,307		
H'_T	W/m²K	0,720	0,799		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,006	0,020		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	21,86	22,40		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	22,43	22,43		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	24,74	27,76		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	32,13	32,13		

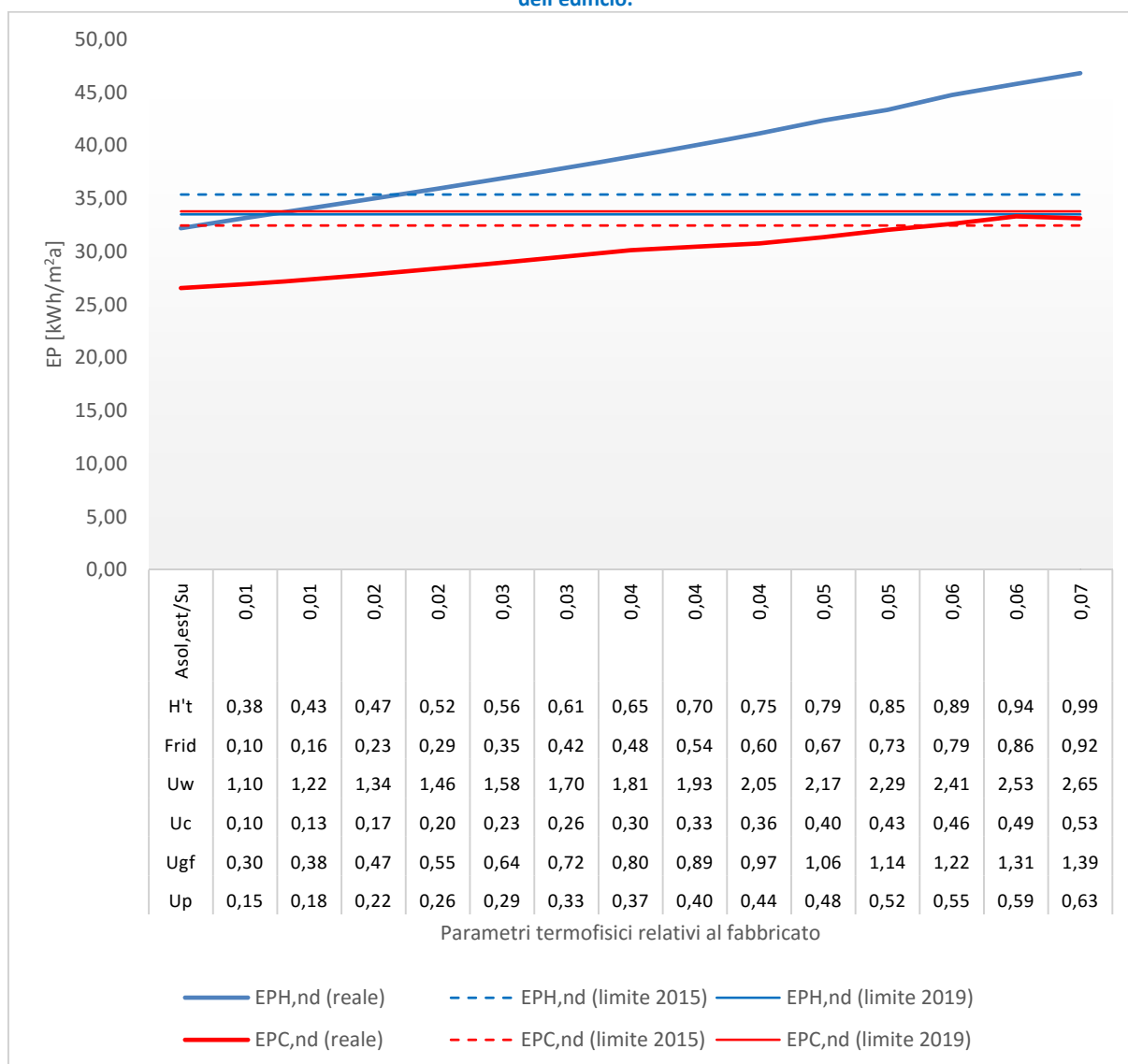
Figura 112 – Palazzina ad uso uffici - Località Palermo (Zona climatica B). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,215	0,321	0,215	0,302
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,576	0,300	0,528
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,203	0,150	0,196
U - Copertura	W/m²K	0,175	0,266	0,175	0,250
U - Serramenti	W/m²K	3,000	3,000	3,000	3,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,720	0,799	0,720	0,785
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	20,32	21,75	20,32	21,50
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	22,43	22,43	21,51	21,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	31,55	30,52	31,55	30,67
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,13	32,13	32,76	32,76

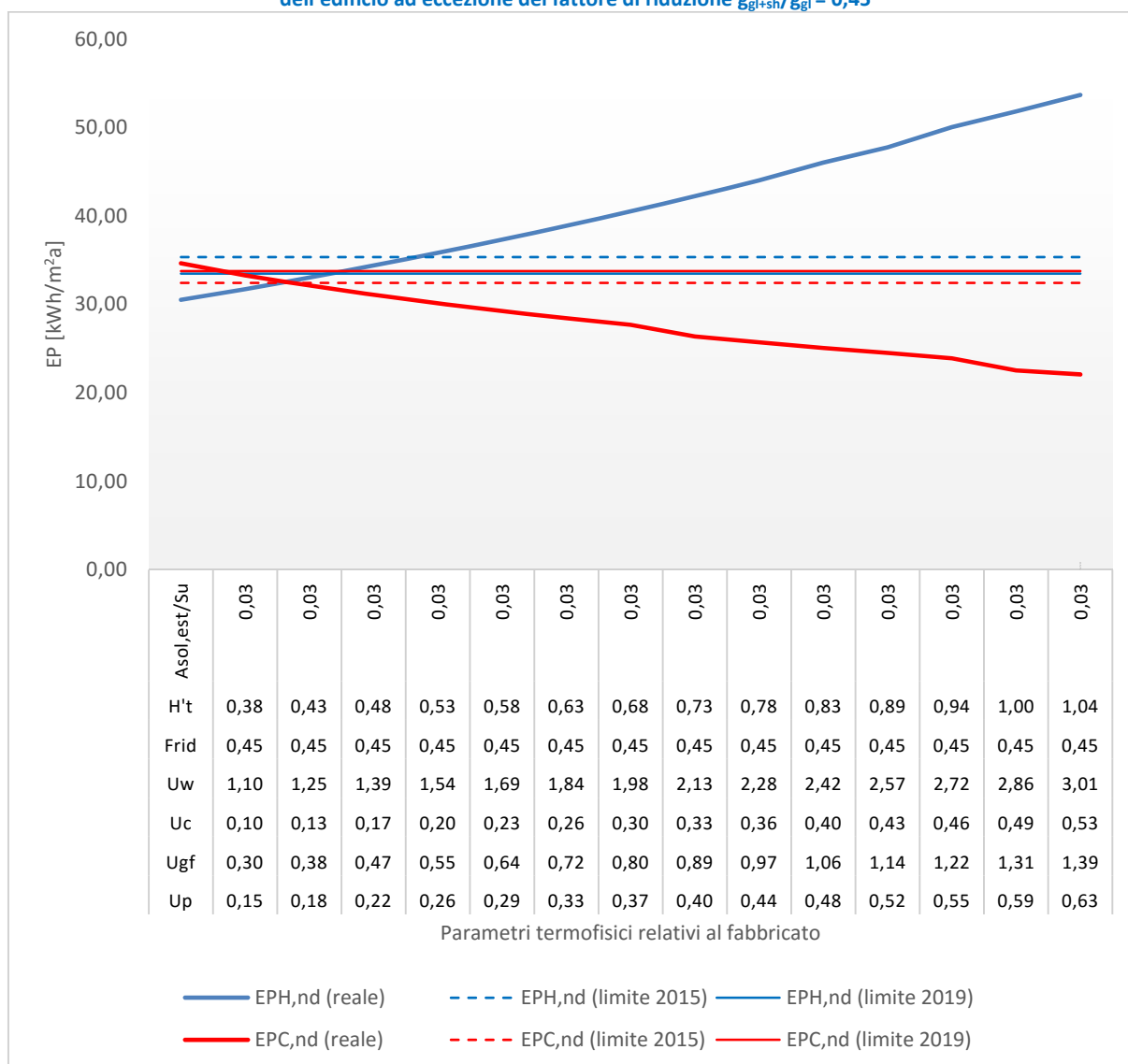
Figura 113 – Palazzina ad uso uffici - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,145	0,267	0,145	0,193
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,576	0,300	0,408
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,202	0,150	0,174
U - Copertura	W/m²K	0,100	0,208	0,100	0,142
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,491	1,100	1,253
g _{gl+sh} /g _{gl}	-	0,100	0,307	0,100	0,181
H' _T	W/m²K	0,377	0,528	0,377	0,438
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,007	0,023	0,007	0,013
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	32,19	35,24	32,19	33,40
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	35,37	35,37	33,49	33,49
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	26,55	28,00	26,55	27,04
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,45	32,45	33,77	33,77

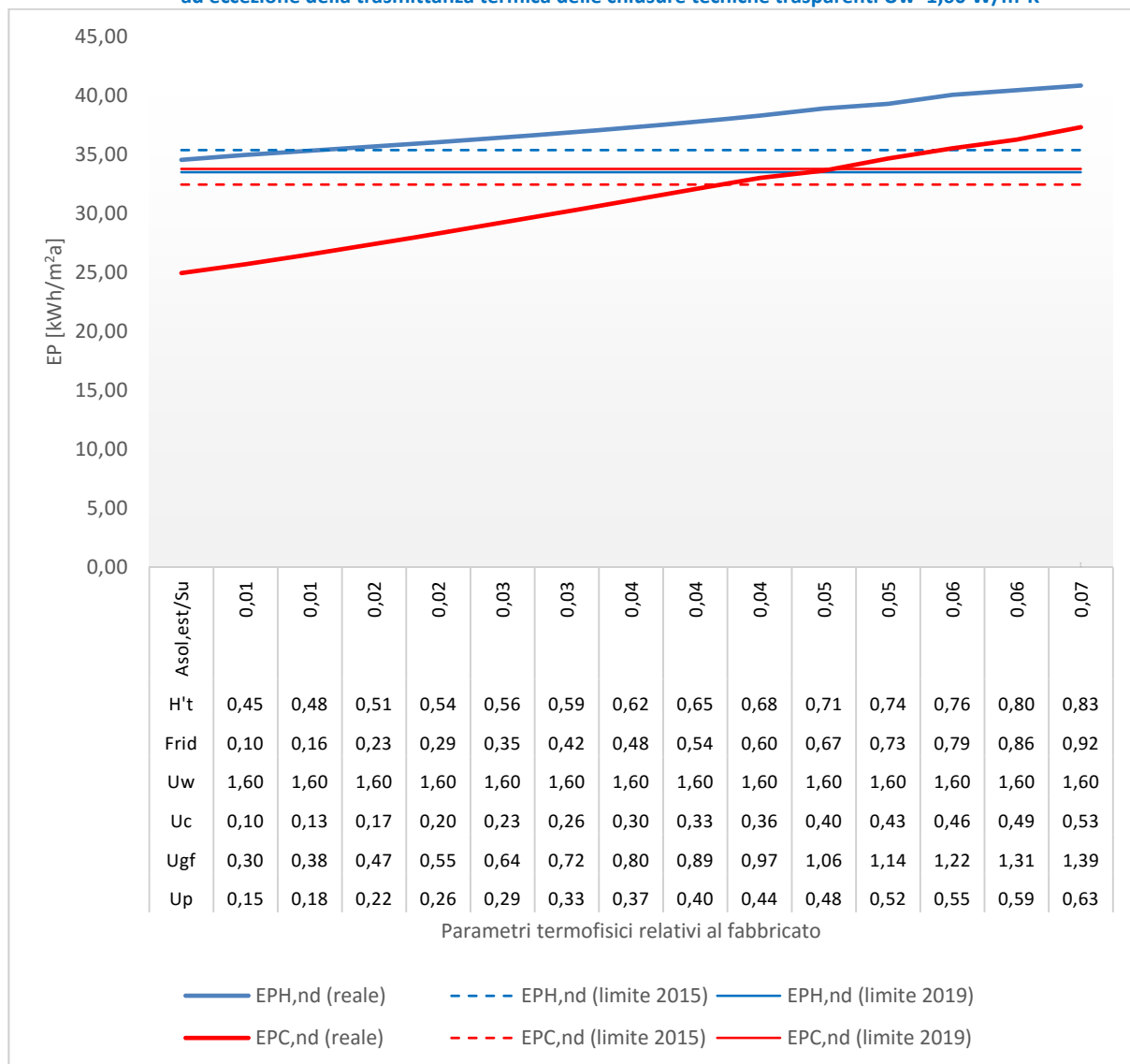
Figura 114 – Palazzina ad uso uffici - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,214	0,278	0,172	0,230
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,456	0,600	0,360	0,492
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,184	0,206	0,164	0,190
U - Copertura	W/m²K	0,161	0,218	0,124	0,175
U - Serramenti	W/m²K	1,373	1,625	1,205	1,436
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,472	0,556	0,415	0,493
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,033	0,033	0,033	0,033
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	32,88	35,20	31,38	33,42
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	35,37	35,37	33,49	33,49
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	32,29	30,53	33,65	31,83
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	32,45	32,45	33,77	33,77

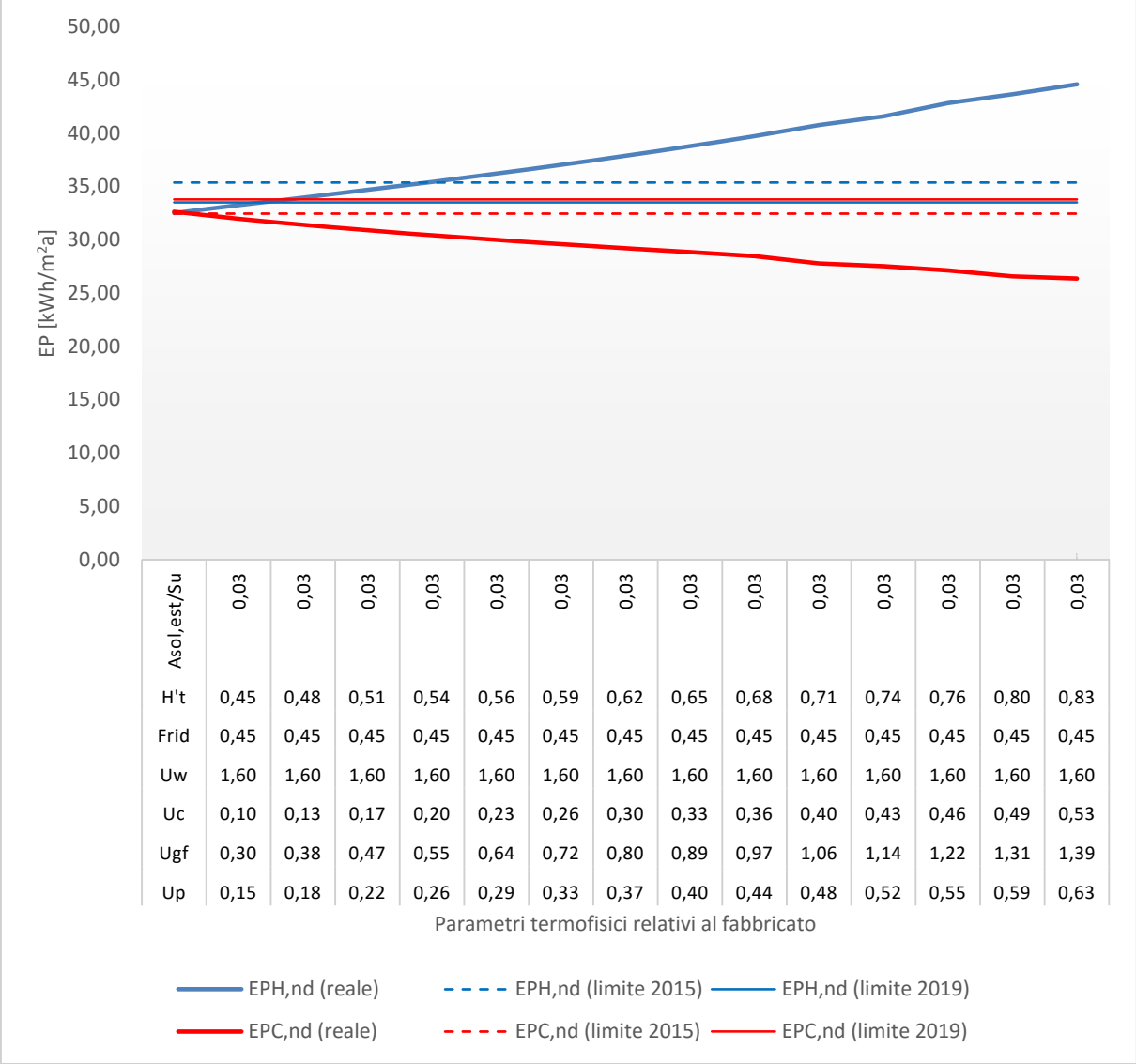
Figura 115 – Palazzina ad uso uffici - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,145	0,219	-	-
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,468	-	-
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,186	-	-
U - Copertura	W/m²K	0,100	0,166	-	-
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	-	-
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,226	-	-
H'_T	W/m²K	0,455	0,511	-	-
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,007	0,017	-	-
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	34,54	35,33	-	-
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	35,37	35,37	-	-
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	24,94	26,52	-	-
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,45	32,45	-	-

Figura 116 – Palazzina ad uso uffici - Località Roma (Zona climatica D). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,156	0,288	0,145	0,193
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,324	0,624	0,300	0,408
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,156	0,209	0,150	0,174
U - Copertura	W/m²K	0,109	0,227	0,100	0,142
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	1,600	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,463	0,560	0,455	0,491
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,033	0,033	0,033	0,033
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	32,71	35,30	32,49	33,43
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	35,37	35,37	33,49	33,49
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,43	30,48	32,62	31,80
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,45	32,45	33,77	33,77

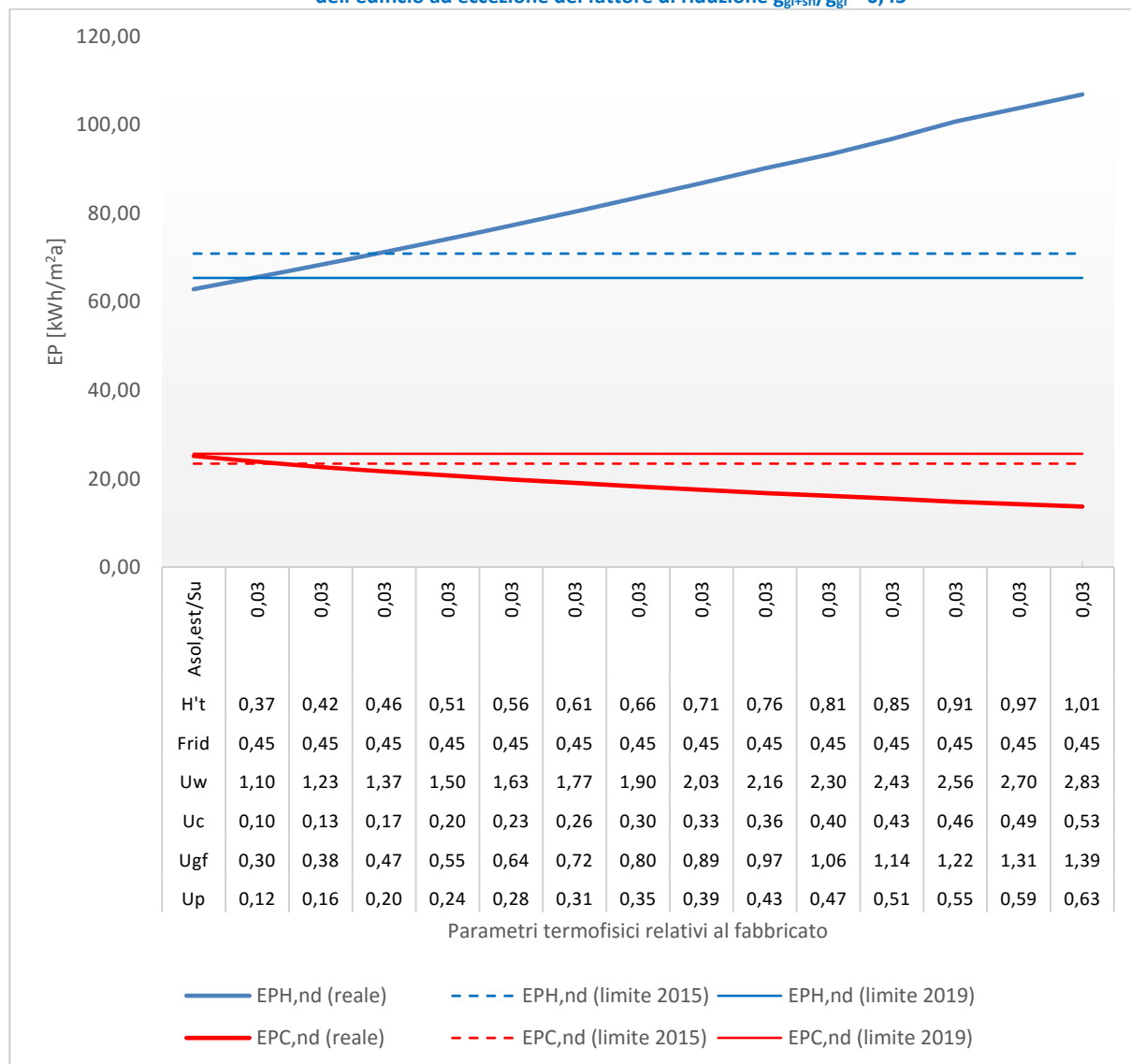
Figura 117 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,120	0,281	0,120	0,137
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,648	0,300	0,336
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,212	0,150	0,159
U - Copertura	W/m²K	0,100	0,236	0,100	0,114
U - Serramenti	W/m²K	1,000	1,174	1,000	1,018
g _{gl+sh} /g _{gl}	-	0,100	0,361	0,100	0,127
H' _T	W/m²K	0,350	0,493	0,350	0,365
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,007	0,024	0,007	0,008
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	64,73	70,79	64,73	65,34
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	70,93	70,93	65,42	65,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	19,29	20,74	19,29	19,38
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,48	23,48	25,69	25,69

Figura 118 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,176	0,231	0,120	0,153
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,420	0,540	0,300	0,372
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,176	0,197	0,150	0,167
U - Copertura	W/m²K	0,147	0,194	0,100	0,128
U - Serramenti	W/m²K	1,290	1,480	1,100	1,214
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'T	W/m²K	0,437	0,505	0,365	0,408
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	66,84	70,87	62,90	65,21
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	70,93	70,93	65,42	65,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,38	21,82	25,17	24,07
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,48	23,48	25,69	25,69

Figura 119 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,120	0,203		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,300	0,480		
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,150	0,187		
U - Copertura	W/m²K	0,100	0,171		
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,100	0,235		
H'_T	W/m²K	0,412	0,474		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,007	0,015		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	68,53	70,87		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	70,93	70,93		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,85	18,85		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	23,48	23,48		

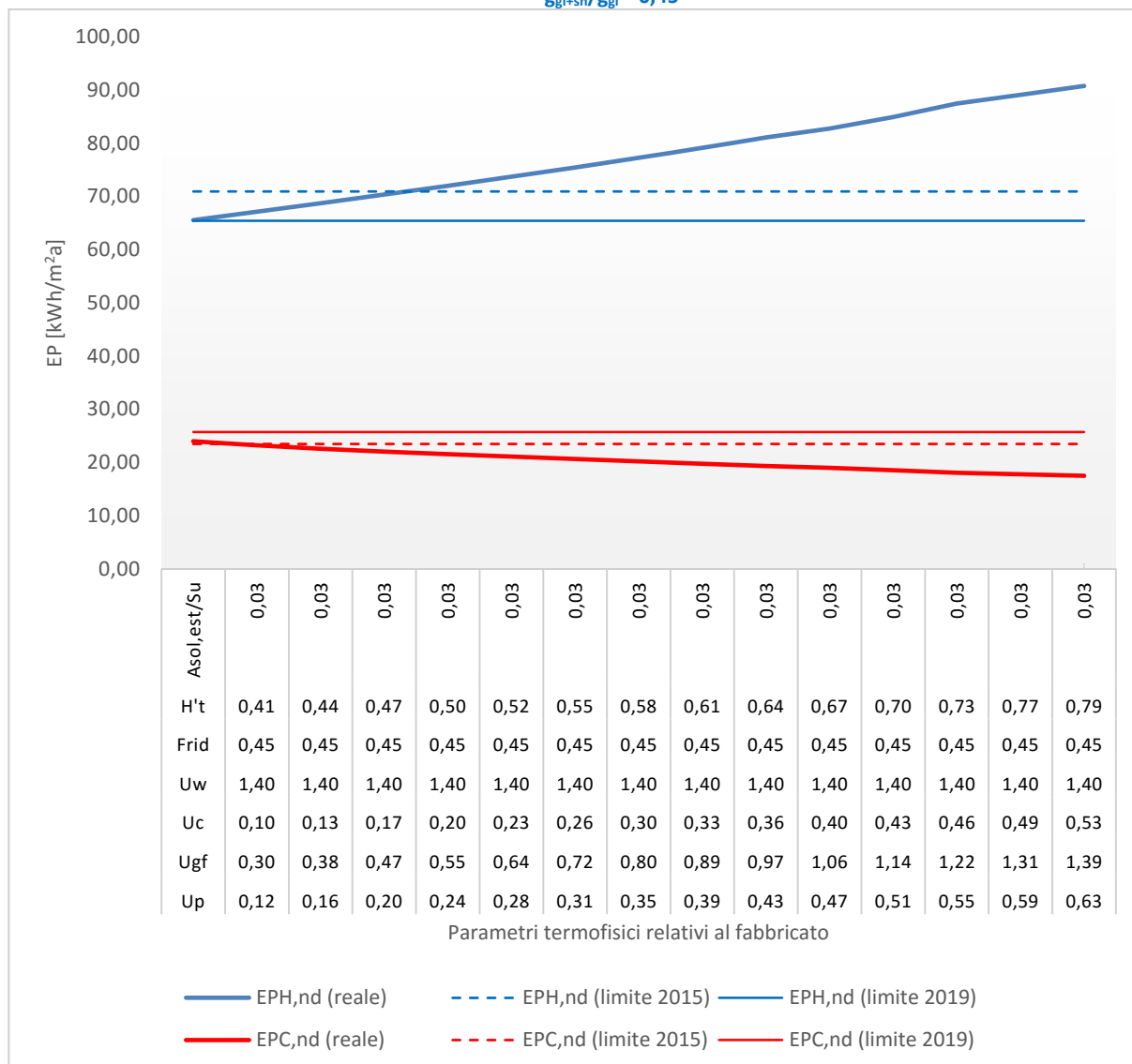
Figura 120 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,220	0,314	0,120	0,181
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,516	0,720	0,300	0,432
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,193	0,220	0,150	0,178
U - Copertura	W/m²K	0,185	0,265	0,100	0,152
U - Serramenti	W/m²K	1,100	1,100	1,100	1,100
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
H'_T	W/m²K	0,439	0,506	0,365	0,411
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	66,88	70,78	62,90	65,35
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	70,93	70,93	65,42	65,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,36	22,08	25,17	24,01
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,48	23,48	25,69	25,69

Figura 121 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,148	0,248		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,360	0,576		
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,164	0,202		
U - Copertura	W/m²K	0,124	0,208		
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400		
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450		
H'_T	W/m²K	0,432	0,505		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	66,64	70,81		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	70,93	70,93		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,46	21,89		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,48	23,48		

Figura 122 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,259	0,270	0,126	0,131
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,600	0,624	0,312	0,324
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K	0,205	0,209	0,153	0,156
U - Copertura	W/m²K	0,218	0,227	0,105	0,109
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
H'_T	W/m²K	0,512	0,520	0,416	0,420
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,036	0,036	0,036	0,036
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	70,40	70,86	65,02	65,24
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	70,93	70,93	65,42	65,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,46	23,32	25,67	25,56
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,48	23,48	25,69	25,69

Figura 123 – Palazzina ad uso uffici - Località Torino (Zona climatica E). Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del fattore di riduzione $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K			0,192	0,198
U - Solaio contro terra	W/m²K			0,456	0,468
U - Solaio contro terra equivalente	W/m²K			0,183	0,185
U - Copertura	W/m²K			0,161	0,166
U - Serramenti	W/m²K			1,100	1,100
g_{gl+sh}/g_{gl}	-			0,550	0,550
H'_T	W/m²K			0,419	0,423
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²			0,036	0,036
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a			65,04	65,26
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a			65,42	65,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a			25,63	25,54
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a			25,69	25,69

Tabella 128 – Palazzina ad uso uffici. Località Palermo (Zona climatica B). Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Limite temporale 2015

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4
U - Parete	W/m ² K	0,413	0,447	0,321	0,321
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,816	1,008	0,576	0,576
U - Solaio contro terra equivalente	W/m ² K	0,231	0,246	0,203	0,203
U - Copertura	W/m ² K	0,345	0,377	0,266	0,266
U - Serramenti	W/m ² K	2,516	2,339	3,000	3,000
ggl+sh/ggl	-	0,487	0,450	0,307	0,450
H' _T	W/m ² K	0,798	0,795	0,799	0,799
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m ² /m ²	0,031	0,029	0,020	0,029
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	21,451	21,517	22,401	21,755
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	22,431	22,431	22,431	22,431
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	31,619	31,052	27,765	30,523
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	32,126	32,126	32,126	32,126

Tabella 129 – Palazzina ad uso uffici. Località Palermo (Zona climatica B). Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Limite temporale 2015

2015	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4
U - Parete	-8,27%	-0,57%	-28,71%	-28,71%
U - Solaio contro terra	-49,88%	-46,59%	-55,81%	-55,81%
U - Copertura	-9,25%	-0,71%	-30,04%	-30,04%
U - Serramenti	-21,38%	-26,91%	-6,25%	-6,25%
ggl+sh/ggl	39,14%	28,57%	-12,29%	28,57%
EP _{H,nd}	-4,37%	-4,07%	-0,13%	-3,01%
EP _{C,nd}	-1,58%	-3,34%	-13,58%	-4,99%

Tabella 130 – Palazzina ad uso uffici. Località Palermo (Zona climatica B). Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Limite temporale 2019

2019	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4
U - Parete	W/m ² K	0,413	0,442		0,302
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,816	0,996		0,528
U - Solaio contro terra equivalente	W/m ² K	0,231	0,245		0,196
U - Copertura	W/m ² K	0,345	0,373		0,250
U - Serramenti	W/m ² K	2,516	2,318		3,000
ggl+sh/ggl	-	0,487	0,450		0,450
H' _T	W/m ² K	0,798	0,789		0,785
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m ² /m ²	0,031	0,029		0,029
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	21,451	21,376		21,501
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	21,508	21,508		21,508
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	31,619	31,130		30,674
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	32,762	32,762		32,762

Tabella 131 – Palazzina ad uso uffici. Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Limite temporale 2019

2019	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4
U - Parete	-4,00%	2,77%		-29,67%
U - Solaio contro terra	85,45%	126,36%		20,00%
U - Solaio contro terra equivalente	-34,12%	-30,04%		-43,94%
U - Copertura	-1,47%	6,46%		-28,56%
ggl+sh/ggl	-16,13%	-22,73%		0,00%
U - Serramenti	39,14%	28,57%		28,57%
EP _{H,nd}	-0,26%	-0,61%		-0,03%
EP _{C,nd}	-3,49%	-4,98%		-6,37%

Tabella 132 – Palazzina ad uso uffici. Località Roma (Zona climatica D). Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Limite temporale 2015

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3
U - Parete	W/m ² K	0,267	0,278	0,288
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,576	0,600	0,624

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3
U - Solaio contro terra equivalente	W/m ² K	0,202	0,206	0,209
U - Copertura	W/m ² K	0,208	0,218	0,227
U - Serramenti	W/m ² K	1,491	1,625	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,307	0,450	0,450
H'_T	W/m ² K	0,528	0,556	0,560
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,023	0,033	0,033
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	35,242	35,198	35,297
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	35,369	35,369	35,369
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	27,999	30,528	30,482
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	32,449	32,449	32,449

Tabella 133 – Palazzina ad uso uffici. Località Roma (Zona climatica D). Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Limite temporale 2015

2015	sol.1	sol.2	sol.3
U - Parete	-21,50%	-18,38%	-15,26%
U - Solaio contro terra	-36,76%	-35,69%	-34,76%
U - Solaio contro terra equivalente	-32,54%	-31,40%	-30,41%
U - Copertura	-30,63%	-27,50%	-24,37%
U - Serramenti	-25,45%	-18,75%	-20,00%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-12,29%	28,57%	28,57%
EP _{H,nd}	-0,36%	-0,48%	-0,20%
EP _{C,nd}	-13,71%	-5,92%	-6,06%

Tabella 134 – Palazzina ad uso uffici. Località Roma (Zona climatica D). Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Limite temporale 2019

2019	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3
U - Parete	W/m ² K	0,193	0,230	0,193
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,408	0,492	0,408
U - Solaio contro terra equivalente	W/m ² K	0,174	0,190	0,174
U - Copertura	W/m ² K	0,142	0,175	0,142
U - Serramenti	W/m ² K	1,253	1,436	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,181	0,450	0,450
H'_T	W/m ² K	0,438	0,493	0,491
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,013	0,033	0,033
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	33,400	33,424	33,426
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	33,487	33,487	33,487
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	27,035	31,832	31,797
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	33,773	33,773	33,773

Tabella 135 – Palazzina ad uso uffici. Località Roma (Zona climatica D). Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Limite temporale 2019

2019	sol.1	sol.2	sol.3
U - Parete	-33,55%	-20,76%	-33,55%
U - Solaio contro terra	-39,87%	-34,60%	-39,87%
U - Solaio contro terra equivalente	-32,94%	-27,05%	-32,94%
U - Copertura	-45,27%	-32,62%	-45,27%
U - Serramenti	-30,39%	-20,22%	-11,11%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-48,29%	28,57%	28,57%
EP _{H,nd}	-0,26%	-0,19%	-0,18%
EP _{C,nd}	-19,95%	-5,74%	-5,85%

Tabella 136 – Palazzina ad uso uffici. Località Torino (Zona climatica E). Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Limite temporale 2015.

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7
U - Parete	W/m ² K	0,281	0,231	0,203	0,314	0,248	0,270	
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,648	0,540	0,480	0,720	0,576	0,624	
U - Solaio contro terra equivalente	W/m ² K	0,212	0,197	0,187	0,220	0,202	0,209	
U - Copertura	W/m ² K	0,236	0,194	0,171	0,265	0,208	0,227	
U - Serramenti	W/m ² K	1,174	1,480	1,400	1,100	1,184	1,400	

2015	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,361	0,450	0,235	0,450	0,215	0,550	
H'_T	W/m ² K	0,493	0,505	0,474	0,506	0,471	0,520	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,024	0,029	0,015	0,029	0,014	0,036	
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	70,792	70,873	70,866	70,778	70,803	70,859	
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	70,927	70,927	70,927	70,927	70,927	70,927	
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	20,737	21,825	18,845	22,077	18,680	23,319	
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	23,482	23,482	23,482	23,482	23,482	23,482	

Tabella 137 – Palazzina ad uso uffici. Località Torino (Zona climatica E). Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Limite temporale 2015.

2015	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7
U - Parete	-6,35%	-23,00%	-32,25%	4,75%	-17,45%	-10,05%	
U - Solaio contro terra	-29,46%	-34,38%	-37,58%	-26,60%	-32,64%	-30,41%	
U - Solaio contro terra equivalente	-15,35%	-21,26%	-25,10%	-11,92%	-19,17%	-16,49%	
U - Copertura	-5,48%	-22,40%	-31,80%	5,80%	-16,76%	-9,24%	
U - Serramenti	-34,78%	-17,78%	-22,22%	-38,89%	-34,22%	-22,22%	
g_{gl+sh}/g_{gl}	3,14%	28,57%	-32,86%	28,57%	-38,57%	57,14%	
EP _{H,nd}	-0,19%	-0,08%	-0,09%	-0,21%	-0,17%	-0,10%	
EP _{C,nd}	-11,69%	-7,06%	-19,75%	-5,98%	-20,45%	-0,69%	

Tabella 138 – Palazzina ad uso uffici. Località Torino (Zona climatica E). Soluzioni al limite superiore del campo di esistenza. Limite temporale 2019.

2019	U.M.	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7
U - Parete	W/m ² K	0,137	0,153		0,181	0,131	0,131	0,198
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,648	0,540		0,720	0,576	0,624	0,300
U - Solaio contro terra equivalente	W/m ² K	0,212	0,197		0,220	0,202	0,209	0,150
U - Copertura	W/m ² K	0,236	0,194		0,265	0,208	0,227	0,100
U - Serramenti	W/m ² K	1,174	1,480		1,100	1,184	1,400	1,100
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,361	0,450		0,450	0,215	0,550	0,550
H'_T	W/m ² K	0,493	0,505		0,506	0,471	0,520	0,365
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,024	0,029		0,029	0,014	0,036	0,036
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	70,792	70,873		70,778	70,803	70,859	62,154
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	70,927	70,927		70,927	70,927	70,927	70,927
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	20,737	21,825		22,077	18,680	23,319	26,995
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	23,482	23,482		23,482	23,482	23,482	23,482

Tabella 139 – Palazzina ad uso uffici. Località Torino (Zona climatica E). Variazioni percentuali dei valori di progetto rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento. Limite temporale 2019.

2019	sol.1	sol.2	sol.3	sol.4	sol.5	sol.6	sol.7
U - Parete	-47,44%	-41,04%		-30,37%	-49,58%	-49,58%	-23,96%
U - Solaio contro terra	-18,61%	-24,29%		-15,31%	-22,28%	-19,70%	-42,44%
U - Solaio contro terra equivalente	-3,81%	-10,52%		0,09%	-8,15%	-5,10%	-31,98%
U - Copertura	7,41%	-11,82%		20,23%	-5,41%	3,14%	-54,55%
U - Serramenti	-16,14%	5,71%		-21,43%	-15,43%	0,00%	-21,43%
g_{gl+sh}/g_{gl}	3,14%	28,57%		28,57%	-38,57%	57,14%	57,14%
EP _{H,nd}	-0,19%	-0,08%		-0,21%	-0,17%	-0,10%	-12,37%
EP _{C,nd}	-11,69%	-7,06%		-5,98%	-20,45%	-0,69%	14,96%

3.4.3.1 Confronto delle soluzioni

Figura 124 – Edificio ad uso uffici. Località Palermo (Zona climatica B). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

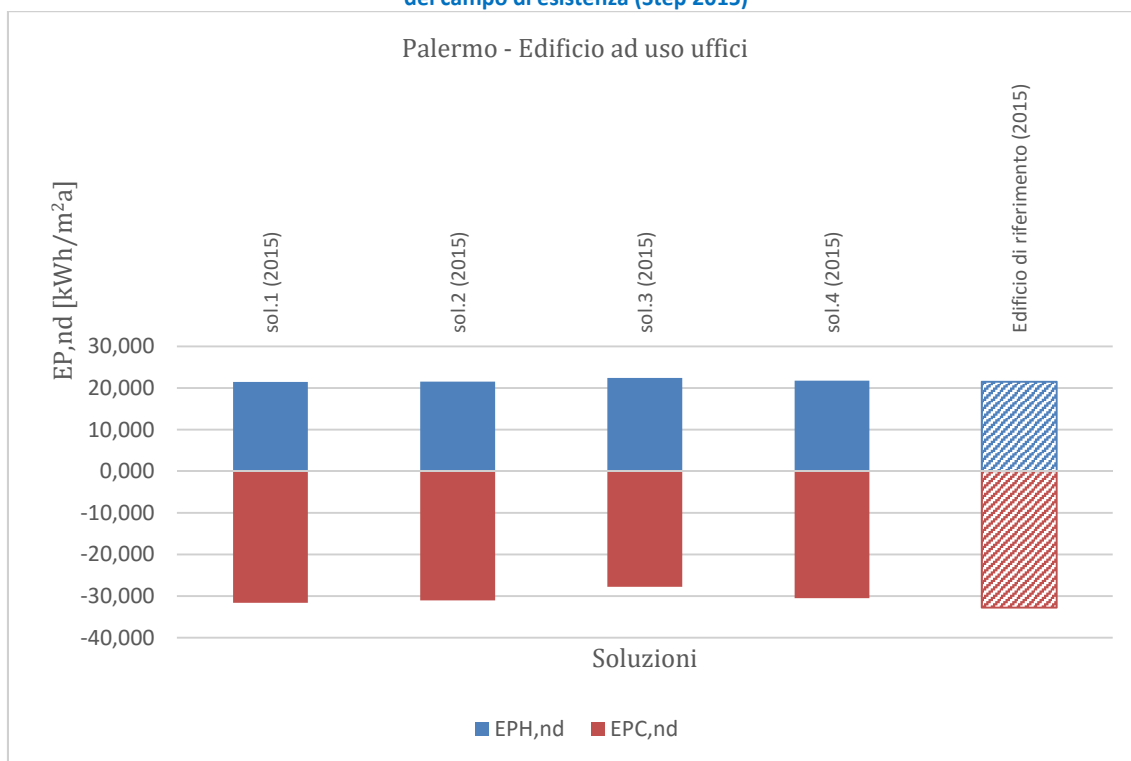


Figura 125 – Edificio ad uso uffici. Località Palermo (Zona climatica B). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

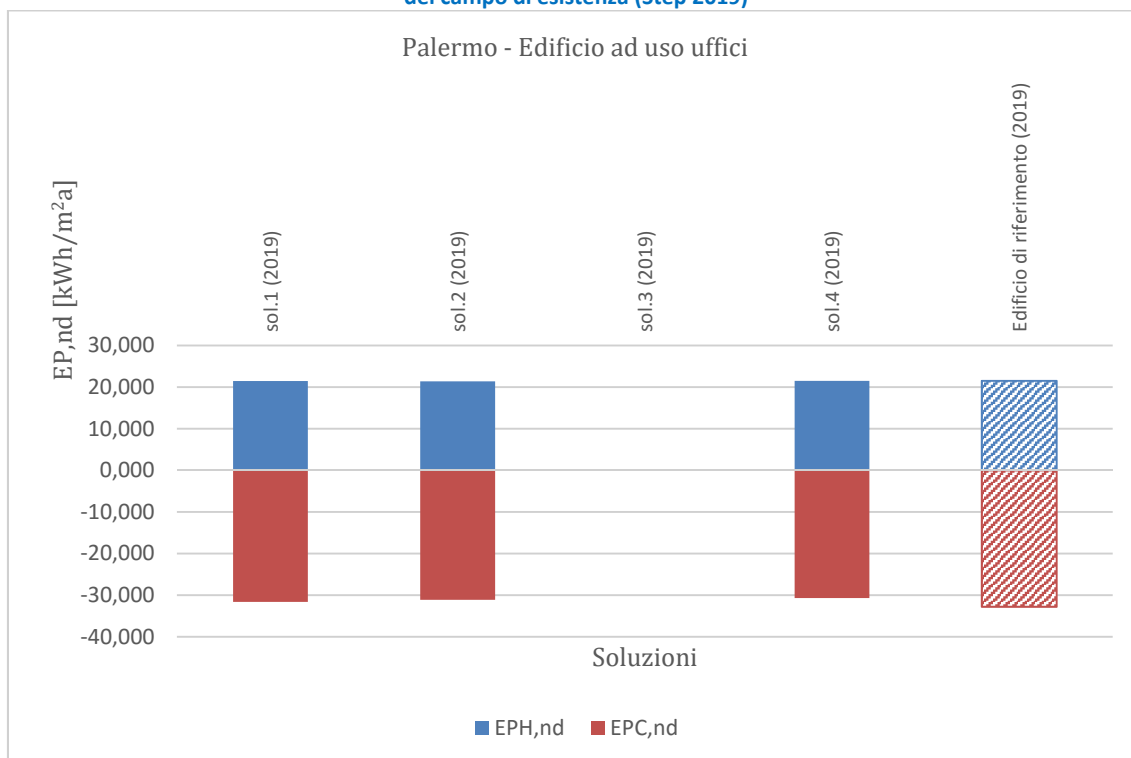


Figura 126 – Edificio ad uso uffici. Località Roma (Zona climatica D). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

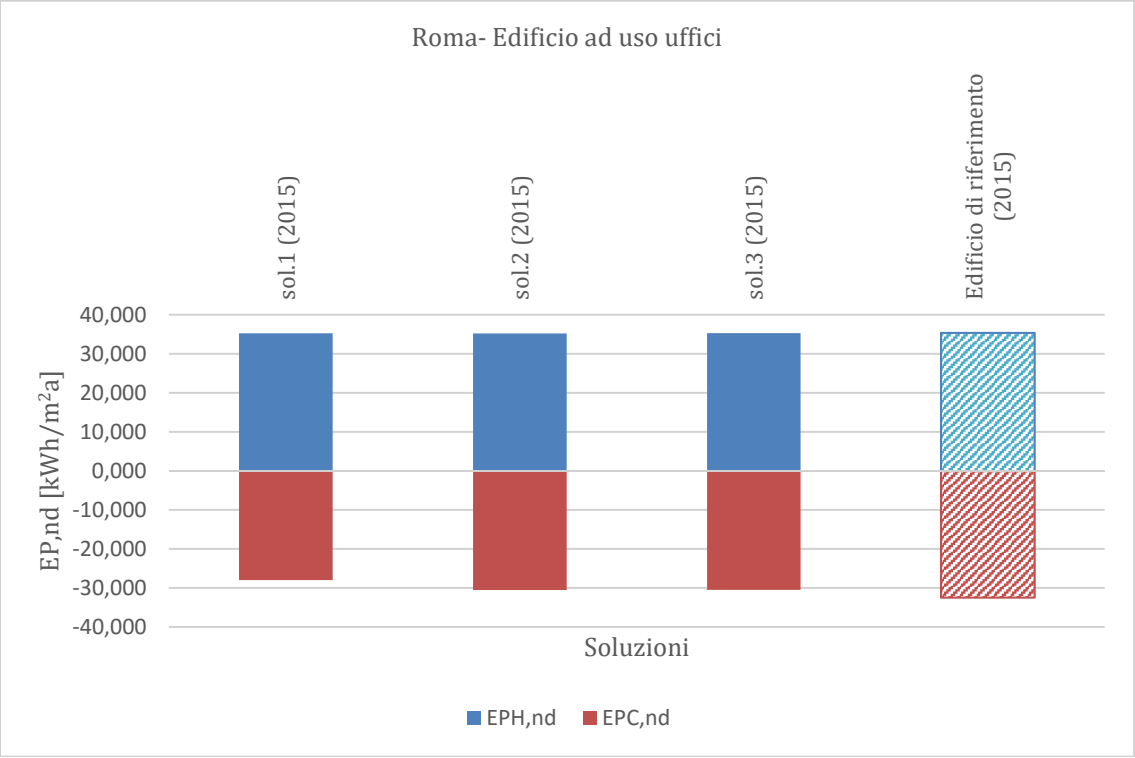


Figura 127 – Edificio ad uso uffici. Località Roma (Zona climatica D). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

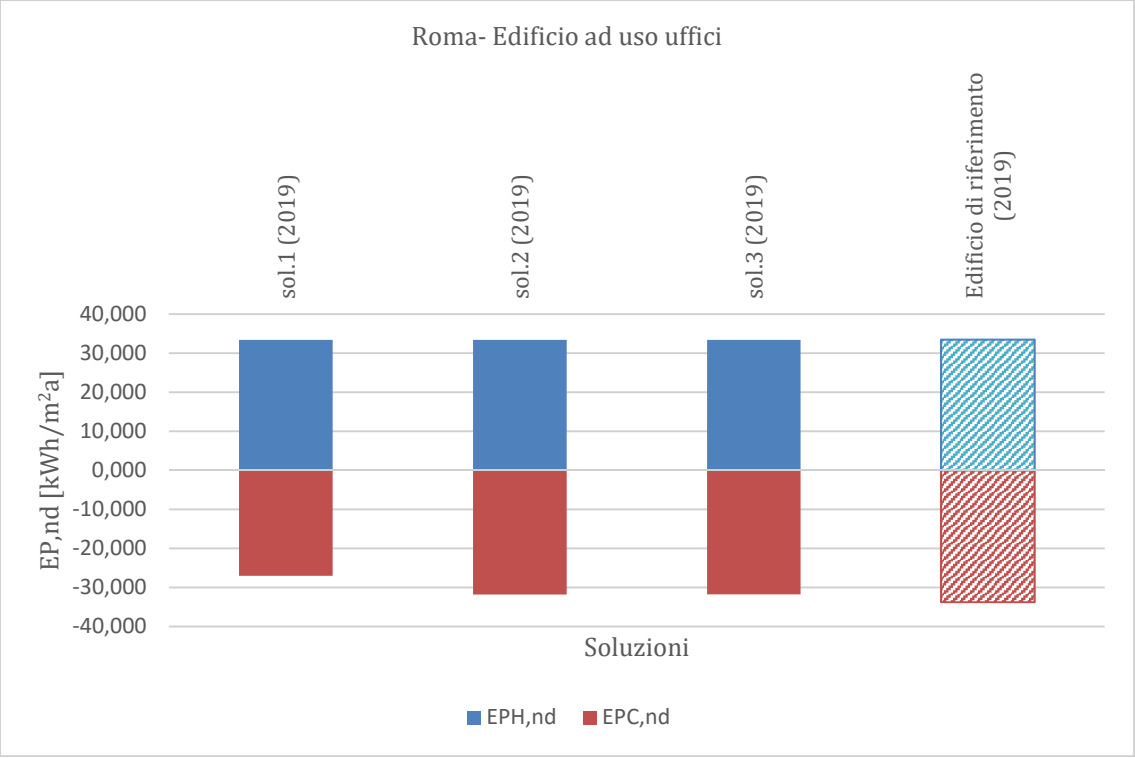


Figura 128 – Edificio ad uso uffici. Località Torino (Zona climatica E). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2015)

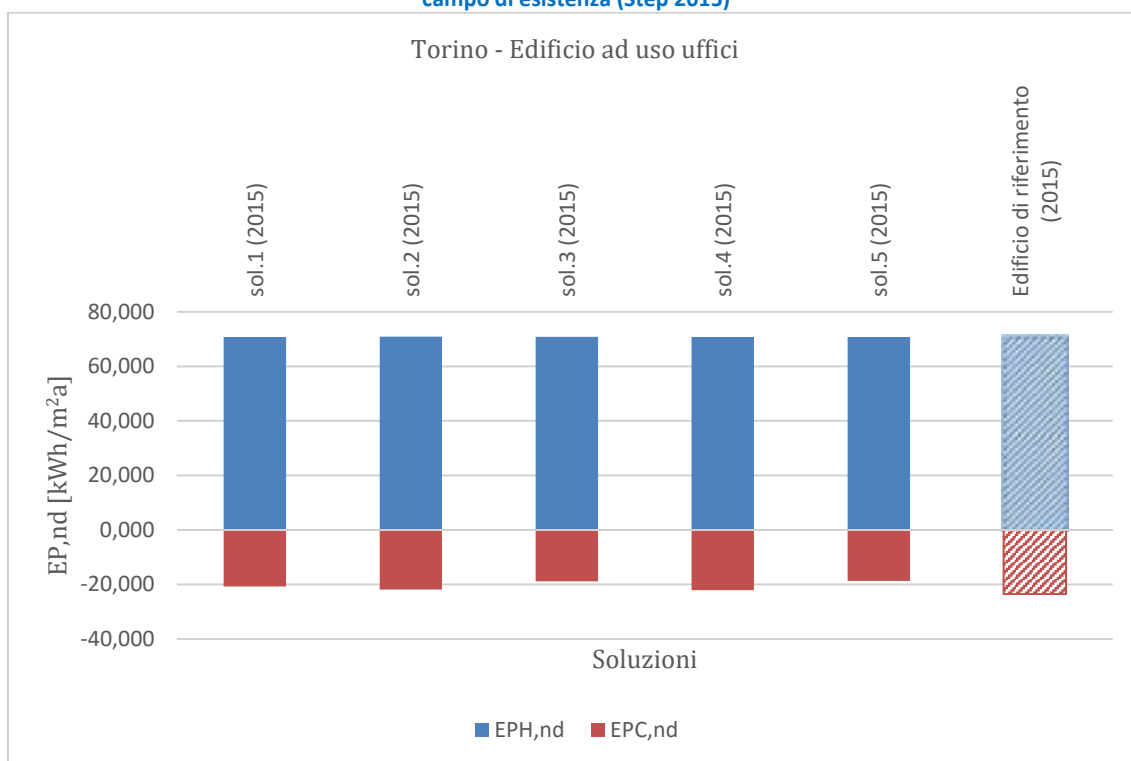


Figura 129 – Edificio ad uso uffici. Località Torino (Zona climatica E). Confronto delle varie soluzioni al limite superiore del campo di esistenza (Step 2019)

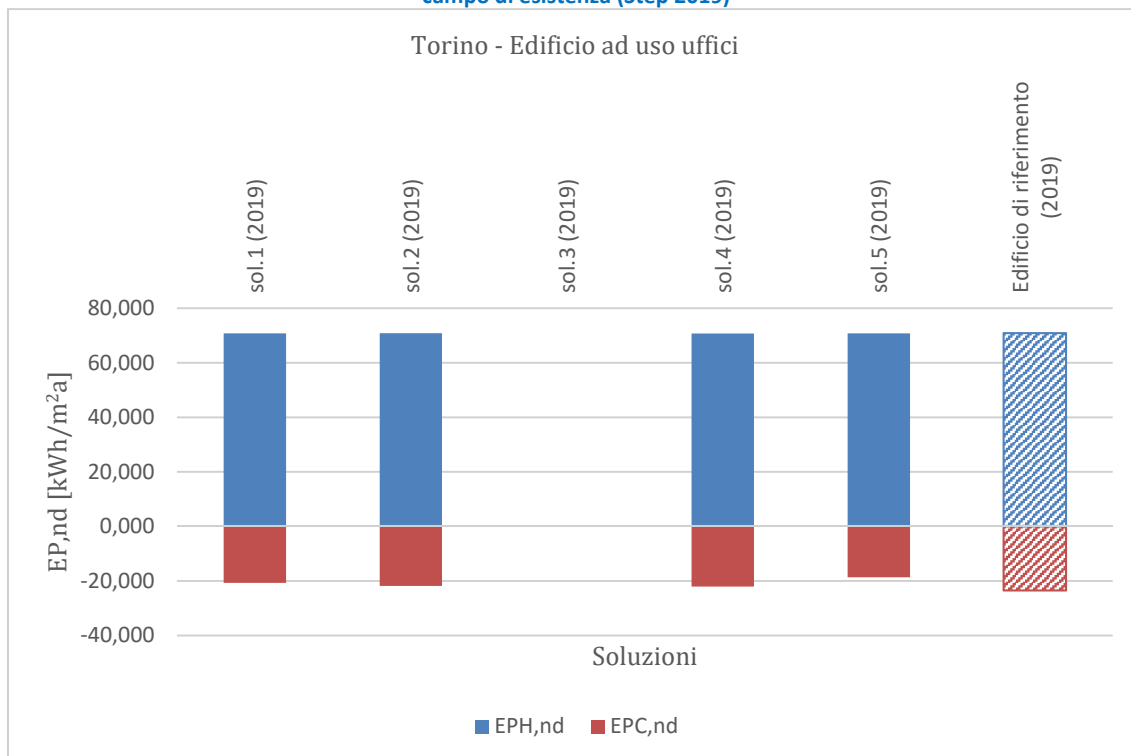
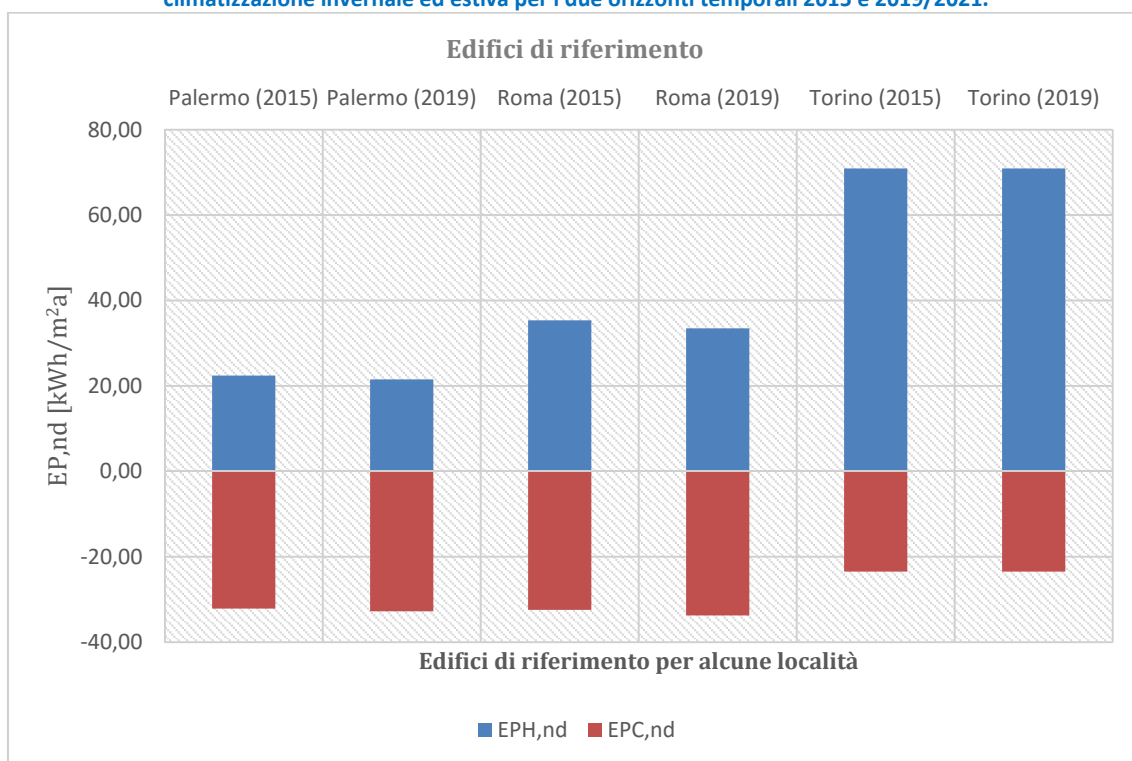


Figura 130 – Edificio ad uso uffici. Confronto degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento per climatizzazione invernale ed estiva per i due orizzonti temporali 2015 e 2019/2021.



3.4.3.2 Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici

Si riportano di seguito alcuni prospetti che mettono in relazione la presenza di ponti termici (calcolata come maggiorazione percentuale degli scambi termici per trasmissione) e la conseguente variazione delle caratteristiche termofisiche dell'involucro del fabbricato edilizio. Si assumono fisse le caratteristiche delle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. È stato scelto di considerare la maggiorazione percentuale poiché negli edifici esistenti vi è notevole variabilità di presenza dei ponti termici dovuta alle diverse caratteristiche costruttive del fabbricato.

Tabella 140 – Edificio ad uso uffici. Località Palermo (zona climatica B). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

PALERMO	U.M.	2015							2019						
		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	W/m ² K	0,31	0,27	0,23	0,19	0,12	0,13	0,11	0,30	0,26	0,22	0,18	0,12	0,13	0,10
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,54	0,44	0,35	0,35	0,20	0,21	0,17	0,52	0,41	0,32	0,32	0,20	0,21	0,15
U - Solaio contro terra equiv.	W/m ² K	0,20	0,18	0,16	0,16	0,13	0,12	0,10	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10
U - Copertura	W/m ² K	0,25	0,22	0,19	0,16	0,10	0,11	0,09	0,25	0,21	0,18	0,15	0,10	0,11	0,08
U - Serramenti	W/m ² K	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ggl+sh/ggl	-	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H' _T	W/m ² K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m ² /m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	21,62	21,66	21,64	21,62	21,50	21,47	21,53	21,49	21,44	21,48	21,34	21,50	21,47	21,40
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	22,43	22,43	22,43	22,43	22,43	22,43	22,43	21,51	21,51	21,51	21,51	21,51	21,51	21,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	30,42	30,39	30,41	30,40	30,52	30,58	30,61	30,51	30,53	30,52	30,57	30,52	30,58	30,72
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	32,13	32,13	32,13	32,13	32,13	32,13	32,13	32,76	32,76	32,76	32,76	32,76	32,76	32,76
Percentuale di ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione															

Tabella 141 – Edificio ad uso uffici. Località Palermo (zona climatica B). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento

PALERMO	2015							2019						
	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-31,78%	-39,96%	-48,13%	-56,76%	-72,84%	-71,24%	-76,06%	-30,74%	-40,37%	-47,86%	-58,11%	-71,58%	-69,90%	-76,63%
U - Solaio contro terra	-56,96%	-60,36%	-64,70%	-64,96%	-70,74%	-73,50%	-77,43%	-57,73%	-60,13%	-64,38%	-65,08%	-69,41%	-72,29%	-77,86%
U - Copertura	-33,16%	-41,47%	-49,79%	-57,34%	-73,50%	-71,88%	-76,73%	-35,24%	-39,84%	-47,74%	-57,19%	-71,23%	-69,47%	-76,49%
U - Serramenti	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	-6,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H' _T	37,29%	37,84%	37,76%	37,92%	37,05%	36,84%	37,46%	36,00%	35,77%	36,28%	35,56%	37,05%	36,84%	36,02%
A _{sol,est} / A _{sup utile}	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%	-3,97%
EP _{H,nd}	-3,62%	-3,44%	-3,53%	-3,60%	-4,13%	-4,28%	-4,00%	-0,07%	-0,31%	-0,12%	-0,80%	-0,02%	-0,18%	-0,52%
EP _{C,nd}	-5,31%	-5,39%	-5,33%	-5,38%	-5,00%	-4,81%	-4,73%	-6,89%	-6,82%	-6,85%	-6,70%	-6,84%	-6,66%	-6,22%

Tabella 142 – Edificio ad uso uffici. Località Roma (zona climatica D). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

ROMA	U.M.	2015							2019						
		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	W/m ² K	0,28	0,25	0,22	0,19	0,17	0,16	0,13	0,19	0,16	0,14	0,13	0,10	0,09	0,07
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,50	0,45	0,41	0,36	0,32	0,29	0,25	0,36	0,30	0,27	0,24	0,20	0,17	0,15
U - Solaio contro terra equiv.	W/m ² K	0,19	0,18	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
U - Copertura	W/m ² K	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,16	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,05
U - Serramenti	W/m ² K	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H' _T	W/m ² K	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m ² /m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	35,27	35,25	35,34	35,19	35,18	35,33	35,24	33,44	33,32	33,35	33,49	33,39	33,45	33,47
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	35,37	35,37	35,37	35,37	35,37	35,37	35,37	33,49	33,49	33,49	33,49	33,49	33,49	33,49
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	30,21	30,21	30,13	30,22	30,24	30,15	30,24	31,45	31,57	31,60	31,52	31,66	31,67	31,69
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	32,45	32,45	32,45	32,45	32,45	32,45	32,45	33,77	33,77	33,77	33,77	33,77	33,77	33,77
Percentuale di ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione															

Tabella 143 – Edificio ad uso uffici. Località Roma (zona climatica D). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento.

ROMA	2015							2019						
	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-18,80%	-27,65%	-34,28%	-43,13%	-49,76%	-54,19%	-60,82%	-33,32%	-43,70%	-51,48%	-56,66%	-64,44%	-69,63%	-74,81%
U - Solaio contro terra	-39,96%	-42,83%	-45,23%	-48,75%	-51,80%	-53,93%	-57,50%	-48,75%	-47,97%	-51,73%	-54,54%	-59,34%	-63,02%	-66,94%
U - Copertura	-24,41%	-33,00%	-39,44%	-48,03%	-54,47%	-58,76%	-65,20%	-48,03%	-49,94%	-57,37%	-62,32%	-69,75%	-74,71%	-79,66%
U - Serramenti	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	-10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H' _T	5,54%	5,44%	6,13%	5,20%	5,15%	6,19%	5,50%	-6,94%	-7,75%	-7,75%	-6,77%	-7,48%	-7,09%	-6,95%
A _{sol,est} / A _{sup utile}	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%	10,32%
EP _{H,nd}	-0,27%	-0,35%	-0,09%	-0,50%	-0,54%	-0,10%	-0,37%	-0,13%	-0,49%	-0,42%	0,00%	-0,30%	-0,10%	-0,04%
EP _{C,nd}	-6,89%	-6,90%	-7,15%	-6,86%	-6,81%	-7,09%	-6,81%	-6,87%	-6,53%	-6,44%	-6,66%	-6,26%	-6,23%	-6,17%

Tabella 144 – Edificio ad uso uffici. Località Torino (zona climatica E). Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore.

TORINO	U.M.	2015							2019						
		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	W/m ² K	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20	0,19	0,16	0,18	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,54	0,50	0,46	0,42	0,38	0,36	0,32	0,34	0,30	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16
U - Solaio verso esterno (PT)	W/m ² K	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
U - Copertura	W/m ² K	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06
U - Serramenti	W/m ² K	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

TORINO	U.M.	2015							2019						
		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
H'_T	W/m ² K	0,50	0,51	0,51	0,51	0,50	0,51	0,50	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m ² a	70,59	70,76	70,81	70,76	70,62	70,83	70,50	65,35	65,25	65,06	65,16	65,20	65,16	65,05
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m ² a	70,93	70,93	70,93	70,93	70,93	70,93	70,93	65,42	65,42	65,42	65,42	65,42	65,42	65,42
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m ² a	21,86	21,77	21,71	21,69	21,71	21,62	21,70	23,74	23,78	23,88	23,86	23,88	23,95	24,07
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m ² a	23,48	23,48	23,48	23,48	23,48	23,48	23,48	25,69	25,69	25,69	25,69	25,69	25,69	25,69
Percentuale di ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione															

Tabella 145 – Edificio ad uso uffici. Località Torino (zona climatica E). Variazione delle caratteristiche termofisiche del fabbricato rispetto ai parametri dell'edificio di riferimento

TORINO	2015							2019						
	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-2,72%	-10,34%	-17,96%	-25,58%	-33,20%	-38,28%	-45,90%	-31,72%	-40,51%	-49,30%	-55,16%	-61,02%	-66,88%	-72,75%
U - Solaio contro terra	-33,90%	-36,04%	-38,26%	-40,75%	-43,47%	-45,40%	-48,59%	-46,45%	-41,96%	-46,16%	-49,30%	-52,77%	-56,64%	-61,00%
U - Copertura	-1,57%	-9,30%	-17,02%	-24,75%	-32,48%	-37,63%	-45,36%	-40,21%	-40,84%	-49,62%	-55,47%	-61,33%	-67,18%	-73,04%
U - Serramenti	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	-22,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H'_T	0,48%	1,10%	1,41%	1,36%	0,96%	1,70%	0,64%	-17,70%	-18,01%	-18,70%	-18,34%	-18,25%	-18,44%	-18,92%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%	-1,67%
$EP_{H,nd}$	-0,47%	-0,24%	-0,17%	-0,23%	-0,44%	-0,14%	-0,60%	-0,11%	-0,26%	-0,55%	-0,39%	-0,34%	-0,40%	-0,56%
$EP_{C,nd}$	-6,91%	-7,28%	-7,53%	-7,62%	-7,55%	-7,93%	-7,57%	-7,60%	-7,44%	-7,05%	-7,12%	-7,04%	-6,78%	-6,32%

3.4.3.3 Determinazione dello spessore di coibente per adeguare le strutture esistenti ai requisiti minimi

Si riportano di seguito alcuni prospetti riepilogativi che mettono in relazione per diverse tipologie murarie e di copertura riqualficate, la trasmittanza termica di partenza del componente e lo strato coibente necessario per adeguare la struttura ai requisiti minimi di progetto. Lo studio considera che il fabbricato abbia diverse percentuali di incidenza dei ponti termici sugli scambi per trasmissione. Le strutture assunte come riferimento sono quelle del rapporto tecnico UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici" [9]. Si considera l'utilizzo di un isolante termico generico con conducibilità pari a 0,04 W/mK.

Legenda

	Dati relativi alla struttura di partenza
	Spessore di isolante necessario per la riqualificazione
	Spessore complessivo della struttura a seguito della riqualificazione
%	Percentuale di incidenza del ponte termico

Tabella 146 – Edificio ad uso uffici. Località Palermo (zona climatica B). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)																	
Palermo				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	Spessore muratura	U		0,31	0,27	0,23	0,19	0,12	0,13	0,11	0,30	0,26	0,22	0,18	0,12	0,13	0,10														
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	11	26	13	28	16	31	19	34	31	46	29	44	36	51	12	27	14	29	16	31	21	36	31	46	29	44	38	53
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	11	40	13	42	15	44	18	47	30	59	29	58	35	64	11	40	13	42	16	45	20	49	30	59	29	58	38	67
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	10	52	12	54	14	56	18	60	30	72	28	70	34	76	10	52	13	55	15	57	19	61	30	72	28	70	37	79
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	9	64	11	66	13	68	17	72	29	84	27	82	33	88	10	65	12	67	14	69	19	74	29	84	27	82	36	91
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	9	77	10	78	13	81	16	84	28	96	26	94	33	101	9	77	11	79	13	81	18	86	28	96	26	94	35	103
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	12	25	13	27	16	29	19	33	31	45	29	43	36	49	12	25	14	28	16	30	21	34	31	45	29	43	38	52
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	11	37	13	39	15	41	18	45	31	57	29	55	35	61	11	38	13	40	16	42	20	47	31	57	29	55	38	64
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	10	50	12	51	14	54	18	57	30	69	28	68	34	74	11	50	13	52	15	54	19	59	30	69	28	68	37	76
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	9	62	11	64	14	66	17	69	29	82	27	80	34	86	10	62	12	64	14	67	19	71	29	82	27	80	36	89
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	9	74	11	76	13	78	16	82	28	94	27	92	33	98	9	75	11	77	14	79	18	83	28	94	27	92	36	101
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	10	39	11	40	14	43	17	46	29	58	28	57	34	63	10	39	12	41	14	43	19	48	29	58	28	57	36	65
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	9	43	10	44	13	47	16	50	28	62	26	60	33	67	9	43	11	45	13	47	18	52	28	62	26	60	35	69
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	12	27	13	28	16	31	19	34	31	46	29	44	36	51	12	27	14	29	16	31	21	36	31	46	29	44	38	53
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	11	40	13	42	15	44	19	48	31	60	29	58	35	64	11	40	14	43	16	45	20	49	31	60	29	58	38	67
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	10	52	12	54	15	57	18	60	30	72	28	70	35	77	11	53	13	55	15	57	20	62	30	72	28	70	37	79
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	10	65	12	67	14	69	17	72	30	85	28	83	34	89	10	65	12	67	15	70	19	74	30	85	28	83	37	92
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	9	77	11	79	13	81	17	85	29	97	27	95	33	101	10	78	12	80	14	82	18	86	29	97	27	95	36	104
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	11	55	13	57	16	60	19	63	31	75	29	73	36	80	12	56	14	58	16	60	21	65	31	75	29	73	38	82
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	11	65	13	67	15	69	19	73	31	85	29	83	35	89	12	66	14	68	16	70	20	74	31	85	29	83	38	92
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	11	75	13	77	15	79	19	83	31	95	29	93	35	99	12	76	14	78	16	80	20	84	31	95	29	93	38	102

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)															
Palermo				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	Spessore muratura	U		0,31	0,27	0,23	0,19	0,12	0,13	0,11	0,30	0,26	0,22	0,18	0,12	0,13	0,10														
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	11	85	13	87	15	89	19	93	31	105	29	103	35	109	11	85	14	88	16	90	20	94	31	105	29	103	38	112
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	11	95	13	97	15	99	18	102	31	115	29	113	35	119	11	95	13	97	16	100	20	104	31	115	29	113	38	122
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	11	105	12	106	15	109	18	112	30	124	29	123	35	129	11	105	13	107	15	109	20	114	30	124	29	123	37	131
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	10	114	12	116	15	119	18	122	30	134	28	132	35	139	11	115	13	117	15	119	20	124	30	134	28	132	37	141
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	10	44	12	46	14	48	17	51	30	64	28	62	34	68	10	44	13	47	15	49	19	53	30	64	28	62	37	71
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	9	53	11	55	13	57	17	61	29	73	27	71	33	77	10	54	12	56	14	58	18	62	29	73	27	71	36	80
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	8	62	10	64	13	67	16	70	28	82	26	80	33	87	9	63	11	65	13	67	18	72	28	82	26	80	35	89
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	8	72	10	74	12	76	15	79	27	91	26	90	32	96	8	72	10	74	13	77	17	81	27	91	26	90	35	99
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	7	81	9	83	11	85	15	89	27	101	25	99	31	105	7	81	10	84	12	86	16	90	27	101	25	99	34	108
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	10	52	11	53	14	56	17	59	29	71	28	70	34	76	10	52	12	54	14	56	19	61	29	71	28	70	36	78
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	9	56	11	58	14	61	17	64	29	76	27	74	33	80	10	57	12	59	14	61	19	66	29	76	27	74	36	83
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	9	61	11	63	13	65	17	69	29	81	27	79	33	85	10	62	12	64	14	66	18	70	29	81	27	79	36	88
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	9	66	11	68	13	70	16	73	29	86	27	84	33	90	9	66	11	68	14	71	18	75	29	86	27	84	36	93
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	11	35	12	36	15	39	18	42	30	54	28	52	35	59	11	35	13	37	15	39	20	44	30	54	28	52	37	61
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	10	44	12	46	14	48	17	51	29	63	28	62	34	68	10	44	12	46	15	49	19	53	29	63	28	62	37	71

Tabella 147 – Edificio ad uso uffici. Località Roma (zona climatica D). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)														% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Roma				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,28	0,25	0,22	0,19	0,17	0,16	0,13	0,19	0,16	0,14	0,13	0,10	0,09	0,07														
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	13	28	15	30	16	31	19	34	22	37	24	39	28	43	19	34	23	38	27	42	30	45	37	52	44	59	53	68
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	12	41	14	43	16	45	18	47	21	50	23	52	28	57	18	47	22	51	26	55	30	59	37	66	43	72	52	81
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	12	54	13	55	15	57	18	60	20	62	23	65	27	69	18	60	22	64	25	67	29	71	36	78	42	84	52	94
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	11	66	13	68	14	69	17	72	20	75	22	77	26	81	17	72	21	76	25	80	28	83	35	90	42	97	51	106
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	10	78	12	80	13	81	16	84	19	87	21	89	26	94	16	84	20	88	24	92	27	95	34	102	41	109	50	118
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	13	27	15	28	16	30	19	33	22	35	24	38	29	42	19	33	23	37	27	40	30	44	37	51	44	57	53	67
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	12	39	14	41	16	42	19	45	21	48	24	50	28	54	19	45	22	49	26	53	30	56	37	63	43	70	53	79
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	12	51	13	53	15	55	18	57	21	60	23	62	27	67	18	57	22	61	26	65	29	68	36	75	43	82	52	91
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	11	63	13	65	14	67	17	70	20	72	22	75	26	79	17	70	21	73	25	77	28	81	35	88	42	94	51	104
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	10	76	12	77	14	79	16	82	19	85	21	87	26	91	16	82	20	86	24	90	28	93	34	100	41	107	50	116
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	11	40	13	42	15	44	17	46	20	49	22	51	27	56	17	46	21	50	25	54	28	57	35	64	42	71	51	80
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	10	44	12	46	13	47	16	50	19	53	21	55	26	60	16	50	20	54	24	58	27	61	34	68	41	75	50	84
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	13	28	15	30	16	31	19	34	22	37	24	39	29	44	19	34	23	38	27	42	30	45	37	52	44	59	53	68
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	12	41	14	43	16	45	19	48	21	50	24	53	28	57	19	48	23	52	26	55	30	59	37	66	43	72	53	82
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	12	54	14	56	15	57	18	60	21	63	23	65	27	69	18	60	22	64	26	68	29	71	36	78	43	85	52	94
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	11	66	13	68	15	70	18	73	20	75	23	78	27	82	18	73	21	76	25	80	29	84	36	91	42	97	52	107
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	11	79	13	81	14	82	17	85	20	88	22	90	26	94	17	85	21	89	25	93	28	96	35	103	42	110	51	119
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	13	57	15	59	16	60	19	63	22	66	24	68	28	72	19	63	23	67	27	71	30	74	37	81	44	88	53	97
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	13	67	15	69	16	70	19	73	22	76	24	78	28	82	19	73	23	77	27	81	30	84	37	91	44	98	53	107

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)														% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Roma				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,28	0,25	0,22	0,19	0,17	0,16	0,13	0,19	0,16	0,14	0,13	0,10	0,09	0,07														
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	13	77	14	78	16	80	19	83	22	86	24	88	28	92	19	83	23	87	27	91	30	94	37	101	44	108	53	117
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	12	86	14	88	16	90	19	93	21	95	24	98	28	102	19	93	22	96	26	100	30	104	37	111	43	117	53	127
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	12	96	14	98	16	100	18	102	21	105	23	107	28	112	18	102	22	106	26	110	30	114	37	121	43	127	53	137
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	12	106	14	108	16	110	18	112	21	115	23	117	28	122	18	112	22	116	26	120	29	123	36	130	43	137	52	146
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	12	116	14	118	15	119	18	122	21	125	23	127	27	131	18	122	22	126	26	130	29	133	36	140	43	147	52	156
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	11	45	13	47	15	49	18	52	20	54	23	57	27	61	18	52	21	55	25	59	29	63	36	70	42	76	52	86
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	11	55	12	56	14	58	17	61	20	64	22	66	26	70	17	61	21	65	25	69	28	72	35	79	42	86	51	95
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	10	64	12	66	13	67	16	70	19	73	21	75	25	79	16	70	20	74	24	78	27	81	34	88	41	95	50	104
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	9	73	11	75	13	77	15	79	18	82	20	84	25	89	15	79	19	83	23	87	27	91	34	98	40	104	50	114
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	9	83	10	84	12	86	15	89	17	91	20	94	24	98	15	89	19	93	22	96	26	100	33	107	39	113	49	123
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	11	53	13	55	15	57	17	59	20	62	22	64	27	69	17	59	21	63	25	67	28	70	35	77	42	84	51	93
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	11	58	13	60	14	61	17	64	20	67	22	69	26	73	17	64	21	68	25	72	28	75	35	82	42	89	51	98
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	11	63	12	64	14	66	17	69	19	71	22	74	26	78	17	69	21	73	25	77	28	80	35	87	41	93	51	103
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	10	67	12	69	14	71	16	73	19	76	21	78	26	83	16	73	20	77	24	81	28	85	35	92	41	98	51	108
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	12	36	14	38	15	39	18	42	21	45	23	47	28	52	18	42	22	46	26	50	29	53	36	60	43	67	52	76
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	11	45	13	47	15	49	17	51	20	54	22	56	27	61	17	51	21	55	25	59	29	63	36	70	42	76	51	85

Tabella 148 – Edificio ad uso uffici. Località Torino (zona climatica E). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della parete [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)														% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Torino				15%		20%		25%		30%		35%		40%		45%		15%		20%		25%		30%		35%		40%		45%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,29	0,27	0,25	0,22	0,20	0,19	0,16	0,18	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07														
MLP01	1 - 12 - 2	15	2,58	12	27	13	28	15	30	16	31	18	33	20	35	23	38	21	36	24	39	29	44	33	48	38	53	45	60	55	70
MLP01	2 - 25 - 2	29	1,76	11	40	13	42	14	43	16	45	18	47	19	48	22	51	20	49	24	53	28	57	32	61	37	66	44	73	54	83
MLP01	2 - 38 - 2	42	1,34	11	53	12	54	13	55	15	57	17	59	19	61	22	64	20	62	23	65	27	69	31	73	36	78	43	85	53	95
MLP01	2 - 51 - 2	55	1,08	10	65	11	66	13	68	14	69	16	71	18	73	21	76	19	74	22	77	27	82	31	86	36	91	43	98	53	108
MLP01	2 - 64 - 2	68	0,9	9	77	10	78	12	80	13	81	16	84	17	85	20	88	18	86	21	89	26	94	30	98	35	103	42	110	52	120
MLP02	1,5 - 12	13,5	2,79	12	26	13	27	15	28	16	30	19	32	20	34	23	37	21	35	24	38	29	42	33	46	38	52	45	59	55	69
MLP02	1,5 - 25	26,5	1,86	12	38	13	39	14	41	16	42	18	44	19	46	22	49	20	47	24	50	28	55	32	59	37	64	44	71	54	81
MLP02	1,5 - 38	39,5	1,39	11	50	12	51	13	53	15	55	17	57	19	58	22	61	20	59	23	62	27	67	31	71	37	76	44	83	54	93
MLP02	1,5 - 51	52,5	1,11	10	63	11	64	13	65	14	67	16	69	18	70	21	74	19	71	22	75	27	79	31	83	36	88	43	95	53	105
MLP02	1,5 - 64	65,5	0,93	9	75	11	76	12	77	14	79	16	81	17	83	20	86	18	84	22	87	26	92	30	96	35	101	42	108	52	118
MLP03	2 - 25 - 2	29	1,18	10	39	11	40	13	42	15	44	17	46	18	47	21	50	19	48	22	51	27	56	31	60	36	65	43	72	53	82
MLP03	2 - 30 - 2	34	0,9	9	43	10	44	12	46	13	47	16	50	17	51	20	54	18	52	21	55	26	60	30	64	35	69	42	76	52	86
MPI01	1 - 12 - 2	15	2,82	12	27	13	28	15	30	16	31	19	34	20	35	23	38	21	36	24	39	29	44	33	48	38	53	45	60	55	70
MPI01	2 - 25 - 2	29	2,01	12	41	13	42	14	43	16	45	18	47	20	49	23	52	21	50	24	53	28	57	32	61	37	66	44	73	54	83
MPI01	2 - 38 - 2	42	1,55	11	53	12	54	14	56	15	57	17	59	19	61	22	64	20	62	23	65	28	70	32	74	37	79	44	86	54	96
MPI01	2 - 51 - 2	55	1,27	11	66	12	67	13	68	15	70	17	72	18	73	21	76	19	74	23	78	27	82	31	86	36	91	43	98	53	108
MPI01	2 - 64 - 2	68	1,07	10	78	11	79	13	81	14	82	16	84	18	86	21	89	19	87	22	90	27	95	31	99	36	104	43	111	53	121
MPI02	2 - 40 - 2	44	2,58	12	56	13	57	15	59	16	60	18	62	20	64	23	67	21	65	24	68	29	73	33	77	38	82	45	89	55	99

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)										% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)																	
Torino				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,29	0,27	0,25	0,22	0,20	0,19	0,16	0,18	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07														
MPI02	2 - 50 - 2	54	2,33	12	66	13	67	15	69	16	70	18	72	20	74	23	77	21	75	24	78	29	83	33	87	38	92	45	99	55	109
MPI02	2 - 60 - 2	64	2,12	12	76	13	77	14	78	16	80	18	82	20	84	23	87	21	85	24	88	28	92	32	96	38	102	45	109	55	119
MPI02	2 - 70 - 2	74	1,95	12	86	13	87	14	88	16	90	18	92	20	94	23	97	20	94	24	98	28	102	32	106	37	111	44	118	54	128
MPI02	2 - 80 - 2	84	1,8	11	95	13	97	14	98	16	100	18	102	19	103	22	106	20	104	24	108	28	112	32	116	37	121	44	128	54	138
MPI02	2 - 90 - 2	94	1,68	11	105	12	106	14	108	16	110	18	112	19	113	22	116	20	114	23	117	28	122	32	126	37	131	44	138	54	148
MPI02	2 - 100 - 2	104	1,57	11	115	12	116	14	118	15	119	17	121	19	123	22	126	20	124	23	127	28	132	32	136	37	141	44	148	54	158
MPI03	2 - 30 - 2	34	1,3	11	45	12	46	13	47	15	49	17	51	19	53	22	56	19	53	23	57	27	61	31	65	36	70	43	77	53	87
MPI03	2 - 40 - 2	44	1,05	10	54	11	55	12	56	14	58	16	60	18	62	21	65	19	63	22	66	27	71	31	75	36	80	43	87	53	97
MPI03	2 - 50 - 2	54	0,88	9	63	10	64	12	66	13	67	15	69	17	71	20	74	18	72	21	75	26	80	30	84	35	89	42	96	52	106
MPI03	2 - 60 - 2	64	0,76	8	72	10	74	11	75	13	77	15	79	16	80	19	83	17	81	21	85	25	89	29	93	34	98	41	105	51	119
MPI03	2 - 70 - 2	74	0,67	8	82	9	83	10	84	12	86	14	88	16	90	19	93	17	91	20	94	24	98	28	102	34	108	40	114	50	124
MCO02	2 - 8 - 5 - 25 - 2	42	1,19	10	52	12	54	13	55	15	57	17	59	18	60	21	63	19	61	22	64	27	69	31	73	36	78	43	85	53	95
MCO02	2 - 8 - 10 - 25 - 2	47	1,1	10	57	11	58	13	60	14	61	16	63	18	65	21	68	19	66	22	69	27	74	31	78	36	83	43	90	53	100
MCO02	2 - 8 - 15 - 25 - 2	52	1,02	10	62	11	63	12	64	14	66	16	68	18	70	21	73	19	71	22	74	26	78	30	82	36	88	43	95	53	105
MCO02	2 - 8 - 20 - 25 - 2	57	0,95	9	66	11	68	12	69	14	71	16	73	17	74	20	77	18	75	22	79	26	83	30	87	35	92	42	99	52	109
MCO03	2 - 20 - 2	24	1,61	11	35	12	36	14	38	15	39	17	41	19	43	22	46	20	44	23	47	28	52	32	56	37	61	44	68	54	78
MCO03	2 - 30 - 2	34	1,22	10	44	12	46	13	47	15	49	17	51	18	52	21	55	19	53	23	57	27	61	31	65	36	70	43	77	53	87

Tabella 149 – Edificio ad uso uffici. Località Palermo (zona climatica B). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)															
Palermo				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	Spessore muratura	U		0,25	0,22	0,19	0,16	0,10	0,11	0,09	0,25	0,21	0,18	0,15	0,10	0,11	0,08														
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	13	40	16	43	19	46	22	49	37	64	35	62	43	70	14	41	17	44	20	47	24	51	37	64	35	62	46	73
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	13	44	16	47	19	50	22	53	37	68	35	66	43	74	14	45	17	48	19	50	24	55	37	68	35	66	46	77
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	13	50	15	52	18	55	22	59	37	74	35	72	43	80	14	51	16	53	19	56	24	61	37	74	35	72	46	83
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	13	48	16	51	18	53	22	57	37	72	35	70	43	78	14	49	17	52	19	54	24	59	37	72	35	70	46	81
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	13	52	15	54	18	57	22	61	37	76	35	74	43	82	14	53	16	55	19	58	24	63	37	76	35	74	46	85
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	13	58	15	60	18	63	22	67	37	82	35	80	42	87	13	58	16	61	19	64	24	69	37	82	35	80	46	91
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	11	45	14	48	17	51	20	54	35	69	33	67	41	75	12	46	15	49	18	52	22	56	35	69	33	67	44	78
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	11	49	13	51	16	54	20	58	35	73	33	71	41	79	12	50	15	53	17	55	22	60	35	73	33	71	44	82
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	11	55	13	57	16	60	20	64	35	79	33	77	40	84	11	55	14	58	17	61	22	66	35	79	33	77	44	88
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	9	46	11	48	14	51	18	55	33	70	30	67	38	75	9	46	12	49	15	52	20	57	33	70	30	67	42	79
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	9	50	11	52	14	55	18	59	33	74	30	71	38	79	9	50	12	53	15	56	20	61	33	74	30	71	41	82
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	8	55	11	58	14	61	17	64	32	79	30	77	38	85	9	56	12	59	14	61	19	66	32	79	30	77	41	88
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	11	53	13	55	16	58	20	62	35	77	33	75	41	83	12	54	14	56	17	59	22	64	35	77	33	75	44	86
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	11	57	13	59	16	62	20	66	35	81	33	79	41	87	12	58	14	60	17	63	22	68	35	81	33	79	44	90
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	11	63	13	65	16	68	20	72	35	87	33	85	40	92	11	63	14	66	17	69	22	74	35	87	33	85	44	96
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	9	54	11	56	14	59	18	63	33	78	30	75	38	83	9	54	12	57	15	60	20	65	33	78	30	75	41	86
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	8	57	11	60	14	63	17	66	32	81	30	79	38	87	9	58	12	61	14	63	19	68	32	81	30	79	41	90

ACCORDO DI PROGRAMMA MSE-ENEA

Palermo				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)															
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		Spessore muratura	U	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
				0,25	0,22	0,19	0,16	0,10	0,11	0,09	0,25	0,21	0,18	0,15	0,10	0,11	0,08														
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	8	63	10	65	13	68	17	72	32	87	30	85	38	93	9	64	11	66	14	69	19	74	32	87	30	85	41	96
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	11	43	14	46	17	49	20	52	35	67	33	65	41	73	12	44	15	47	18	50	22	54	35	67	33	65	44	76
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	11	47	14	50	17	53	20	56	35	71	33	69	41	77	12	48	15	51	17	53	22	58	35	71	33	69	44	80
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	42	0,86	11	53	13	55	16	58	20	62	35	77	33	75	41	83	12	54	14	56	17	59	22	64	35	77	33	75	44	86
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	35	0,58	9	44	11	46	14	49	18	53	33	68	31	66	38	73	9	44	12	47	15	50	20	55	33	68	31	66	42	77
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	39	0,57	9	48	11	50	14	53	18	57	33	72	30	69	38	77	9	48	12	51	15	54	20	59	33	72	30	69	42	81
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	45	0,55	8	53	11	56	14	59	17	62	32	77	30	75	38	83	9	54	12	57	15	60	19	64	32	77	30	75	41	86
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	40	0,91	11	51	14	54	17	57	20	60	35	75	33	73	41	81	12	52	15	55	17	57	22	62	35	75	33	73	44	84
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	44	0,88	11	55	13	57	16	60	20	64	35	79	33	77	41	85	12	56	14	58	17	61	22	66	35	79	33	77	44	88
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 3	50	0,83	11	61	13	63	16	66	20	70	35	85	33	83	40	90	11	61	14	64	17	67	22	72	35	85	33	83	44	94
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 3	43	0,56	9	52	11	54	14	57	18	61	33	76	30	73	38	81	9	52	12	55	15	58	20	63	33	76	30	73	41	84
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 3	47	0,55	8	55	11	58	14	61	17	64	32	79	30	77	38	85	9	56	12	59	15	62	19	66	32	79	30	77	41	88
COP03	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 3	53	0,54	8	61	11	64	14	67	17	70	32	85	30	83	38	91	9	62	12	65	14	67	19	72	32	85	30	83	41	94
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	30	1,62	13	43	16	46	18	48	22	52	37	67	35	65	43	73	14	44	17	47	19	49	24	54	37	67	35	65	46	76
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	34	1,52	13	47	15	49	18	52	22	56	37	71	35	69	43	77	14	48	16	50	19	53	24	58	37	71	35	69	46	80
COP04	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	40	1,4	13	53	15	55	18	58	22	62	37	77	35	75	42	82	13	53	16	56	19	59	24	64	37	77	35	75	46	86
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 3	38	1,52	13	51	15	53	18	56	22	60	37	75	35	73	43	81	14	52	16	54	19	57	24	62	37	75	35	73	46	84
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 3	42	1,44	13	55	15	57	18	60	22	64	37	79	35	77	42	84	13	55	16	58	19	61	24	66	37	79	35	77	46	88
COP04	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 3	48	1,33	13	61	15	63	18	66	22	70	37	85	34	82	42	90	13	61	16	64	19	67	24	72	37	85	34	82	46	94
COP05	1 - 4 - 6 - (4+12+4)	31	1,73	13	44	16	47	19	50	22	53	37	68	35	66	43	74	14	45	17	48	20	51	24	55	37	68	35	66	46	77
COP05	1 - 4 - 6 - (4+16+4)	35	1,56	13	48	15	50	18	53	22	57	37	72	35	70	43	78	14	49	16	51	19	54	24	59	37	72	35	70	46	81
COP05	1 - 4 - 6 - (4+18+4)	37	1,49	13	50	15	52	18	55	22	59	37	74	35	72	43	80	14	51	16	53	19	56	24	61	37	74	35	72	46	83
COP05	1 - 4 - 6 - (4+20+4)	39	1,42	13	52	15	54	18	57	22	61	37	76	35	74	42	81	13	52	16	55	19	58	24	63	37	76	35	74	46	85
COP05	1 - 4 - 6 - (4+22+4)	41	1,37	13	54	15	56	18	59	22	63	37	78	35	76	42	83	13	54	16	57	19	60	24	65	37	78	35	76	46	87
CIN01	2 - 2 - 4/10 - 2	6,4	1,01	12	18	14	20	17	23	21	27	36	42	33	40	41	48	12	19	15	21	18	24	23	29	36	42	33	40	45	51
CIN01	2 - 5 - 4/10 - 2	9,4	0,6	9	18	11	21	14	24	18	27	33	42	31	40	39	48	10	19	12	22	15	25	20	29	33	42	31	40	42	51
CIN02	'3 - 2	5	1,18	12	17	15	20	18	23	21	26	36	41	34	39	42	47	13	18	16	21	18	23	23	28	36	41	34	39	45	50
CIN02	'3 - 5	8	0,66	10	18	12	20	15	23	19	27	34	42	31	39	39	47	10	18	13	21	16	24	21	29	34	42	31	39	43	51
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 2	26	1	12	38	14	40	17	43	21	47	36	62	33	59	41	67	12	38	15	41	18	44	23	49	36	62	33	59	45	71
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 5	29	0,6	9	38	11	40	14	43	18	47	33	62	31	60	39	68	10	39	12	41	15	44	20	49	33	62	31	60	42	71
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 2	34	0,96	12	46	14	48	17	51	21	55	36	70	33	67	41	75	12	46	15	49	18	52	23	57	36	70	33	67	44	78
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 5	37	0,58	9	46	11	48	14	51	18	55	33	70	31	68	38	75	9	46	12	49	15	52	20	57	33	70	31	68	42	79
CIN04	2 - 16 - 4 - 2	24	1,79	14	38	16	40	19	43	22	46	37	61	35	59	43	67	14	38	17	41	20	44	24	48	37	61	35	59	46	70
CIN04	2 - 24 - 4 - 2	32	1,67	13	45	16	48	19	51	22	54	37	69	35	67	43	75	14	46	17	49	19	51	24	56	37	69	35	67	46	78
CIN05	3	3	2,5	14	17	16	19	19	22	23	26	38	41	36	39	44	47	15	18	17	20	20	23	25	28	38	41	36	39	47	50

Tabella 150 – Edificio ad uso uffici. Località Roma (zona climatica D). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

Roma				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)								% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)							
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	
				0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10		0,16	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,05	
COP01	2-16-4-2-2-1	27	1,74	15	42	18	45	20	47	23	50	27	54	30	57	36	63	23	50
COP01	2-16-4-2-6-1	31	1,63	15	46	17	48	20	51	23	54	27	58	30	61	36	67	23	54
COP01	2-16-4-2-12-1	37	1,49	15	52	17	54	19	56	23	60	27	64	30	67	36	73	23	60
COP01	2-24-4-2-2-1	35	1,62	15	50	17	52	20	55	23	58	27	62	30	65	36	71	23	58
COP01	2-24-4-2-6-1	39	1,53	15	54	17	56	19	58	23	62	27	66	30	69	36	75	23	62
COP01	2-24-4-2-12-1	45	1,41	15	60	17	62	19	64	23	68	26	71	29	74	35	80	23	68
COP02	2-16-4-2-2-1-2-5	34	0,92	13	47	16	50	18	52	21	55	25	59	28	62	34	68	21	55
COP02	2-16-4-2-6-1-2-5	38	0,89	13	51	15	53	18	56	21	59	25	63	28	66	34	72	21	59
COP02	2-16-4-2-12-1-2-5	44	0,84	13	57	15	59	17	61	21	65	25	69	28	72	34	78	21	65
COP02	2-16-4-2-2-1-5-5	37	0,57	11	48	13	50	15	52	19	56	22	59	25	62	31	68	19	56
COP02	2-16-4-2-6-1-5-5	41	0,56	10	51	13	54	15	56	19	60	22	63	25	66	31	72	19	60
COP02	2-16-4-2-12-1-5-5	47	0,54	10	57	12	59	15	62	18	65	22	69	25	72	31	78	18	65
COP02	2-24-4-2-2-1-2-5	42	0,88	13	55	15	57	17	59	21	63	25	67	28	70	34	76	21	63
COP02	2-24-4-2-6-1-2-5	46	0,85	13	59	15	61	17	63	21	67	25	71	28	74	34	80	21	67
COP02	2-24-4-2-12-1-2-5	52	0,82	13	65	15	67	17	69	21	73	24	76	27	79	33	85	21	73
COP02	2-24-4-2-2-1-5-5	45	0,56	10	55	13	58	15	60	19	64	22	67	25	70	31	76	19	64
COP02	2-24-4-2-6-1-5-5	49	0,54	10	59	12	61	15	64	18	67	22	71	25	74	31	80	18	67
COP02	2-24-4-2-12-1-5-5	55	0,53	10	65	12	67	14	69	18	73	22	77	25	80	31	86	18	73
COP03	2-16-4-2-2-1-2-3	32	0,94	13	45	16	48	18	50	21	53	25	57	28	60	34	66	21	53
COP03	2-16-4-2-6-1-2-3	36	0,91	13	49	16	52	18	54	21	57	25	61	28	64	34	70	21	57
COP03	2-16-4-2-12-1-2-3	42	0,86	13	55	15	57	17	59	21	63	25	67	28	70	34	76	21	63
COP03	2-16-4-2-2-1-5-3	35	0,58	11	46	13	48	15	50	19	54	22	57	25	60	31	66	19	54
COP03	2-16-4-2-6-1-5-3	39	0,57	11	50	13	52	15	54	19	58	22	61	25	64	31	70	19	58
COP03	2-16-4-2-12-1-5-3	45	0,55	10	55	13	58	15	60	18	63	22	67	25	70	31	76	18	63
COP03	2-24-4-2-2-1-2-3	40	0,91	13	53	16	56	18	58	21	61	25	65	28	68	34	74	21	61
COP03	2-24-4-2-6-1-2-3	44	0,88	13	57	15	59	17	61	21	65	25	69	28	72	34	78	21	65
COP03	2-24-4-2-12-1-2-3	50	0,83	13	63	15	65	17	67	21	71	24	74	28	78	33	83	21	71
COP03	2-24-4-2-2-1-5-3	43	0,56	10	53	13	56	15	58	19	62	22	65	25	68	31	74	19	62
COP03	2-24-4-2-6-1-5-3	47	0,55	10	57	13	60	15	62	18	65	22	69	25	72	31	78	18	65
COP03	2-24-4-2-12-1-5-3	53	0,54	10	63	12	65	15	68	18	71	22	75	25	78	31	84	18	71
COP04	2-16-4-2-2-1-3	30	1,62	15	45	17	47	20	50	23	53	27	57	30	60	36	66	23	53
COP04	2-16-4-2-6-1-3	34	1,52	15	49	17	51	19	53	23	57	27	61	30	64	36	70	23	57
COP04	2-16-4-2-12-1-3	40	1,4	15	55	17	57	19	59	23	63	26	66	29	69	35	75	23	63
COP04	2-24-4-2-2-1-3	38	1,52	15	53	17	55	19	57	23	61	27	65	30	68	36	74	23	61
COP04	2-24-4-2-6-1-3	42	1,44	15	57	17	59	19	61	23	65	27	69	30	72	36	78	23	65
COP04	2-24-4-2-12-1-3	48	1,33	15	63	17	65	19	67	23	71	26	74	29	77	35	83	23	71
COP05	1-4-6-(4+12+4)	31	1,73	15	46	18	49	20	51	23	54	27	58	30	61	36	67	23	54
COP05	1-4-6-(4+16+4)	35	1,56	15	50	17	52	19	54	23	58	27	62	30	65	36	71	23	58

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)															
Roma				15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014	spessore muratura	U		0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,16	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,05														
COP05	1 - 4 - 6 - (4+18+4)	37	1,49	15	52	17	54	19	56	23	60	27	64	30	67	36	73	23	60	28	65	33	70	38	75	48	85	58	95	73	110
COP05	1 - 4 - 6 - (4+20+4)	39	1,42	15	54	17	56	19	58	23	62	26	65	30	69	35	74	23	62	28	67	33	72	38	77	48	87	58	97	73	112
COP05	1 - 4 - 6 - (4+22+4)	41	1,37	15	56	17	58	19	60	23	64	26	67	29	70	35	76	23	64	28	69	33	74	38	79	48	89	58	99	73	114
CIN01	2 - 2 - 4/10 - 2	6,4	1,01	14	20	16	22	18	24	22	28	25	32	28	35	34	41	22	28	27	33	32	39	37	43	47	53	57	63	72	78
CIN01	2 - 5 - 4/10 - 2	9,4	0,6	11	20	13	23	15	25	19	28	23	32	26	35	32	41	19	28	24	33	29	39	34	44	44	54	54	64	69	78
CIN02	'3 - 2	5	1,18	14	19	17	22	19	24	22	27	26	31	29	34	35	40	22	27	27	32	33	38	37	42	47	52	57	62	72	77
CIN02	'3 - 5	8	0,66	12	20	14	22	16	24	20	28	23	31	26	34	32	40	20	28	25	33	30	38	35	43	45	53	55	63	70	78
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 2	26	1	14	40	16	42	18	44	22	48	25	51	28	54	34	60	22	48	27	53	32	58	37	63	47	73	57	83	72	98
CIN03	2 - 16 - 4 - 2 - 5	29	0,6	11	40	13	42	15	44	19	48	23	52	26	55	32	61	19	48	24	53	29	58	34	63	44	73	54	83	69	98
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 2	34	0,96	13	47	16	50	18	52	21	55	25	59	28	62	34	68	21	55	27	61	32	66	37	71	47	81	57	91	71	105
CIN03	2 - 24 - 4 - 2 - 5	37	0,58	11	48	13	50	15	52	19	56	22	59	25	62	31	68	19	56	24	61	29	66	34	71	44	81	54	91	69	106
CIN04	2 - 16 - 4 - 2	24	1,79	15	39	18	42	20	44	23	47	27	51	30	54	36	60	23	47	28	52	34	58	39	63	49	73	59	83	73	97
CIN04	2 - 24 - 4 - 2	32	1,67	15	47	18	50	20	52	23	55	27	59	30	62	36	68	23	55	28	60	34	66	38	70	48	80	58	90	73	105
CIN05	3	3	2,5	16	19	18	21	20	23	24	27	28	31	31	34	37	40	24	27	29	32	34	37	39	42	49	52	59	62	74	77

Tabella 151 – Edificio ad uso uffici. Località Torino (zona climatica E). Determinazione dello spessore di isolante necessario per adeguare le prestazioni termiche della copertura [9] ai requisiti minimi di legge [42].

				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)														% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)													
Torino				15%		20%		25%		30%		35%		40%		45%		15%		20%		25%		30%		35%		40%		45%	
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06														
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1	27	1,74	14	41	15	42	17	44	19	46	21	48	23	50	27	54	24	51	28	55	34	61	39	66	45	72	53	80	65	92
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1	31	1,63	14	45	15	46	17	48	19	50	21	52	23	54	27	58	24	55	28	59	34	65	38	69	45	76	53	84	65	96
COP01	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1	37	1,49	14	51	15	52	17	54	19	56	21	58	23	60	27	64	24	61	28	65	33	70	38	75	44	81	53	90	65	102
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1	35	1,62	14	49	15	50	17	52	19	54	21	56	23	58	27	62	24	59	28	63	34	69	38	73	45	80	53	88	65	100
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1	39	1,53	14	53	15	54	17	56	19	58	21	60	23	62	27	66	24	63	28	67	33	72	38	77	44	83	53	92	65	104
COP01	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1	45	1,41	13	58	15	60	16	61	18	63	21	66	23	68	26	71	24	69	28	73	33	78	38	83	44	89	53	98	65	110
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	34	0,92	12	46	13	47	15	49	17	51	19	53	21	55	25	59	22	56	26	60	32	66	36	70	43	77	51	85	63	97
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	38	0,89	12	50	13	51	15	53	17	55	19	57	21	59	25	63	22	60	26	64	32	70	36	74	43	81	51	89	63	101
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	44	0,84	11	55	13	57	15	59	17	61	19	63	21	65	25	69	22	66	26	70	31	75	36	80	42	86	51	95	63	107
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	37	0,57	9	46	11	48	12	49	14	51	17	54	19	56	22	59	20	57	24	61	29	66	34	71	40	77	48	85	60	97
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	41	0,56	9	50	10	51	12	53	14	55	17	58	19	60	22	63	20	61	24	65	29	70	34	75	40	81	48	89	60	101
COP02	2 - 16 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	47	0,54	9	56	10	57	12	59	14	61	16	63	18	65	22	69	19	66	23	70	29	76	33	80	40	87	48	95	60	107
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 5	42	0,88	12	54	13	55	15	57	17	59	19	61	21	63	25	67	22	64	26	68	32	74	36	78	42	84	51	93	63	105
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 5	46	0,85	12	58	13	59	15	61	17	63	19	65	21	67	25	71	22	68	26	72	31	77	36	82	42	88	51	97	63	109
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 2 - 5	52	0,82	11	63	13	65	14	66	16	68	19	71	21	73	24	76	22	74	26	78	31	83	36	88	42	94	51	103	63	115
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 2 - 1 - 5 - 5	45	0,56	9	54	10	55	12	57	14	59	17	62	19	64	22	67	20	65	24	69	29	74	34	79	40	85	48	93	60	105
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 6 - 1 - 5 - 5	49	0,54	9	58	10	59	12	61	14	63	16	65	18	67	22	71	19	68	23	72	29	78	33	82	40	89	48	97	60	109
COP02	2 - 24 - 4 - 2 - 12 - 1 - 5 - 5	55	0,53	9	64	10	65	12	67	14	69	16	71	18	73	22	77	19	74	23	78	29	84	33	88	39	94	48	103	60	115
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 2 - 1 - 2 - 3	32	0,94	12	44	13	45	15	47	17	49	19	51	21	53	25	57	23	55	26	58	32	64	37	69	43	75	51	83	63	95
COP03	2 - 16 - 4 - 2 - 6 - 1 - 2 - 3	36	0,91	12	48	13	49	15	51	17	53	19	55	21	57	25	61	22	58	26	62	32	68	36	72	43	79	51	87	63	99

Torino				% di incidenza dei ponti termici (fase I - 2015)												% di incidenza dei ponti termici (fase II - 2019/21)															
Codice struttura da UNI/TR 11552:2014		spessore muratura	U	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%														
				0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06														
COP03	2-16-4-2-12-1-2-3	42	0,86	12	54	13	55	15	57	17	59	19	61	21	63	25	67	22	64	26	68	31	73	36	78	42	84	51	93	63	105
COP03	2-16-4-2-2-1-5-3	35	0,58	9	44	11	46	12	47	14	49	17	52	19	54	22	57	20	55	24	59	29	64	34	69	40	75	49	84	61	96
COP03	2-16-4-2-6-1-5-3	39	0,57	9	48	11	50	12	51	14	53	17	56	19	58	22	61	20	59	24	63	29	68	34	73	40	79	48	87	60	99
COP03	2-16-4-2-12-1-5-3	45	0,55	9	54	10	55	12	57	14	59	16	61	18	63	22	67	19	64	23	68	29	74	34	79	40	85	48	93	60	105
COP03	2-24-4-2-2-1-2-3	40	0,91	12	52	13	53	15	55	17	57	19	59	21	61	25	65	22	62	26	66	32	72	36	76	43	83	51	91	63	103
COP03	2-24-4-2-6-1-2-3	44	0,88	12	56	13	57	15	59	17	61	19	63	21	65	25	69	22	66	26	70	32	76	36	80	42	86	51	95	63	107
COP03	2-24-4-2-12-1-2-3	50	0,83	11	61	13	63	14	64	16	66	19	69	21	71	24	74	22	72	26	76	31	81	36	86	42	92	51	101	63	113
COP03	2-24-4-2-2-1-5-3	43	0,56	9	52	10	53	12	55	14	57	17	60	19	62	22	65	20	63	24	67	29	72	34	77	40	83	48	91	60	103
COP03	2-24-4-2-6-1-5-3	47	0,55	9	56	10	57	12	59	14	61	16	63	18	65	22	69	19	66	23	70	29	76	34	81	40	87	48	95	60	107
COP03	2-24-4-2-12-1-5-3	53	0,54	9	62	10	63	12	65	14	67	16	69	18	71	22	75	19	72	23	76	29	82	33	86	40	93	48	101	60	113
COP04	2-16-4-2-2-1-3	30	1,62	14	44	15	45	17	47	19	49	21	51	23	53	27	57	24	54	28	58	34	64	38	68	45	75	53	83	65	95
COP04	2-16-4-2-6-1-3	34	1,52	14	48	15	49	17	51	19	53	21	55	23	57	27	61	24	58	28	62	33	67	38	72	44	78	53	87	65	99
COP04	2-16-4-2-12-1-3	40	1,4	13	53	15	55	16	56	18	58	21	61	23	63	26	66	24	64	28	68	33	73	38	78	44	84	53	93	65	105
COP04	2-24-4-2-2-1-3	38	1,52	14	52	15	53	17	55	19	57	21	59	23	61	27	65	24	62	28	66	33	71	38	76	44	82	53	91	65	103
COP04	2-24-4-2-6-1-3	42	1,44	13	55	15	57	17	59	18	60	21	63	23	65	27	69	24	66	28	70	33	75	38	80	44	86	53	95	65	107
COP04	2-24-4-2-12-1-3	48	1,33	13	61	15	63	16	64	18	66	21	69	23	71	26	74	24	72	28	76	33	81	38	86	44	92	52	100	64	112
COP05	1-4-6-(4+12+4)	31	1,73	14	45	15	46	17	48	19	50	21	52	23	54	27	58	24	55	28	59	34	65	39	70	45	76	53	84	65	96
COP05	1-4-6-(4+16+4)	35	1,56	14	49	15	50	17	52	19	54	21	56	23	58	27	62	24	59	28	63	34	69	38	73	44	79	53	88	65	100
COP05	1-4-6-(4+18+4)	37	1,49	14	51	15	52	17	54	19	56	21	58	23	60	27	64	24	61	28	65	33	70	38	75	44	81	53	90	65	102
COP05	1-4-6-(4+20+4)	39	1,42	13	52	15	54	16	55	18	57	21	60	23	62	26	65	24	63	28	67	33	72	38	77	44	83	53	92	65	104
COP05	1-4-6-(4+22+4)	41	1,37	13	54	15	56	16	57	18	59	21	62	23	64	26	67	24	65	28	69	33	74	38	79	44	85	52	93	65	106
CIN01	2-2-4/10-2	6,4	1,01	12	19	14	20	15	22	17	24	20	26	22	28	25	32	23	29	27	33	32	39	37	43	43	49	51	58	63	70
CIN01	2-5-4/10-2	9,4	0,6	10	19	11	20	13	22	15	24	17	26	19	28	23	32	20	29	24	33	29	39	34	44	40	50	49	58	61	70
CIN02	'3-2	5	1,18	13	18	14	19	16	21	18	23	20	25	22	27	26	31	23	28	27	32	33	38	37	42	44	49	52	57	64	69
CIN02	'3-5	8	0,66	10	18	12	20	13	21	15	23	18	26	20	28	23	31	21	29	25	33	30	38	35	43	41	49	49	57	61	69
CIN03	2-16-4-2-2	26	1	12	38	14	40	15	41	17	43	20	46	22	48	25	51	23	49	27	53	32	58	37	63	43	69	51	77	63	89
CIN03	2-16-4-2-5	29	0,6	10	39	11	40	13	42	15	44	17	46	19	48	23	52	20	49	24	53	29	58	34	63	40	69	49	78	61	90
CIN03	2-24-4-2-2	34	0,96	12	46	13	47	15	49	17	51	20	54	21	55	25	59	23	57	27	61	32	66	37	71	43	77	51	85	63	97
CIN03	2-24-4-2-5	37	0,58	9	46	11	48	12	49	14	51	17	54	19	56	22	59	20	57	24	61	29	66	34	71	40	77	49	86	61	98
CIN04	2-16-4-2	24	1,79	14	38	15	39	17	41	19	43	21	45	23	47	27	51	25	49	28	52	34	58	39	63	45	69	53	77	65	89
CIN04	2-24-4-2	32	1,67	14	46	15	47	17	49	19	51	21	53	23	55	27	59	24	56	28	60	34	66	38	70	45	77	53	85	65	97
CIN05	3	3	2,5	15	18	16	19	18	21	20	23	22	25	24	27	28	31	25	28	29	32	34	37	39	42	45	48	54	57	66	69

3.4.3.4 Commento ai risultati

L'edificio della presente analisi è caratterizzato da un'ampia superficie utile calpestabile e, rispetto ai precedenti casi studio da:

- una presenza maggiore di superficie verticale disperdente trasparente (circa il 30% - Tabella 124);
- un colore delle superfici esterne chiaro;
- la presenza del servizio relativo alla ventilazione meccanica (maggiori dettagli nel paragrafo 3.4.4.1 relativo alla configurazione impiantistica).

Dalle Figura 105 e Figura 106 relative alla percentuale massima realizzabile di superficie vetrata è possibile osservare che al diminuire delle trasmittanze termiche relative alle chiusure tecniche trasparenti, a parità delle altre trasmittanze termiche del fabbricato (come definite dalle tabelle da 1 a 5 del D.M. 26/06/2016 – comprensive dei ponti termici [42]) si ha un aumento della superficie vetrata realizzabile (tenendo conto della sola verifica del parametro H'_{T_i}).

Osservando i grafici (Figura 105– 2015, Figura 106, 2019/2021) è possibile notare che si può giungere a involucri verticali completamente vetrati solamente impiegando serramenti con valori di trasmittanza termica U_w molto bassi ($1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$). In tale analisi si assume che siano utilizzati componenti caratterizzati da parametri termofisici del fabbricato reale coincidenti a quelli del fabbricato di riferimento. Per il caso studio, a prescindere dalle caratteristiche termofisiche della componente trasparente, la località tra quelle analizzate che può beneficiare di maggiore superficie vetrata è Roma (zona climatica D), mentre quella che ammette minore superficie vetrata verticale è la zona climatica B.

Per quanto concerne la correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato risulta che, per garantire il soddisfacimento di tale requisito, l'elemento schermante da utilizzare ha proprietà ottiche della tenda pari ad una trasmissione solare del 30% (fattore di riduzione secondo UNI/TS 11300-1 pari a 0,45 relativo a tende veneziane interne [1]). L'analisi considera che nelle chiusure tecniche esposte a Nord non sono presenti elementi schermanti ($g_{gl+sh} / g_{gl} = 1$ coincidente con nessuna riduzione della radiazione solare incidente).

Da un punto di vista pratico ciò significa che, considerando le verifiche relative agli indici di prestazione termica utile, assumendo di non impiegare elementi schermanti per le superfici trasparenti orientate a Nord per rientrare nei requisiti minimi relativi al parametro $A_{sol,est} / A_{sup. utile}$ bisogna comunque impiegare sistemi con caratteristiche di riduzione della radiazione solare minori o uguali di quelle delineate al punto precedente. Diversamente, se si vogliono impiegare sistemi di schermatura che hanno caratteristiche peggiori (valori più alti di g_{gl+sh} / g_{gl} corrispondenti a una minore intercettazione della radiazione solare) è necessario prevedere l'impiego di schermature solari anche per gli elementi trasparenti con orientamento a Nord nonostante comunque il relativo impiego non abbia influenza sulla prestazione energetica del fabbricato.

Per quanto concerne invece la verifica contestuale del rispetto degli indici e dei parametri del D.M. "Requisiti minimi" [42] (Punto 3.3 - Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero) sono stati ricercati i campi di esistenza (limite inferiore e superiore) concernenti le funzioni come definite al 3.1.1.

Si riportano di seguito alcune considerazioni sui risultati dei grafici presentati nella ricerca.

- **Località Palermo** (Figura 109): È interessante notare come le caratteristiche di progetto possano variare notevolmente per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021. Nella prima soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto. In questo caso le soluzioni relative alle due fasi temporali applicative sono identiche ed hanno un ampio range di variabilità. A delimitare il campo di esistenza è il requisito relativo al soddisfacimento del parametro H'_{T_i} ;

- **Località Palermo (Figura 110):** In questa soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione del Fattore di riduzione (g_{gl+sh}/g_{gl}) che viene assunto fisso e pari a 0,45 [-]. Tale combinazione permette di definire combinazioni che rientrano in un campo di esistenza più ampio rispetto al punto precedente e con limiti superiori spostati verso valori più alti. Le soluzioni relative alle due fasi temporali sono diverse.
- **Località Palermo (Figura 111):** In questa soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 3,00 W/m²K). In questo caso è possibile determinare il campo di esistenza solamente in riferimento alla prima fase temporale 2015, mentre non esistono combinazioni per la fase 2019/2021. A delimitare il campo di esistenza è il requisito relativo al soddisfacimento del parametro H'_T ;
- **Località Palermo (Figura 112):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 3,00 W/m²K) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} assunto pari a 0,45 [-]. Risulta che esiste un campo di esistenza per entrambe le due fasi temporali. A delimitare il campo di esistenza per la fase 2015 è il requisito relativo al soddisfacimento del parametro H'_T , mentre per la fase 2015/2019 è il requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento;
- **Località Roma (Figura 113):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto. Tale assunzione permette di determinare delle soluzioni per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021. Esaminando il grafico si comprende che il campo di esistenza è limitato per entrambe le due fasi applicative dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Roma (Figura 114):** In questa soluzione sono state variate tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione del Fattore di riduzione (g_{gl+sh}/g_{gl}) che viene assunto pari a 0,45 [-]. È interessante notare come i fabbisogni di energia termica utile per climatizzazione estiva ed invernale abbiano ordini di grandezza molto simili. Esaminando il grafico si comprende inoltre che il campo di esistenza è limitato per entrambe le fasi applicative dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Roma (Figura 115):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 1,60 W/m²K). Considerate tali assunzioni non esiste per la seconda fase temporale un campo di esistenza. A delimitare il campo di esistenza è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Roma (Figura 116):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 1,60 W/m²K) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} assunto pari a 0,45 [-]. A delimitare il campo di esistenza è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Torino (Figura 117):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto. Tale assunzione permette di determinare delle soluzioni per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021. Esaminando la matrice di dati riportata sotto il grafico (Figura 117) si può notare che, l'algoritmo individua combinazioni di progetto caratterizzate da proprietà termofisiche, sia per i componenti dell'involucro opaco che per quello trasparente, che sono piuttosto spinte (trasmittanza termica della parete opaca verticale pari a 0,137 W/m²K e trasmittanza termica delle componenti trasparenti pari a 1,01 W/m²K). Per tale combinazione il campo di esistenza è limitato per entrambe le due fasi applicative dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.

- **Località Torino (Figura 118):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} assunto pari a 0,45 [-]. Tali assunzione permette di definire combinazioni che rientrano in un campo di esistenza più ampio rispetto a quello di cui al punto precedente e con limiti superiori spostati verso valori più alti. Le soluzioni relative alle due fasi temporali sono diverse. Per la fase applicativa 2015, il campo di esistenza è circoscritto per il limite inferiore dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento, e per il limite superiore dall'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la seconda fase applicativa 2019/2021 il campo di esistenza è circoscritto solamente verso il limite superiore dall'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Torino (Figura 119):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto relativa agli elementi dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 1,40 W/m²K). Tale scelta permette di determinare il campo di esistenza solamente per la fase applicativa 2015, mentre per la seconda fase, con riferimento alle assunzioni presentate non vi è un campo di esistenza di combinazioni; in questo caso ad non essere mai soddisfatto è il requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Torino (Figura 120):** In questa ipotesi, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 1,10 W/m²K) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} assunto pari a 0,45 [-]. Le soluzioni relative alle due fasi temporali sono diverse. Per la fase applicativa 2015, il campo di esistenza è circoscritto per il limite inferiore dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento, e per il limite superiore dall'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la seconda fase applicativa 2019/2021 il campo di esistenza è circoscritto solamente verso il limite superiore dall'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Torino (Figura 121):** In questa ipotesi, simile alla precedente, nella ricerca delle combinazioni di progetto dell'involucro, sono state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 1,40 W/m²K) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} assunto pari a 0,45 [-]. Tale scelta permette di determinare il campo di esistenza solamente per la fase applicativa 2015, mentre per la seconda fase, con riferimento alle assunzioni presentate non vi è un campo di esistenza di combinazioni, in questo caso ad non essere mai soddisfatto è il requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per raggiungere il soddisfacimento di tutti i requisiti e parametri indicati dal D.M. "requisiti minimi" e quindi determinare un campo di esistenza è necessario modificare le assunzioni di base aggiornando, come nel caso presentato in Figura 122, il fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} qui assunto pari a 0,55 [-].
- **Località Torino (Figura 123):** Tale ipotesi prevede che siano state variate contemporaneamente tutte le matrici dei valori di progetto ad eccezione della trasmittanza termica relativa alle componenti trasparenti (assunta pari a 1,10 W/m²K) e del fattore di riduzione g_{gl+sh}/g_{gl} assunto pari a 0,55 [-]. In tale condizioni risultano essere verificati solamente i parametri e gli indici relativi alla fase temporale 2019/2021. Con tale assunzioni il campo di esistenza risulta essere maggiormente ristretto rispetto ai casi precedenti, inoltre il campo di esistenza risulta essere circoscritto per il limite inferiore dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento, e per il limite superiore dall'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.

Dall'analisi dei vari grafici per la determinazione del campo di esistenza è evidente che per ogni località esistono più soluzioni che permettono di rispettare gli indici e i parametri del D.M. "Requisiti minimi". Dovrà

essere il progettista a dover bilanciare conoscenze tecniche e risparmi economici conseguibili abbinando sistemi e tecnologie che permettano il rispetto dei limiti legislativi con il fine ultimo di perseguire comunque il minor costo dell'intervento. Si noti inoltre che in generale per verificare le caratteristiche termofisiche dell'edificio è necessario che le trasmittanze termiche dell'involucro siano il più possibile contenute.

Poiché l'analisi relativa al caso studio esamina gli aspetti concernenti sia la realizzazione di nuovi edifici che l'eventuale ristrutturazione di quelli già esistenti, per concludere l'analisi è stato ipotizzato di intervenire su fabbricati edilizi caratterizzati da una differenza di incidenza di ponti termici variabile crescente dal 15% al 45%. Tale scelta nasce dalla convenienza di rendere il caso studio presentato adattabile anche ai fabbricati edificati nei vari periodi storici i quali, generalmente, sono contraddistinti da caratteristiche costruttive dell'involucro anche molto differenti tra loro. Lo scopo di tale analisi è dunque quello di determinare da un punto di vista quantitativo quali siano le maggiori ricadute progettuali e se i valori relativi al fabbricato di riferimento possano essere ritenuti ben calibrati anche per il parco edilizio esistente. Tale analisi, come le precedenti, è stata affrontata per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021.

L'analisi è stata svolta considerando fisse le caratteristiche relative alle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. In linea di massima dalla lettura delle tabelle (Tabella 140, Tabella 142, Tabella 144), si può notare che, prese per buone tali assunzioni, le caratteristiche dell'involucro variano linearmente verso obiettivi di ristrutturazione dei componenti opachi che sono sempre più ambiziosi ed al limite della fattibilità tecnica soprattutto per le località caratterizzate da condizioni climatiche invernali più rigide come Torino. Infatti, nell'eventualità di non riuscire a correggere i ponti termici, Torino (Tabella 144) risulta la località più sfavorita in cui occorre impiegare maggior strato coibente per riuscire a osservare tutti i limiti del D.M. "Requisiti minimi"[42]. Per i comuni montani in zona F tale criticità risulta essere ancora molto più accentuata.

A fronte della ricerca delle caratteristiche termofisiche (principalmente trasmittanze termiche) che permettono al fabbricato, anche a fronte di una cospicua quantità di scambi dovuti a ponti termici, di ottemperare ai requisiti del D.M. una parte della ricerca ha determinato per varie tipologie murarie e di copertura (dati e simbologia tratti da UNI/TR 11552 [9]), lo spessore necessario dello strato termoisolante. Esso varia per zona climatica e per incidenza percentuale dei ponti termici sull'involucro.

Tale metodologia di lavoro è comune a tutti i casi studio si tenga tuttavia presente che le caratteristiche costruttive di edifici adibiti ad uso uffici è in generale molto diversa rispetto ad edifici di tipo residenziale, la stessa considerazione riguarda la presenza di ponti termici.

Dalla lettura delle tabelle nel caso peggiore, ovvero, per un'incidenza del 45% per la località Torino, l'intervento di ristrutturazione dell'involucro può prevedere strati di isolante ($\lambda=0,04$ W/m K) con spessori che possono essere maggiori di 50 cm per l'involucro opaco orizzontale e di circa 70 cm per l'involucro opaco verticale. Per tali ragioni si dovrebbero svolgere indagini più approfondite su un esteso campione di edifici per comprendere la percentuale massima di incidenza dei ponti termici nei fabbricati del parco edilizio eventualmente operando un'attività di ri-calibrazione delle trasmittanze dell'edificio di riferimento. Va anche notato che nelle simulazioni (eseguite per gli edifici esistenti con maggiorazione forfettaria degli scambi termici per trasmissione) i ponti termici sono stati assegnati interamente alla componente opaca; un altro approccio adottabile e condivisibile per le simulazioni, può prevedere che l'effetto dei ponti termici sia suddiviso, con percentuale variabile, sia all'involucro opaco che a quello trasparente, tale approccio permette di realizzare isolamenti termici della parete economicamente e tecnicamente più sostenibili e fattibili impiegando serramenti caratterizzati da proprietà termiche migliori rispetto a quelle di riferimento.

3.4.4 Descrizioni delle configurazioni impiantistiche

3.4.4.1 Configurazione impiantistica 5

Nella presente configurazione, l'intero edificio ad uso uffici è dotato di impianto di **riscaldamento e climatizzazione estiva**. Per garantire questi servizi è presente un impianto misto (ventilconvettori e aria primaria). L'aria primaria assume anche la funzione di **ventilazione**, sia nei periodi di attivazione della climatizzazione, sia nei periodi di non attivazione. Il **gruppo frigorifero a pompa di calore aria-acqua**, il generatore di calore costituito da una **caldaia a gas di back-up** e l'**unità di trattamento aria** sono situate sul tetto dell'edificio (copertura piana). Il circuito idronico che alimenta i ventilconvettori è a **due tubi**. Gli anelli delle tubazioni corrono lungo i perimetri dei due piani dell'edificio. L'aria primaria è distribuita a **portata costante** attraverso bocchette dislocate in tutti gli ambienti o spazi ove vi è presenza continuativa di persone. **Non è effettuato ricircolo dell'aria**. L'estrazione dell'aria avviene, attraverso apposita rete, dai disimpegni e dai servizi dell'edificio, posti in depressione. E' presente un **recuperatore di calore** dall'aria di estrazione. La produzione di **acqua calda sanitaria** è effettuata separatamente dall'impianto di climatizzazione, attraverso boiler elettrici dislocati nei servizi di ciascun piano.

L'**illuminazione** dell'edificio è considerata solo per quanto riguarda l'illuminazione interna degli ambienti.

Per il **trasporto di persone** si considera la presenza di un ascensore a servizio dei quattro piani sopraelevati dell'edificio.

Nelle tabelle seguenti i principali parametri di input per diversi livelli prestazionali.

Tabella 152 – Climatizzazione invernale (H) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,96	0,96	0,96
Rendimento di regolazione	[-]	0,97	0,97	0,97
Rendimento di distribuzione	[-]	0,95	0,95	0,95
COP nominale pompa di calore +7 °C / +35 °C	[-]	4,18	3,30	3,30
Rendimento di generazione nominale caldaia a gas a integrazione	[-]	0,92 (al 100% del carico) 0,98 (al 30% del carico)	0,92 (al 100% del carico) 0,98 (al 30% del carico)	0,92 (al 100% del carico) 0,98 (al 30% del carico)
Efficienza nominale del recuperatore di calore	[-]	0,50	0,50	0,00 (Assenza di recuperatore)

Note:

- le potenze nominali dei generatori (caldaia e pompa di calore) sono state considerate variabili in funzione del carico termico (dipendente dalla zona climatica).
- Il rendimento di distribuzione è stato determinato secondo il metodo analitico dell'appendice A della UNI/TS 11300-2:2014 [2];
- Il COP nominale della pompa di calore è variabile in funzione delle diverse temperature di sorgente fredda e pozzo caldo. Nella tabella precedente, per brevità nella trattazione, è stato riportato a titolo indicativo il solo COP alle temperature -7 / + 35 °C. Il calcolo è stato tuttavia effettuato secondo metodologia analitica come da UNI/TS 11300-4:2016 [5] utilizzando come i bin di temperatura e sedici punti di COP (coppie di temperatura sorgente fredda / pozzo caldo).
- Le perdite di generazione sono determinate secondo il metodo analitico dell'appendice B.1 (metodo "direttiva") della UNI/TS 11300-2:2014 [2];

Tabella 153 – Produzione di acqua calda sanitaria (W) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di erogazione	[-]	1,00	1,00	1,00
Rendimento di distribuzione	[-]	0,926	0,926	0,926
Rendimento di generazione nominale – scaldacqua elettrico	[-]	0,75	0,75	0,75

Nell'edificio reale sono inoltre considerati ausiliari elettrici di distribuzione (pompa di circolazione del circuito di riscaldamento funzionante in maniera intermittente), ausiliari elettrici di generazione (potenze variabili in funzione della potenza del generatore e date dalla UNI/TS 11300-2:2014 [2]) e pompe di circolazione sui circuiti primari dei generatori.

Nell'edificio di riferimento, invece, gli ausiliari elettrici sono già inclusi nelle efficienze di riferimento per i servizi di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria. Sono quindi considerati solo i fabbisogni di energia elettrica per la generazione di acqua calda sanitaria, illuminazione e trasporto.

Tabella 154 – Climatizzazione estiva (C) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,98	0,98	0,98
Rendimento di regolazione	[-]	0,97	0,97	0,97
Rendimento di distribuzione (circuiti idronici)	[-]	0,94	0,94	0,94
ERR nominale pompa di calore	[-]	2,56 (100% del carico) 3,20 (50% del carico)	2,20 (100% del carico) 2,88 (50% del carico)	2,20 (100% del carico) 2,88 (50% del carico)

Note:

- Il rendimento di distribuzione riportato nella tabella precedente si riferisce al circuito idronico. Le perdite sono state considerate recuperate al 95% essendo le tubazioni correnti internamente all'involucro climatizzato;
- Per quanto riguarda le perdite termiche e di massa del circuito aerulico, essendo presenti condotte correnti interamente all'interno dei locali climatizzati (controsoffitti ispezionabili) si sono considerate interamente recuperate.

Tabella 155 – Illuminazione (L)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Efficacia luminosa delle lampade	lm/W	60 per le lampade installate nelle zone di transito 90 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate	60 per le lampade installate nelle zone di transito 90 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate	60 per le lampade installate nelle zone di transito 90 per le lampade installate nelle zone normalmente occupate
Sistemi di controllo dell'occupazione	[-]	Assenti	Assenti	Assenti
Sistemi di controllo dell'illuminazione	[-]	Presenti (controllo automatico)	Presenti (controllo automatico)	Presenti (controllo automatico)

Tabella 156 – Trasporto (T)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Tipo di impianto		Gearless con inverter	Gearless con inverter	Gearless con inverter
Velocità	m/s	0,63	0,63	0,63
Portata	kg	480	480	480
Tipo di quadro		A relè	A relè	A relè
Tipo di lampade		Led	Led	Led

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Spegnimento nelle fasi di sosta		sì	sì	sì

3.4.4.2 Risultati

3.4.4.2.1 Località Torino

Tabella 157 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	1,35	1,25	0,82	0,57
η_W	[-]	0,29	0,29	0,29	0,22
η_C	[-]	0,52	0,47	0,47	0,52
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m²]	178,57	187,29	216,16	275,43

Tabella 158 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m²]	127,20	136,60	152,24
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	28,8%	27,1%	29,6%
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	35,2%	31,9%	34,7%
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	19,4%	19,4%	19,4%

3.4.4.2.2 Località Roma

Tabella 159 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	1,58	1,47	0,92	0,57
η_W	[-]	0,29	0,29	0,29	0,22
η_C	[-]	0,54	0,49	0,49	0,51
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m²]	161,88	169,59	183,88	227,55

Tabella 160 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m²]	122,39	129,55	136,74
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	24,4%	23,6%	25,6%
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	28,5%	26,8%	29,7%
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	19,4%	19,4%	19,4%

3.4.4.2.3 Località Palermo

Tabella 161 – Verifiche dei parametri

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3	Valore di riferimento (limite)
η_H	[-]	1,36	1,27	0,84	0,58
η_W	[-]	0,29	0,29	0,29	0,22
η_C	[-]	0,45	0,41	0,41	0,40
$EP_{gl,tot}$	[kWh/m²]	167,44	175,94	184,59	216,76

Tabella 162 – Altri indicatori

Parametro	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
$EP_{gl,nren}$	[kWh/m ²]	129,59	136,82	141,59
$QR = EP_{gl,nren} / EP_{gl,tot}$	[%]	22,6%	22,1%	23,3%
$QR_{H+W+C} = EP_{H+W+C,gl,nren} / EP_{H+W+C,gl,tot}$	[%]	25,1%	24,0%	25,8%
$QR_W = EP_{W,gl,nren} / EP_{W,gl,tot}$	[%]	19,4%	19,4%	19,4%

3.4.4.2.4 Commenti e note ai risultati

- 1) Relativamente al livello prestazionale (1) si può notare come in tutte e tre le località selezionate, le configurazioni impiantistiche soddisfino i requisiti in termini di efficienza ed energia primaria totale globale. Chiaramente i servizi considerati hanno un peso relativo differente a seconda della località, per cui, spostandosi da Torino a Palermo, ha peso crescente il raffrescamento rispetto al riscaldamento.
- 2) Il soddisfacimento dei requisiti del riscaldamento è dovuto anche grazie alla buona prestazione della pompa di calore (a Torino COP effettivo medio stagionale = 2,94 e EER effettivo medio stagionale di 3,32) e anche al fatto che i rendimenti reali dei sottosistemi di utilizzazione risultano superiori a quello di riferimento. Questo in particolare poiché tubazioni e condotte corrono in ambienti climatizzati e la maggior parte delle perdite termiche risultano recuperate. Qualora l'edificio abbia tratti di condotte o tubazioni su esterno, il rendimento reale di distribuzione significativamente inferiore.
- 3) Si noti che la quota di energia rinnovabile tende a ridursi spostandosi da Torino a Palermo; ciò è dovuto alla presenza della pompa di calore e all'aumentare del peso del raffrescamento (l'energia ambiente è infatti considerata rinnovabile solo se estratta per riscaldamento e non in regime di raffrescamento).
- 4) Abbassando il livello prestazionale dei generatori (configurazione impiantistica 2) si noti come i limiti sull'efficienza di raffrescamento non siano più verificati a Torino e Roma, mentre per Palermo rimanga verificato con pochissimo margine. Le verifiche sull'efficienza di riscaldamento rimangono invece soddisfatte per tutte le località, anche in virtù della presenza del recuperatore e grazie ai sottosistemi di utilizzazione.
- 5) Si noti che l'efficienza di riscaldamento reale nelle prime due configurazioni impiantistiche è maggiore di 1. Questo fatto, che a prima vista può apparire strano, è invece dovuto alla presenza di recuperatore di calore che, a parità di portate e di fabbisogno termico utile ideale, riduce considerevolmente l'energia primaria per riscaldamento rispetto ad un sistema senza recuperatore o con aerazione naturale. E' provato quindi che togliendo il recuperatore, l'efficienza di riscaldamento è inferiore a 1 (configurazione impiantistica 3). Anche in assenza di recuperatore, tuttavia, risultano verificati i requisiti di efficienza. La presenza di recuperatore non è quindi strettamente necessaria per il soddisfacimento dei requisiti.

3.5 Palazzina ad uso residenziale

Il presente edificio è costituito da una palazzina ad uso residenziale. La destinazione d'uso dell'edificio, in riferimento alle categorie del D.P.R. 412/93 è la E.1(1) [46]. La palazzina è composta da dodici unità immobiliari (appartamenti) disposte su quattro diversi livelli.

Ai fini dei calcoli, sulla base dei parametri gestionali e delle caratteristiche degli impianti presenti è stata effettuata un'aggregazione degli spazi elementari in zone, a seconda del servizio considerato.

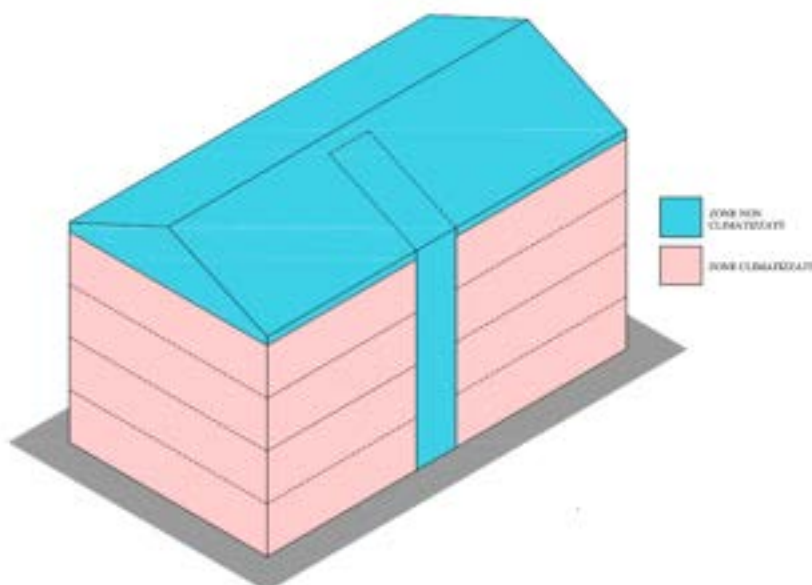
Per il presente edificio, non essendo considerato il servizio illuminazione e non essendoci altre condizioni particolari nei servizi di H, C e W, per cui vi è la necessità di un calcolo dettagliato per singolo spazio, sono state considerate tante zone quante sono le unità immobiliari presenti, ovvero dodici zone corrispondenti ai 12 appartamenti. Tale suddivisione è valida per tutti e tre i servizi considerati (H, C e W).

Sono anche presenti delle zone non climatizzate, ovvero il sottotetto non abitabile e la scala comune di distribuzione alle unità immobiliari. Per una migliore comprensione si faccia riferimento alla tabella e allo schema assonometrico riportato in figura di seguito.

Tabella 163 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Suddivisione in zone

LIVELLO (piano)	SPAZIO	Descrizione unità minima di suddivisione	Superficie utile m ²	V _N m ³	V _L m ³	S m ²	S/V m ⁻¹
0	PT	Unità abitativa 1	71,87	194,05	257,55	188,15	0,73
		Unità abitativa 2	54,10	146,07	185,94	107,88	0,58
		Unità abitativa 3	111,95	302,27	390,18	246,46	0,63
1	P1	Unità abitativa 4 (piano tipo)	81,02	218,75	287,40	106,50	0,37
		Unità abitativa 5 (piano tipo)	54,10	146,07	185,94	45,60	0,25
		Unità abitativa 6 (piano tipo)	111,95	302,27	390,18	116,40	0,30
2	P2	Unità abitativa 4a (piano tipo)	81,02	218,75	287,40	106,50	0,37
		Unità abitativa 5a (piano tipo)	54,10	146,07	185,94	45,60	0,25
		Unità abitativa 6a (piano tipo)	111,95	302,27	390,18	116,40	0,30
3	P4	Unità abitativa 7	81,02	218,75	287,40	202,30	0,70
		Unità abitativa 8	54,10	146,07	185,94	107,58	0,58
		Unità abitativa 9	111,95	302,27	390,18	246,46	0,63
TOT		Totali	1226,20	3310,74	4287,75	1904,33	0,44

Figura 131 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Schema assonometrico



Di seguito sono riportati i disegni di piante, prospetti e sezioni del presente edificio. Essi hanno solamente la finalità di fornire un'informazione qualitativa in merito alla tipologia e alle geometrie dell'edificio.

Figura 132 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Piano Terra

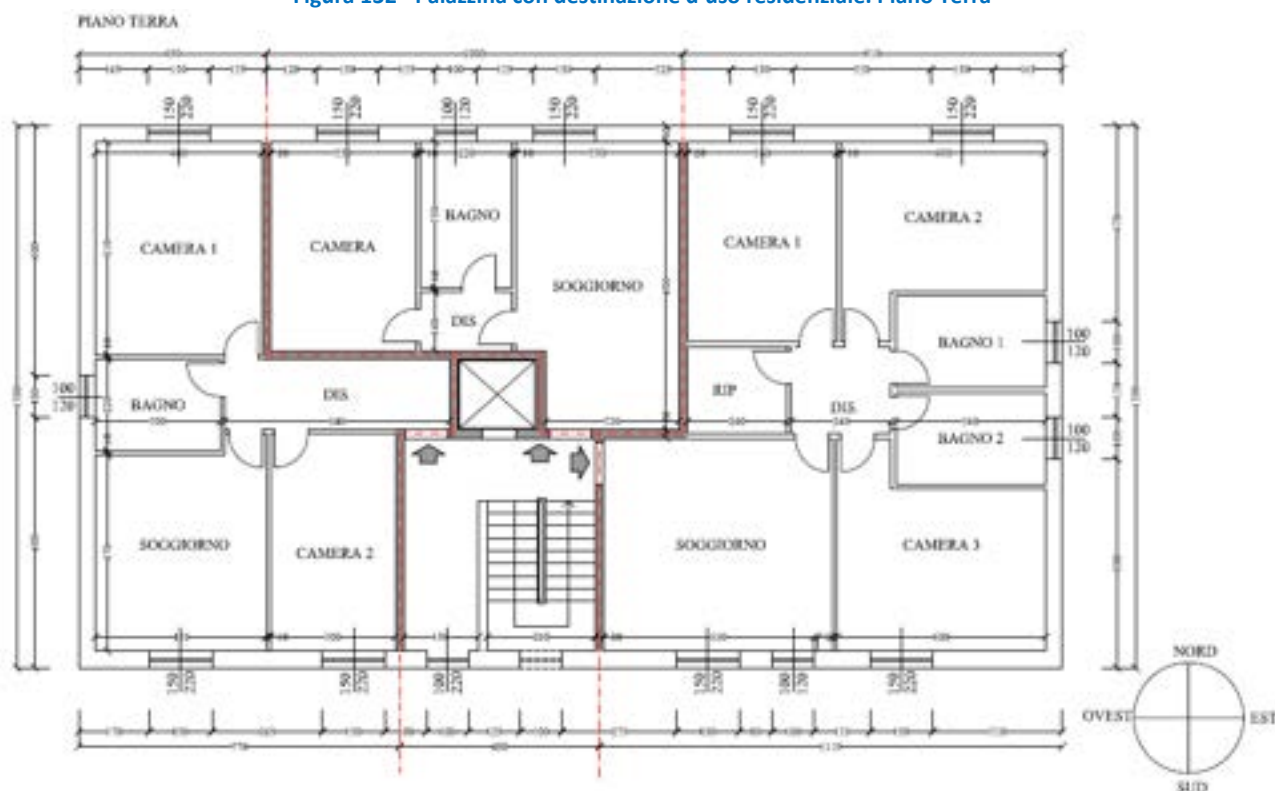


Figura 133 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Piano tipo

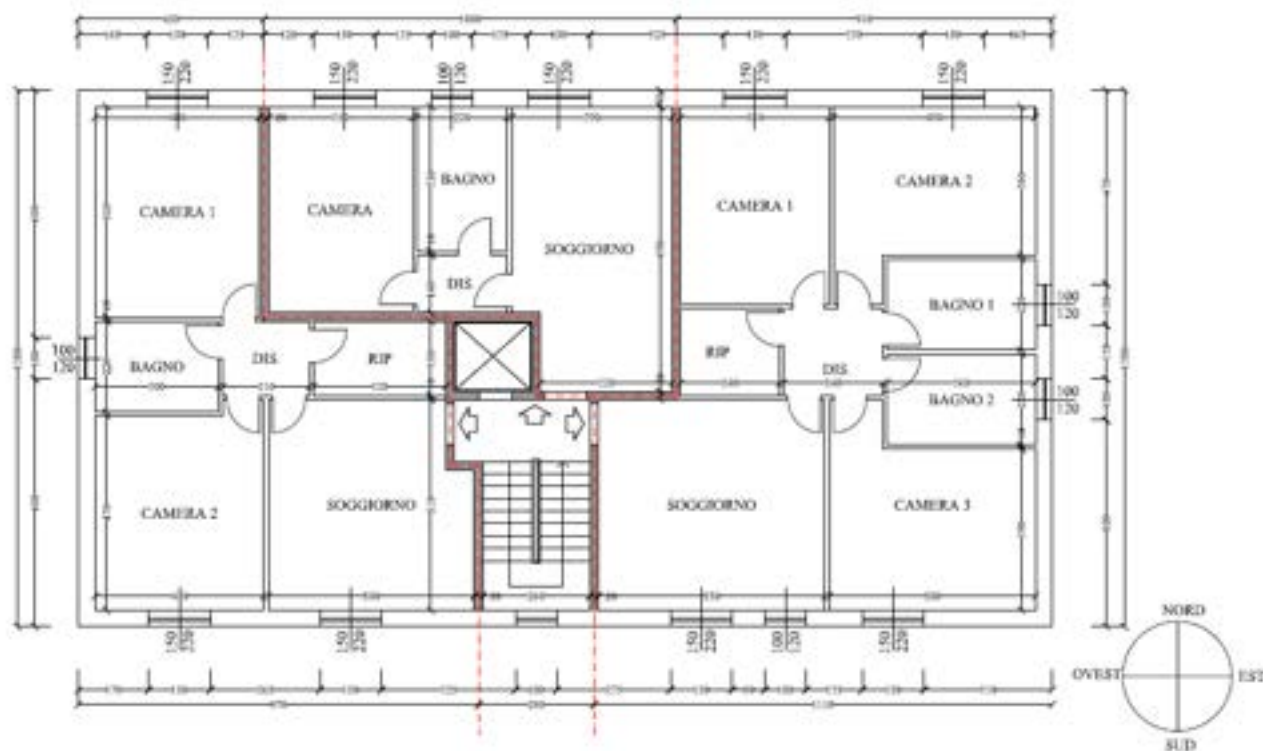


Figura 134 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Sezione

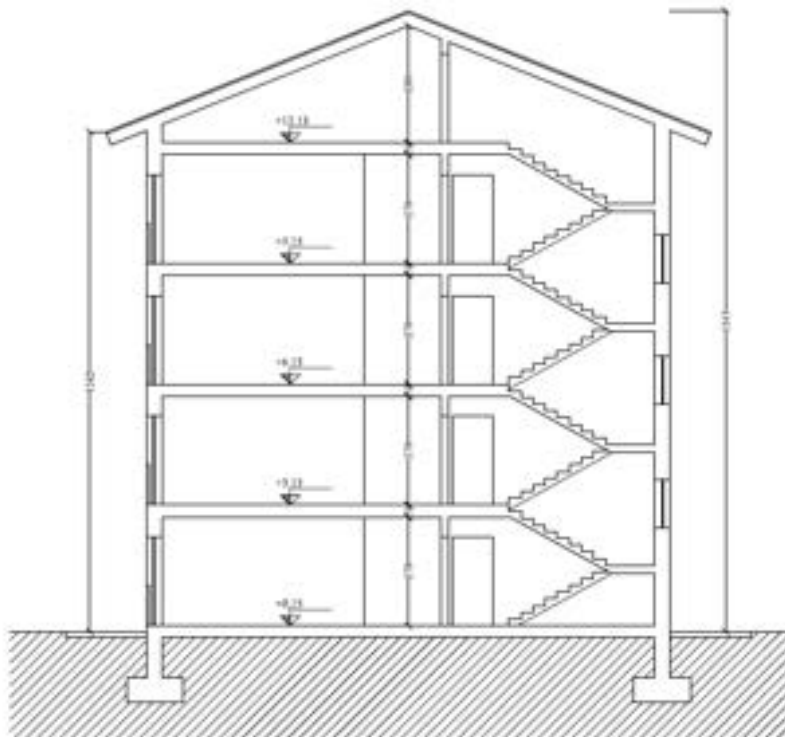
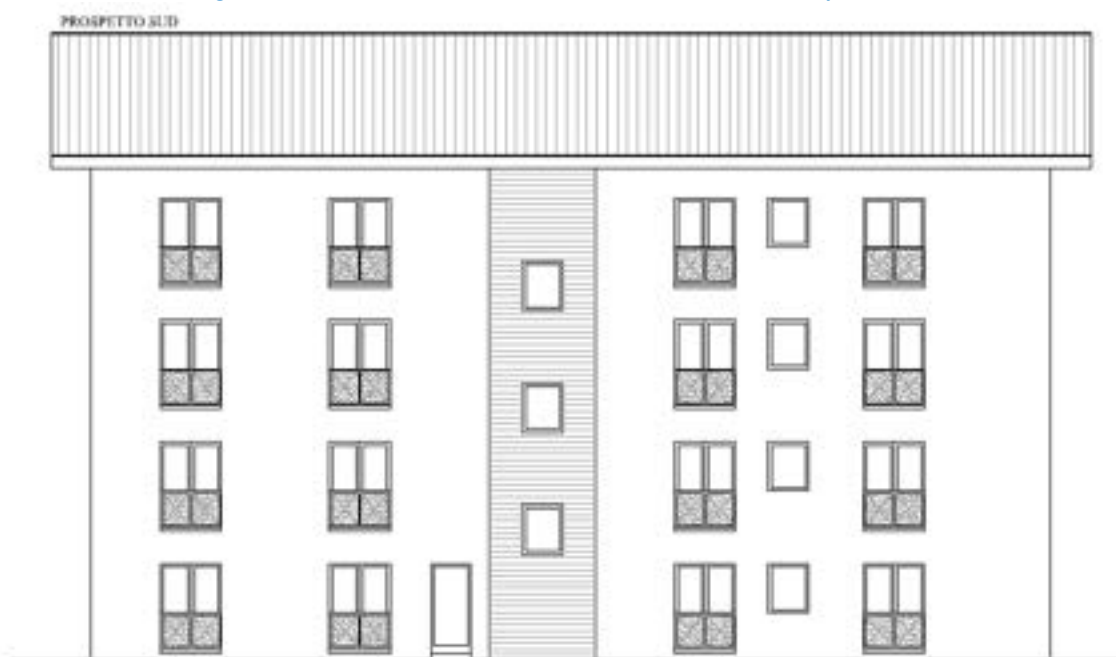


Figura 135 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Prospetto Sud



Nel presente edificio sono individuate le seguenti tipologie di componenti opachi disperdenti: parete esterna; parete interna verso spazio comune di distribuzione non climatizzato; pavimento su terreno; solaio verso sottotetto non climatizzato; copertura verso esterno. La trasmittanza termica di ogni componente varia in base ai casi studio. Sono inoltre considerati i seguenti componenti opachi disperdenti: porte d'ingresso degli appartamenti, portoncino di ingresso nord dell'edificio (al piano terra), porte d'ingresso al sottotetto non climatizzato. Per tutti i componenti opachi confinanti con esterno è stato ipotizzato un colore delle superfici esterne medio, corrispondente ad un fattore di assorbimento solare (α_{sol}) di 0,6. Per tutti i componenti opachi si consideri una emissività di 0,9.

Per quanto concerne le chiusure tecniche trasparenti la relativa trasmittanza termica è variabile per caso studio, si assume un'emissività dei vetri verso l'ambiente esterno pari a 0,837. I valori delle trasmittanze termiche di vetri e telai sono comprensivi di adduttanze termiche. Per tutti i componenti finestrati, sulla base della tipologia di vetro descritto, è stato considerato un fattore di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale ($g_{gl,n}$) di 0,67.

Per quanto riguarda la presenza di schermature mobili è stato considerato un fattore di riduzione, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}), variabile in base alla combinazione esaminata nel caso studio (maggiori dettagli sono riportati nel paragrafo 3.5.3). In Tabella 164 è riportato un schema riassuntivo relativo alle superfici disperdenti suddivise per tipologia e orientamento.

Tabella 164 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Superfici disperdenti per tipologia e orientamento

LIV.	Unità immobiliari	S		E		N		W		Solaio contro terra	Solaio verso copertura	Superfici verso scala non riscaldata
		Opaco	Trasparente	Opaco	Trasparente	Opaco	Trasparente	Opaco	Trasparente			
		[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]
0	U.I.1	12,57	6,6	0	0	7,5	3,3	31,2	1,2	71,87		21,6
	U.I.2	0	0	0	0	18,12	7,8	0	0	54,1		13,77
	U.I.3	20,55	7,8	29,73	2,4	16,35	6,6	0	0	111,95		13,77
1	U.I.4 (piano tipo)	17,97	6,6	0	0	7,5	3,3	31,2	1,2			20,52
	U.I.5 (piano tipo)	0	0	0	0	18,12	7,8	0	0			13,77
	U.I.6 (piano tipo)	20,55	6,6	29,73	2,4	16,35	7,8	0	0			13,77
2	U.I.4a (piano tipo)	17,97	6,6	0	0	7,5	3,3	31,2	1,2			20,52
	U.I.5a (piano tipo)	0	0	0	0	18,12	7,8	0	0			13,77
	U.I.6a (piano tipo)	20,55	6,6	29,73	2,4	16,35	7,8	0	0			13,77
3	U.I.7	17,97	6,6	0	0	7,5	3,3	31,2	1,2		81,02	15,66
	U.I.8	0	0	0	0	18,12	7,8	0	0		54,1	14,31
	U.I.9	21,75	6,6	29,73	2,4	15,15	6,6	0	0		111,95	13,77
	TOT	188,4	67,2	148,65	12	208,65	92,1	156	6	237,92	247,07	237,06

Tabella 165 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Indici geometrici riepilogativi sulle superfici disperdenti.

LIV.	SPAZIO	Unità immobiliari	% di superficie trasparente su superficie opaca disperdente complessiva	% di superficie trasparente su superficie opaca disperdente verticale verso esterno	Superficie trasparente su superficie utile
			[m ² /m ²]	[m ² /m ²]	[m ² /m ²]
0	PT	U.I.1	7,67%	21,65%	15,44%
		U.I.2	9,07%	43,05%	14,42%
		U.I.3	8,73%	25,21%	15,01%
1	P1	U.I.4 (piano tipo)	14,38%	19,59%	13,70%
		U.I.5 (piano tipo)	24,46%	43,05%	14,42%
		U.I.6 (piano tipo)	20,90%	25,21%	15,01%
2	P2	U.I.4a (piano tipo)	14,38%	19,59%	13,70%
		U.I.5a (piano tipo)	24,46%	43,05%	14,42%
		U.I.6a (piano tipo)	20,90%	25,21%	15,01%
3	P4	U.I.7	15,35%	19,59%	13,70%
		U.I.8	24,05%	43,05%	14,42%
		U.I.9	19,40%	23,41%	13,93%
		TOT	15,07%	25,27%	14,46%

In merito alla presenza di ponti termici la relativa trasmittanza termica lineica di ciascun elemento è stata determinata, con apposito software, attraverso calcolo agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211 [20]. Si riportano le caratteristiche geometriche relative ai ponti termici presenti nel fabbricato.

Tabella 166 – Palazzina con destinazione d’uso residenziale. Caratteristiche geometriche dei ponti termici.

		UI1	UI2	UI3	UI4	UI5	UI6	UI7	UI8	UI9
Descrizione	SIGLA	L [m]	L [m]	L [m]	L [m]	L [m]	L [m]	L [m]	L [m]	L [m]
Giunzione tra pareti esterne e copertura	R	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Giunzioni dovute a solai interpiano	IF	23,10	9,60	30,90	25,10	9,60	27,30	25,10	9,60	27,30
Giunzione tra pareti e pavimento su terreno	GF_T	23,10	9,60	30,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Giunzioni tra pareti interne e pareti perimetrali	IW	10,80	8,10	16,20	10,80	8,10	16,20	10,80	8,10	16,20
Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a balconi	B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a pilastri	P	5,40	5,40	10,80	5,40	5,40	10,80	5,40	5,40	5,40
Interruzione di forma dovuta ad angoli esterni (in corrispondenza di pilastri)	C	5,40	0,00	5,40	5,40	0,00	5,40	5,40	0,00	5,40
Giunzioni tra pareti esterne e serramenti	W	22,10	16,20	36,80	22,10	16,20	36,80	28,00	16,20	36,80

3.5.1 Correlazione tra il parametro H'_T e la superficie vetrata ammissibile del fabbricato

Si riportano di seguito alcuni grafici che correlano la variazione della percentuale di superficie vetrata dell’involucro disperdente verticale al variare del parametro H'_T .

Per ogni unità immobiliare vengono quindi individuati i limiti massimi raggiungibili (istogrammi) di superficie vetrata che si potrebbero avere adottando nella progettazione, in riferimento all’involucro opaco, i parametri caratteristici dell’involucro di riferimento. I grafici riportati di seguito sono relativi sia ai limiti 2015 che a quelli 2019/2021 del D.M. 26/06/2015 [42].

I limiti minimi previsti dal Decreto Ministeriale 5 luglio 1975 sono invece rappresentati per ogni unità immobiliare con linea orizzontale.

Nell’ipotesi di non effettuare delle scelte tecnologiche e progettuali specifiche, il calcolo della superficie vetrata massima teorica che si potrebbe avere, utilizzando i valori dei parametri caratteristici dell’edificio di riferimento, porta in genere per tutte le Unità Immobiliari ad avere limiti massimi realizzabili di superfici vetrate che sono minori nelle località con inverni miti e più alte nelle località caratterizzate da clima freddo. Dall’analisi risulta che utilizzando le trasmittanze termiche dell’edificio di riferimento al 2019/2021 si riescono a garantire quasi sempre i rapporti aero illuminanti minimi previsti dal Decreto Ministeriale 5 luglio 1975. L’unico caso che potrebbe presentare delle problematiche è l’U.I.5. In zona B.

Nei prospetti seguenti, per diverse tipologie di chiusure tecniche trasparenti, si determina la variazione della percentuale di superficie vetrata dell’involucro disperdente verticale, al variare del parametro H'_T . Tale analisi è svolta per tutte le zone climatiche. La realizzazione di maggiori superfici è collegata all’impiego di chiusure tecniche trasparenti caratterizzate da buone performance termiche.

Da un lato si ha quindi, la superficie minima realizzabile per garantire i rapporti aero illuminanti previsti dal D.M. 5/07/1975, dall’altro invece si ha la superficie massima realizzabile la quale è dettata dalle scelte progettuali e tecnologiche del progettista ai sensi del D.M. 26/06/2016 [42].

Figura 136 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI1. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

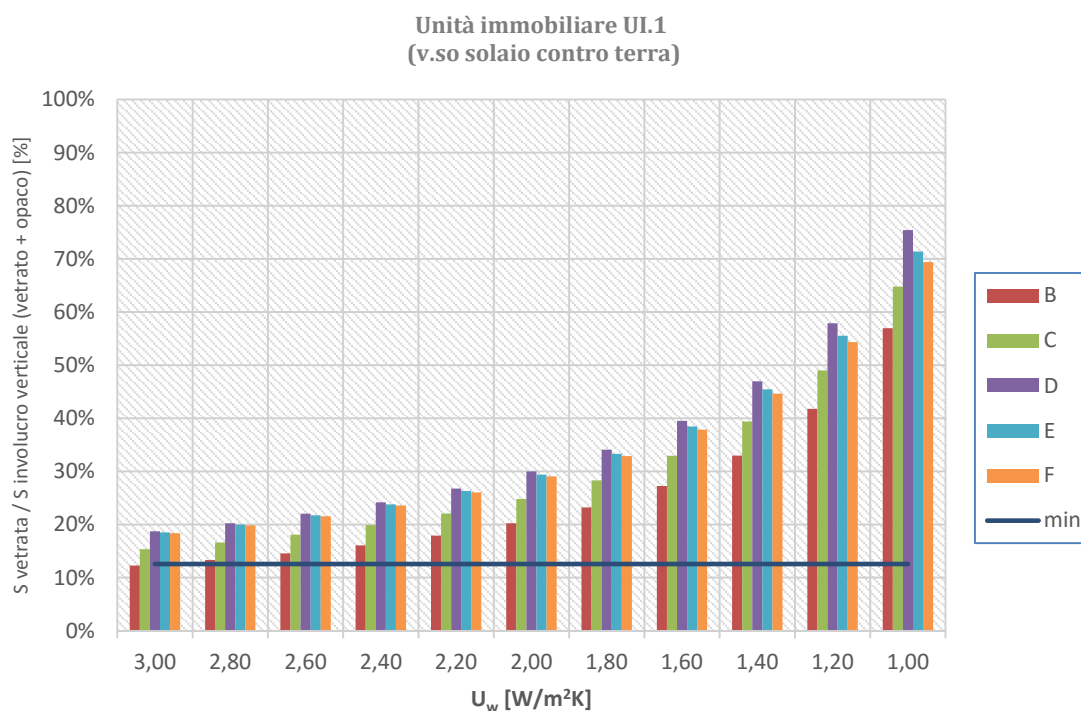


Figura 137 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI1. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

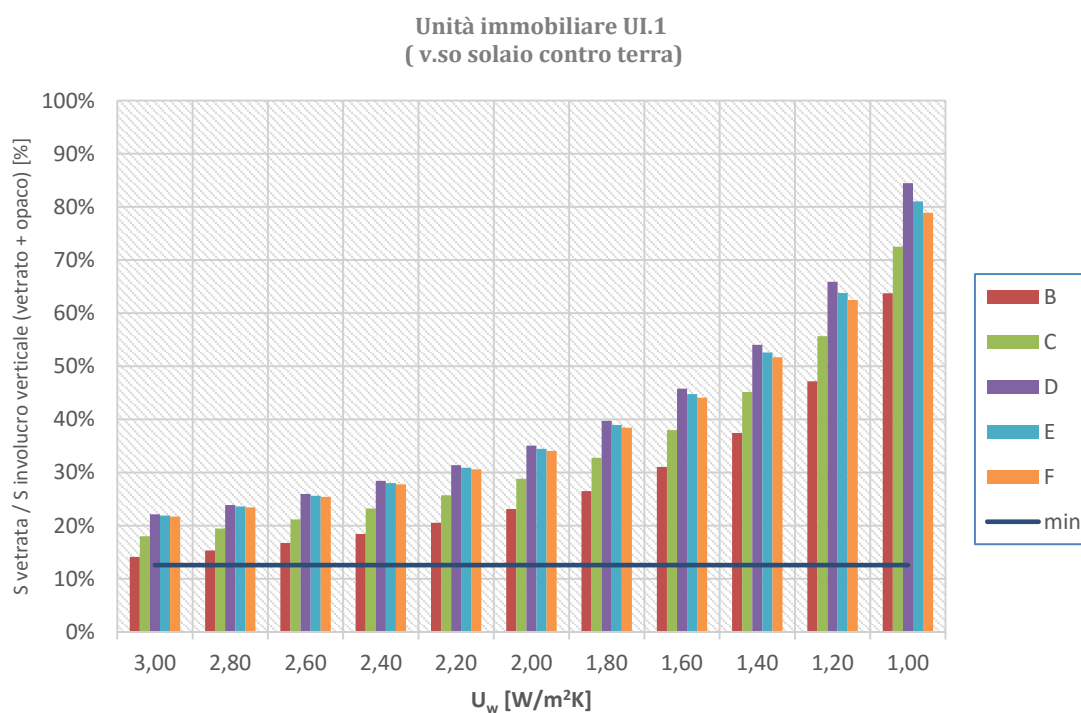


Figura 138 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI2. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

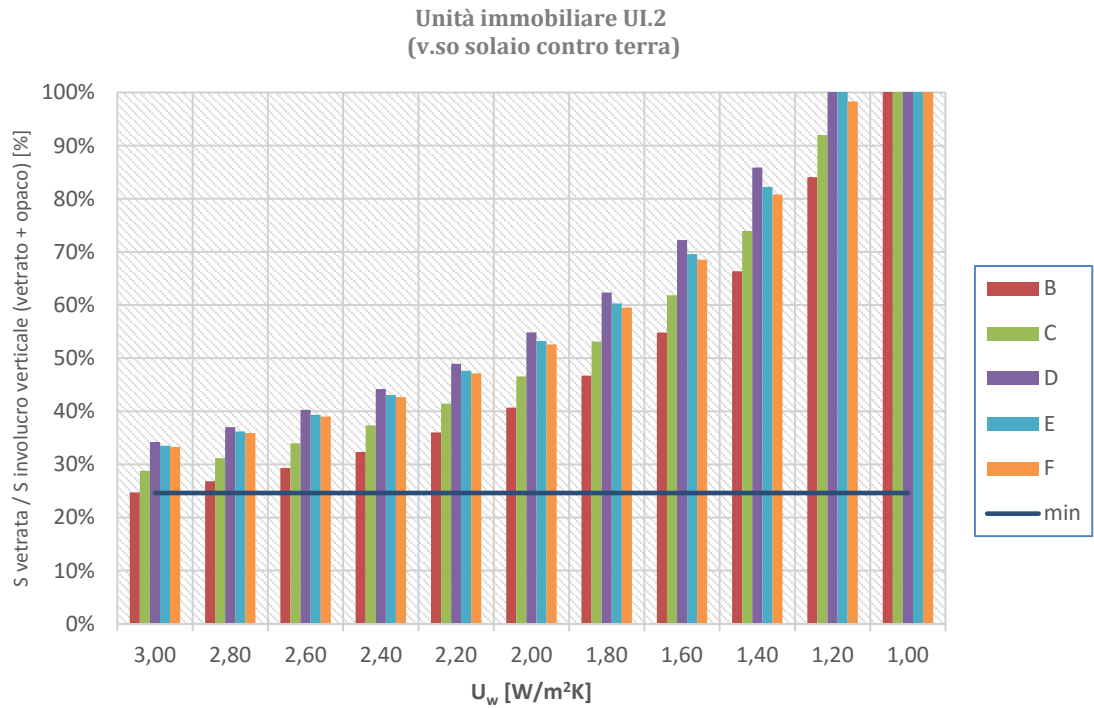


Figura 139 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI2. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

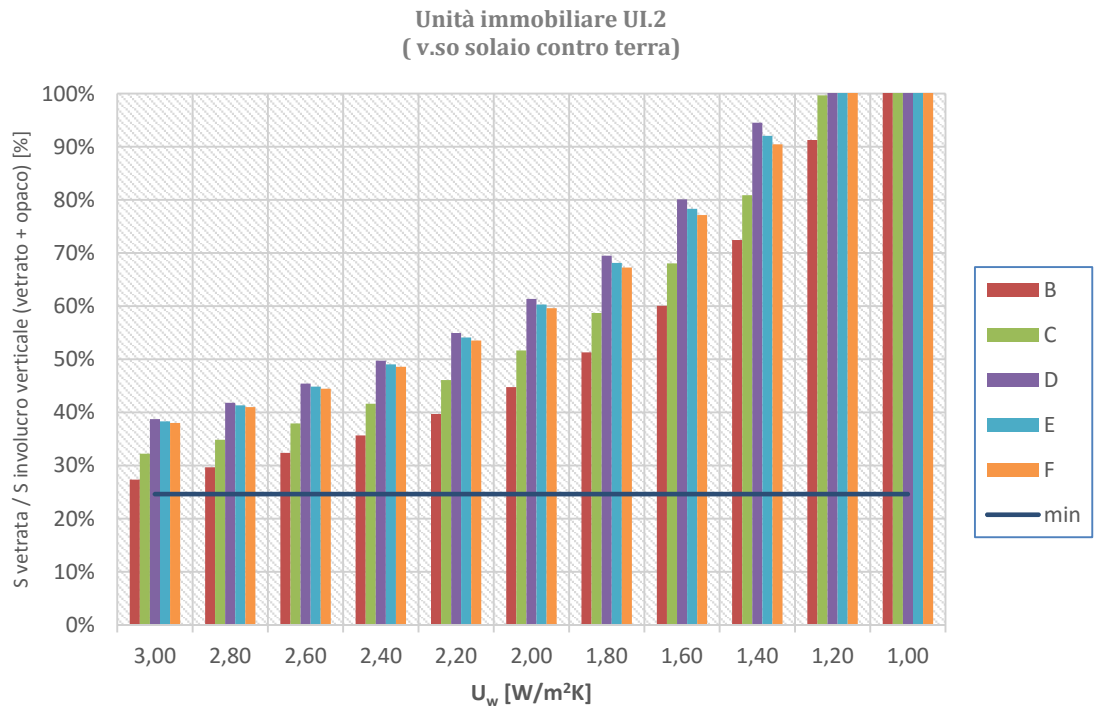


Figura 140 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI3. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

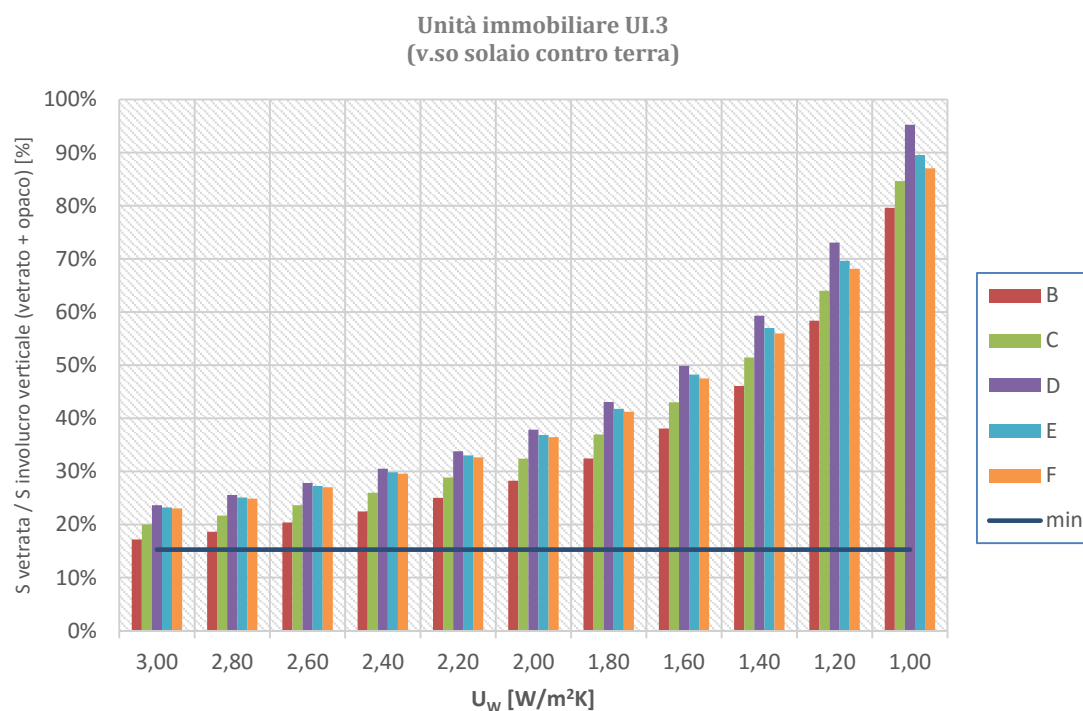


Figura 141 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI3. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

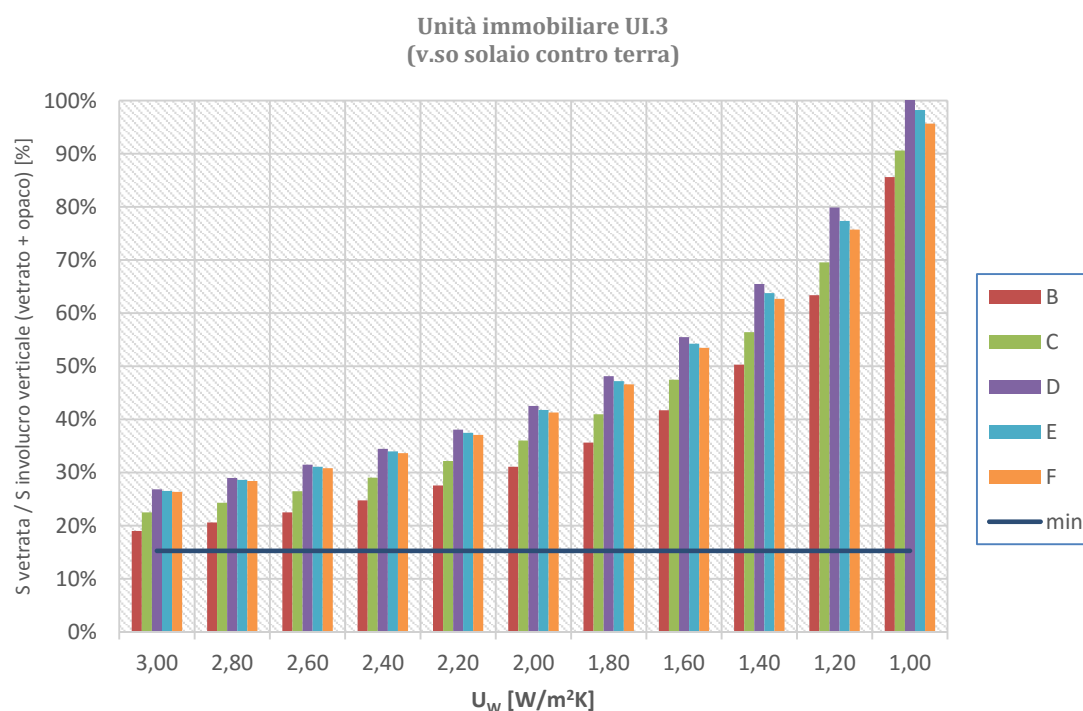


Figura 142 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI4. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

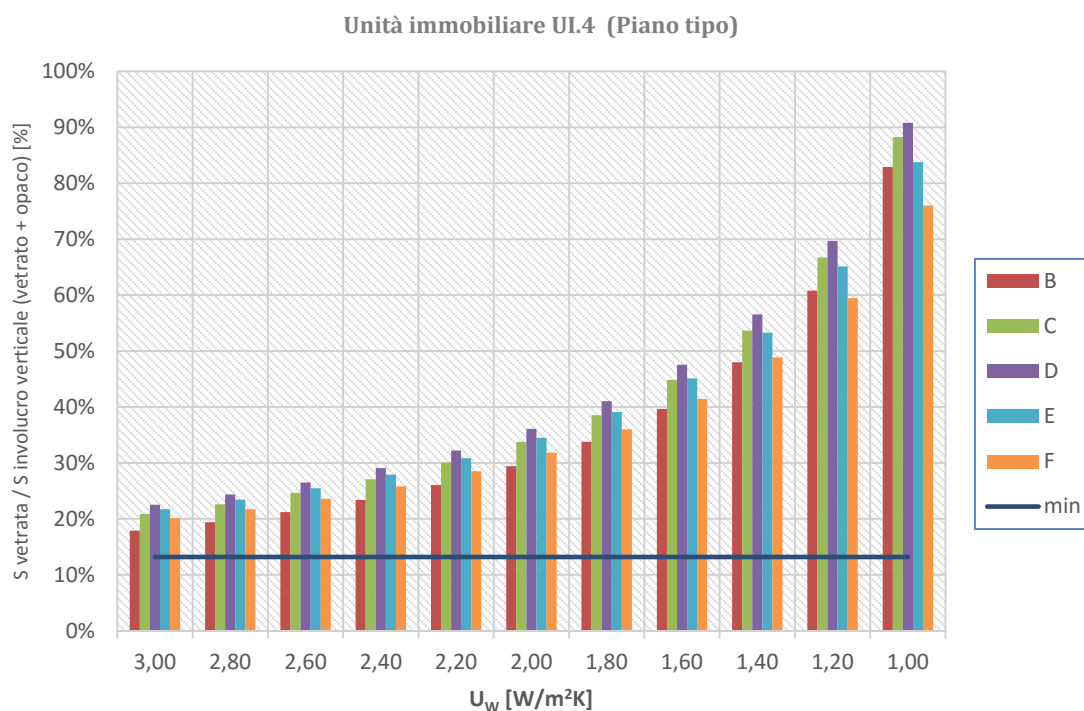


Figura 143 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI4. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

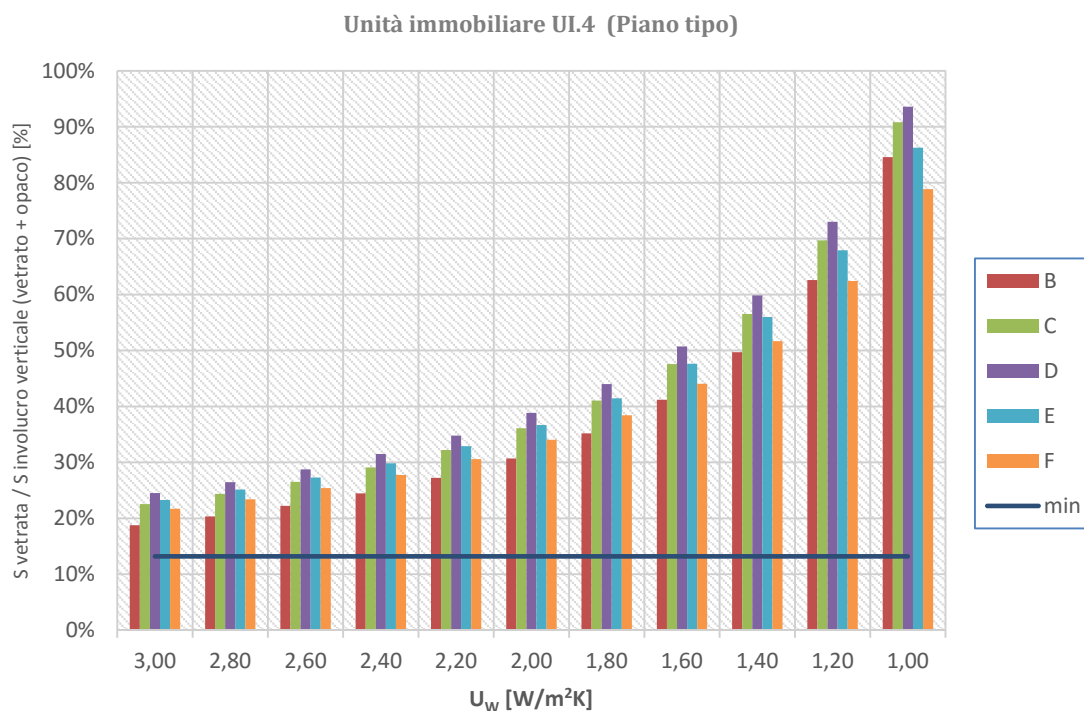


Figura 144 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI5. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

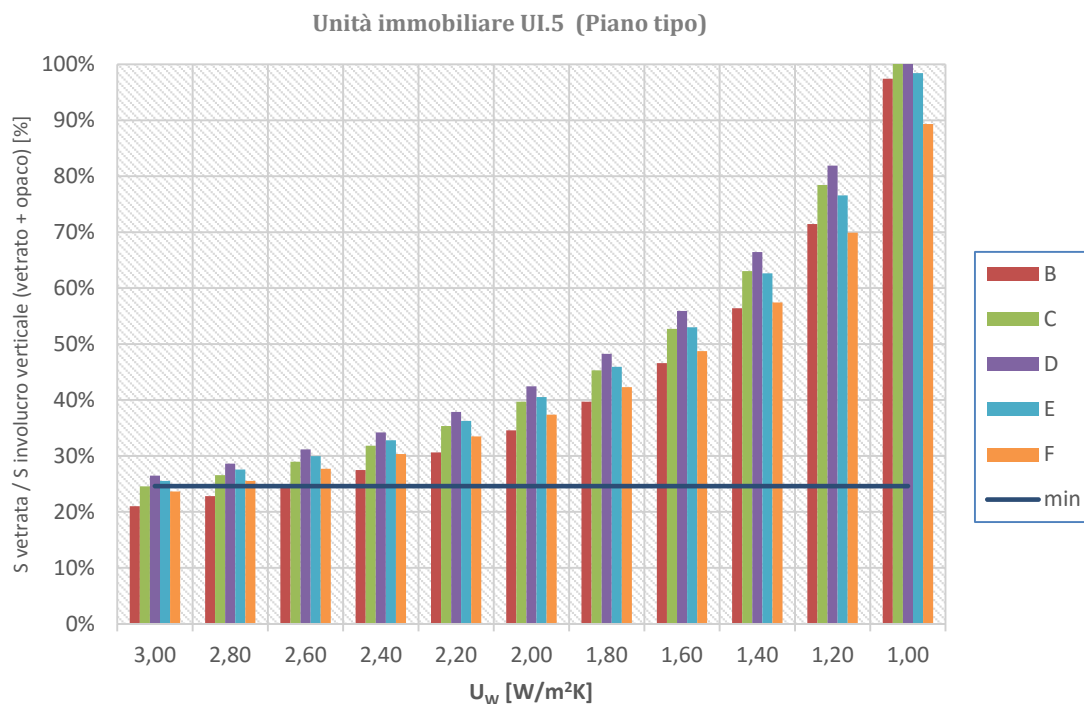


Figura 145 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI5. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

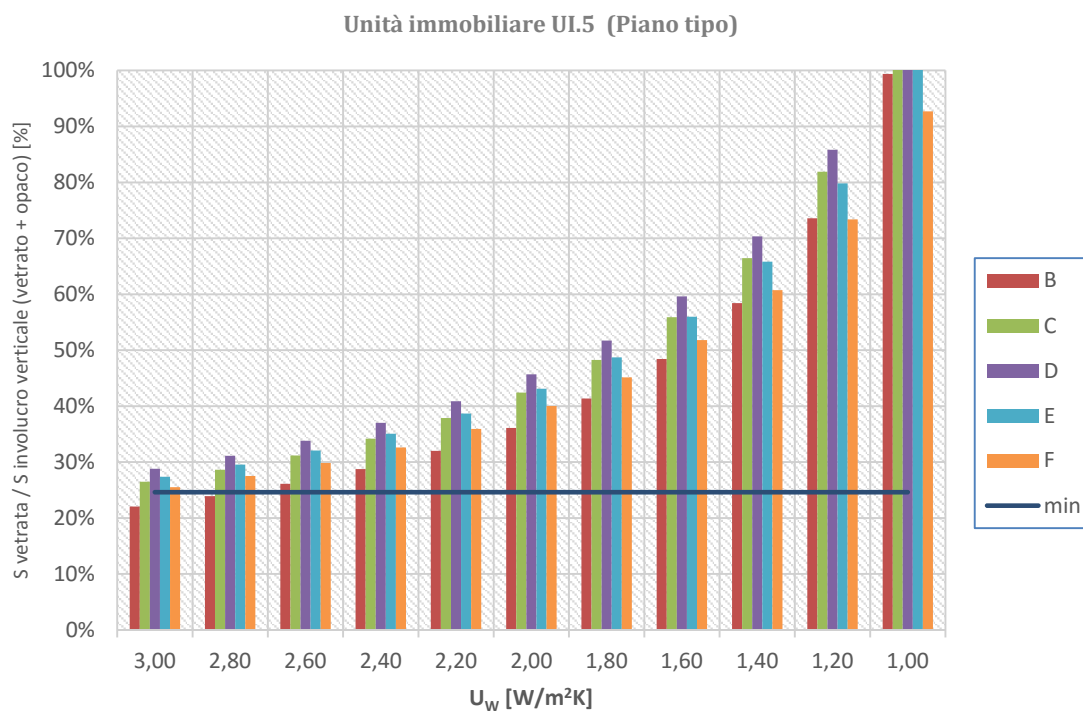


Figura 146 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI6. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

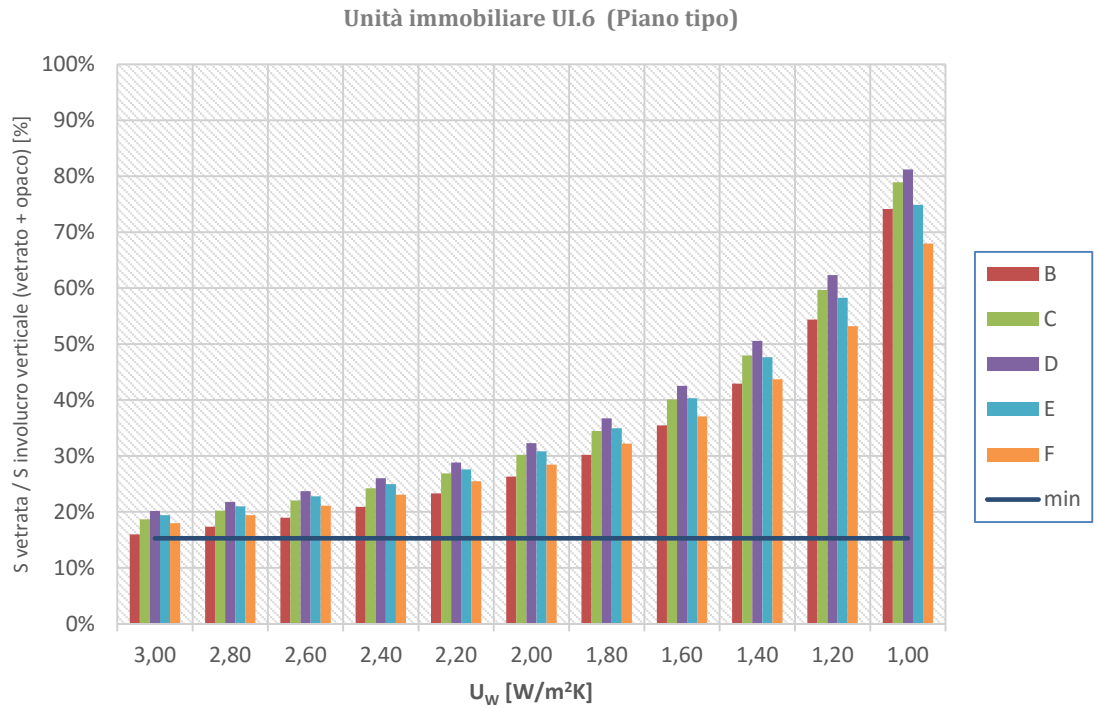


Figura 147 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI6. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

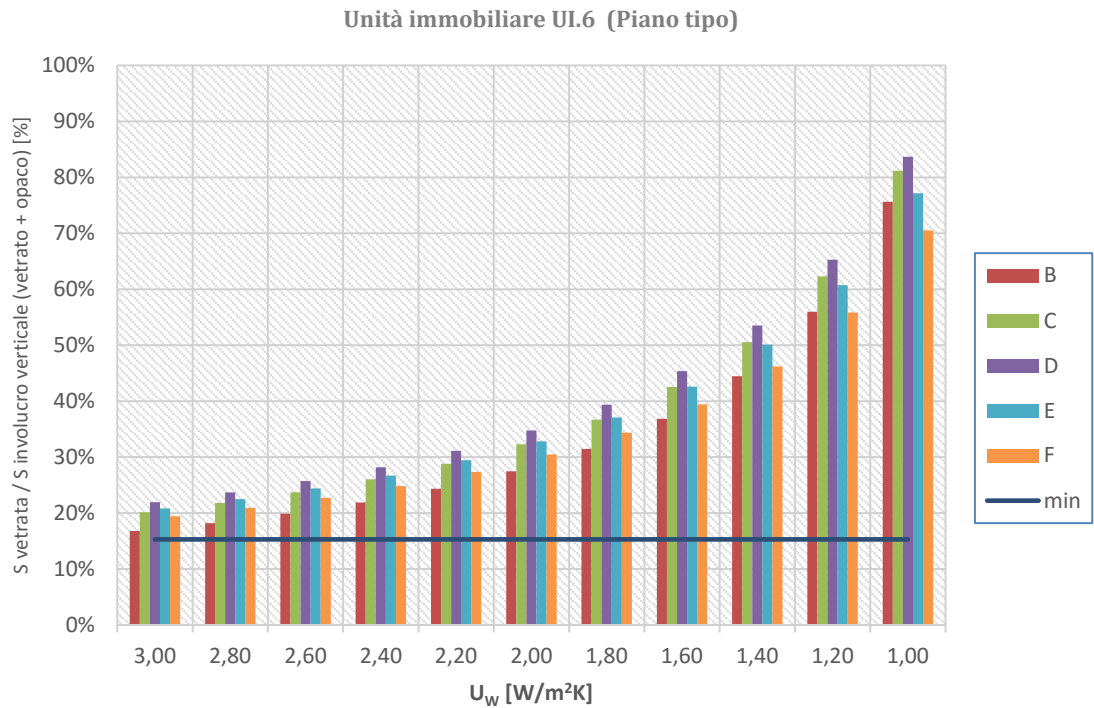


Figura 148 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI7. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

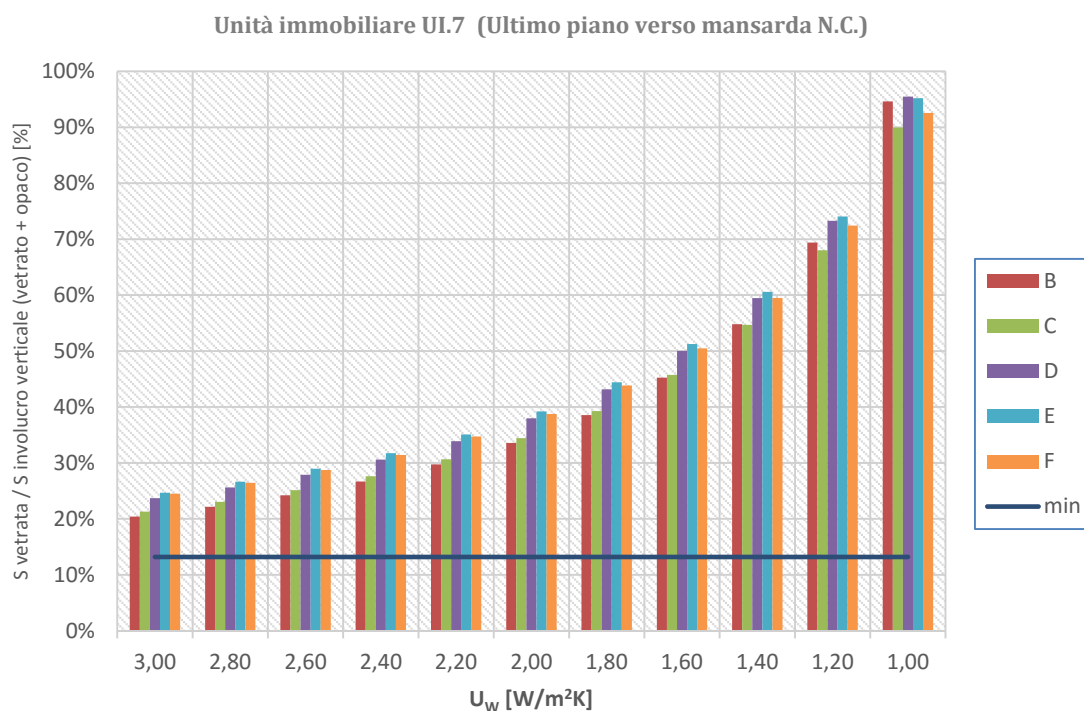


Figura 149 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI7. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

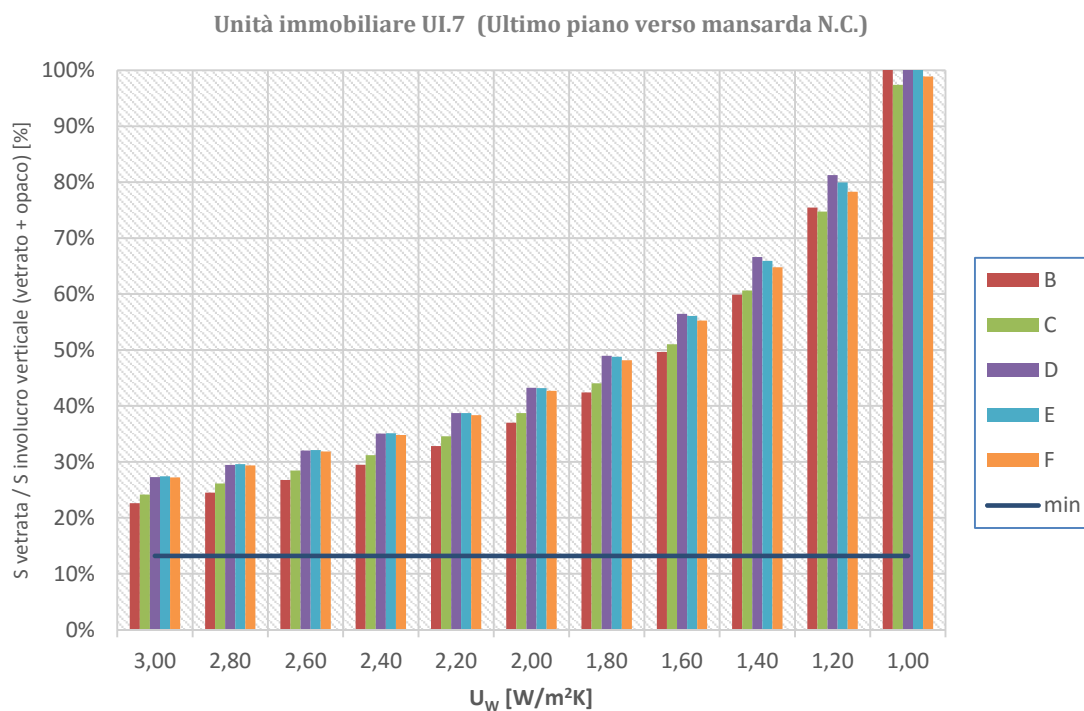


Figura 150 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI8. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

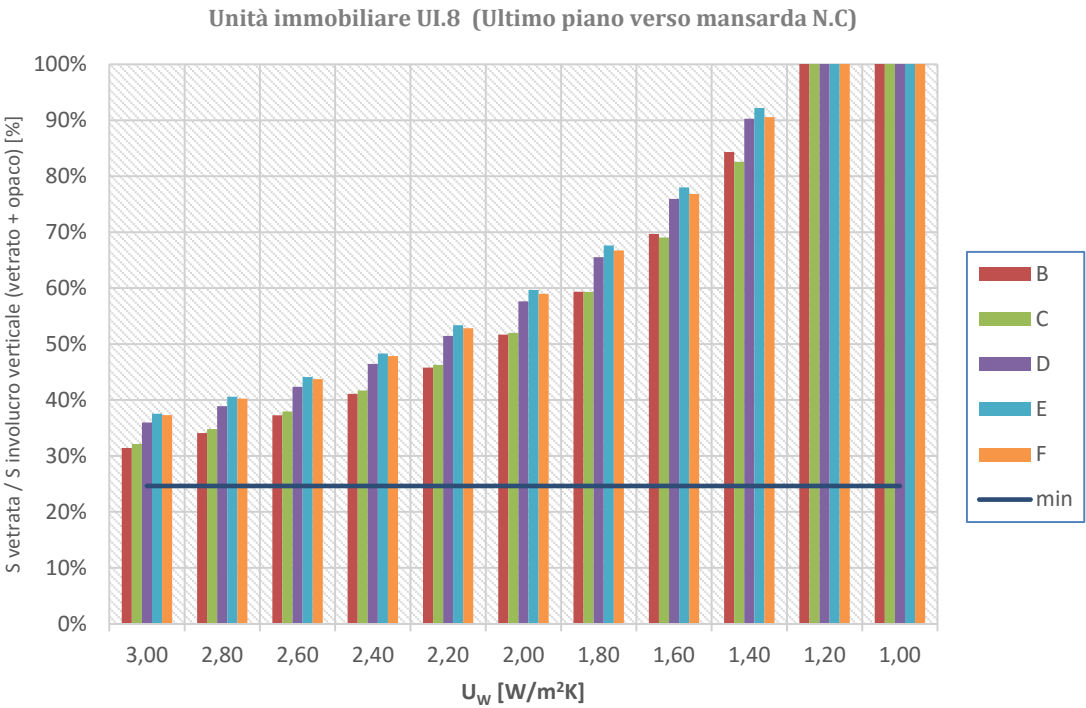


Figura 151 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI8. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].

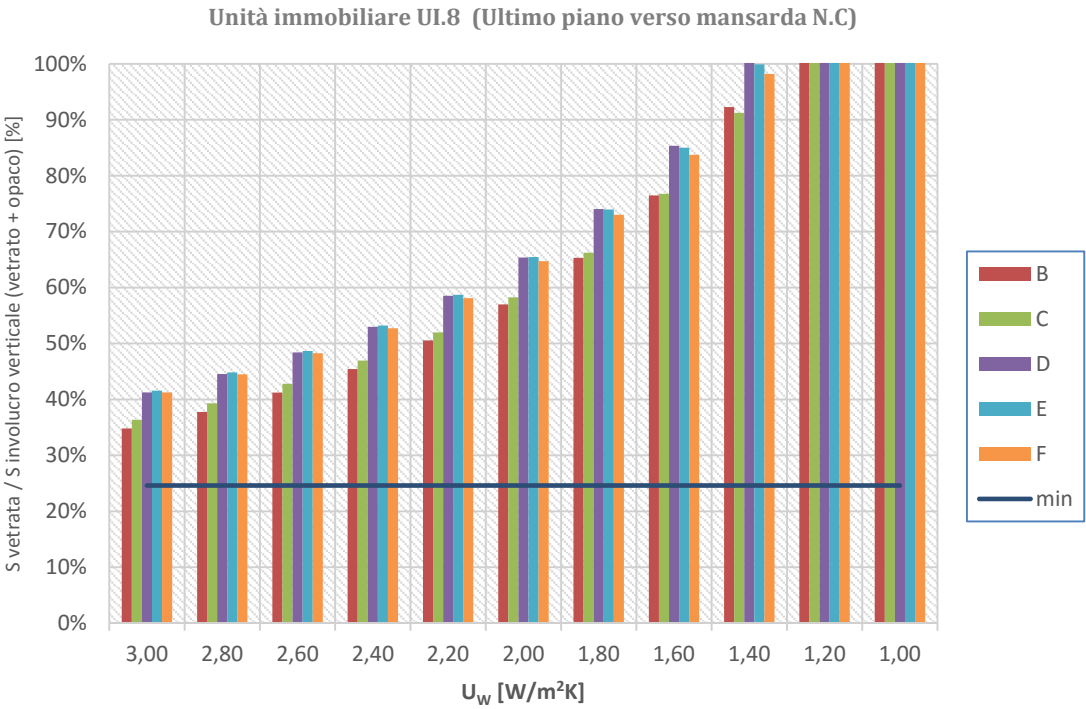


Figura 152 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI9. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2015 [42].

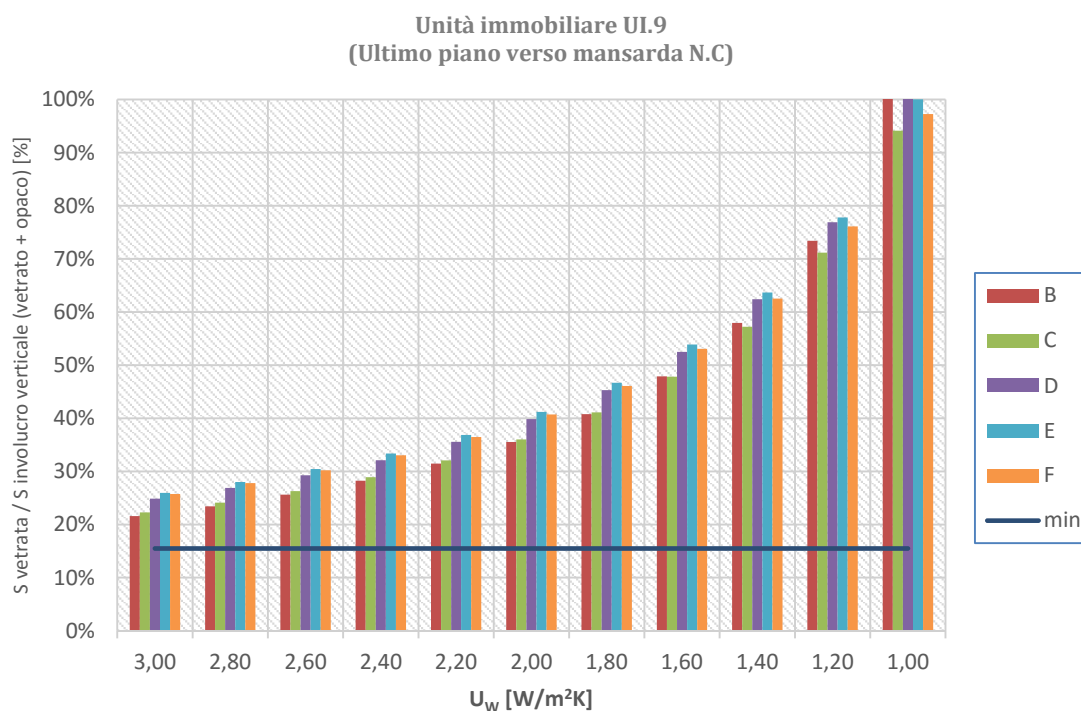
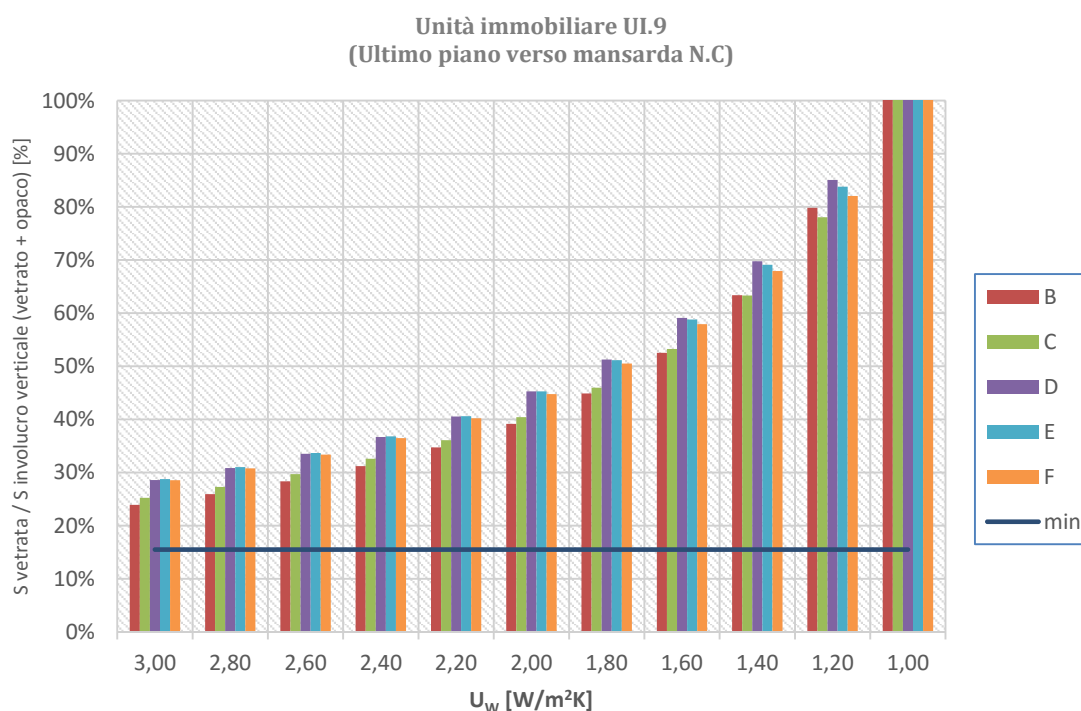


Figura 153 - Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare UI9. Correlazione tra trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e la percentuale di superficie massima vetrata dell'involucro verticale disperdente verso ambiente esterno. Parametri dell'edificio di riferimento al 2019 [42].



3.5.2 Correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile, e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato.

Di seguito si presentano alcuni grafici che mettono in relazione per ogni unità immobiliare del caso studio l'utilizzo di diverse schermature solari e il parametro da verificare previsto dalla legislazione $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$. Per quanto concerne le U.I. 2,5 e 8 (unità esposte completamente a Nord) per soddisfare la verifica relativa al parametro $A_{sol}/A_{sol,est}$ è comunque necessario prevedere l'utilizzo di una schermatura. In linea di massima è sufficiente impiegare, per tali U.I., ad eccezione per Roma e con aperture trasparenti con trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}=0,75$ [-], una tenda bianca interna (con $\tau = 0,50$, $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$).

Per quanto riguarda le U.I.3, U.I.6, U.I.9 è stato previsto l'utilizzo di sistemi schermanti solamente per i serramenti che hanno esposizione diversa dal Nord. In tali esempi si riescono a rispettare le prescrizioni di legge [42] impiegando veneziane bianche interne (con $\tau = 0,30$, $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$). Per Bari e Roma è tuttavia necessario, nel caso dell'utilizzo di aperture trasparenti con trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}=0,75$ [-], impiegare sistemi schermanti più performanti come le veneziane bianche esterne (con $\tau = 0,30$, $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,35$).

In merito all'U.I.4, ovvero l'unità immobiliare che all'interno del condominio è caratterizzata da maggiore superficie utile, è previsto l'utilizzo di sistemi schermanti solamente per quei serramenti che hanno esposizione differente dal Nord.

Le simulazioni mostrano risultati simili a quelli delle altre U.I. ossia, impiegando tende del genere veneziane bianche interne (con $\tau = 0,30$, $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$) per aperture trasparenti con trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}=0,75$ e tende bianche interne (con $\tau = 0,50$, $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$) per aperture trasparenti con trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}=0,67$, si riescono a rispettare i parametri di legge [42].

Tabella 167 – Palazzina ad uso residenziale. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ per l'U.I. 1 per le località Palermo, Bari, Roma, Milano e Cuneo.

UNITA'	UI1	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$						
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,75$ [-]						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,045	0,034	0,027	0,024	0,021	0,018	0,016
Zona C	Bari	0,048	0,036	0,029	0,026	0,022	0,019	0,017
Zona D	Roma	0,051	0,038	0,031	0,027	0,023	0,019	0,018
Zona E	Milano	0,047	0,035	0,028	0,025	0,021	0,018	0,016
Zona F	Cuneo	0,045	0,034	0,027	0,024	0,020	0,017	0,015

	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,67$ [-]						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,046	0,034	0,027	0,024	0,021	0,017	0,016
Zona C	Bari	0,043	0,032	0,026	0,023	0,020	0,017	0,015
Zona D	Roma	0,046	0,034	0,027	0,024	0,021	0,017	0,016
Zona E	Milano	0,042	0,031	0,025	0,022	0,019	0,016	0,014
Zona F	Cuneo	0,040	0,030	0,024	0,021	0,018	0,015	0,014

Tabella 168 – Palazzina ad uso residenziale. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ per le U.I. 2,5 e 8 per le località Palermo, Bari, Roma, Milano e Cuneo.

UNITA'	UI2, UI5, UI8	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$						
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,75$ [-]						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,043	0,028	0,019	0,015	0,011	0,006	0,004
Zona C	Bari	0,044	0,029	0,020	0,016	0,011	0,007	0,004
Zona D	Roma	0,046	0,030	0,021	0,016	0,007	0,007	0,005
Zona E	Milano	0,042	0,027	0,019	0,015	0,006	0,006	0,004
Zona F	Cuneo	0,041	0,026	0,018	0,014	0,006	0,006	0,004

UNITA'	UI2, UI5, UI8	$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$						
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,67 [-]$						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,038	0,025	0,017	0,013	0,010	0,006	0,004
Zona C	Bari	0,040	0,026	0,018	0,014	0,010	0,006	0,004
Zona D	Roma	0,041	0,027	0,019	0,014	0,006	0,006	0,004
Zona E	Milano	0,037	0,024	0,017	0,013	0,006	0,006	0,004
Zona F	Cuneo	0,036	0,024	0,016	0,013	0,005	0,005	0,004

Tabella 169 – Palazzina ad uso residenziale. Verifica del parametro $A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ per le U.I. 3,6 e 9 per le località Palermo, Bari, Roma, Milano e Cuneo.

UNITA'	UI3, UI6, UI9	$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$						
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,75 [-]$						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,045	0,035	0,029	0,027	0,024	0,021	0,019
Zona C	Bari	0,049	0,038	0,031	0,028	0,025	0,022	0,020
Zona D	Roma	0,051	0,040	0,033	0,030	0,026	0,023	0,021
Zona E	Milano	0,047	0,036	0,030	0,027	0,024	0,021	0,019
Zona F	Cuneo	0,045	0,035	0,029	0,026	0,023	0,020	0,019
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,67 [-]$						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,040	0,031	0,026	0,024	0,021	0,019	0,017
Zona C	Bari	0,043	0,034	0,028	0,025	0,022	0,020	0,018
Zona D	Roma	0,046	0,035	0,029	0,026	0,023	0,020	0,019
Zona E	Milano	0,042	0,032	0,027	0,024	0,021	0,019	0,017
Zona F	Cuneo	0,040	0,031	0,026	0,023	0,021	0,018	0,017

Tabella 170 – Palazzina ad uso residenziale. Verifica del parametro $A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ per l'U.I. 4 per le località Palermo, Bari, Roma, Milano e Cuneo.

UNITA'	UI4	$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$						
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,75 [-]$						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Zona B	Palermo	0,040	0,030	0,024	0,021	0,019	0,016	0,014
Zona C	Bari	0,043	0,032	0,026	0,023	0,020	0,017	0,015
Zona D	Roma	0,046	0,034	0,027	0,024	0,021	0,017	0,016
Zona E	Milano	0,042	0,031	0,025	0,022	0,019	0,016	0,014
Zona F	Cuneo	0,040	0,030	0,024	0,021	0,018	0,015	0,014
	g_{gl+sh}/g_{gl}	$g_{gl,n}=0,67 [-]$						
		1	0,65	0,45	0,35	0,25	0,15	0,1
Zona B	Palermo	0,036	0,027	0,022	0,019	0,017	0,014	0,013
Zona C	Bari	0,039	0,029	0,023	0,020	0,018	0,015	0,013
Zona D	Roma	0,041	0,030	0,024	0,021	0,019	0,016	0,014
Zona E	Milano	0,038	0,028	0,022	0,020	0,017	0,014	0,013
Zona F	Cuneo	0,036	0,027	0,021	0,019	0,016	0,014	0,012

Figura 154. Palazzina con destinazione d’uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.1. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

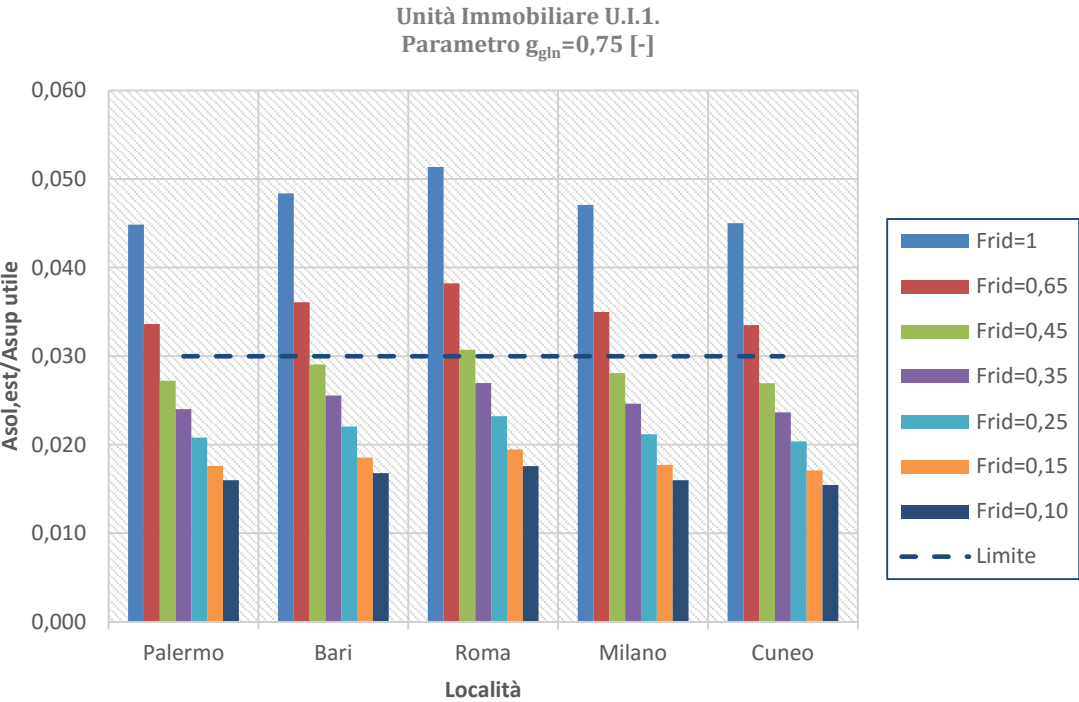


Figura 155. Palazzina con destinazione d’uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.1. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).

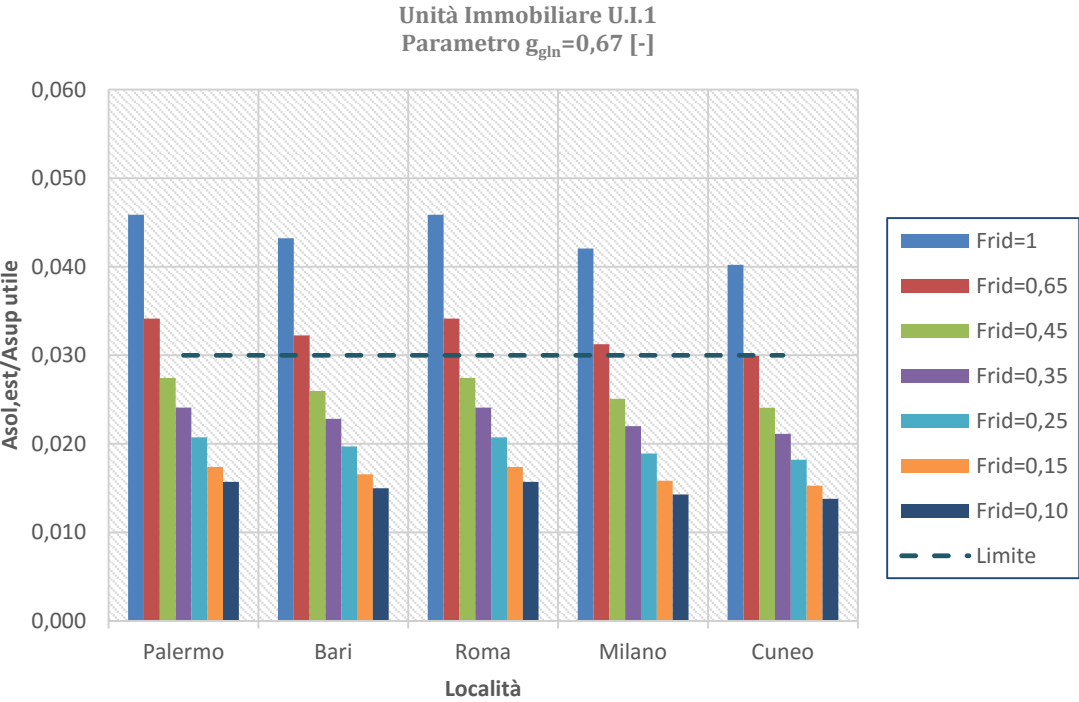


Figura 156. Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliari U.I.2, U.I.5 e U.I.8. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

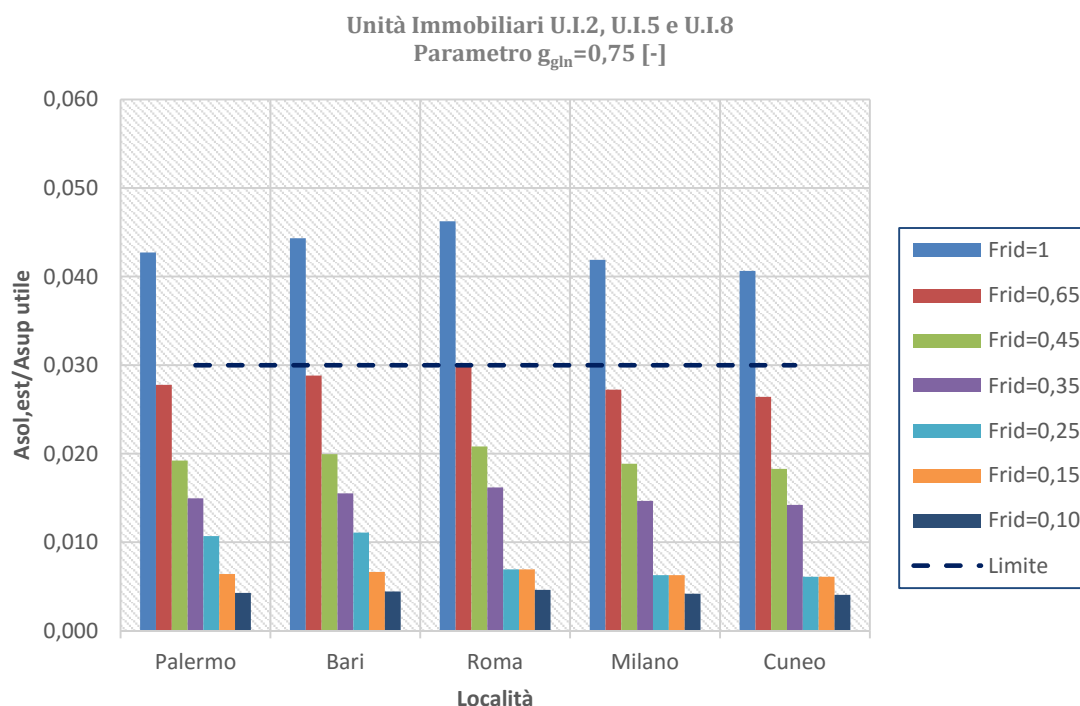


Figura 157. Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliari U.I.2, U.I.5 e U.I.8. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).

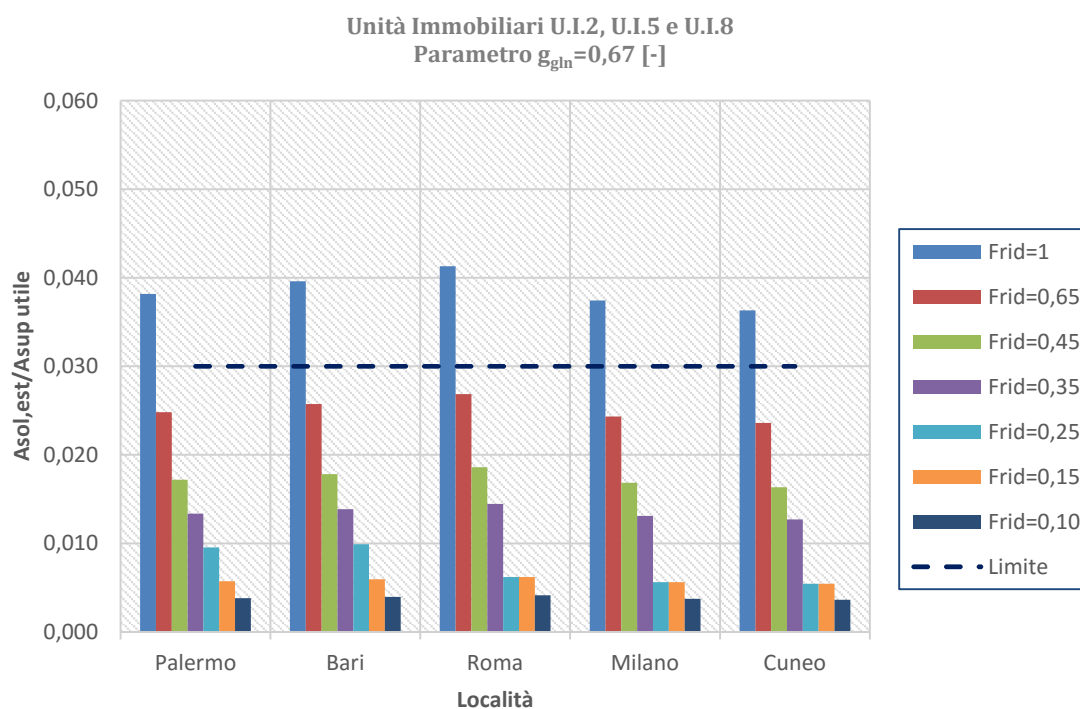


Figura 158. Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliari U.I.3, U.I.6 e U.I.9. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

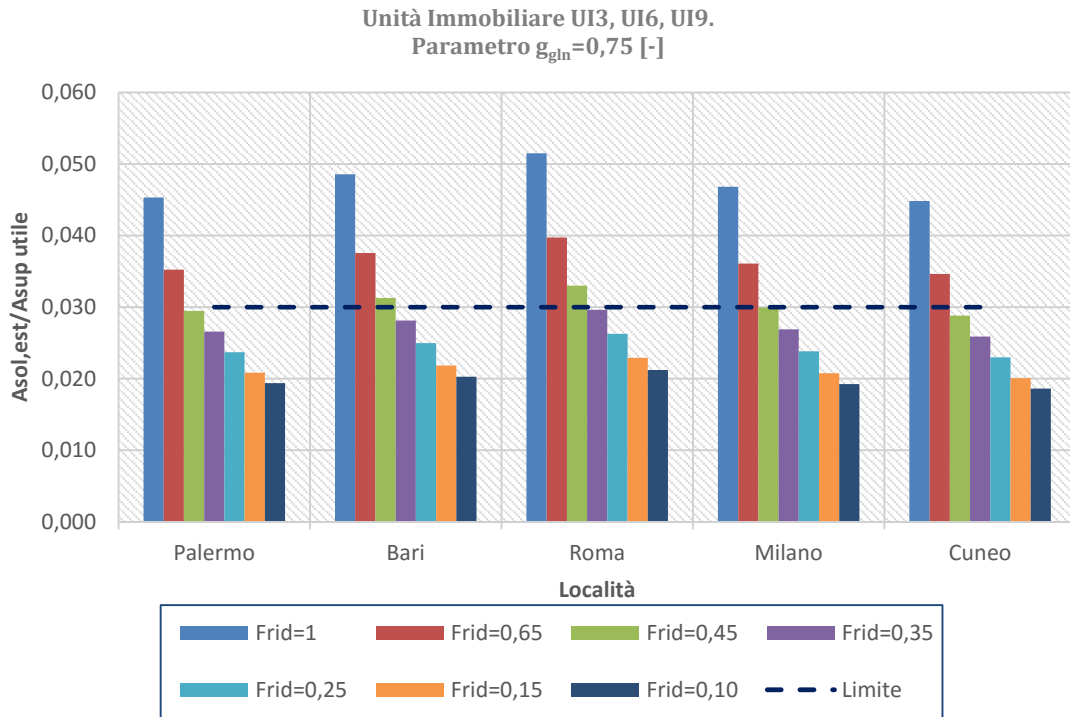


Figura 159. Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliari U.I.3, U.I.6 e U.I.9. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).

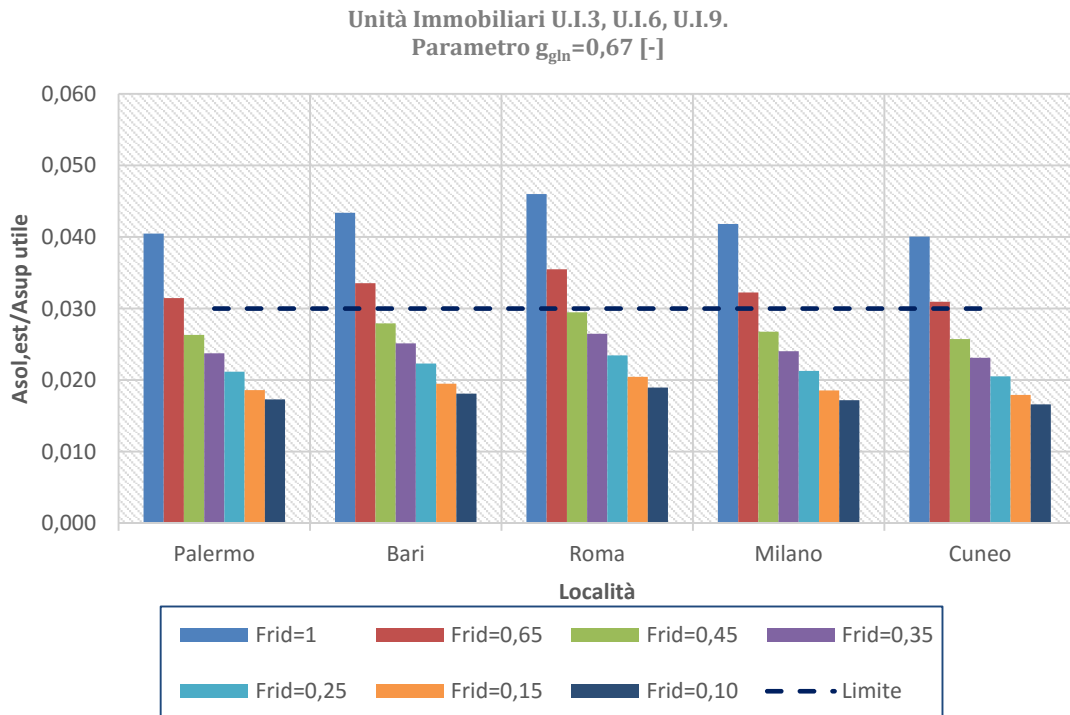


Figura 160. Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.4. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,75 (Doppio vetro normale).

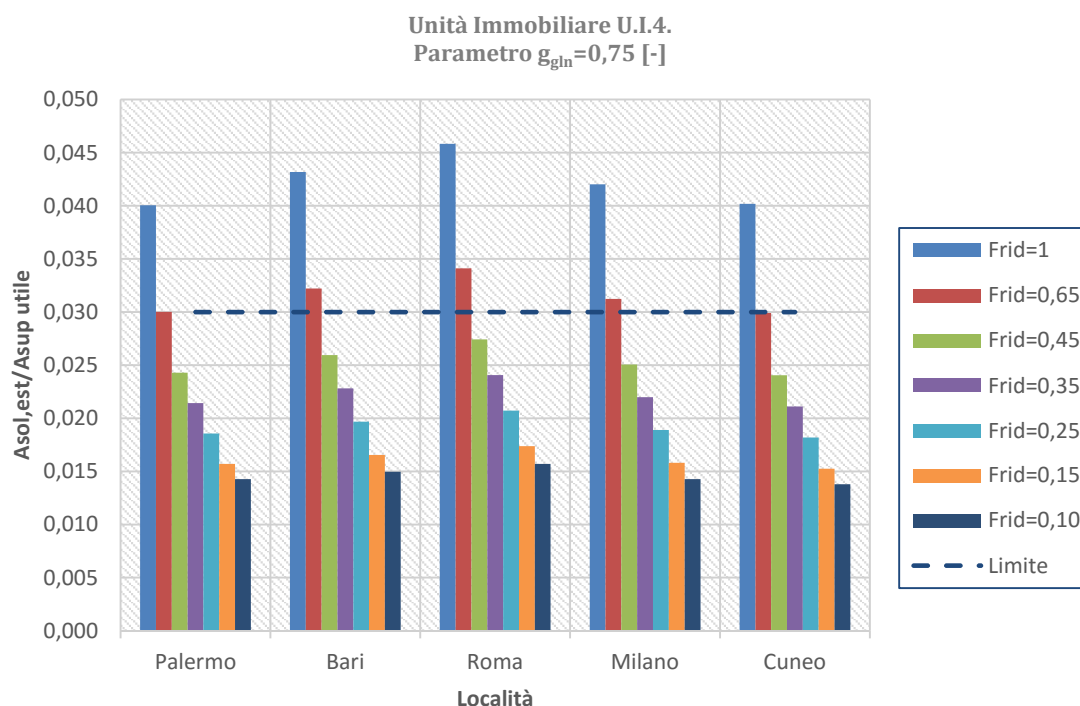
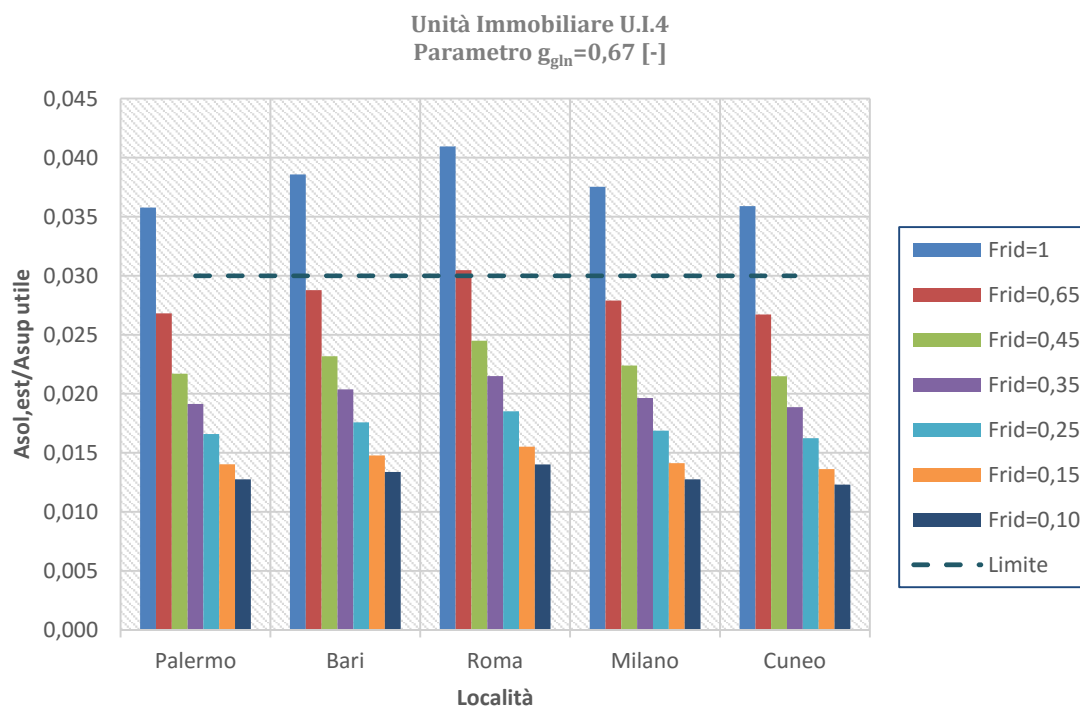


Figura 161. Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.4. Verifica del parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ al variare delle località di progetto e delle caratteristiche relative alle tipologia di sistema schermante. Trasmissanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ del vetro pari a 0,67 (Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo).



3.5.3 Selezione delle soluzioni ammissibili. Fabbricato

Si riportano di seguito i principali risultati relativi alla casistica presentata nel prospetto seguente.

Tabella 171 – Palermo (Zona climatica B) casistica esaminata

Palermo (Zona climatica B)	
U.I.	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015/ 2019 Parametri di progetto variabili.
1	Figura 162
2	Figura 163
3	Figura 164
4	Figura 165
5	Figura 166
6	Figura 167
7	Figura 168
8	Figura 169
9	Figura 170

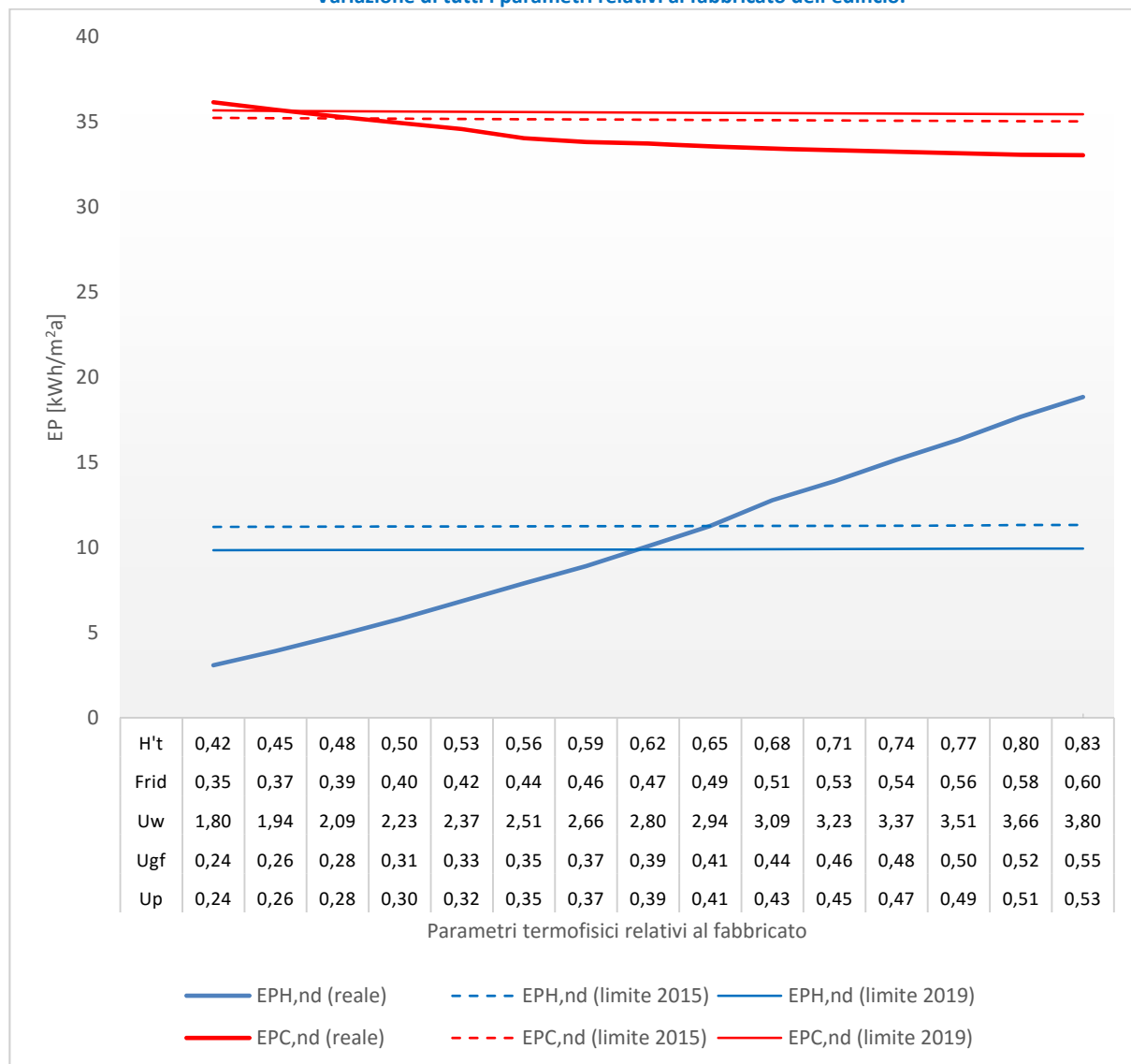
Tabella 172 – Roma (Zona climatica D) casistica esaminata

Roma (Zona climatica D)				
U.I.	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015. Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015. Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e $g_{gl}+sh/g_{gl}$
1	Figura 171	Figura 180 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 189	Figura 198 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,55$)
2	Figura 172 ($U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 181 ($U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 190 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 199 ($U_w = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,75$)
3	Figura 173	Figura 182 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 191	Figura 200 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,65$)
4	Figura 174 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 183 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 192 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 201 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,55$)
5	Figura 175 ($U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 184 ($U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 193 ($U_w = 2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 202 ($U_w = 2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,75$)
6	Figura 176	Figura 185 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 194	Figura 203 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,65$)
7	Figura 177 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 186 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 195	Figura 204 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,45$)
8	Figura 178 ($U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 187 ($U_w = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 196 ($U_w = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 205 ($U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,75$)
9	Figura 179	Figura 188 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 197	Figura 206 ($U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,45$)

Tabella 173 – Torino (Zona climatica E) casistica esaminata.

TORINO (Zona climatica E)			
U.I.	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015. Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati	Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019 Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w e $g_{gl}+sh/g_{gl}$
1	Figura 207	Figura 216	Figura 225 ($U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,65$)
2	Figura 208 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 217 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 226 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,80$)
3	Figura 209	Figura 218 ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,55$)	Figura 227 ($U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,65$)
4	Figura 210 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 219	Figura 228 ($U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,45$)
5	Figura 211 ($U_w = 2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 220 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 229 ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,80$)
6	Figura 212	Figura 221	Figura 230 ($U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,65$)
7	Figura 213	Figura 222	Figura 231 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,65$)
8	Figura 214 ($U_w = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 223 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Figura 232 ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,80$)
9	Figura 215	Figura 224	Figura 233 ($U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) ($g_{gl}+sh/g_{gl} = 0,45$)

Figura 162 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare U.I.1.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,288	0,357	0,267	0,357
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,290	0,362	0,268	0,362
U - Serramenti	W/m²K	2,126	2,596	1,984	2,596
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,390	0,448	0,373	0,448
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,018	0,015	0,018
H'_T	W/m²K	0,484	0,579	0,455	0,579
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	5,10	8,48	4,18	8,48
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	11,22	11,24	9,84	9,87
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	35,18	33,90	35,56	33,90
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	35,18	35,13	35,62	35,55

Figura 163 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare U.I.2.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

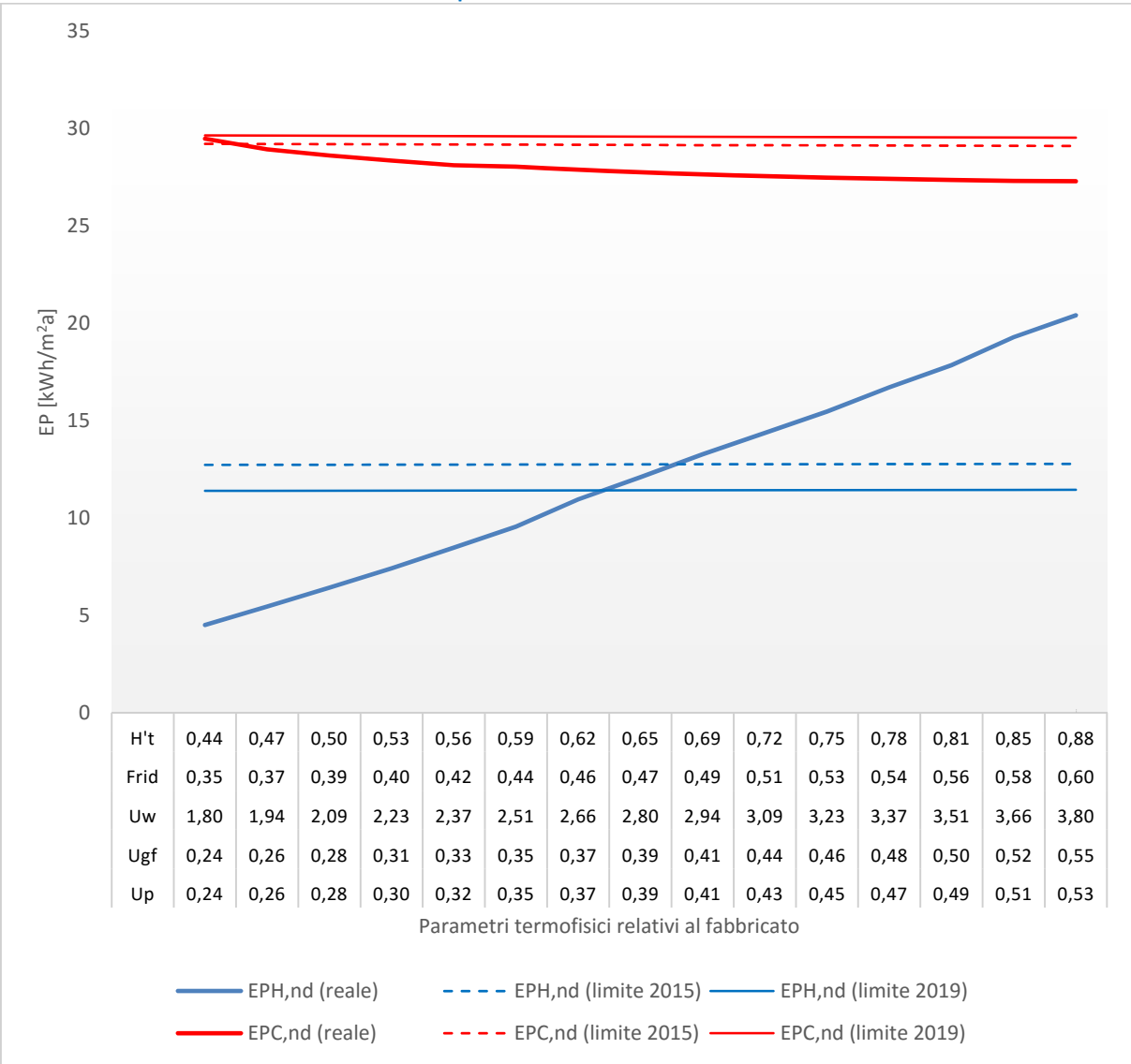


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K				
U - Solaio contro terra	W/m²K				
U - Serramenti	W/m²K				
g_{gl+sh}/g_{gl}	-				
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²				
H'_T	W/m²K				
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a				
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a				
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a				
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a				

Figura 164 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare UI3.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

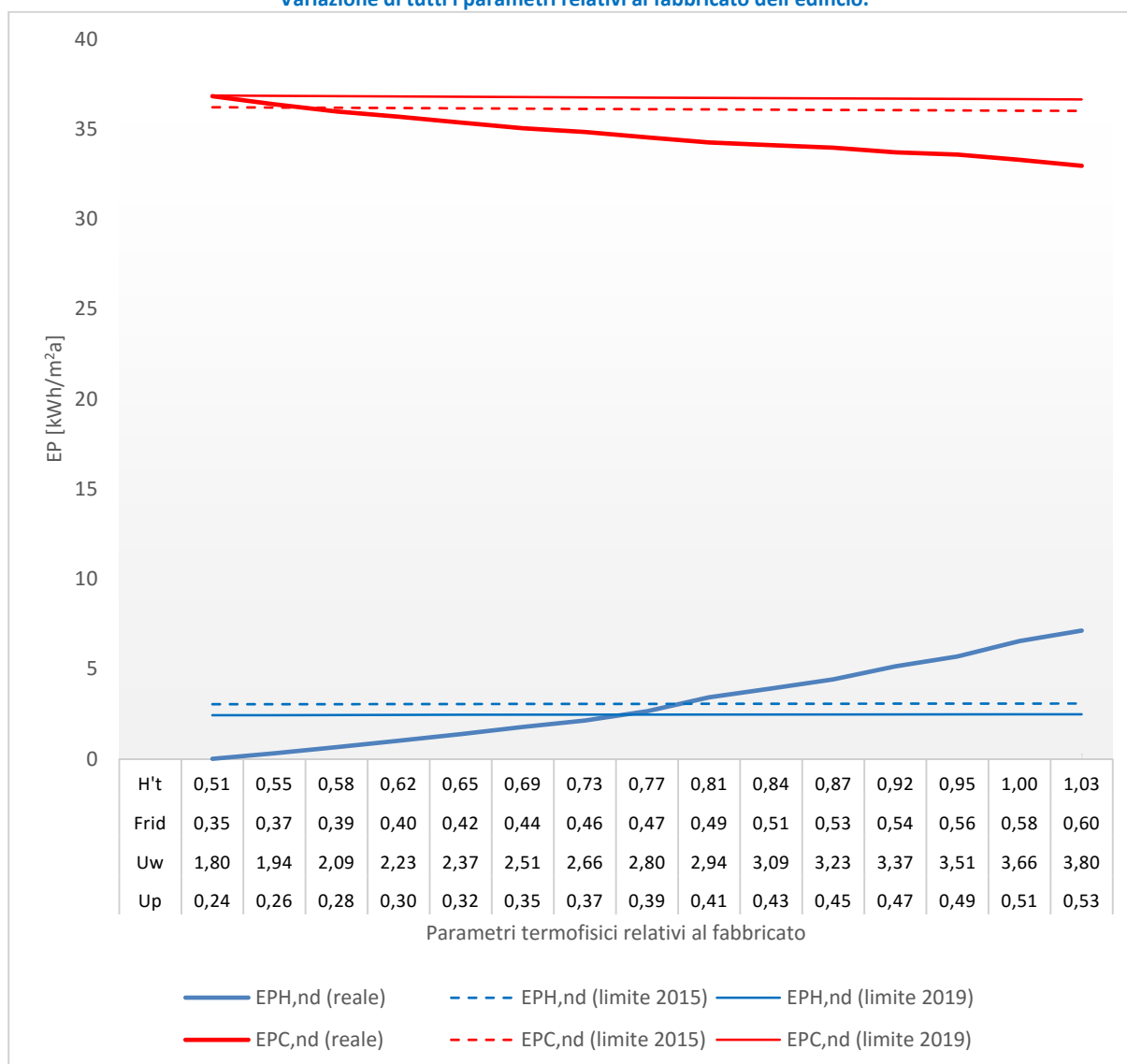


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,255	0,369	0,240	0,369
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,256	0,374	0,240	0,374
U - Serramenti	W/m²K	1,902	2,677	1,800	2,677
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,363	0,458	0,350	0,458
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,015	0,018	0,014	0,018
H'_T	W/m²K	0,459	0,629	0,437	0,629
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	5,19	11,17	4,50	11,17
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	12,73	12,75	11,39	11,41
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	29,19	27,84	29,46	27,84
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	29,19	29,15	29,63	29,58

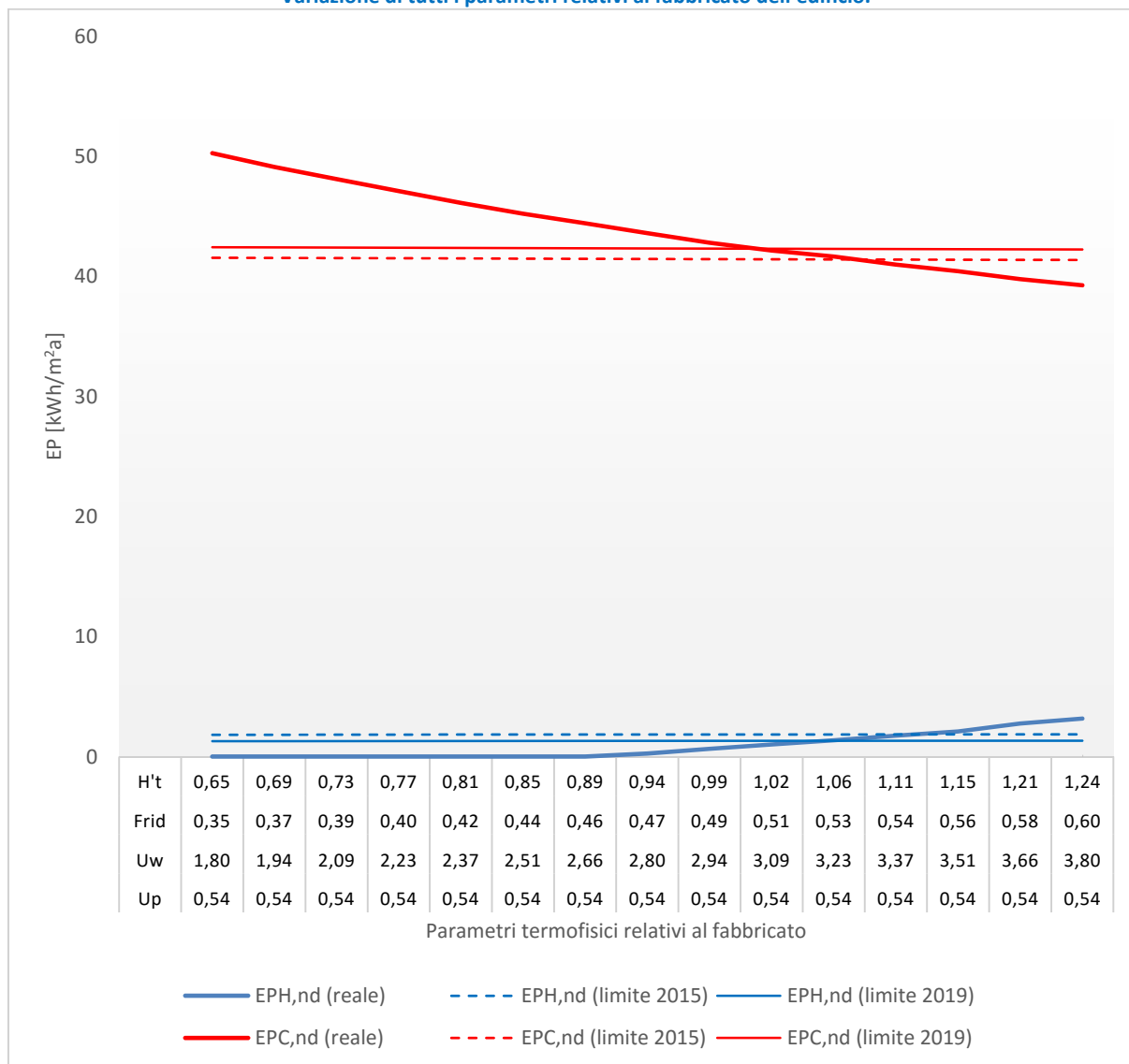
Figura 165 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare UI4.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,270	0,396	0,240	0,375
U - Serramenti	W/m²K	2,004	2,861	1,800	2,718
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,375	0,480	0,350	0,463
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,013	0,017	0,012	0,016
H'_T	W/m²K	0,564	0,780	0,513	0,748
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	0,44	2,83	0,00	2,40
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	3,04	3,06	2,42	2,46
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	36,18	34,47	36,83	34,64
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	36,20	36,11	36,86	36,76

Figura 166 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare UI5.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

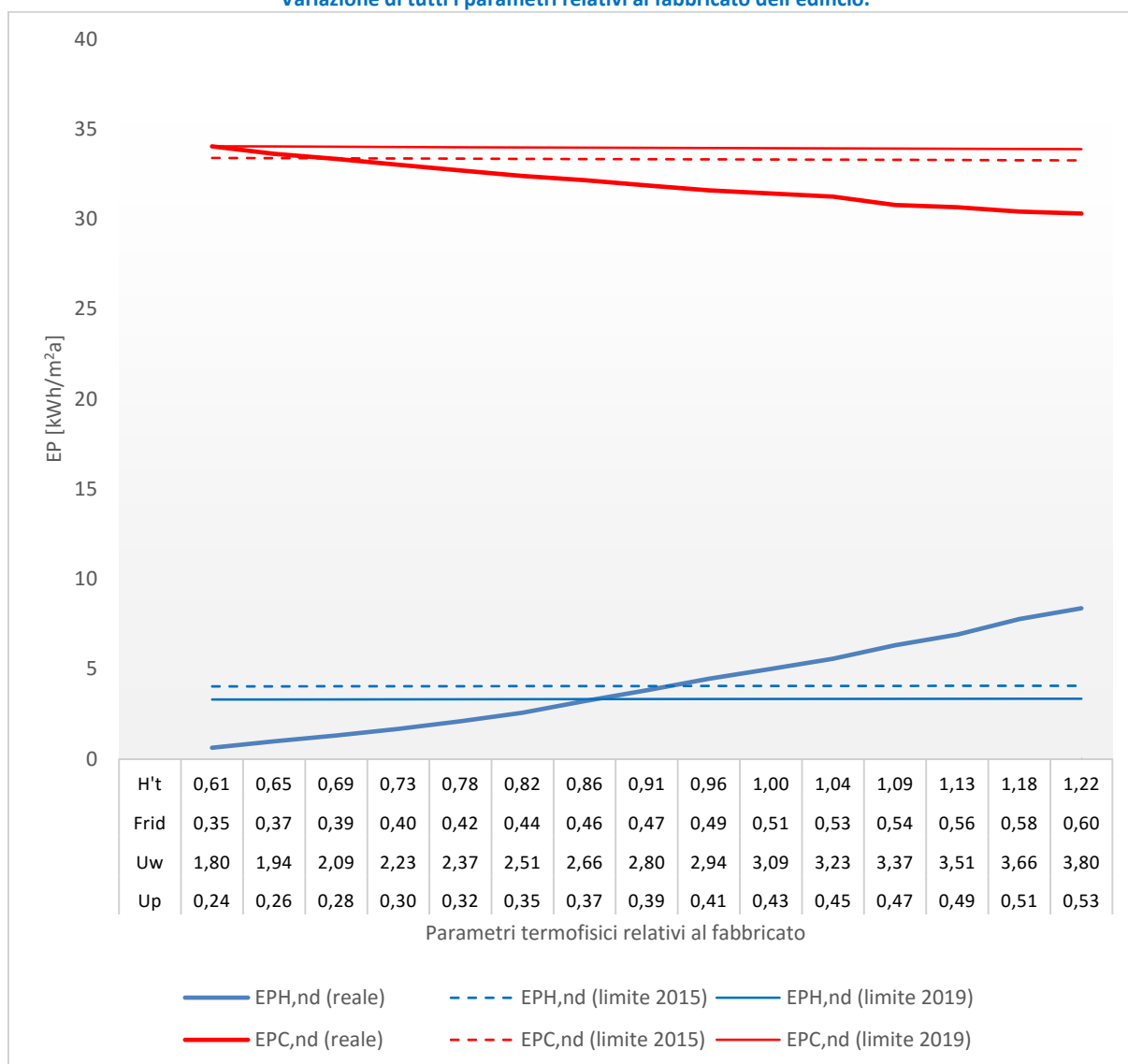


Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K				
U - Serramenti	W/m²K				
g_{gl+sh}/g_{gl}	-				
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²				
H'_T	W/m²K				
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a				
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a				
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a				
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a				

Nota: Non esistono soluzioni

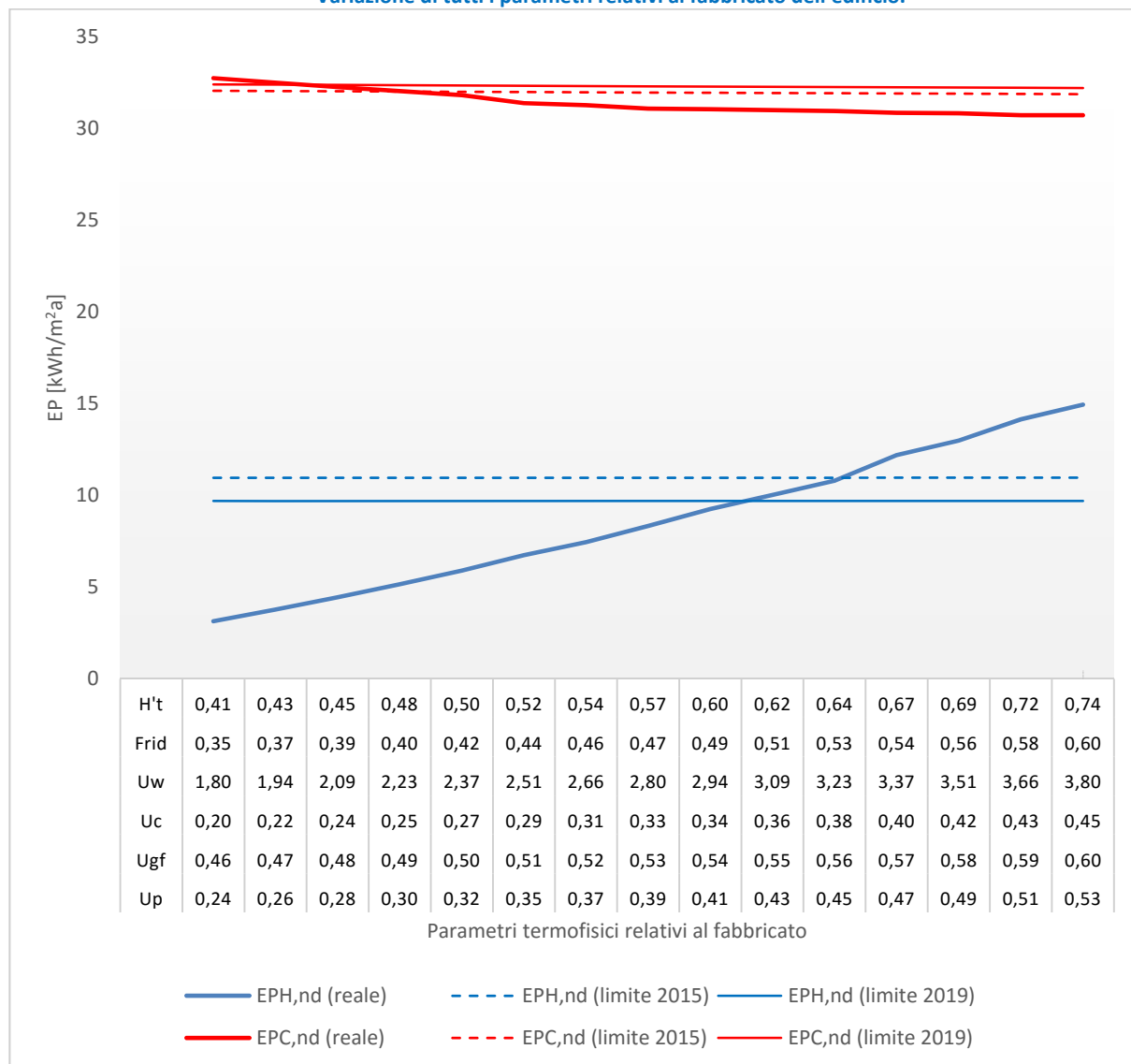
Figura 167 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare UI6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,282	0,336	0,240	0,336
U - Serramenti	W/m²K	2,086	2,453	1,800	2,453
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,385	0,430	0,350	0,430
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,017	0,014	0,017
H'_T	W/m²K	0,690	0,798	0,607	0,798
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	1,30	2,33	0,62	2,33
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,04	4,04	3,29	3,30
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	33,34	32,56	34,04	32,56
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	33,38	33,36	34,05	33,99

Figura 168 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare UI7.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,309	0,441	0,270	0,420
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,489	0,552	0,470	0,542
U - Copertura	W/m²K	0,259	0,372	0,226	0,354
U - Serramenti	W/m²K	2,269	3,167	2,004	3,024
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,408	0,518	0,375	0,500
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,014	0,018	0,013	0,018
H'_T	W/m²K	0,482	0,629	0,442	0,608
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	5,35	10,46	4,09	9,69
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,96	10,96	9,69	9,69
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	31,98	30,95	32,35	31,00
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	31,99	31,91	32,36	32,26

Figura 169 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare U.I.8.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

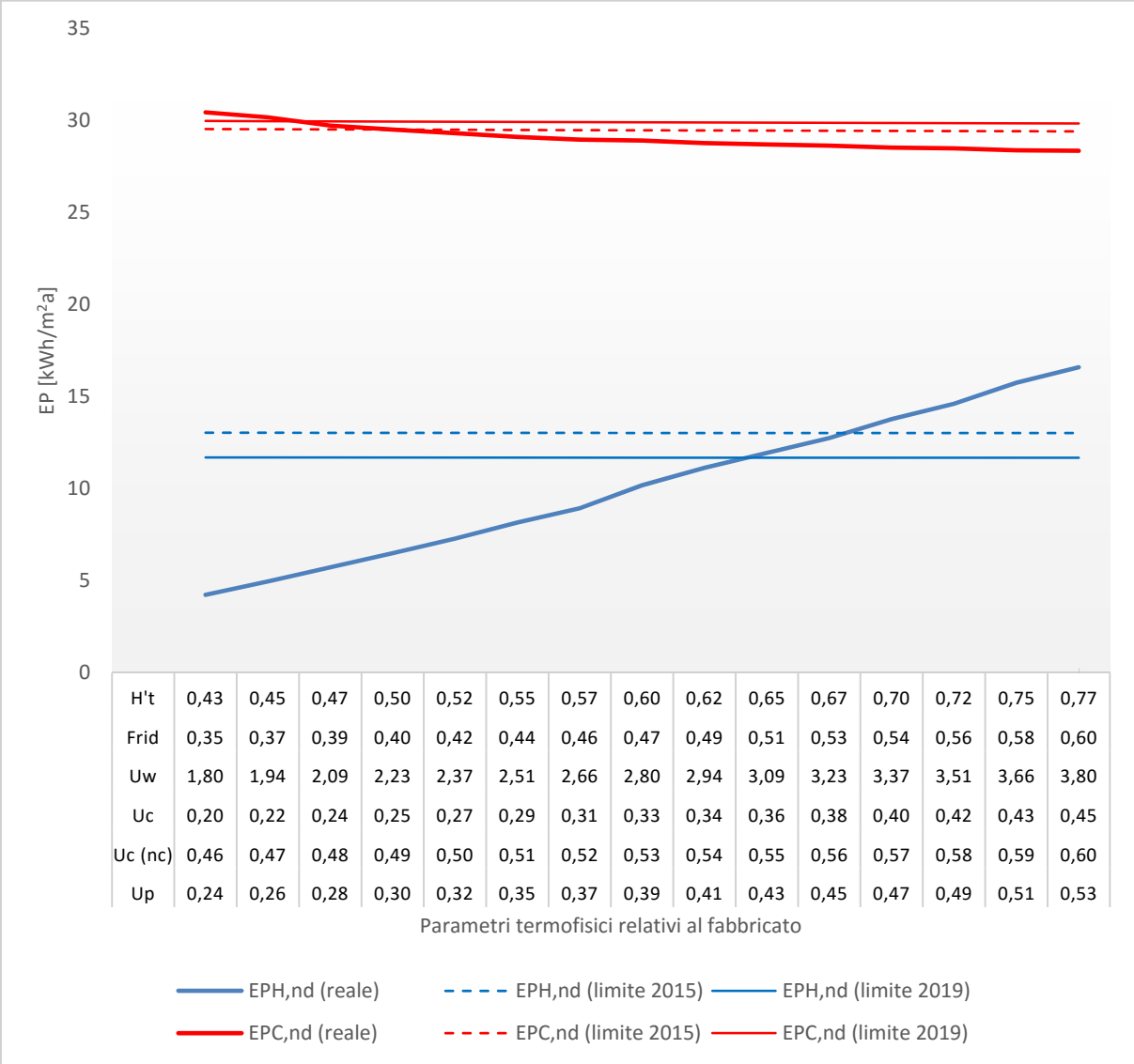


Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K				
U - Copertura	W/m²K				
U - Solaio verso N.C.	W/m²K				
U - Serramenti	W/m²K				
g_{gl+sh}/g_{gl}	-				
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²				
H'_T	W/m²K				
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a				
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a				
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a				
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a				

Nota: Non esistono soluzioni

Figura 170 – Palazzina con destinazione d’uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Unità Immobiliare U.I.9.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell’edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,303	0,411	0,279	0,411
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,486	0,538	0,475	0,538
U - Copertura	W/m²K	0,254	0,346	0,233	0,346
U - Serramenti	W/m²K	2,228	2,963	2,065	2,963
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,403	0,493	0,383	0,493
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,020	0,015	0,020
H'_T	W/m²K	0,498	0,627	0,471	0,627
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	6,49	11,24	5,60	11,24
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,03	13,02	11,69	11,68
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	29,49	28,74	29,74	28,74
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	29,49	29,44	29,94	29,87

Tabella 174 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,309	0,336			0,309	0,336	0,309	0,336			0,309	0,336	0,309	0,336			0,309	0,336
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,312	0,340			0,312	0,340												
U - Copertura	W/m²K													0,259	0,282			0,259	0,282
U - Sol verso N.C.	W/m²K													0,489	0,502			0,489	0,502
U - Serramenti	W/m²K	2,269	2,453			2,269	2,453	2,269	2,453			2,269	2,453	2,269	2,453			2,269	2,453
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,408	0,430			0,408	0,430	0,408	0,430			0,408	0,430	0,408	0,430			0,408	0,430
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,017			0,016	0,017	0,014	0,015			0,016	0,017	0,014	0,015			0,016	0,017
H'_T	W/m²K	0,512	0,549			0,538	0,578	0,628	0,674			0,744	0,798	0,482	0,511			0,505	0,535
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	6,10	7,39			7,72	9,07	1,12	1,55			1,77	2,33	5,35	6,31			6,69	7,72
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	11,23	11,24			12,74	12,74	3,05	3,05			4,04	4,04	10,96	10,96			13,03	13,03
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	34,81	34,16			28,27	28,11	35,62	35,23			32,94	32,56	31,98	31,71			29,44	29,20
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	35,17	35,15			29,17	29,16	36,17	36,15			33,37	33,36	31,99	31,97			29,49	29,48

Tabella 175 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-31,3%	-25,3%			-31,3%	-25,3%	-31,3%	-25,3%			-31,3%	-25,3%	-31,3%	-25,3%			-31,3%	-25,3%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-32,2%	-26,1%			-32,2%	-26,1%												
U - Copertura	W/m²K													-91,9%	-91,2%			-31,9%	-25,8%
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													-84,7%	-84,3%			28,7%	32,1%
U - Serramenti	W/m²K	-29,1%	-23,4%			-29,1%	-23,4%	-29,1%	-23,4%			-29,1%	-23,4%	-29,1%	-23,4%			-29,1%	-23,4%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	16,4%	22,9%			16,4%	22,9%	16,4%	22,9%			16,4%	22,9%	16,4%	22,9%			16,4%	22,9%
$EP_{H,nd}$	kWh/m²a	-45,7%	-34,2%			-39,4%	-28,8%	-63,3%	-49,2%			-56,1%	-42,3%	-51,2%	-42,4%			-48,7%	-40,8%
$EP_{C,nd}$	kWh/m²a	-1,0%	-2,8%			-3,1%	-3,6%	-1,5%	-2,5%			-1,3%	-2,4%	-0,1%	-0,8%			-0,2%	-1,0%

Tabella 176 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,279	0,336			0,279	0,336	0,279	0,336			0,279	0,336	0,279	0,336			0,279	0,336
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,281	0,340			0,281	0,340												
U - Copertura	W/m²K													0,233	0,282			0,233	0,282
U - Sol verso N.C.	W/m²K													0,475	0,502			0,475	0,502
U - Serramenti	W/m²K	2,065	2,453			2,065	2,453	2,065	2,453			2,065	2,453	2,065	2,453			2,065	2,453
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,383	0,430			0,383	0,430	0,383	0,430			0,383	0,430	0,383	0,430			0,383	0,430
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,015	0,017			0,015	0,017	0,014	0,015			0,015	0,017	0,014	0,015			0,015	0,017
H'_T	W/m²K	0,471	0,549			0,494	0,578	0,578	0,674			0,685	0,798	0,451	0,511			0,471	0,535
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	4,71	7,39			6,27	9,07	0,56	1,55			1,26	2,33	4,35	6,31			5,60	7,72
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	9,85	9,86			11,40	11,41	2,43	2,45			3,30	3,30	9,69	9,69			11,69	11,68
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	35,34	34,16			28,64	28,11	36,02	35,23			33,39	32,56	32,27	31,71			29,74	29,20
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	35,61	35,57			29,61	29,59	36,83	36,79			34,03	33,99	32,36	32,32			29,94	29,91

Tabella 177 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Palermo (Zona climatica B). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-35,1%	-21,9%			-35,1%	-21,9%	-35,1%	-21,9%			-35,1%	-21,9%	-35,1%	-21,9%	-35,1%	-21,9%	-35,1%	-21,9%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-36,2%	-22,8%			-36,2%	-22,8%												
U - Copertura	W/m²K													-38,6%	-25,8%	-38,6%	-25,8%	-38,6%	-25,8%
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													24,9%	32,1%	24,9%	32,1%	24,9%	32,1%
U - Serramenti	W/m²K	-31,2%	-18,2%			-31,2%	-18,2%	-31,2%	-18,2%			-31,2%	-18,2%	-31,2%	-18,2%	-31,2%	-18,2%	-31,2%	-18,2%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	9,3%	22,9%			9,3%	22,9%	9,3%	22,9%			9,3%	22,9%	9,3%	22,9%	9,3%	22,9%	9,3%	22,9%
EP _{H,nd}	kWh/m²a	-52,1%	-25,1%			-45,0%	-20,5%	-77,0%	-36,8%			-61,9%	-29,4%	-55,1%	-34,8%	-79,7%	-61,5%	-52,1%	-34,0%
EP _{C,nd}	kWh/m²a	-0,7%	-3,9%			-3,3%	-5,0%	-2,2%	-4,2%			-1,9%	-4,2%	-0,3%	-1,9%	14,1%	9,3%	-0,6%	-2,4%

**Figura 171 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I1.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato.**

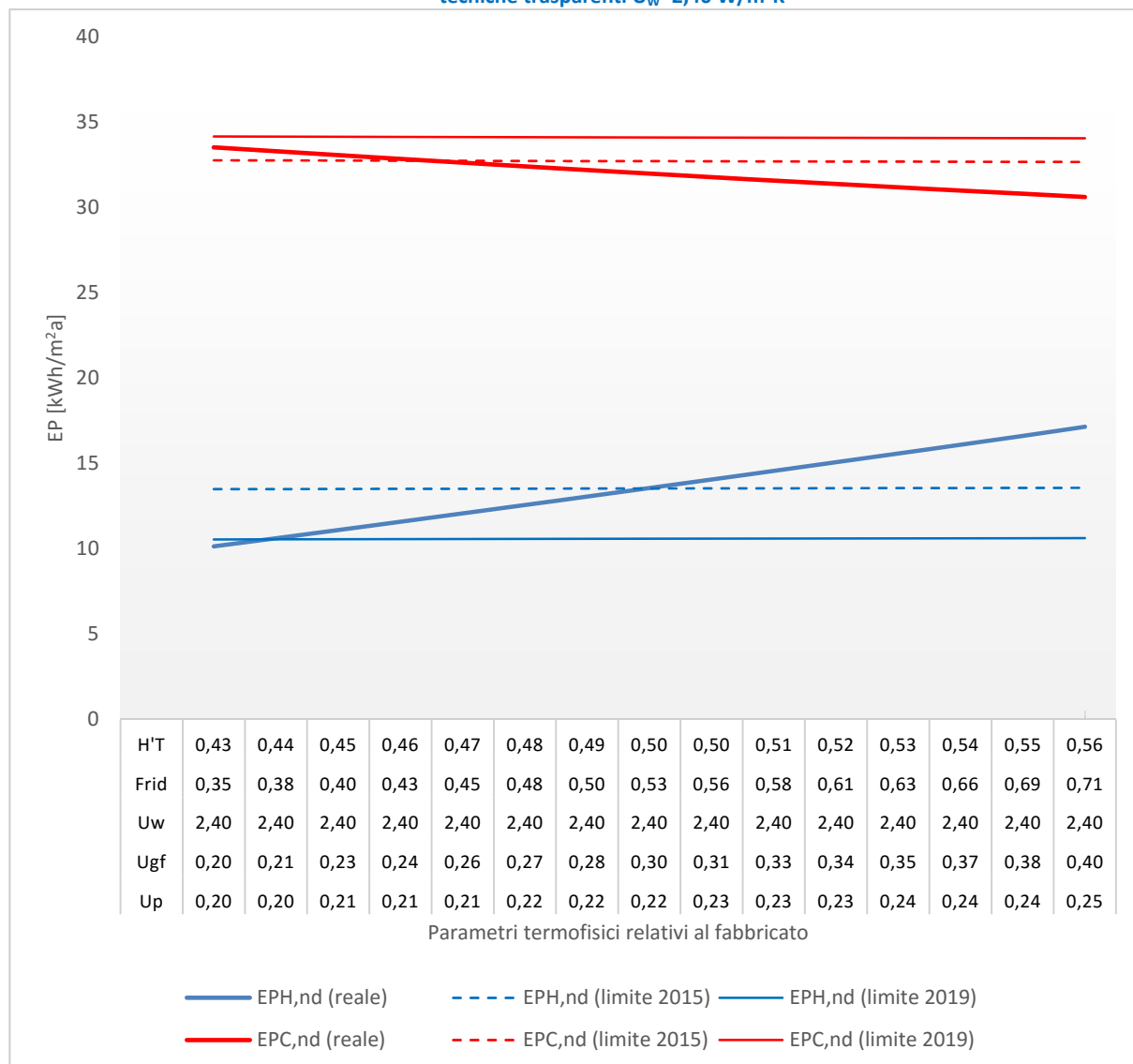


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,231	0,200	0,211
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,200	0,332	0,200	0,246
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,991	1,400	1,606
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,593	0,350	0,435
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,027	0,016	0,020
H'T	W/m²K	0,339	0,457	0,339	0,380
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	5,81	10,49	5,81	7,41
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,46	10,53	7,43	7,47
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	31,82	32,19	31,82	31,90
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	33,91	33,80	35,36	35,31

Figura 172 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare UI2.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,212	0,223	0,200	0,203
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,250	0,296	0,200	0,212
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400	2,400	2,400
ggl+sh/ggl	-	0,442	0,527	0,350	0,372
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,017	0,020	0,014	0,014
H'_T	W/m²K	0,465	0,494	0,432	0,440
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,86	13,47	10,13	10,54
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,51	13,53	10,54	10,55
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,71	32,00	33,52	33,32
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,74	32,71	34,15	34,15

Figura 173 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I3.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

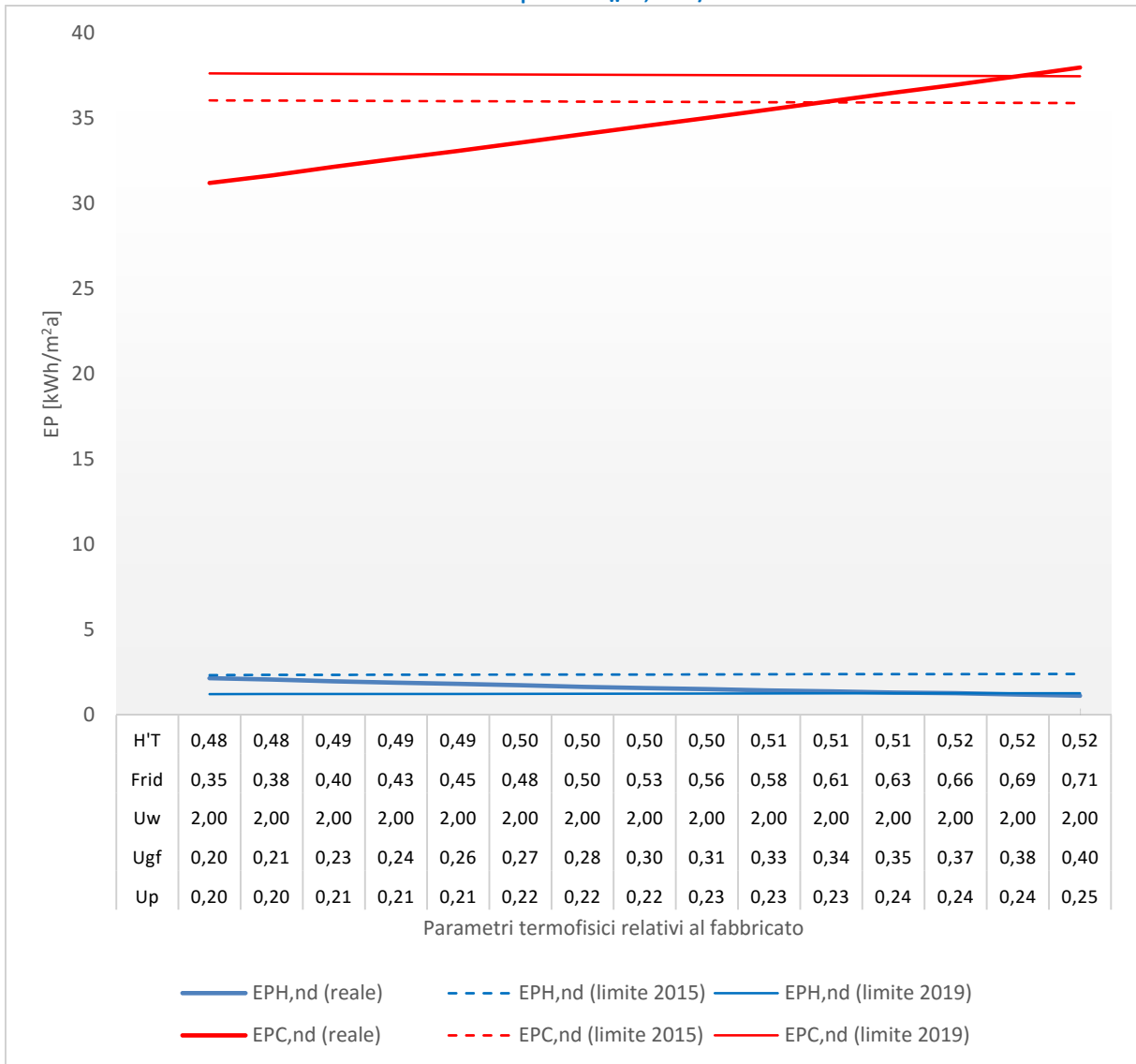


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,223	0,200	0,206
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,200	0,296	0,200	0,224
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,830	1,400	1,508
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,527	0,350	0,394
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,024	0,016	0,018
H'_T	W/m²K	0,362	0,457	0,362	0,386
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	9,04	12,86	9,04	9,98
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	12,89	12,93	10,02	10,03
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	25,58	25,79	25,58	25,61
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	27,61	27,57	28,74	28,73

Figura 174 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I4. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,233	0,240	0,243
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,604	0,659	0,685
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,025	0,027	0,028
H' _T	W/m²K	0,480	0,509	0,516	0,519
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	2,15	1,39	1,27	1,19
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	2,34	2,39	1,27	1,27
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	31,21	35,93	36,96	37,46
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	36,05	35,94	37,48	37,47

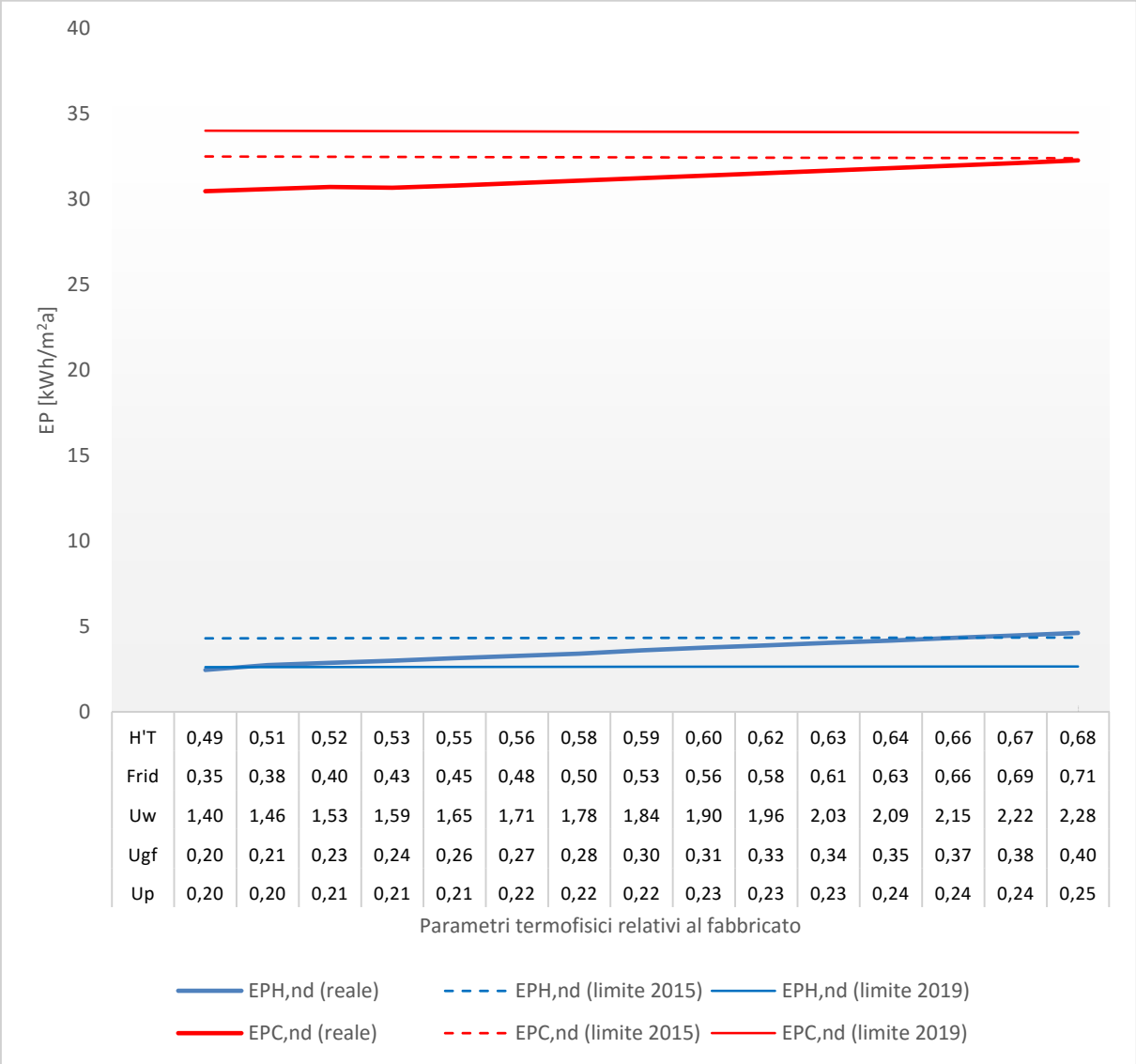
Figura 175 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I5. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,239		
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400		
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,656		
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,025		
H' _T	W/m²K	0,708	0,736		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	3,65	4,29		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,24	4,29		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	37,64	37,17		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	38,04	37,94		

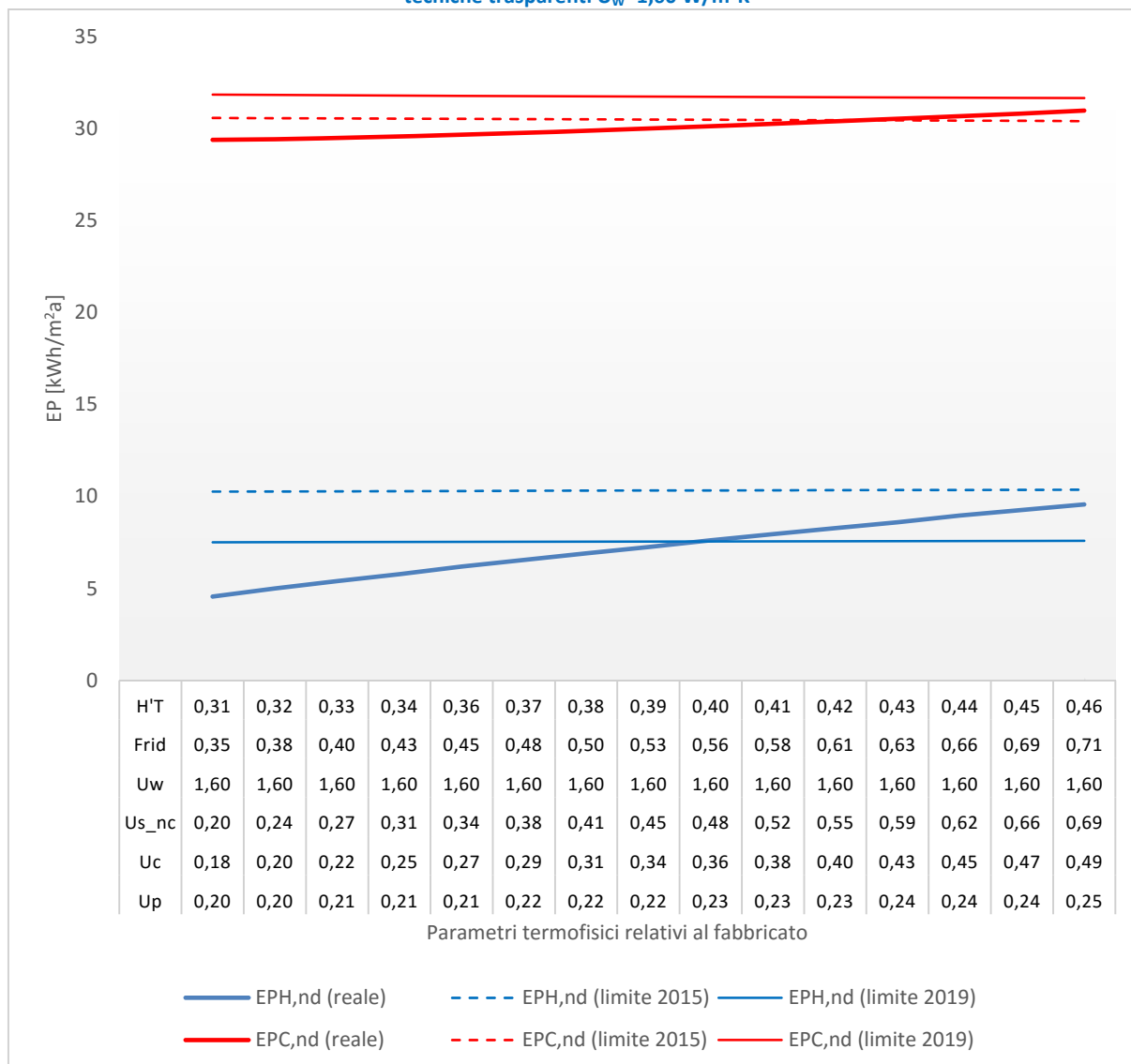
Figura 176 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,240	0,200	0,203
U - Serramenti	W/m²K	1,400	2,153	1,400	1,454
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,659	0,350	0,372
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,016	0,030	0,016	0,017
H'T	W/m²K	0,493	0,657	0,493	0,506
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	2,45	4,32	2,45	2,56
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,30	4,34	2,62	2,62
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	30,46	31,94	30,46	30,55
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,49	32,40	34,00	33,99

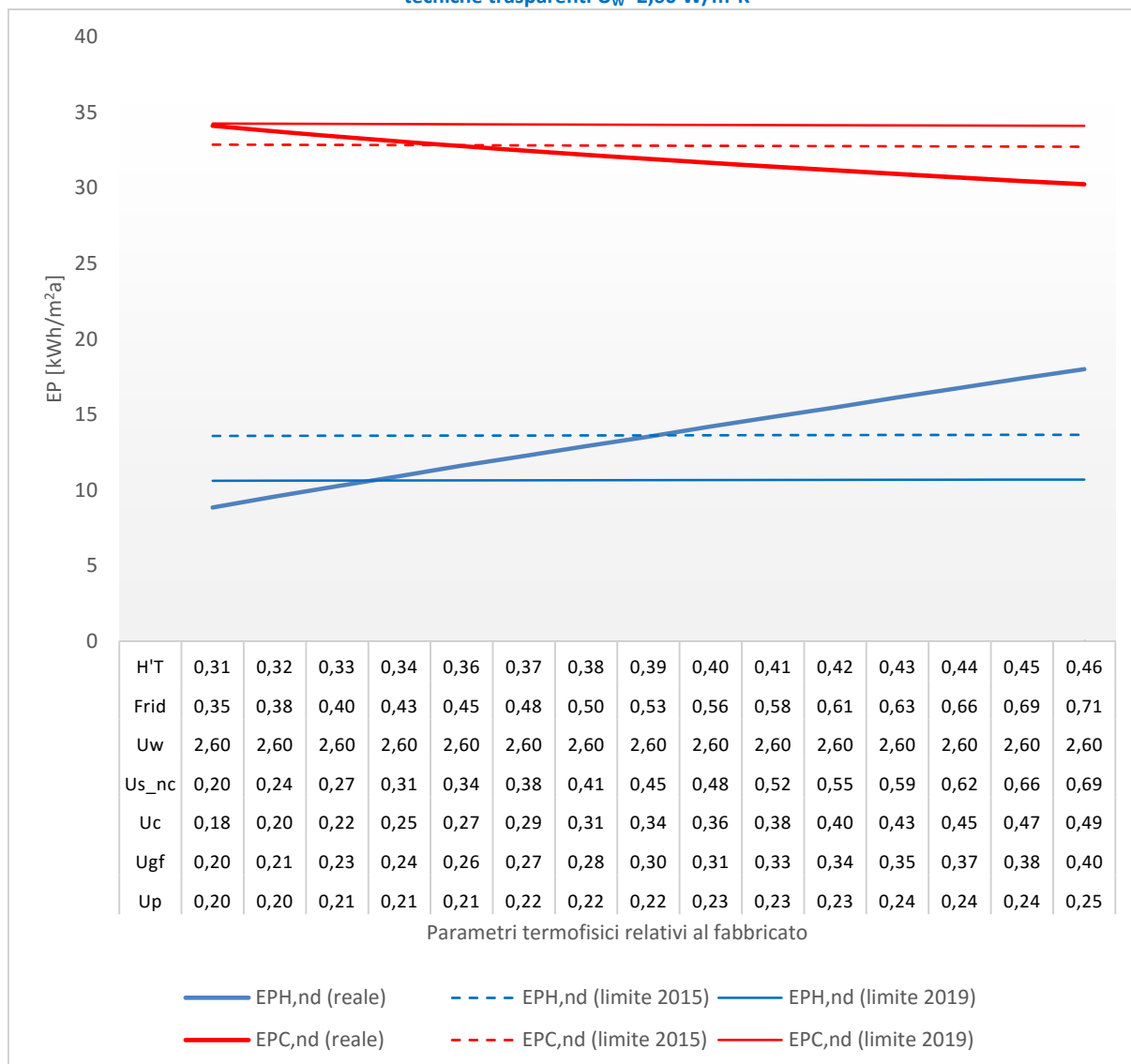
Figura 177 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I7. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,234	0,200	0,225
U - Copertura	W/m²K	0,180	0,410	0,180	0,353
U - Solaio verso N.C.	W/m²K	0,200	0,560	0,200	0,470
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	1,600	1,600
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,615	0,350	0,549
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,025	0,014	0,022
H' _T	W/m²K	0,308	0,421	0,308	0,395
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	4,55	8,36	4,55	7,53
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,27	10,35	7,50	7,55
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	29,39	30,44	29,39	30,09
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	30,59	30,46	31,85	31,74

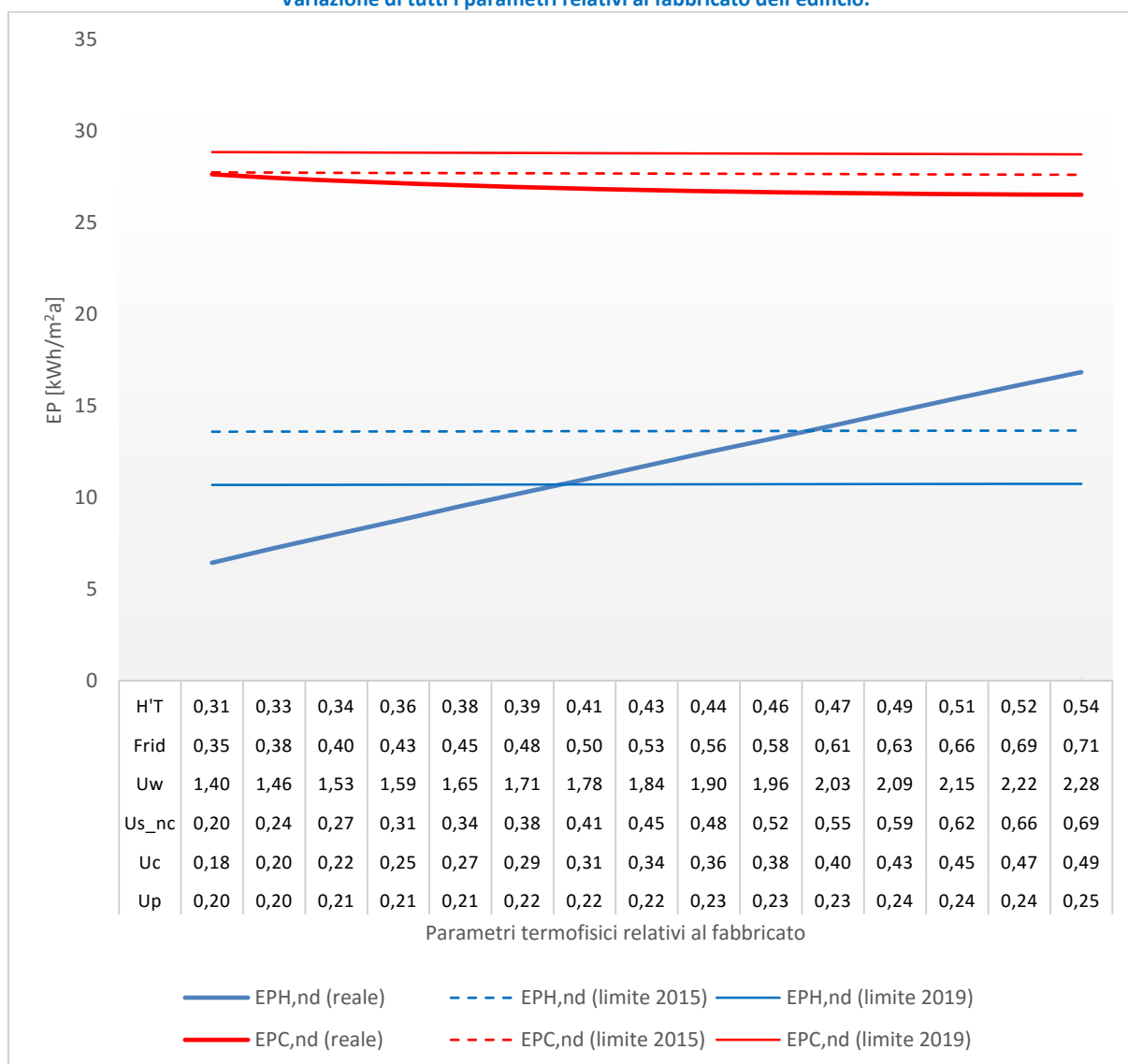
Figura 178 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I8. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,213	0,223	0,200	0,208
U - Copertura	W/m²K	0,266	0,337	0,180	0,234
U - Solaio verso N.C.	W/m²K	0,335	0,445	0,200	0,285
U - Serramenti	W/m²K	2,600	2,600	2,600	2,600
ggl+sh/ggl	-	0,449	0,531	0,350	0,413
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,017	0,021	0,014	0,016
H _T	W/m²K	0,454	0,491	0,404	0,436
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,53	13,54	8,85	10,55
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,62	13,63	10,62	10,64
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,80	31,92	34,11	33,26
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,82	32,79	34,26	34,23

Figura 179 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I9.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,200	0,232	0,200	0,218
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,200	0,334	0,200	0,278
U - Copertura	W/m²K	0,180	0,394	0,180	0,305
U - Solaio verso N.C.	W/m²K	0,200	0,535	0,200	0,395
U - Serramenti	W/m²K	1,400	2,000	1,400	1,749
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,597	0,350	0,494
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,016	0,027	0,016	0,023
H _T	W/m²K	0,307	0,468	0,307	0,403
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	6,45	13,63	6,45	10,68
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,60	13,64	10,69	10,72
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,63	26,63	27,63	26,87
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,74	27,65	28,84	28,79

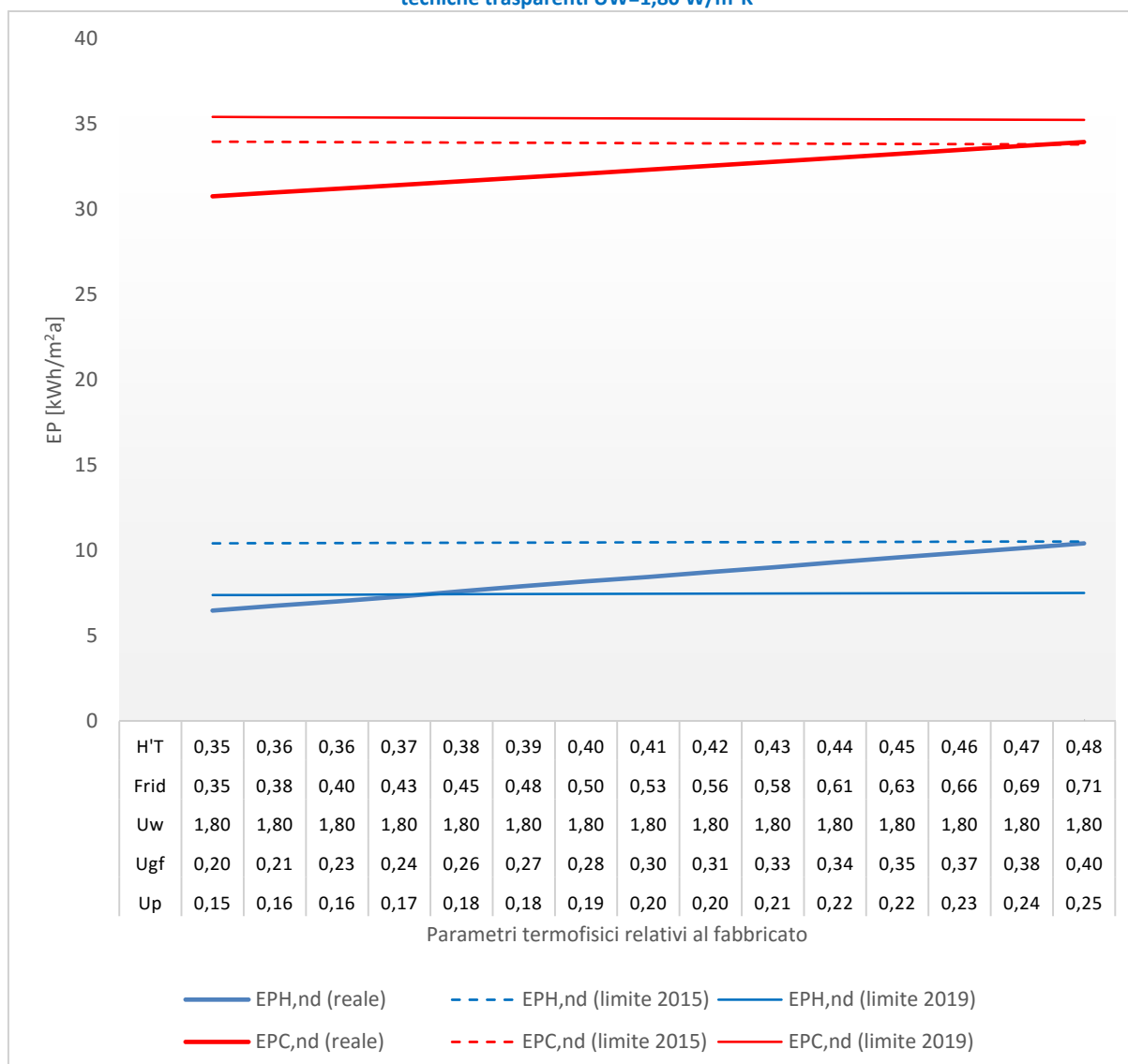
Tabella 178 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223	0,213	0,223
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,254	0,296	0,254	0,296	0,254	0,296												
U - Copertura	W/m²K													0,266	0,334	0,266	0,334	0,266	0,334
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													0,335	0,440	0,335	0,440	0,335	0,440
U - Serramenti	W/m²K	1,642	1,830	2,400	2,400	1,642	1,830	2,000	2,000	2,400	2,400	1,642	1,830	1,642	1,830	2,600	2,600	1,642	1,830
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527	0,449	0,527
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,024	0,017	0,020	0,021	0,024	0,018	0,021	0,017	0,020	0,021	0,024	0,018	0,021	0,017	0,020	0,021	0,024
H'_T	W/m²K	0,388	0,425	0,467	0,494	0,416	0,457	0,493	0,500	0,718	0,725	0,547	0,587	0,354	0,386	0,454	0,490	0,375	0,424
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	7,72	9,21	11,99	13,47	11,15	12,86	1,82	1,59	3,92	4,04	3,12	3,57	6,14	7,20	11,53	13,45	9,43	11,64
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,49	10,51	13,51	13,53	12,91	12,93	2,36	2,37	4,25	4,28	4,32	4,33	10,29	10,32	13,62	13,63	13,62	13,63
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	31,91	32,05	32,65	32,00	25,67	25,79	33,01	34,47	37,46	37,35	30,76	31,20	29,65	29,99	32,80	31,95	27,04	26,78
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	33,86	33,83	32,73	32,71	27,58	27,57	36,00	35,97	38,01	37,98	32,46	32,44	30,54	30,50	32,82	32,79	27,70	27,68

Tabella 179 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%	-37,4%	-34,5%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-20,6%	-7,5%	-20,6%	-7,5%	-20,6%	-7,5%												
U - Copertura	W/m²K													-11,2%	11,2%	-11,2%	11,2%	-11,2%	11,2%
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													11,7%	46,7%	11,7%	46,7%	11,7%	46,7%
U - Serramenti	W/m²K	-17,9%	-8,5%	20,0%	20,0%	-17,9%	-8,5%	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	-17,9%	-8,5%	-17,9%	-8,5%	30,0%	30,0%	-17,9%	-8,5%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%	28,4%	50,5%
EP _{H,nd}	kWh/m²a	-26,5%	-12,4%	-11,3%	-0,5%	-13,6%	-0,5%	-22,8%	-33,0%	-7,7%	-5,5%	-27,8%	-17,5%	-40,4%	-30,3%	-15,3%	-1,3%	-30,8%	-14,6%
EP _{C,nd}	kWh/m²a	-5,8%	-5,3%	-0,3%	-2,2%	-6,9%	-6,4%	-8,3%	-4,2%	-1,5%	-1,7%	-5,2%	-3,8%	-2,9%	-1,7%	-0,1%	-2,6%	-2,4%	-3,2%

Figura 180 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.1. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_{W}=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

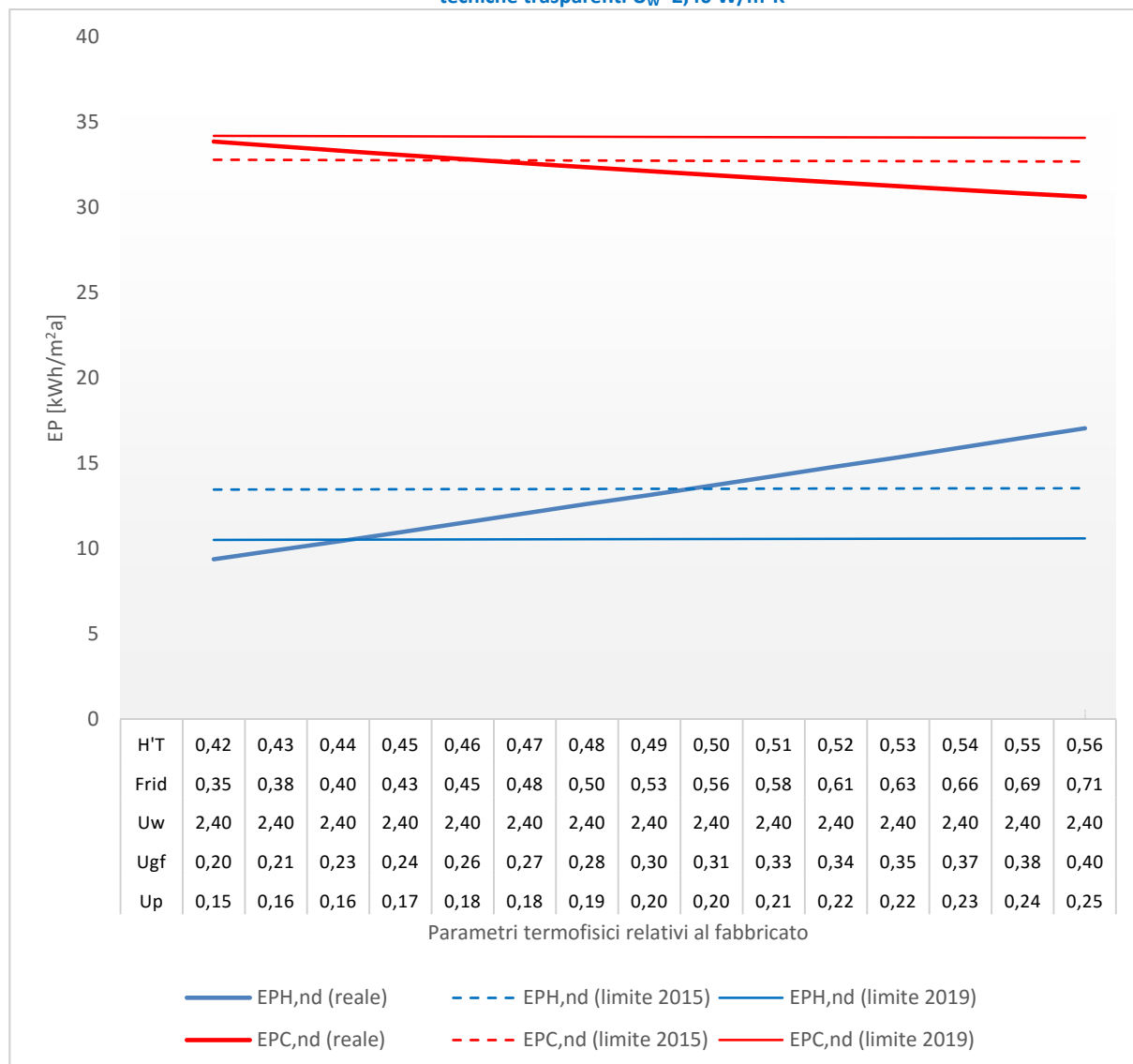


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,240	0,150	0,172
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,200	0,386	0,200	0,246
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,693	0,350	0,435
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,032	0,016	0,020
H'_T	W/m²K	0,346	0,472	0,346	0,377
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	6,48	10,22	6,48	7,40
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,43	10,53	7,39	7,43
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	30,75	33,78	30,75	31,48
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	33,96	33,81	35,41	35,37

Figura 181 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.2. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

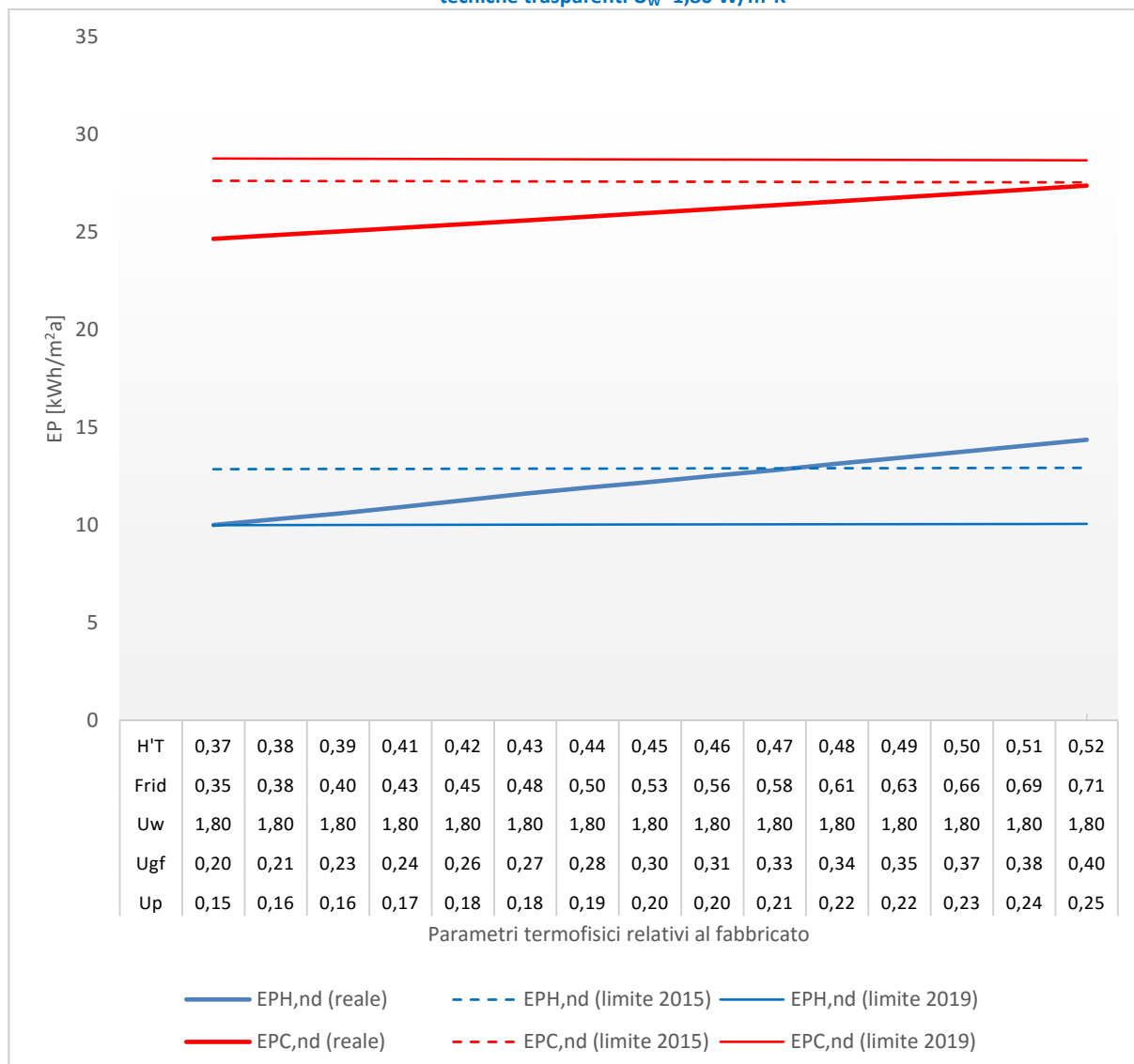


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,179	0,202	0,150	0,165
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,260	0,306	0,200	0,230
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400	2,400	2,400
ggl+sh/ggl	-	0,461	0,545	0,350	0,405
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,018	0,021	0,014	0,016
H'_T	W/m²K	0,462	0,495	0,419	0,440
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,66	13,45	9,38	10,51
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,49	13,51	10,52	10,53
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,76	31,98	33,86	33,30
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,76	32,74	34,19	34,17

Figura 182 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.3. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,213		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,200	0,330		
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800		
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,589		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,027		
H'_T	W/m²K	0,375	0,470		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	10,01	12,91		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	12,87	12,92		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	24,65	26,44		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,63	27,58		

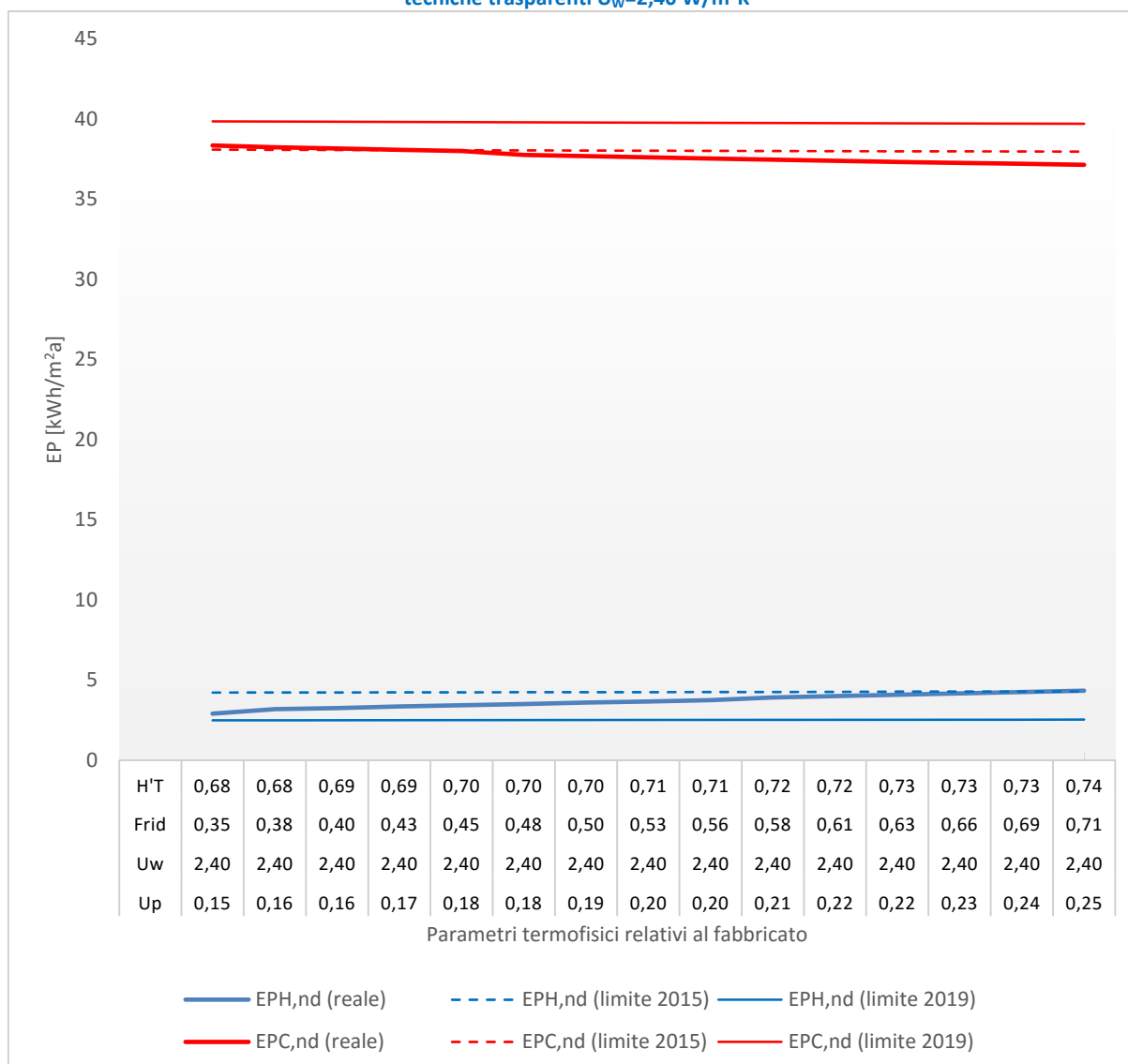
Figura 183 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.4. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,200	0,150	0,224
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,538	0,350	0,630
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,022	0,014	0,026
H' _T	W/m²K	0,413	0,455	0,413	0,476
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	1,03	0,83	1,03	0,76
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	2,32	2,36	1,21	1,25
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,73	35,96	32,73	37,54
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	36,11	36,01	37,68	37,54

Figura 184 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.5. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,172	0,240		
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400		
ggl+sh/ggl	-	0,435	0,693		
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,017	0,027		
H' _T	W/m²K	0,692	0,736		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	3,37	4,28		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,23	4,28		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	38,04	37,17		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	38,05	37,96		

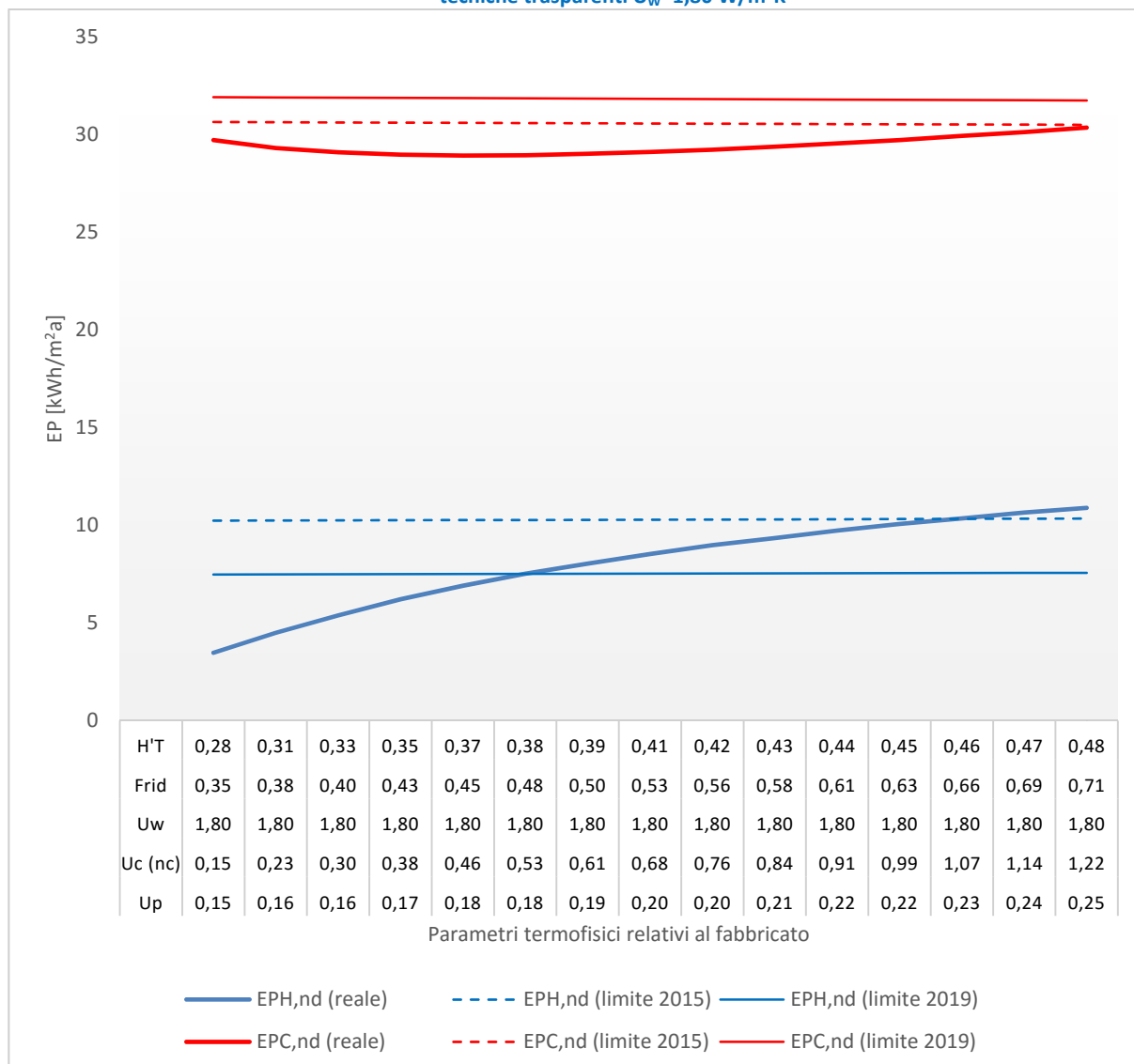
Figura 185 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.6. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,208	0,235	0,235
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,571	0,671	0,671
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,016	0,026	0,031	0,031
H' _T	W/m²K	0,521	0,570	0,591	0,591
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	3,39	2,78	2,64	2,64
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,29	4,32	2,64	2,64
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	29,02	32,42	33,91	33,91
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,52	32,46	33,93	33,93

Figura 186 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.7. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,231	0,150	0,183
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,150	1,055	0,150	0,521
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,163	0,120	0,138
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,656	0,350	0,475
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,027	0,014	0,019
H' _T	W/m²K	0,282	0,461	0,282	0,378
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	3,47	10,31	3,47	7,41
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,24	10,33	7,48	7,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	29,71	29,90	29,71	28,95
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	30,64	30,52	31,91	31,85

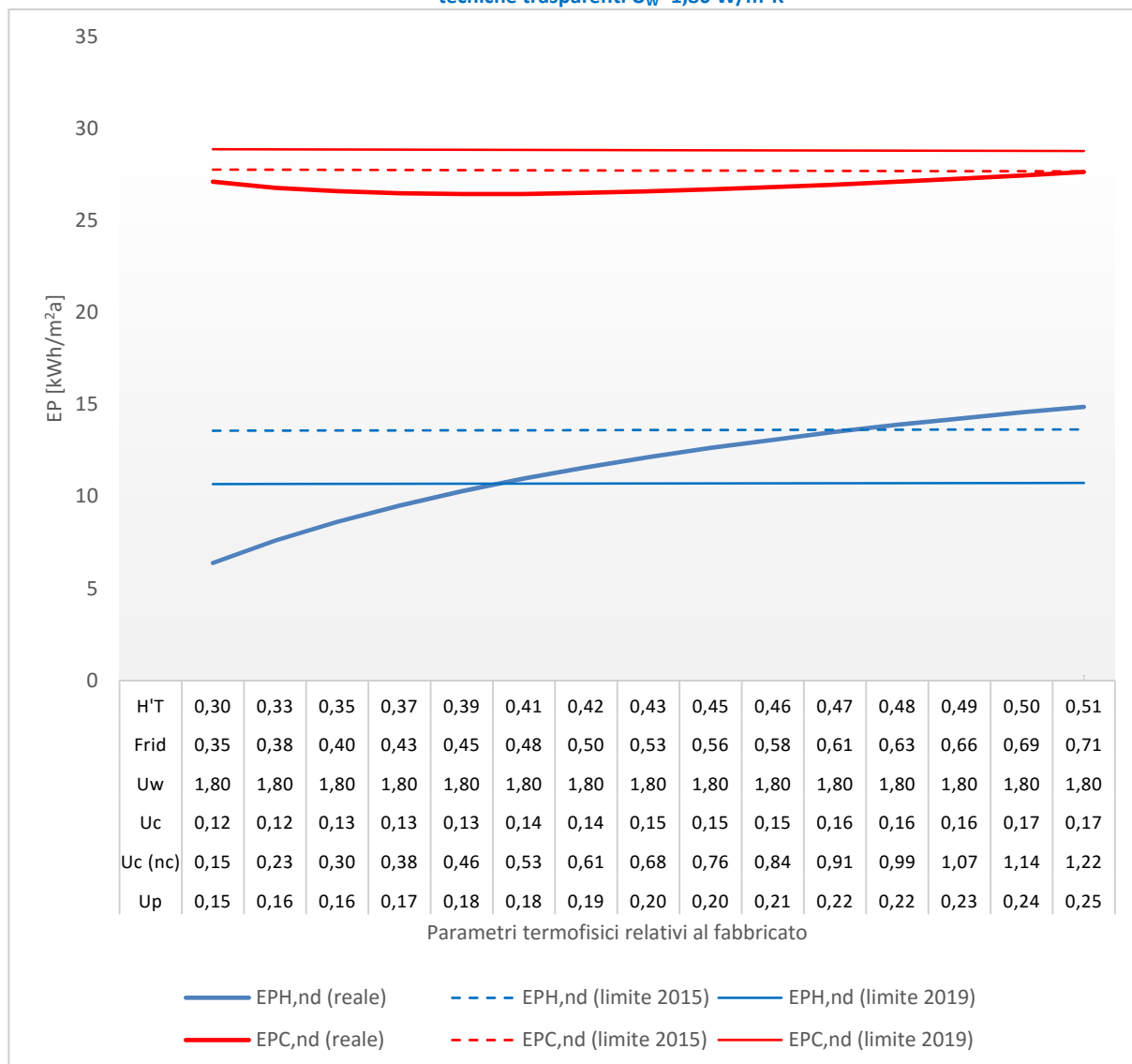
Figura 187 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.8. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,184	0,201	0,164	0,175
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,532	0,717	0,303	0,434
U - Copertura	W/m²K	0,138	0,147	0,127	0,133
U - Serramenti	W/m²K	2,400	2,400	2,400	2,400
ggl+sh/ggl	-	0,479	0,542	0,402	0,446
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,019	0,021	0,016	0,017
H _T	W/m²K	0,381	0,413	0,329	0,361
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,74	13,56	8,82	10,60
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,60	13,61	10,61	10,62
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,85	32,09	34,25	33,37
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,87	32,85	34,29	34,27

Figura 188 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.9. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,220	0,150	0,181
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,150	0,935	0,150	0,499
U - Copertura	W/m²K	0,120	0,157	0,120	0,137
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,615	0,350	0,468
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,016	0,028	0,016	0,021
H' _T	W/m²K	0,301	0,472	0,301	0,398
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	6,38	13,62	6,38	10,67
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,58	13,63	10,67	10,69
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,12	27,00	27,12	26,45
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,78	27,71	28,89	28,85

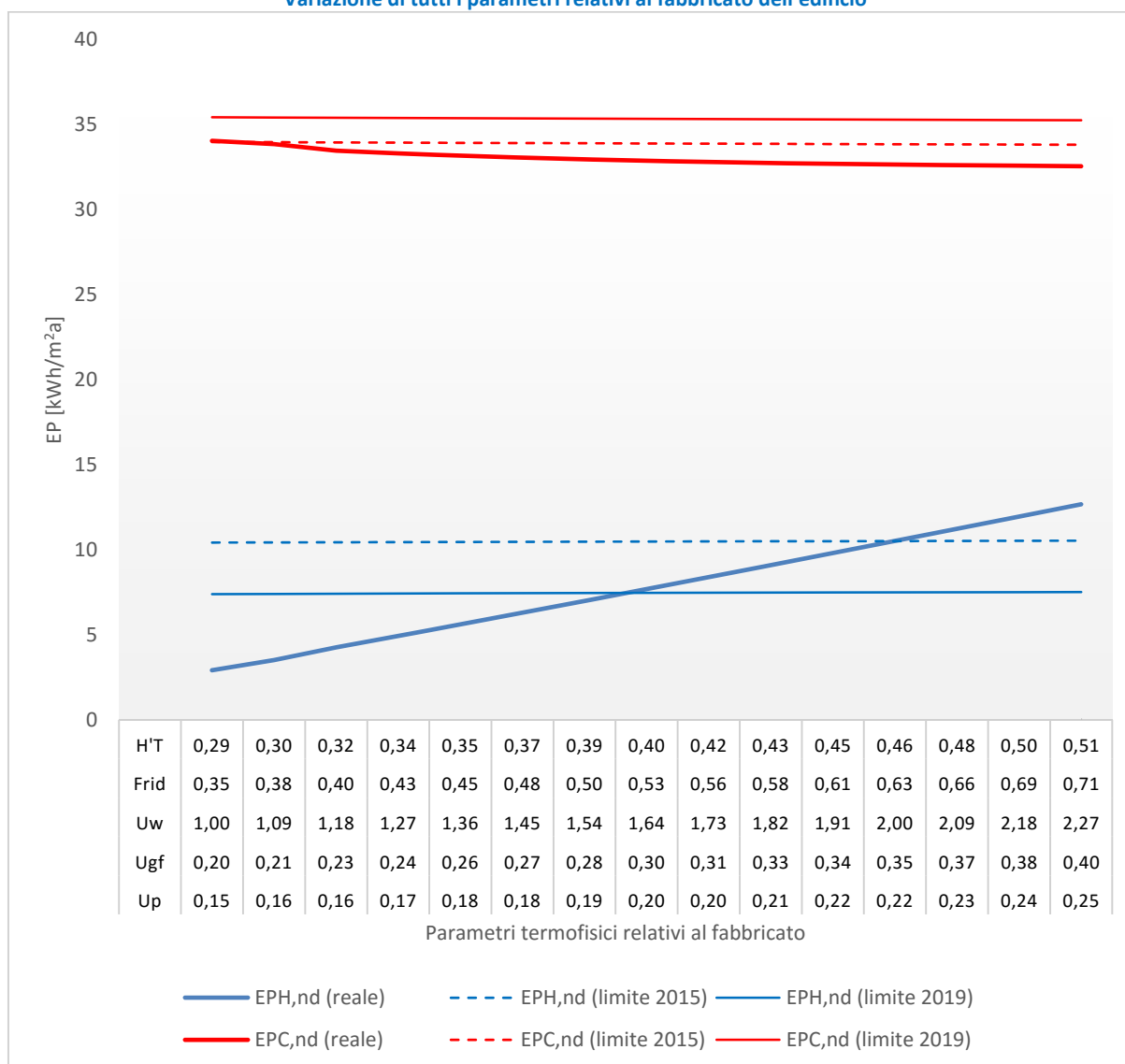
Tabella 180 – Palazzina con destinazione d’uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200	0,184	0,200
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,270	0,302	0,270	0,302	0,270	0,302												
U - Copertura	W/m²K													0,138	0,146	0,138	0,146	0,138	0,146
U - Solaio verso N.C	W/m²K													0,532	0,706	0,532	0,706	0,532	0,706
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	2,400	2,400	1,800	1,800	1,800	1,800	2,400	2,400	1,800	1,800	1,800	1,800	2,400	2,400	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538	0,479	0,538
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,022	0,025	0,019	0,021	0,022	0,025	0,019	0,022	0,019	0,021	0,022	0,025	0,019	0,022	0,019	0,021	0,022	0,025
H'_T	W/m²K	0,394	0,415	0,469	0,492	0,427	0,449	0,443	0,455	0,700	0,709	0,550	0,562	0,381	0,411	0,461	0,492	0,405	0,437
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	7,91	8,53	12,07	13,29	11,62	12,29	0,90	0,83	3,50	3,68	3,10	2,99	7,51	8,65	11,74	13,47	10,98	12,27
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,47	10,49	13,50	13,51	12,90	12,91	2,35	2,36	4,24	4,25	4,31	4,32	10,27	10,29	13,60	13,61	13,60	13,61
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	31,85	32,38	32,58	32,05	25,59	26,05	34,92	35,96	37,74	37,59	30,84	31,91	28,94	29,15	32,85	32,13	26,45	26,62
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	33,90	33,87	32,76	32,74	27,60	27,59	36,04	36,01	38,03	38,01	32,48	32,47	30,59	30,56	32,87	32,85	27,74	27,73

Tabella 181 – Palazzina con destinazione d’uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%	-45,9%	-41,3%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-15,6%	-5,6%	-15,6%	-5,6%	-15,6%	-5,6%												
U - Copertura	W/m²K													-54,0%	-51,2%	-54,0%	-51,2%	-54,0%	-51,2%
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													77,2%	135,4%	77,2%	135,4%	77,2%	135,4%
U - Serramenti	W/m²K	-10,0%	-10,0%	20,0%	20,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	20,0%	20,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	20,0%	20,0%	-10,0%	-10,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%	36,8%	53,7%
EP _{H,nd}	kWh/m²a	-24,4%	-18,6%	-10,6%	-1,6%	-9,9%	-4,8%	-61,7%	-65,0%	-17,5%	-13,5%	-27,9%	-30,8%	-26,8%	-15,9%	-13,6%	-1,1%	-19,3%	-9,9%
EP _{C,nd}	kWh/m²a	-6,0%	-4,4%	-0,5%	-2,1%	-7,3%	-5,6%	-3,1%	-0,1%	-0,8%	-1,1%	-5,1%	-1,7%	-5,4%	-4,6%	-0,1%	-2,2%	-4,7%	-4,0%

Figura 189 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.1.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio

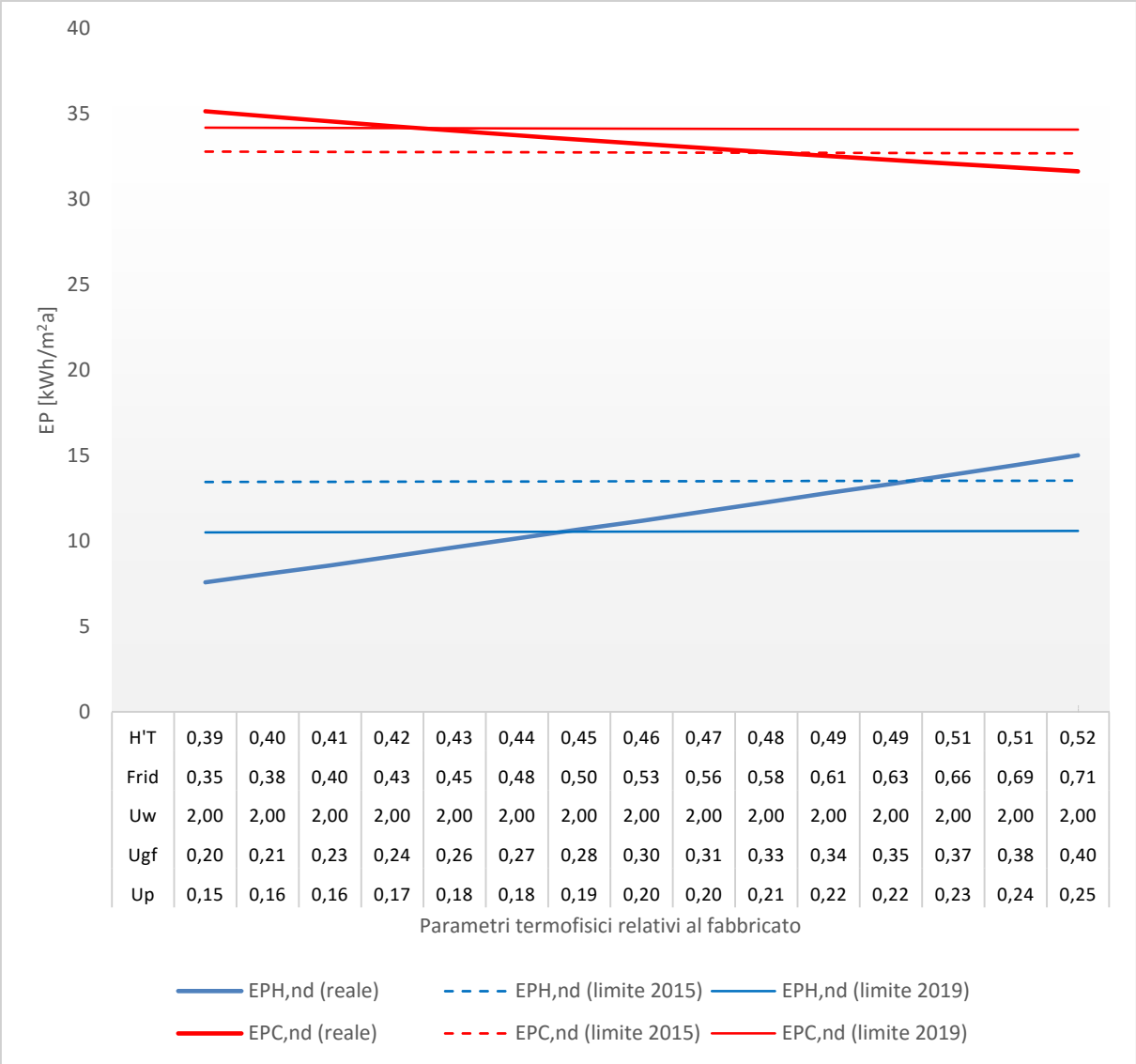


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,153	0,224	0,150	0,195
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,206	0,352	0,200	0,292
U - Serramenti	W/m²K	1,039	1,985	1,000	1,596
ggl+sh/ggl	-	0,361	0,630	0,350	0,519
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,017	0,029	0,016	0,024
H'_T	W/m²K	0,295	0,462	0,289	0,394
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	3,14	10,41	2,92	7,39
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	10,43	10,51	7,39	7,47
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	33,95	32,64	34,02	32,89
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	33,96	33,83	35,41	35,32

Figura 190 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.2. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,213	0,227	0,173	0,189
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,330	0,358	0,248	0,280
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
ggl+sh/ggl	-	0,589	0,641	0,438	0,497
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,023	0,025	0,017	0,019
H' _T	W/m²K	0,478	0,498	0,420	0,443
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	12,42	13,49	9,34	10,54
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,52	13,53	10,54	10,55
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,70	32,24	34,16	33,56
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,72	32,71	34,16	34,14

Figura 191 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.3.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

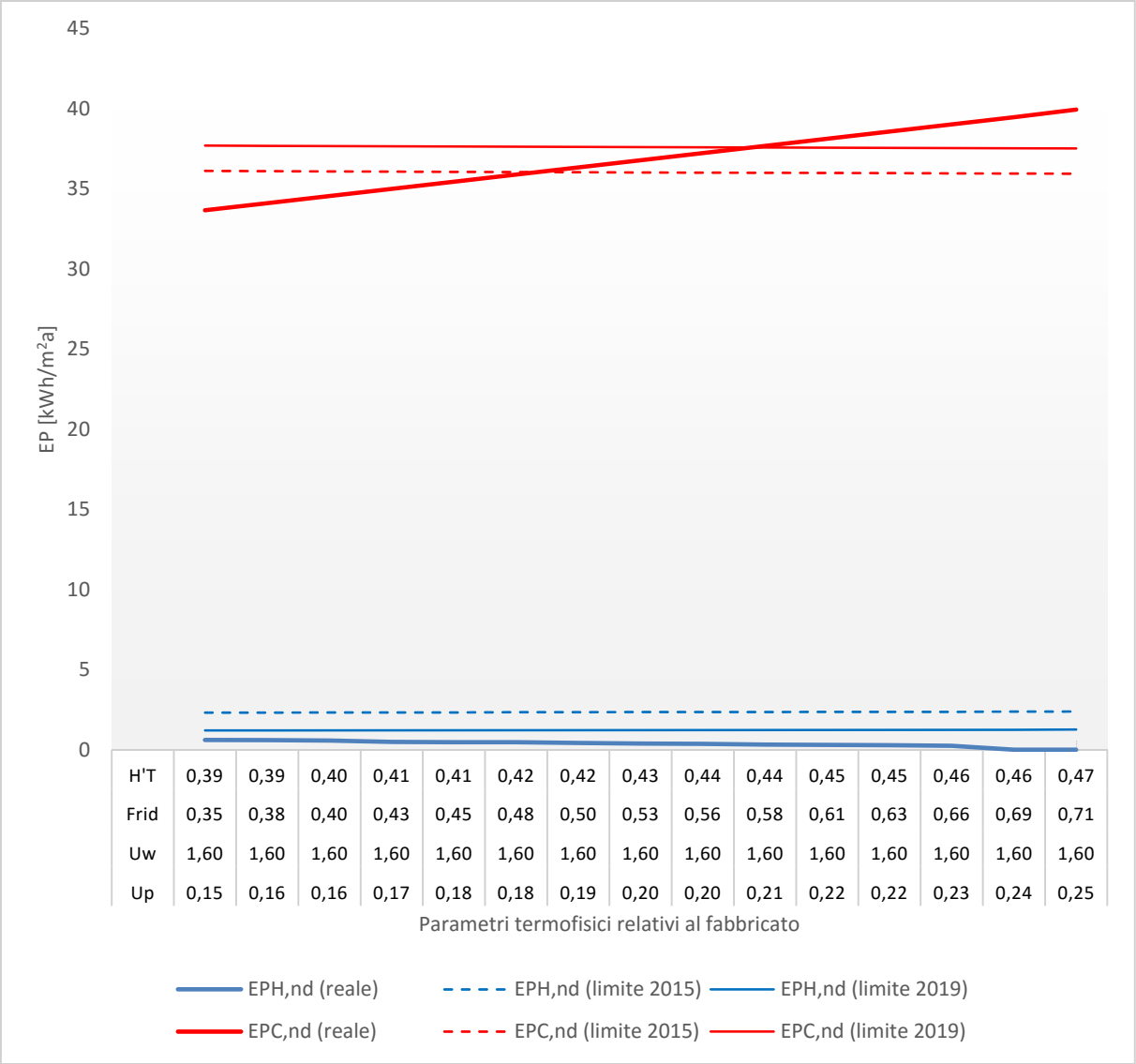


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Pareti		0,150	0,211	0,150	0,185
U - Serramenti	W/m²K	1,000	1,816	1,000	1,467
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,582	0,350	0,483
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,027	0,016	0,022
H'T	W/m²K	0,311	0,468	0,311	0,401
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	6,19	12,90	6,19	9,98
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	12,87	12,92	10,00	10,03
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,08	26,34	27,08	26,54
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,63	27,58	28,77	28,73

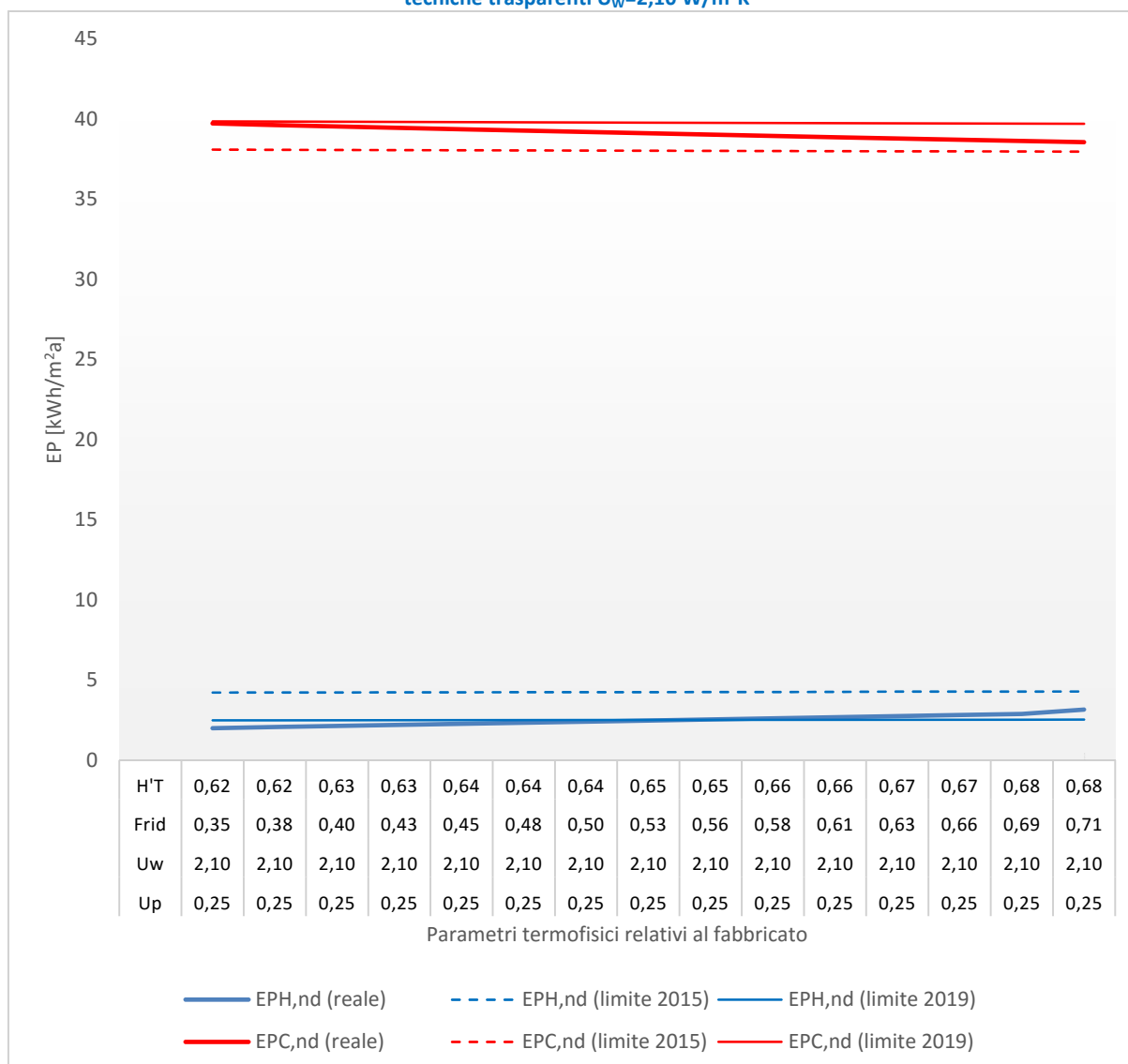
Figura 192 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.4. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,186	0,150	0,209
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	1,600	1,600
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,486	0,350	0,575
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,020	0,014	0,023
H'T	W/m²K	0,388	0,419	0,388	0,439
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	0,62	0,46	0,62	0,33
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	2,32	2,35	1,21	1,23
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	33,65	36,00	33,65	37,55
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	36,11	36,04	37,68	37,57

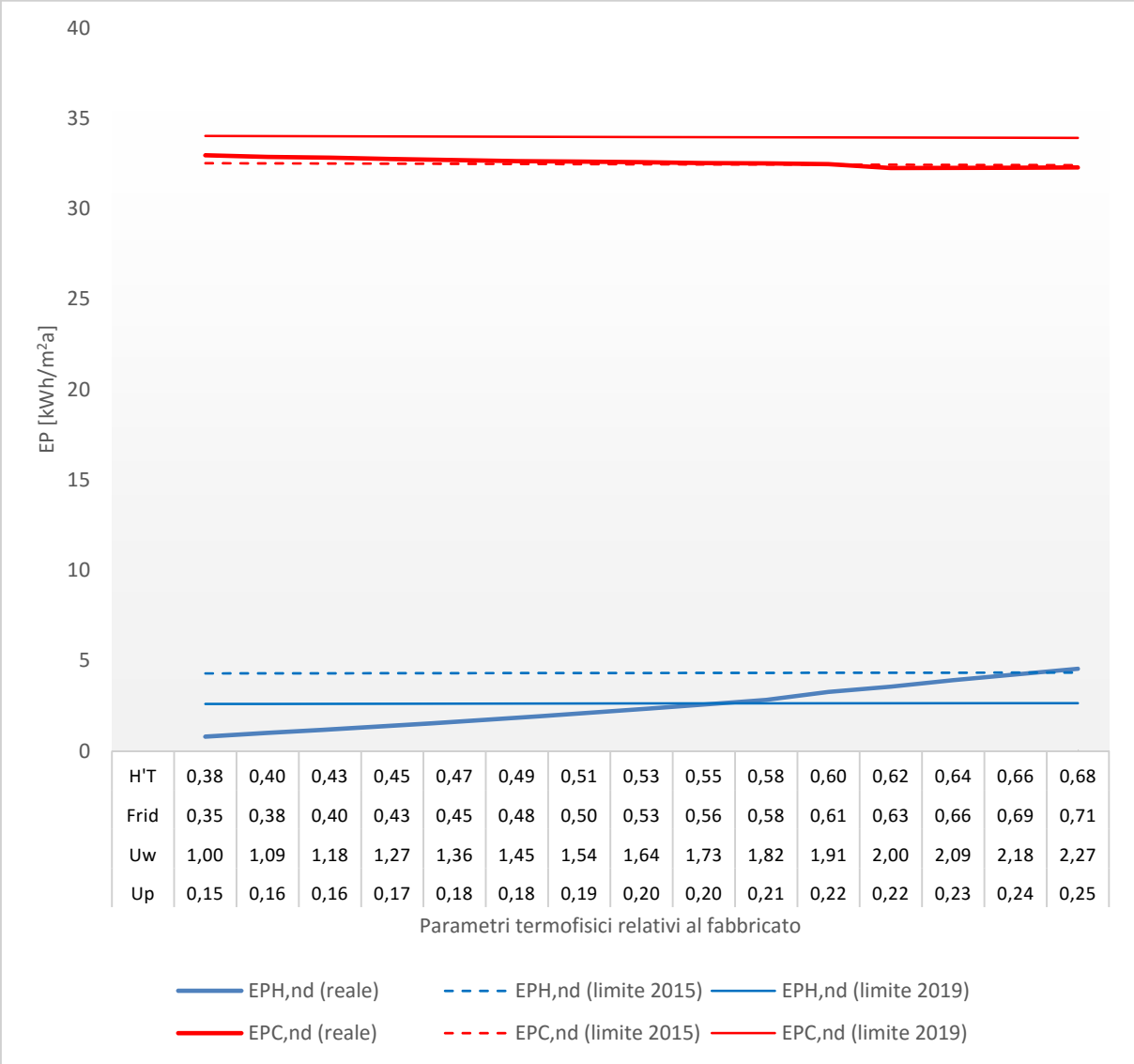
Figura 193 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.5. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K			0,150	0,201
U - Serramenti	W/m ² K			2,100	2,100
ggl+sh/ggl	-			0,350	0,542
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m ² /m ²			0,014	0,021
H' _T	W/m ² K			0,618	0,651
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a			1,99	2,49
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a			2,48	2,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a			39,72	39,06
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a			39,84	39,75

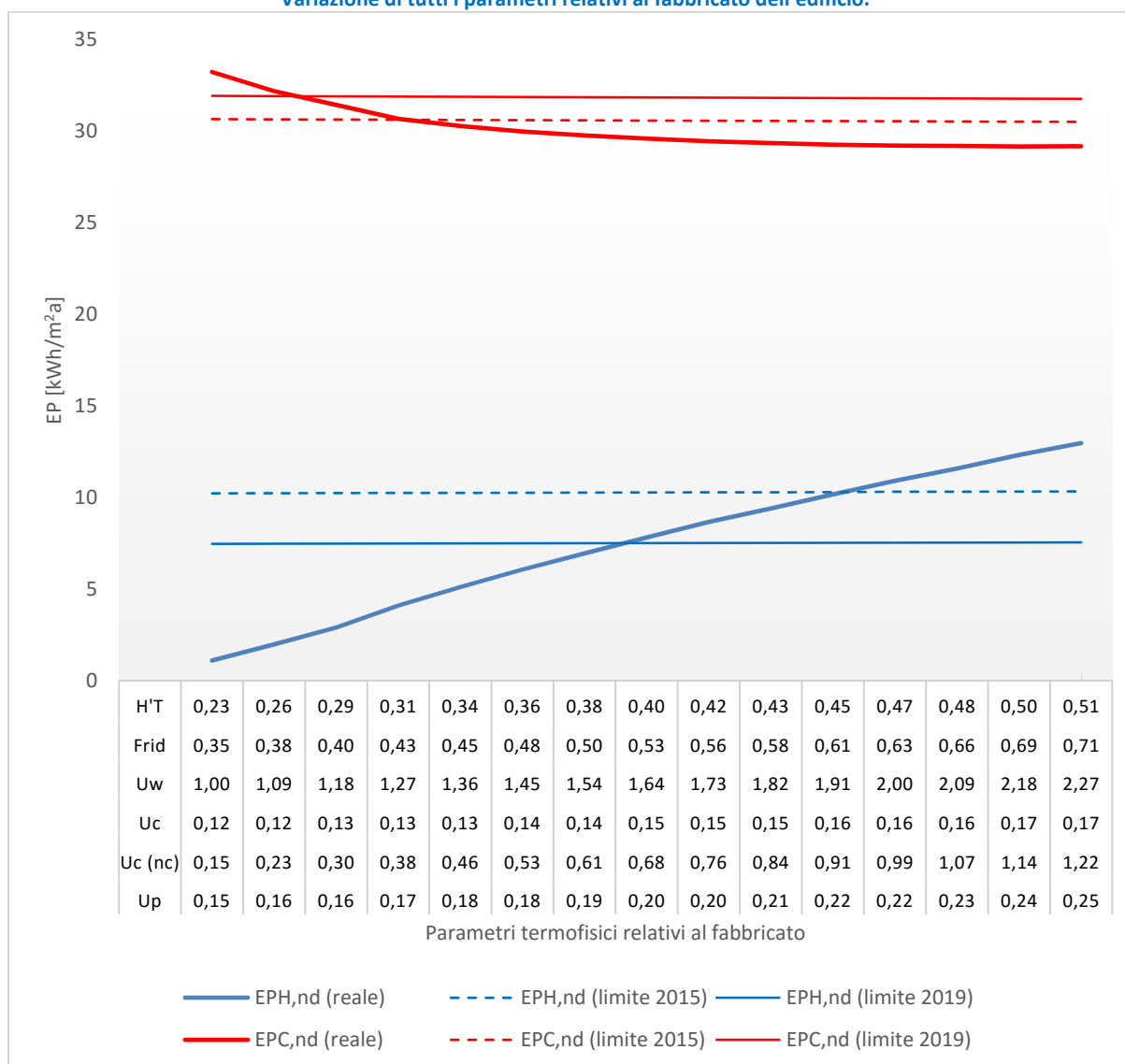
Figura 194 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,223	0,240	0,150	0,205
U - Serramenti	W/m²K	1,972	2,205	1,000	1,739
ggl+sh/ggl	-	0,626	0,693	0,350	0,560
A _{sol,est} /A _{sup utile}	m²/m²	0,029	0,032	0,016	0,026
H' _T	W/m²K	0,612	0,666	0,383	0,557
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	3,45	4,32	0,79	2,59
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,33	4,33	2,60	2,63
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,26	32,27	32,96	32,53
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,44	32,42	34,03	33,96

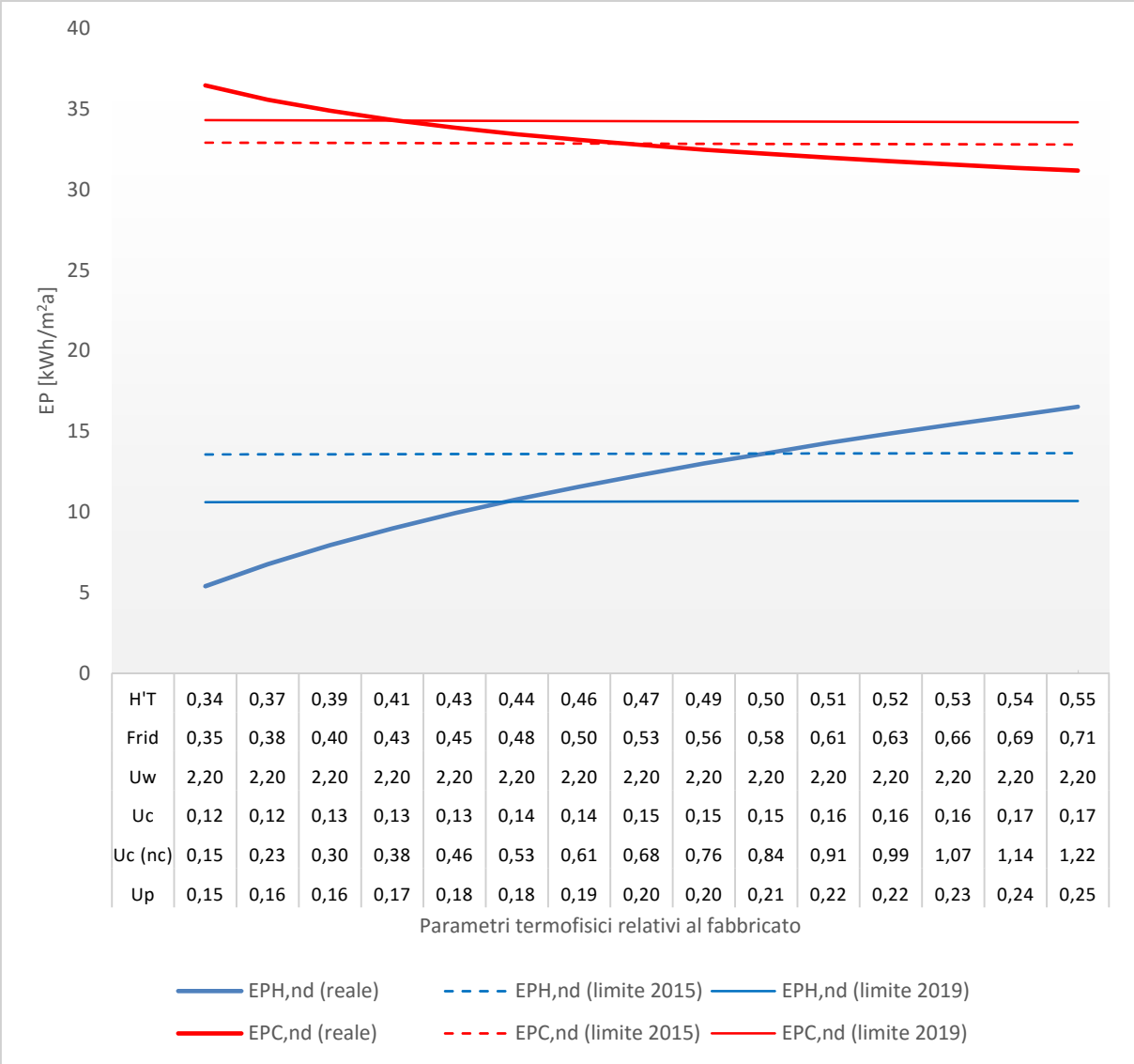
Figura 195 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.7.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,171	0,219	0,160	0,195
U - Solaio verso N.C.	W/m²K	0,390	0,924	0,259	0,652
U - Copertura	W/m²K	0,131	0,157	0,125	0,144
U - Serramenti	W/m²K	1,285	1,920	1,130	1,596
ggl+sh/ggl	-	0,431	0,612	0,387	0,519
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,018	0,025	0,016	0,021
H' _T	W/m²K	0,316	0,452	0,272	0,389
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	4,27	10,28	2,38	7,48
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,26	10,30	7,49	7,52
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	30,60	29,24	31,79	29,63
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	30,61	30,53	31,89	31,83

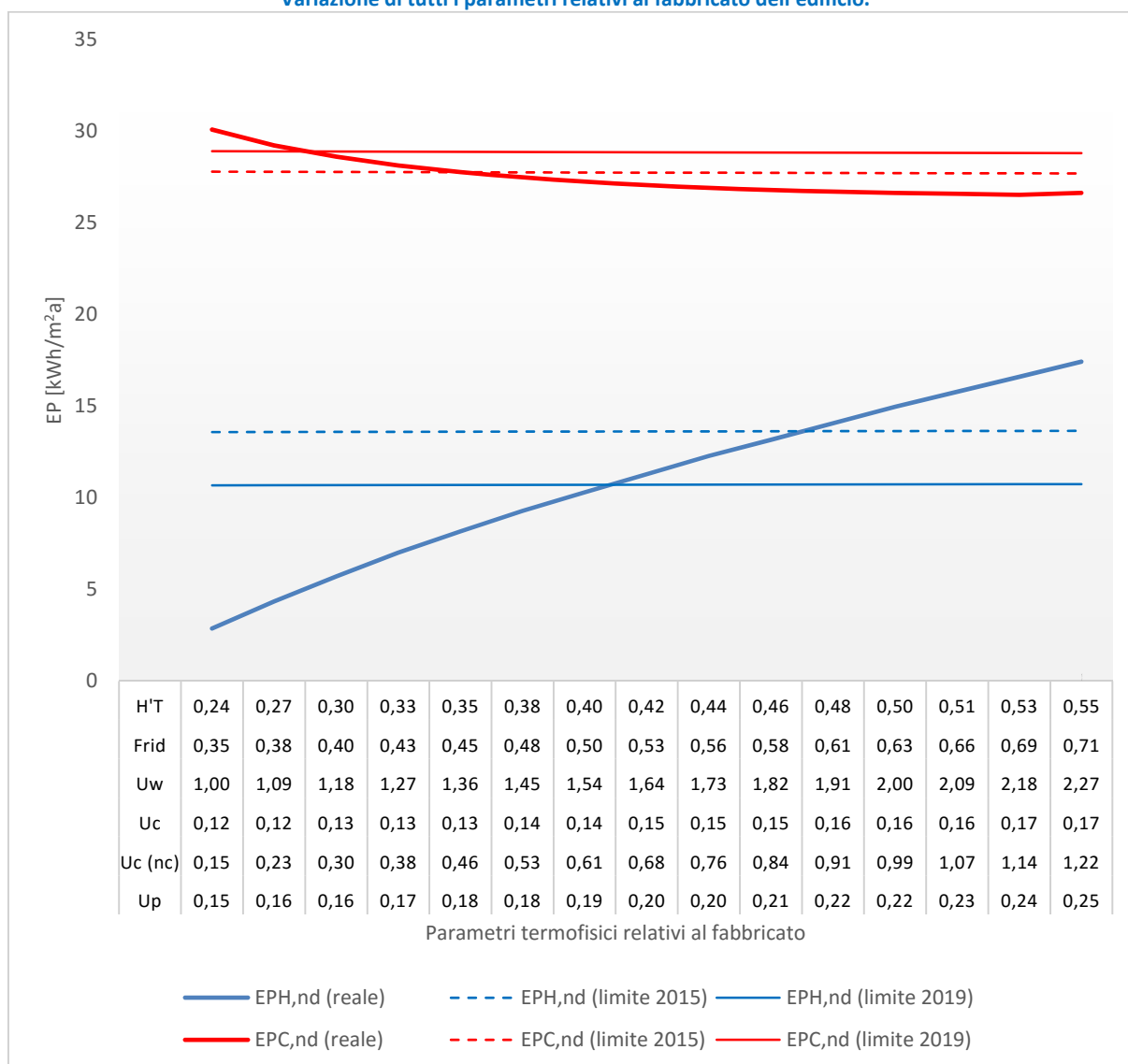
Figura 196 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.8.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,196	0,210	0,171	0,182
U - Solaio verso N.C.	W/m²K	0,662	0,826	0,390	0,510
U - Copertura	W/m²K	0,144	0,152	0,131	0,137
U - Serramenti	W/m²K	2,200	2,200	2,200	2,200
ggl+sh/ggl	-	0,523	0,578	0,431	0,472
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,020	0,022	0,017	0,018
H' _T	W/m²K	0,468	0,495	0,412	0,439
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	12,10	13,55	9,11	10,53
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,61	13,62	10,62	10,63
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,85	32,25	34,24	33,55
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,85	32,84	34,27	34,26

Figura 197 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.9.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,178	0,214	0,161	0,193
U - Solaio verso N.C.	W/m²K	0,466	0,870	0,270	0,630
U - Copertura	W/m²K	0,135	0,154	0,126	0,143
U - Serramenti	W/m²K	1,376	1,855	1,143	1,570
ggl+sh/ggl	-	0,457	0,593	0,391	0,512
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,021	0,027	0,018	0,023
H' _T	W/m²K	0,357	0,468	0,288	0,405
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	8,32	13,57	5,13	10,59
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,60	13,63	10,68	10,70
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,71	26,73	28,83	27,17
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,75	27,71	28,87	28,84

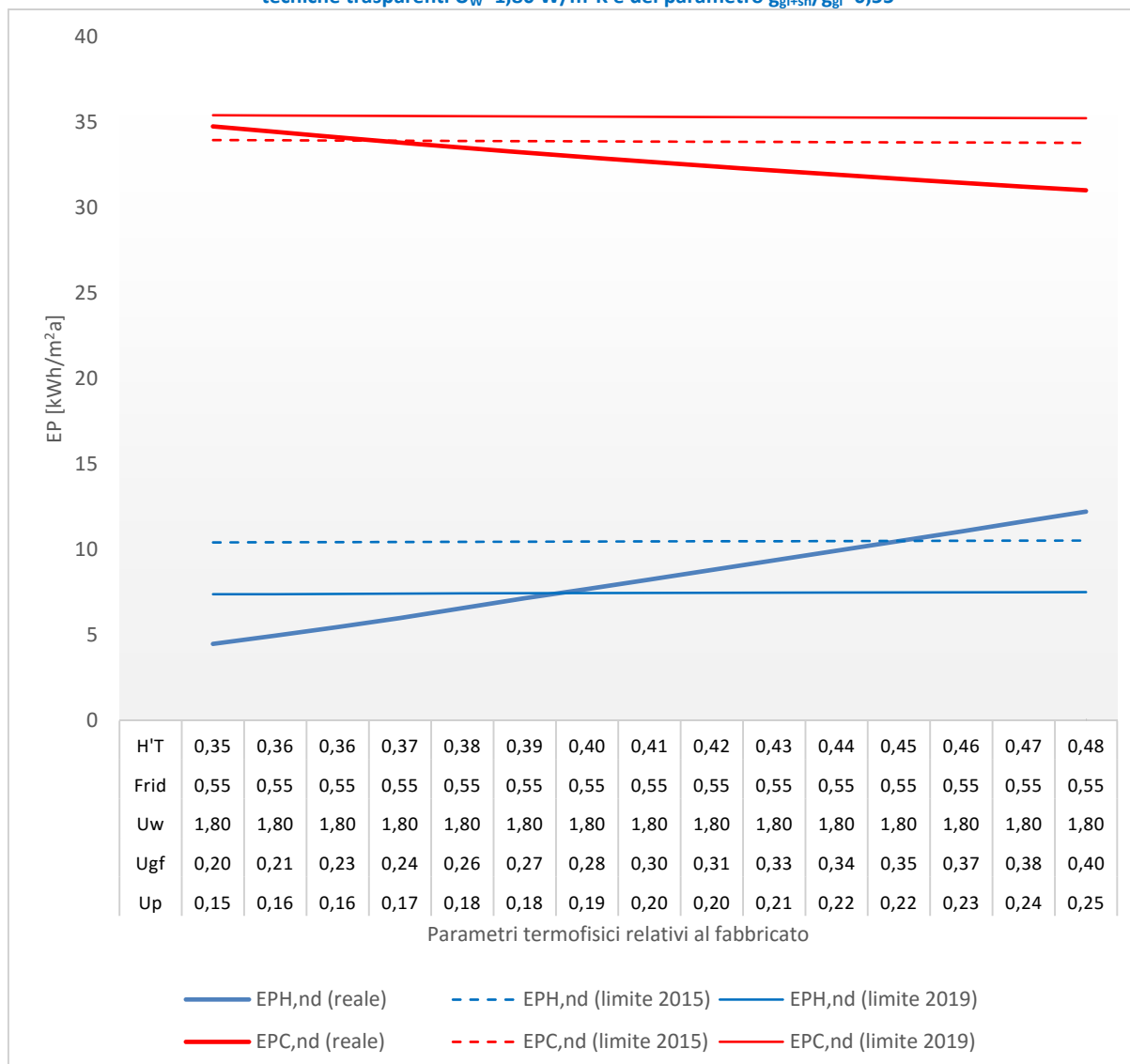
Tabella 182 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182	0,173	0,182
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,248	0,266	0,248	0,266	0,248	0,266												
U - Copertura	W/m²K													0,132	0,137	0,132	0,137	0,132	0,137
U - Solaio verso N.C	W/m²K													0,412	0,510	0,412	0,510	0,412	0,510
U - Serramenti	W/m²K	1,311	1,428	2,000	2,000	1,311	1,428	1,600	1,600	2,100	2,100	1,311	1,428	1,311	1,428	2,200	2,200	1,311	1,428
g _{gl} +sh/g _{gl}	-	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472	0,438	0,472
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,020	0,022	0,017	0,018	0,020	0,022	0,018	0,019	0,017	0,018	0,020	0,022	0,018	0,019	0,017	0,018	0,020	0,022
H' _T	W/m²K	0,344	0,365	0,420	0,433	0,371	0,394	0,408	0,415	0,634	0,639	0,456	0,484	0,322	0,351	0,417	0,439	0,339	0,370
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	5,23	6,10	9,34	10,02	8,68	9,66	0,48	0,46	2,23	2,32	1,48	1,76	4,54	5,79	9,38	10,53	7,49	8,94
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	7,43	7,44	10,54	10,55	10,02	10,02	1,22	1,22	2,49	2,50	2,61	2,62	7,50	7,51	10,62	10,63	10,69	10,69
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	33,23	33,06	34,16	33,81	26,69	26,57	35,20	35,76	39,40	39,29	32,73	32,66	30,49	30,06	34,11	33,55	27,95	27,55
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	35,37	35,35	34,16	34,15	28,75	28,74	37,64	37,62	39,80	39,79	34,00	33,99	31,87	31,85	34,27	34,26	28,86	28,85

Tabella 183 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-14,5%	-8,3%	-14,5%	-8,3%	-14,5%	-8,3%												
U - Copertura	W/m²K													-49,1%	-47,3%	-49,1%	-47,3%	-49,1%	-47,3%
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													58,3%	96,1%	58,3%	96,1%	58,3%	96,1%
U - Serramenti	W/m²K	-27,2%	-20,7%	11,1%	11,1%	-27,2%	-20,7%	-11,1%	-11,1%	16,7%	16,7%	-27,2%	-20,7%	-27,2%	-20,7%	22,2%	22,2%	-27,2%	-20,7%
g _{gl} +sh/g _{gl}	-	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%
EP _{H,nd}	kWh/m²a	-29,5%	-18,0%	-11,3%	-5,0%	-13,3%	-3,6%	-60,8%	-62,7%	-10,5%	-7,2%	-43,1%	-32,8%	-39,5%	-22,9%	-11,7%	-0,9%	-29,9%	-16,4%
EP _{C,nd}	kWh/m²a	-6,0%	-6,5%	0,0%	-1,0%	-7,2%	-7,5%	-6,5%	-4,9%	-1,0%	-1,3%	-3,7%	-3,9%	-4,3%	-5,6%	-0,5%	-2,1%	-3,1%	-4,5%

Figura 198 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.1. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$

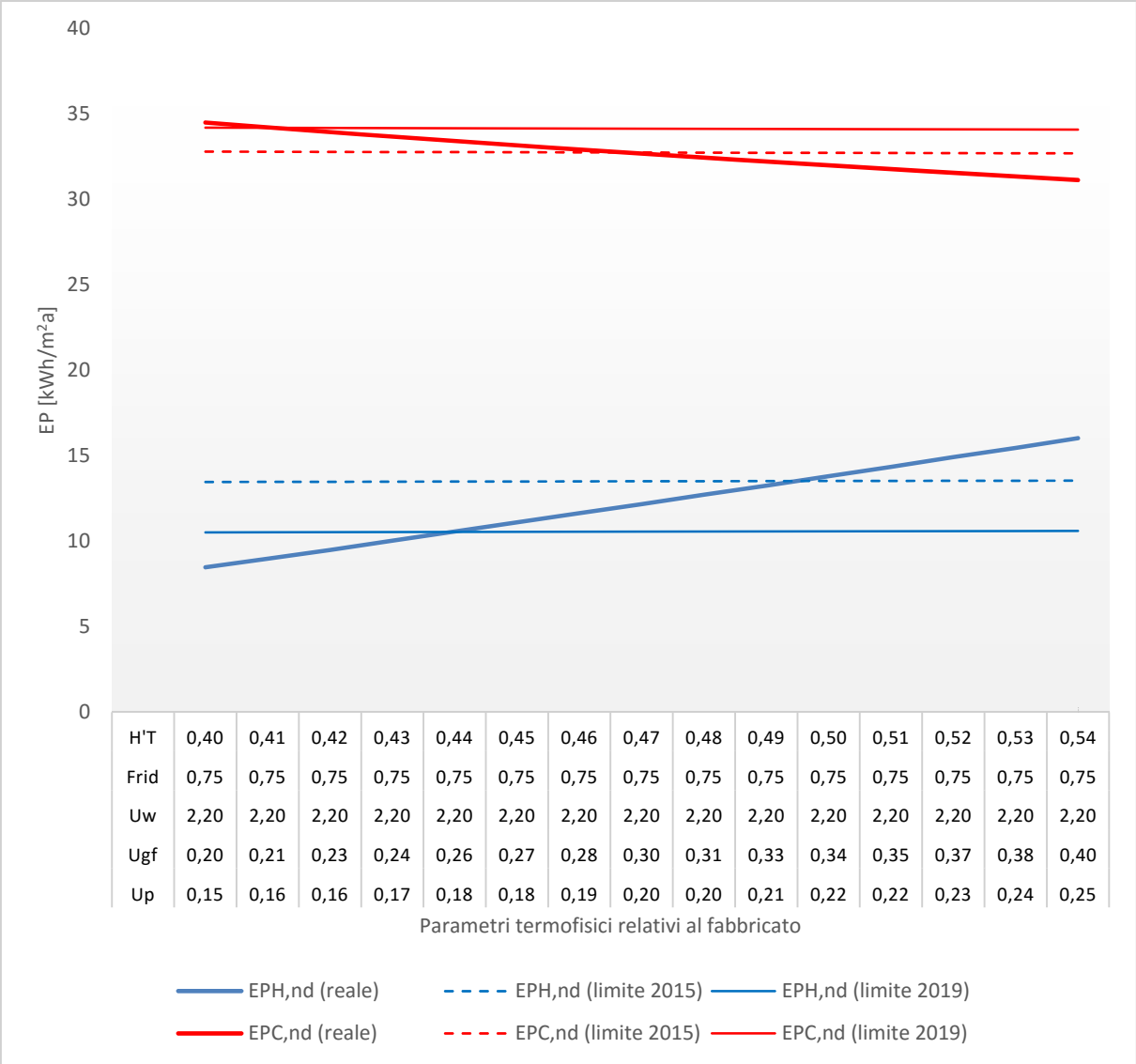


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,168	0,225	0,150	0,188
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,238	0,354	0,200	0,278
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,025	0,025	0,025	0,025
H'_T	W/m²K	0,371	0,450	0,346	0,399
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	5,87	10,50	4,48	7,45
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	10,45	10,51	7,39	7,46
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	33,90	31,70	34,76	33,07
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	33,93	33,83	35,41	35,34

Figura 199 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.2.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$

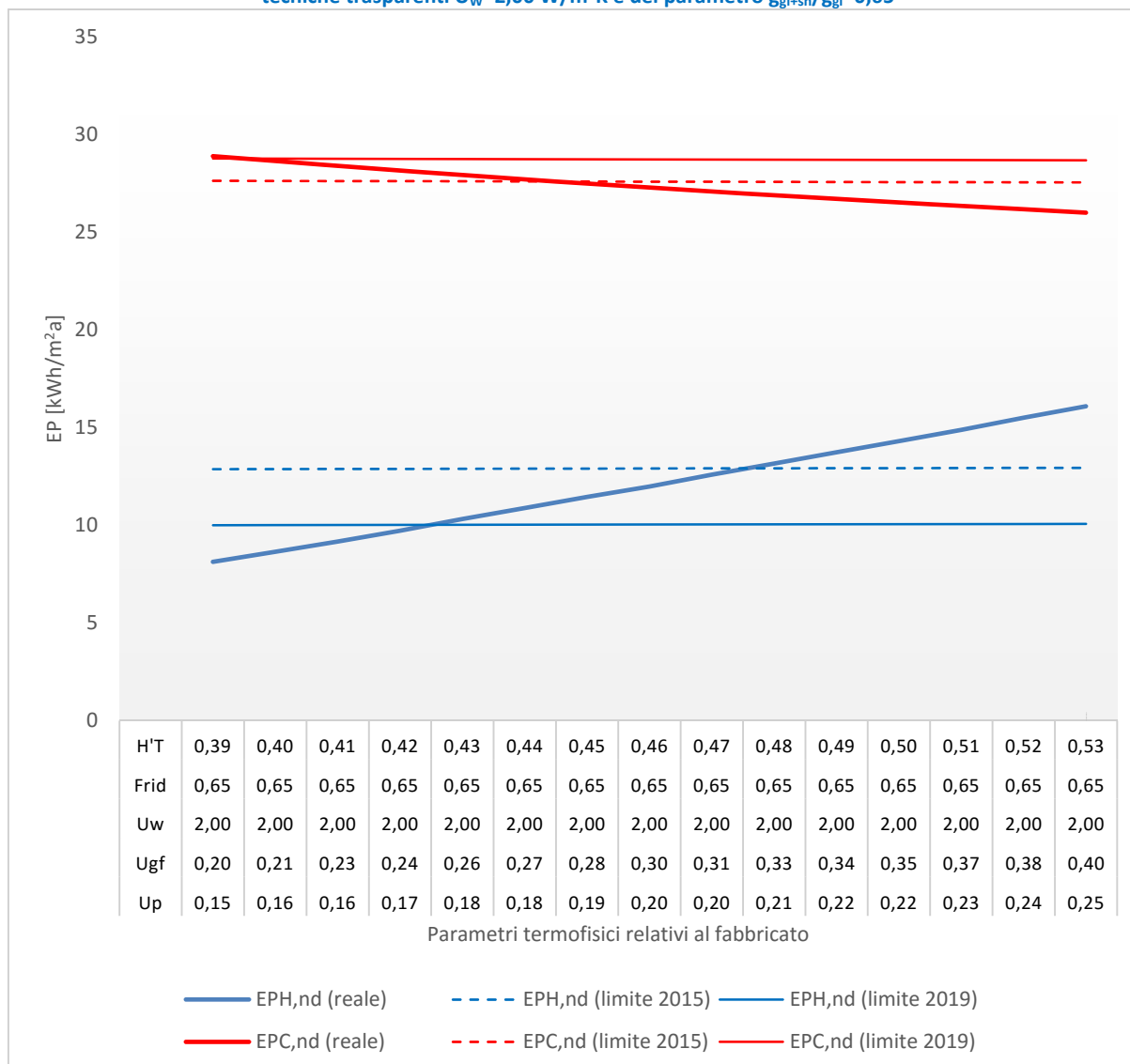


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,196	0,214	0,158	0,176
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,294	0,332	0,216	0,254
U - Serramenti	W/m²K	2,200	2,200	2,200	2,200
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
H'_T	W/m²K	0,469	0,496	0,414	0,441
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	12,02	13,48	9,06	10,49
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,51	13,52	10,52	10,54
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,74	32,11	34,17	33,44
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,74	32,72	34,18	34,16

Figura 200 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.3. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$

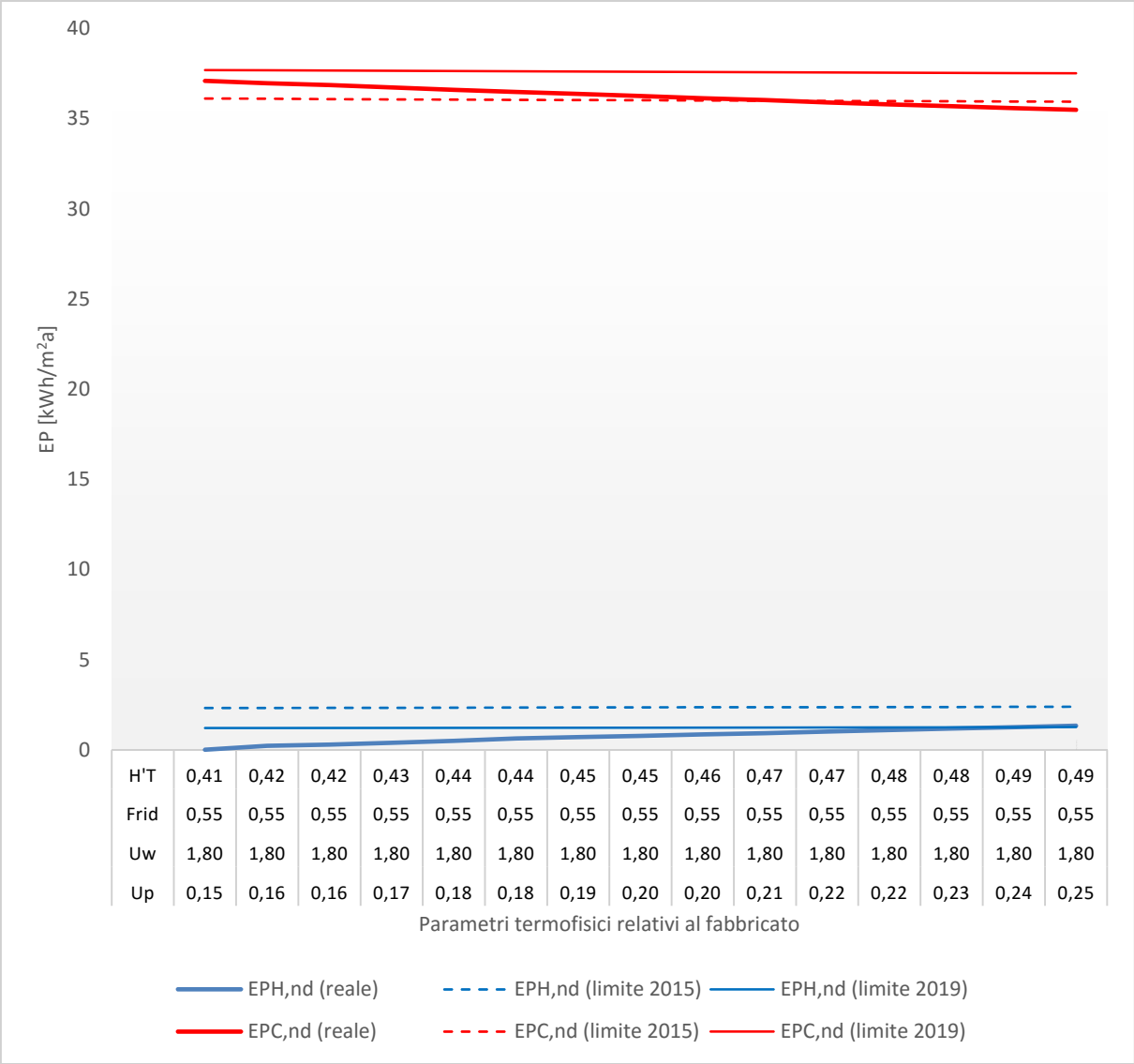


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,188	0,208	0,154	0,173
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,278	0,320	0,208	0,248
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,030	0,030	0,030	0,030
H'_T	W/m²K	0,448	0,478	0,396	0,426
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,20	12,90	8,41	9,99
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	12,90	12,91	10,00	10,02
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,58	26,97	28,75	28,05
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,60	27,58	28,77	28,75

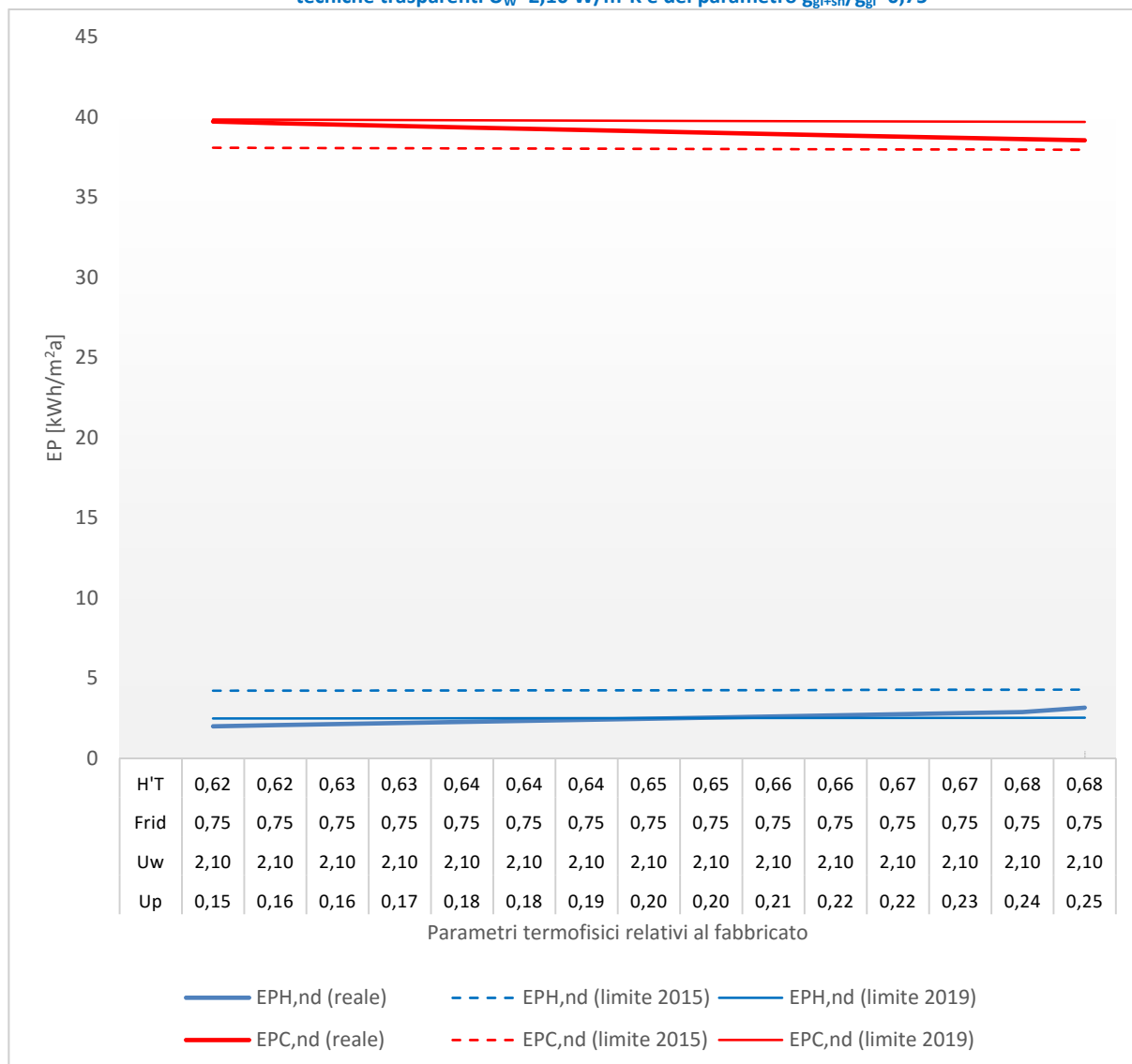
Figura 201 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.4.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,212	0,247	0,150	0,237
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,022	0,022	0,022	0,022
H'_T	W/m²K	0,467	0,496	0,413	0,489
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	0,95	1,35	0,00	1,25
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	2,37	2,39	1,21	1,25
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	35,98	35,45	37,08	35,58
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	35,99	35,93	37,68	37,52

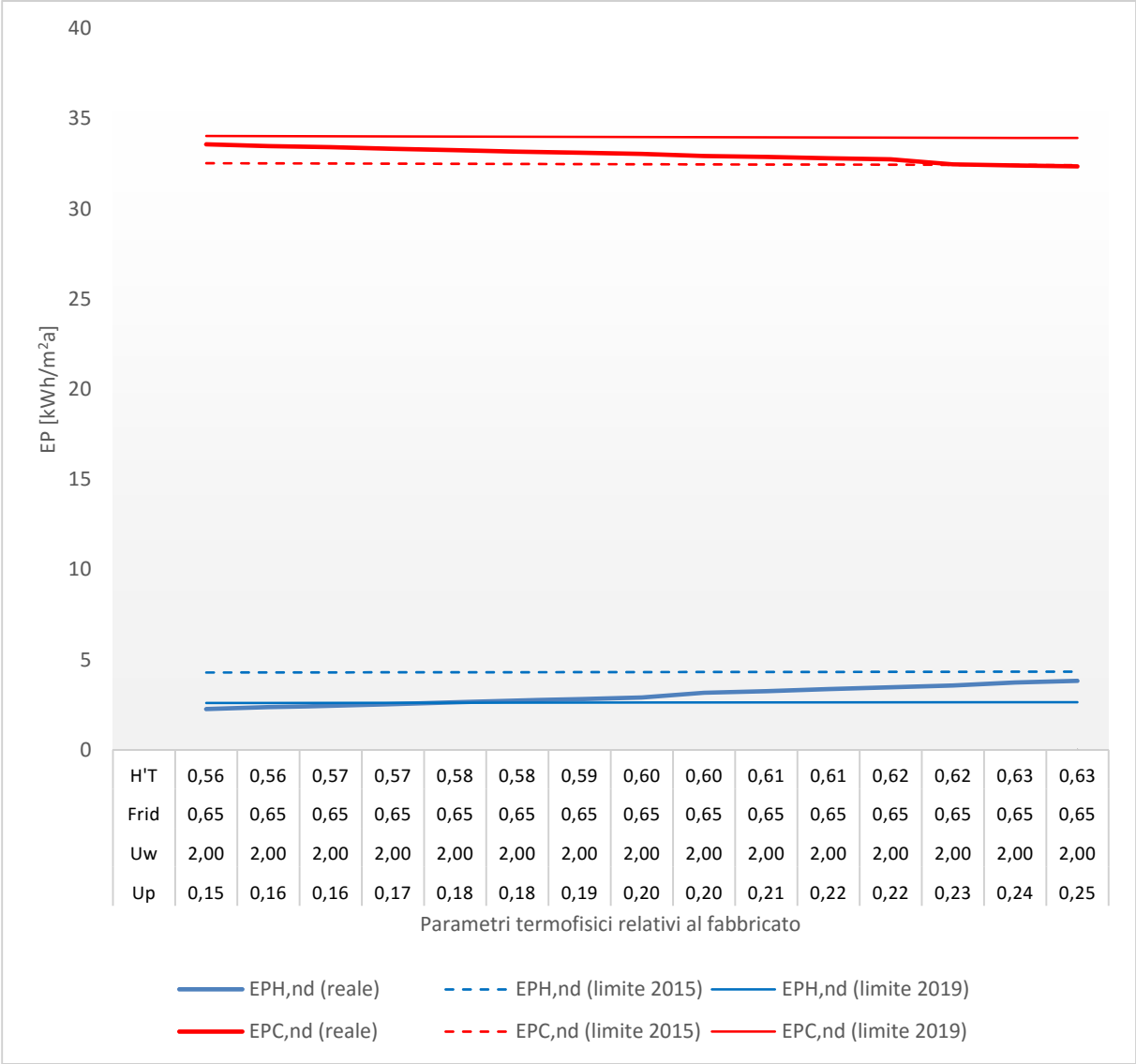
Figura 202 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.5.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K			0,150	0,201
U - Serramenti	W/m²K			2,100	2,100
g_{gl+sh}/g_{gl}	-			0,750	0,750
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²			0,029	0,029
H'_T	W/m²K			0,618	0,651
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a			1,99	2,49
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a			2,48	2,51
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a			39,72	39,06
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a			39,84	39,75

Figura 203 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,237	0,247	0,150	0,176
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,378	0,400	0,200	0,254
U - Copertura	W/m²K	0,166	0,172	0,120	0,134
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,030	0,030	0,030	0,030
H'_T	W/m²K	0,627	0,636	0,556	0,578
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	3,69	3,86	2,26	2,62
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	4,33	4,34	2,60	2,62
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	32,42	32,33	33,57	33,26
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	32,43	32,42	34,03	34,00

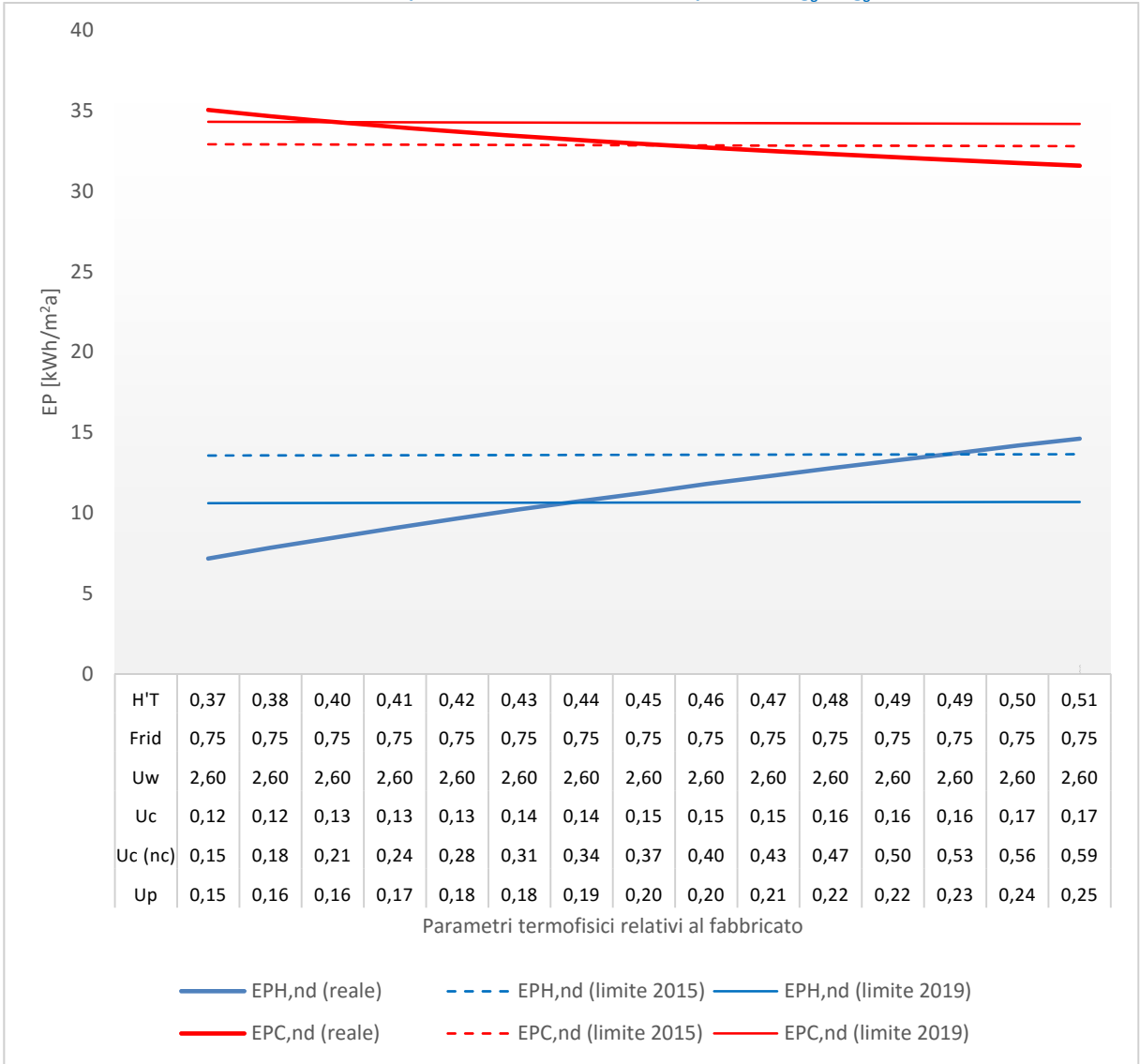
Figura 204 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.7. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,167	0,247	0,150	0,209
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,227	0,600	0,150	0,425
U - Copertura	W/m²K	0,129	0,172	0,120	0,152
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,018	0,018	0,018	0,018
H'_T	W/m²K	0,312	0,424	0,282	0,376
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	4,05	10,16	2,56	7,50
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	10,25	10,34	7,48	7,53
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	30,58	27,71	31,85	28,76
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	30,62	30,49	31,91	31,80

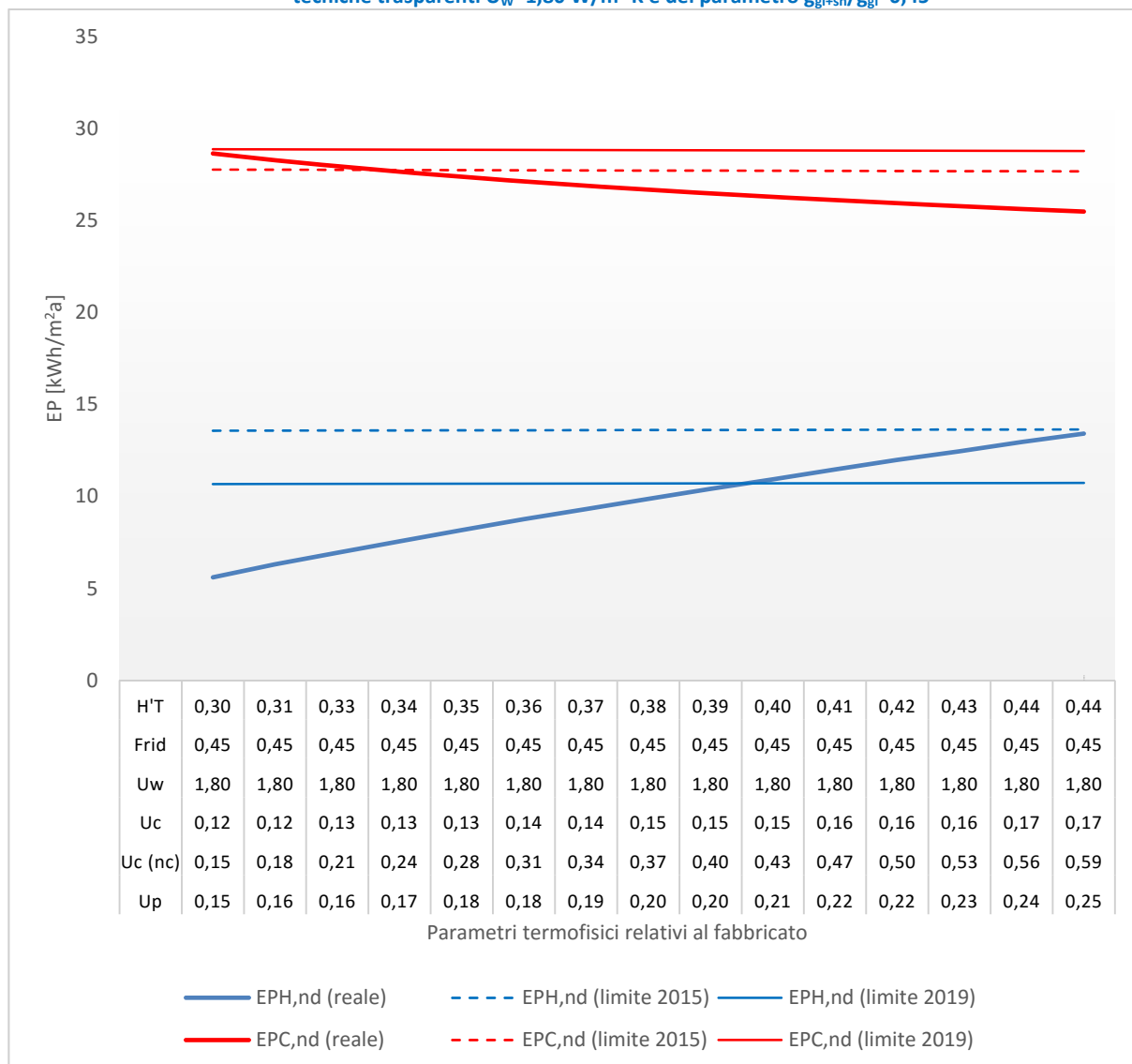
Figura 205 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.8.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,75$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,201	0,231	0,165	0,189
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,384	0,524	0,218	0,330
U - Copertura	W/m²K	0,147	0,163	0,128	0,141
U - Serramenti	W/m²K	2,600	2,600	2,600	2,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,750	0,750	0,750	0,750
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
H'_T	W/m²K	0,454	0,493	0,398	0,437
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	11,47	13,64	8,53	10,59
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	13,61	13,64	10,61	10,63
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	32,84	31,94	34,26	33,23
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	32,85	32,81	34,28	34,25

Figura 206 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Unità Immobiliare U.I.9.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=1,80 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ e del parametro $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,168	0,247	0,150	0,208
U - Sol verso N.C.	W/m²K	0,236	0,600	0,150	0,420
U - Copertura	W/m²K	0,130	0,172	0,120	0,151
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,021	0,021	0,021
H'_T	W/m²K	0,336	0,446	0,301	0,397
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	7,39	13,57	5,60	10,70
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	13,59	13,65	10,67	10,71
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	27,73	25,46	28,65	26,37
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	27,76	27,68	28,89	28,82

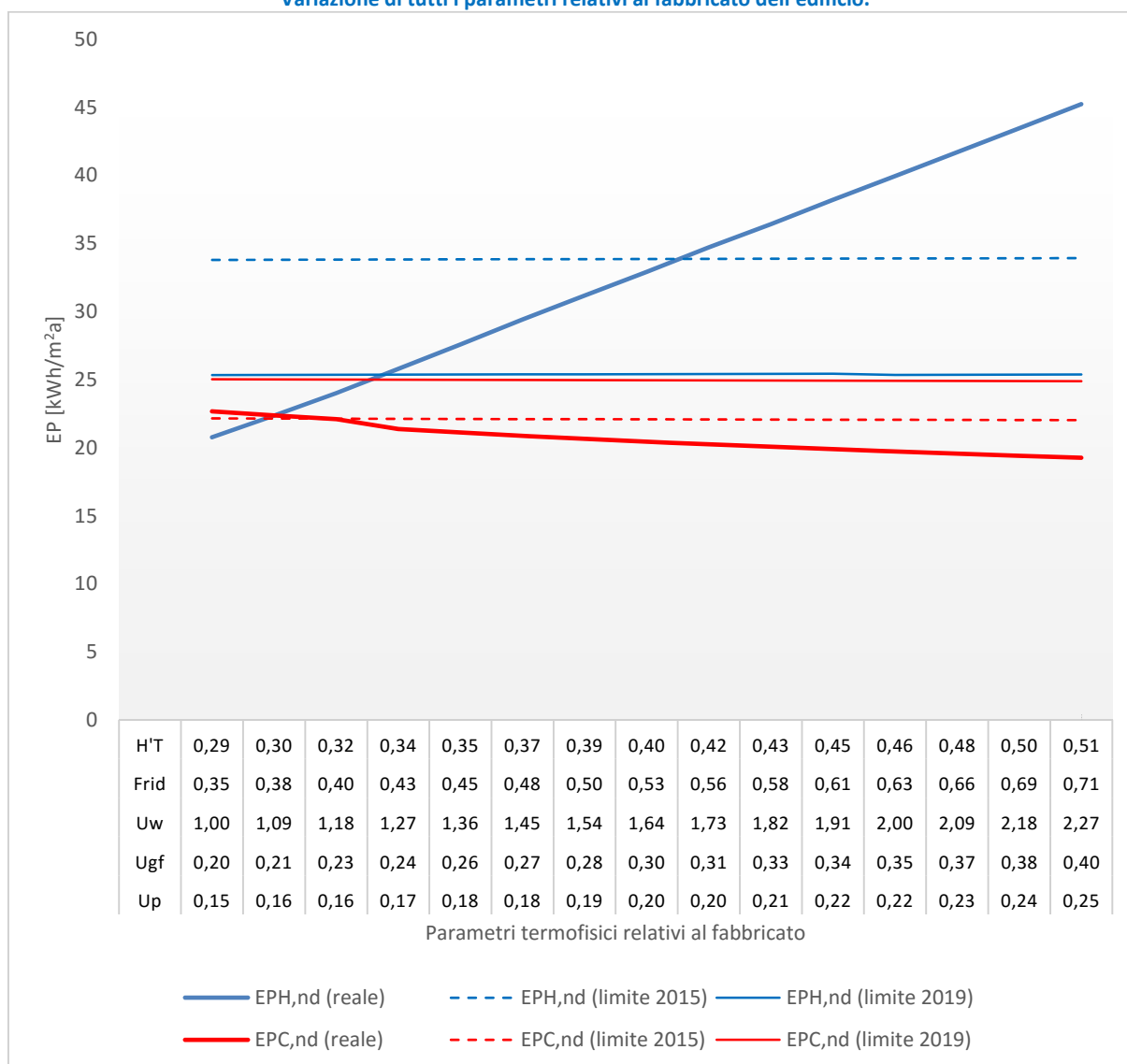
Tabella 184 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173	0,165	0,173
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,230	0,248	0,230	0,248	0,230	0,248												
U - Copertura	W/m²K													0,128	0,132	0,128	0,132	0,128	0,132
U - Solaio verso N.C	W/m²K													0,218	0,258	0,218	0,258	0,218	0,258
U - Serramenti	W/m²K	1,800	1,800	2,200	2,200	2,000	2,000	1,800	1,800	2,100	2,100	2,000	2,000	1,800	1,800	2,600	2,600	1,800	1,800
g _{gl+sh} /g _{gl}	-	0,550	0,550	0,750	0,750	0,650	0,650	0,550	0,550	0,750	0,750	0,650	0,650	0,450	0,450	0,750	0,750	0,450	0,450
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,025	0,025	0,029	0,029	0,030	0,030	0,022	0,022	0,029	0,029	0,030	0,030	0,018	0,018	0,029	0,029	0,021	0,021
H' _T	W/m²K	0,366	0,379	0,424	0,437	0,413	0,426	0,425	0,433	0,627	0,634	0,568	0,575	0,309	0,323	0,398	0,413	0,328	0,344
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	5,55	6,27	9,59	10,28	9,26	9,99	0,30	0,42	2,14	2,23	2,44	2,57	3,91	4,63	8,53	9,31	7,03	7,82
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	7,42	7,43	10,53	10,54	10,01	10,02	1,22	1,22	2,49	2,49	2,60	2,61	7,49	7,50	10,61	10,62	10,68	10,69
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	34,08	33,69	33,90	33,55	28,36	28,05	36,84	36,67	39,51	39,40	33,40	33,29	30,68	30,21	34,26	33,85	27,92	27,54
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	35,38	35,37	34,17	34,16	28,76	28,75	37,65	37,64	39,81	39,80	34,01	34,00	31,88	31,87	34,28	34,27	28,87	28,86

Tabella 185 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Roma (Zona climatica D). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%	-43,2%	-40,2%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-20,7%	-14,5%	-20,7%	-14,5%	-20,7%	-14,5%												
U - Copertura	W/m²K													-50,9%	-49,1%	-50,9%	-49,1%	-50,9%	-49,1%
U - Solaio verso N.C.	W/m²K													-16,3%	-0,8%	-16,3%	-0,8%	-16,3%	-0,8%
U - Serramenti	W/m²K	0,0%	0,0%	22,2%	22,2%	11,1%	11,1%	0,0%	0,0%	16,7%	16,7%	11,1%	11,1%	0,0%	0,0%	44,4%	44,4%	0,0%	0,0%
g _{gl+sh} /g _{gl}	-	57,1%	57,1%	114,3%	114,3%	85,7%	85,7%	57,1%	57,1%	114,3%	114,3%	85,7%	85,7%	28,6%	28,6%	114,3%	114,3%	28,6%	28,6%
EP _{H,nd}	kWh/m²a	-25,2%	-15,6%	-9,0%	-2,5%	-7,5%	-0,3%	-75,3%	-65,8%	-14,1%	-10,5%	-6,1%	-1,3%	-47,9%	-38,3%	-19,6%	-12,4%	-34,2%	-26,9%
EP _{C,nd}	kWh/m²a	-3,7%	-4,7%	-0,8%	-1,8%	-1,4%	-2,4%	-2,2%	-2,6%	-0,7%	-1,0%	-1,8%	-2,1%	-3,8%	-5,2%	-0,1%	-1,2%	-3,3%	-4,6%

Figura 207 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.1.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

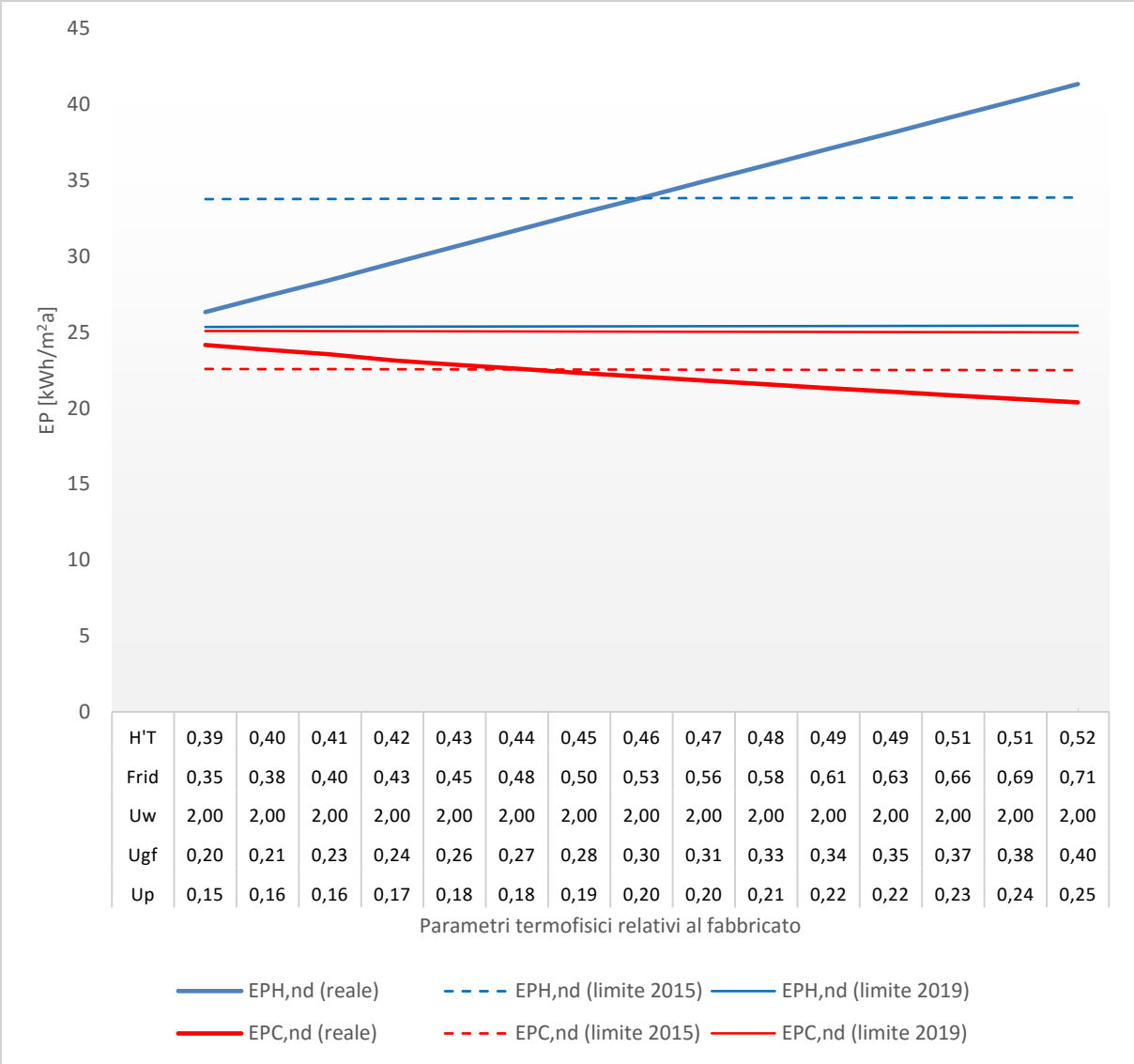


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,163	0,201	0,150	0,168
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,226	0,304	0,200	0,238
U - Serramenti	W/m²K	1,168	1,674	1,000	1,246
ggl+sh/ggl	-	0,398	0,542	0,350	0,420
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,017	0,023	0,015	0,018
H'_T	W/m²K	0,318	0,408	0,289	0,332
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	23,76	33,65	20,76	25,28
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	33,81	33,86	25,33	25,36
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,12	20,36	22,66	21,87
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,13	22,08	25,02	24,99

Figura 208 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.2. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,185	0,197		
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,272	0,296		
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000		
ggl+sh/ggl	-	0,483	0,527		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,017	0,019		
H'_T	W/m²K	0,437	0,454		
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	31,88	33,69		
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	33,80	33,83		
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	22,56	22,11		
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	22,56	22,55		

Figura 209 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.3.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

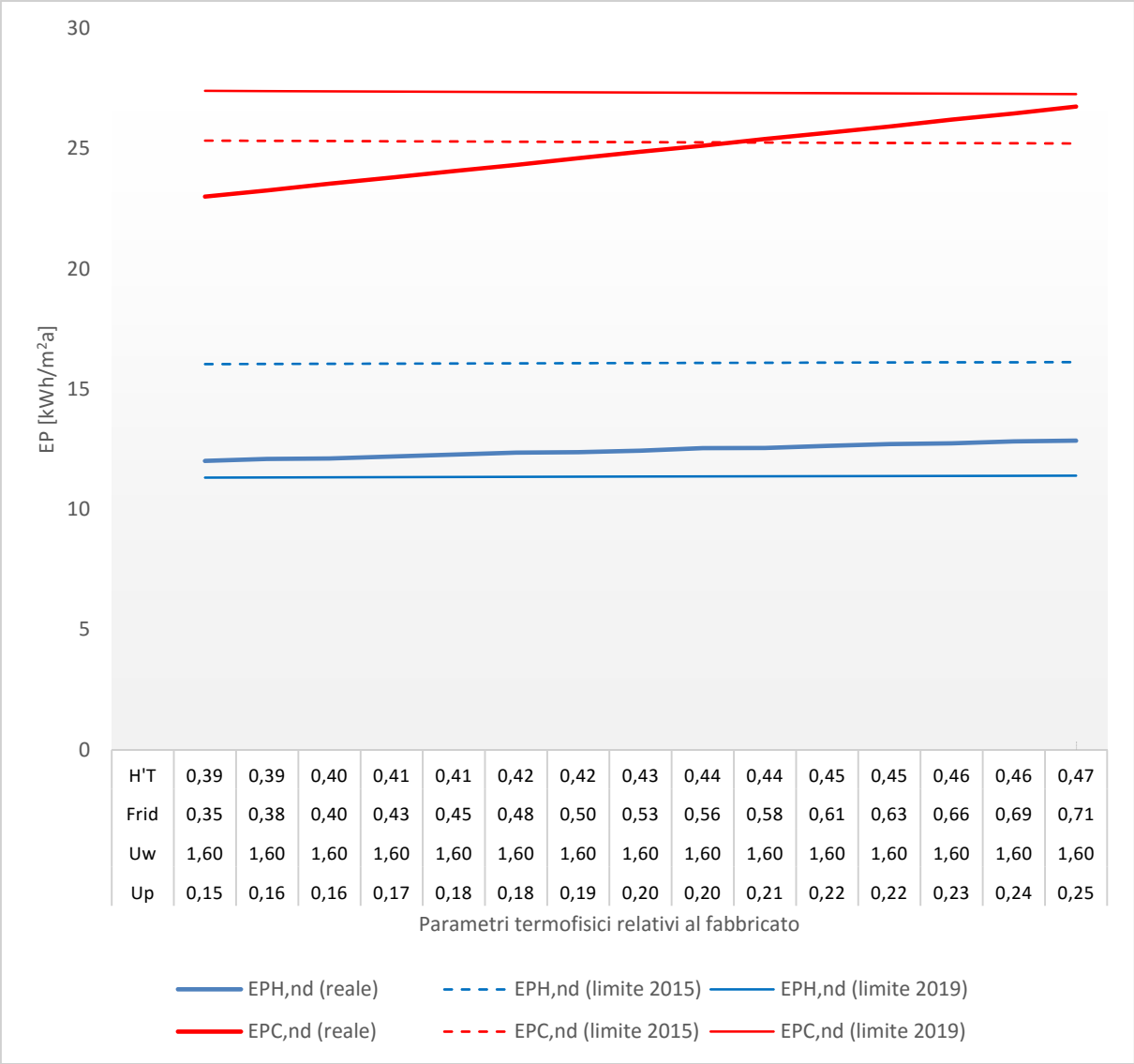


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,191	0,150	0,161
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,200	0,284	0,200	0,222
U - Serramenti	W/m²K	1,000	1,544	1,000	1,143
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,505	0,350	0,391
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,015	0,021	0,015	0,017
H'_T	W/m²K	0,311	0,416	0,311	0,338
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	24,96	35,47	24,96	27,65
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	35,64	35,68	27,69	27,70
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,44	16,17	17,44	17,08
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	17,72	17,69	19,65	19,65

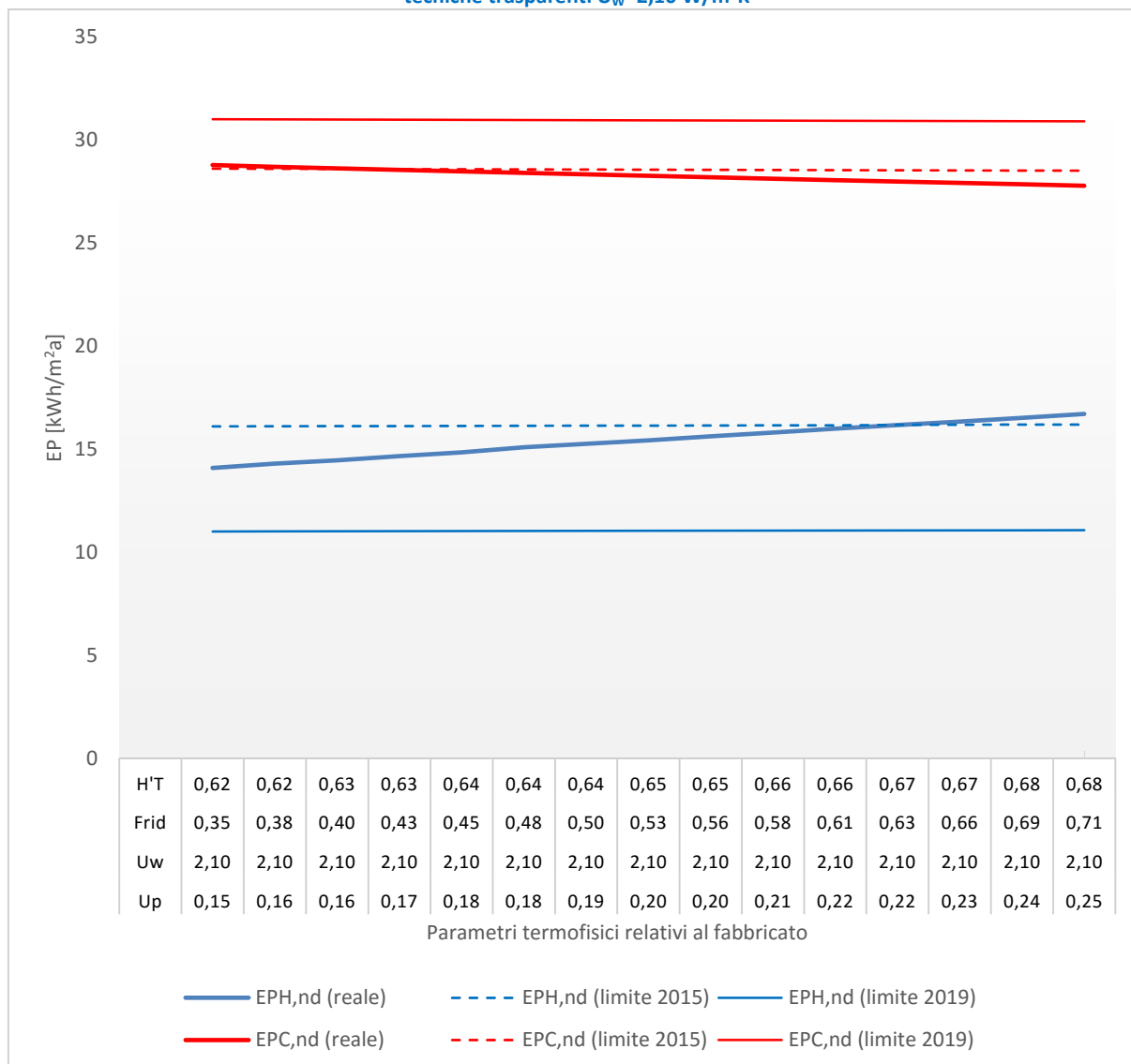
Figura 210 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.4. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,207		
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600		
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,567		
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,013	0,022		
H' _T	W/m²K	0,388	0,437		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	12,01	12,55		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	16,04	16,09		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,00	25,24		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	25,33	25,26		

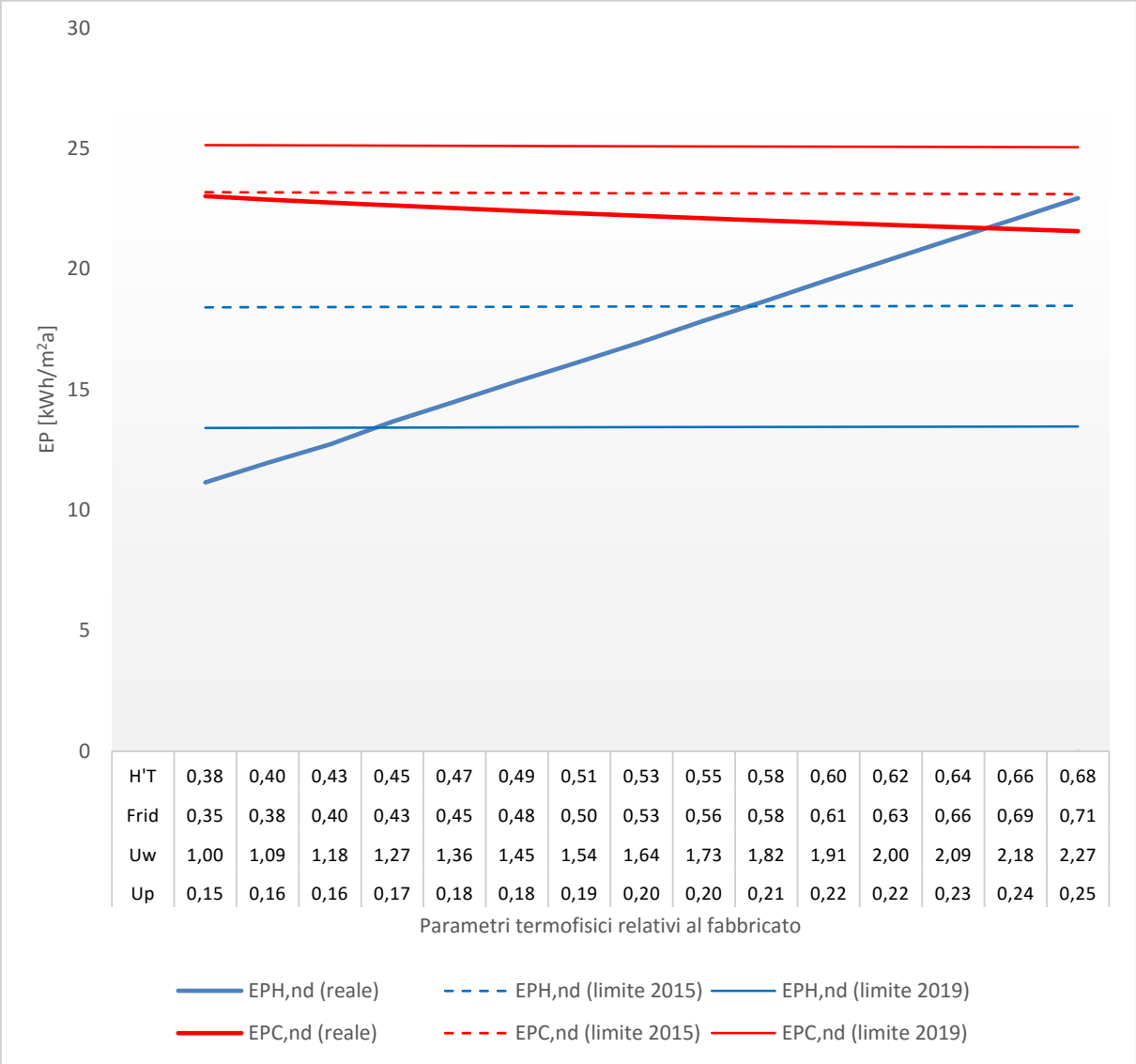
Figura 211 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.5. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,168	0,225		
U - Serramenti	W/m²K	2,100	2,100		
ggl+sh/ggl	-	0,420	0,634		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,015	0,023		
H'_T	W/m²K	0,631	0,667		
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	14,61	16,16		
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	16,12	16,18		
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	28,56	27,98		
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	28,58	28,53		

Figura 212 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,209	0,150	0,167
U - Serramenti	W/m²K	1,000	1,791	1,000	1,233
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,575	0,350	0,416
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,015	0,024	0,015	0,018
H' _T	W/m²K	0,383	0,569	0,383	0,437
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,14	18,43	11,14	13,28
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	18,41	18,45	13,40	13,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,02	22,04	23,02	22,70
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,19	23,14	25,14	25,12

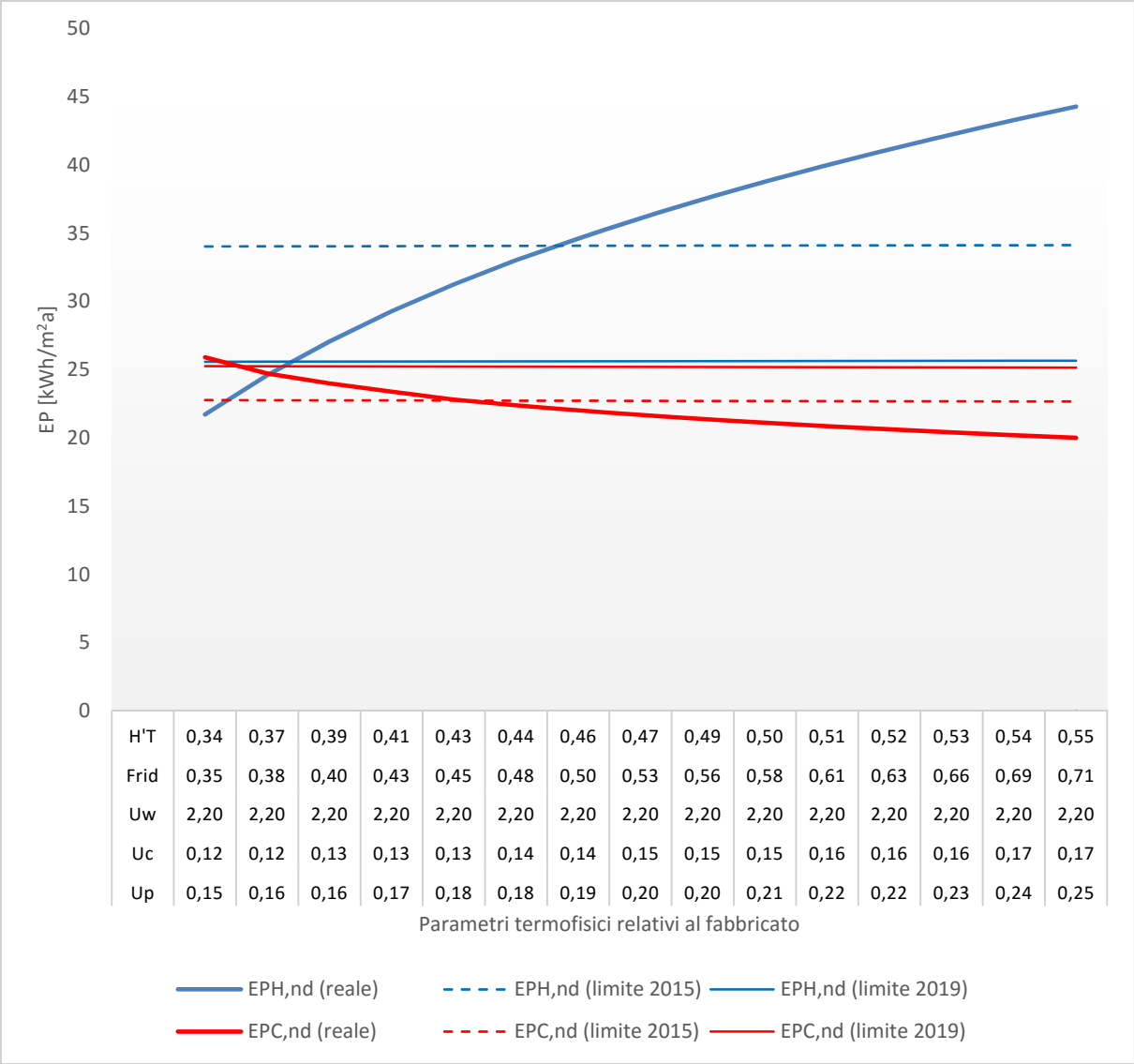
Figura 213 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.7.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,172	0,200	0,151	0,175
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,246	0,302	0,202	0,252
U - Copertura	W/m²K	0,132	0,146	0,121	0,133
U - Serramenti	W/m²K	1,298	1,661	1,013	1,337
ggl+sh/ggl	-	0,435	0,538	0,354	0,446
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,017	0,020	0,013	0,017
H' _T	W/m²K	0,319	0,402	0,233	0,329
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	23,52	32,52	14,40	24,64
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	32,63	32,66	24,69	24,72
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	19,69	18,29	22,41	19,47
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	19,89	19,86	22,44	22,39

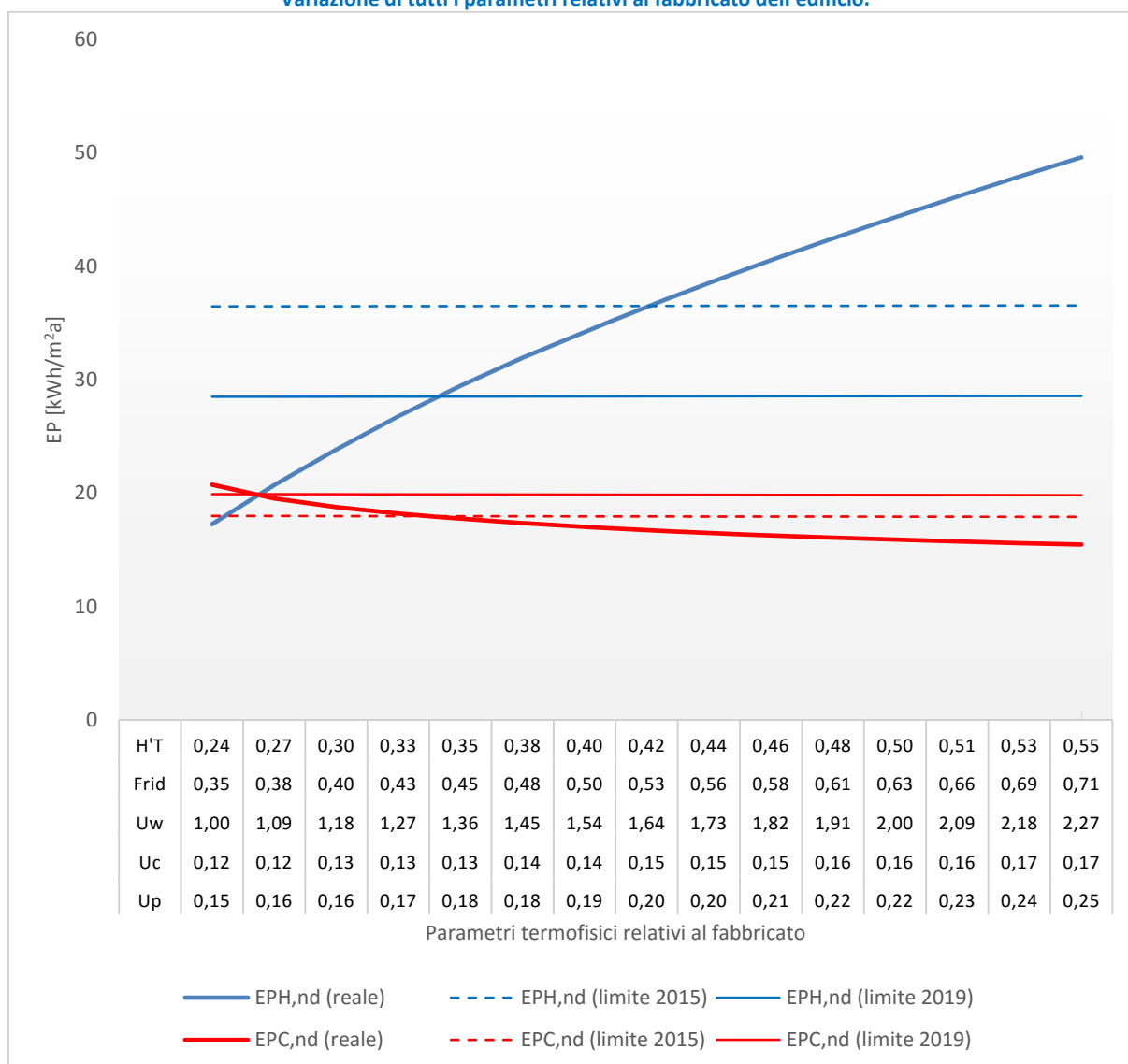
Figura 214 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.8. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,179	0,188	0,155	0,159
U - Copertura	W/m²K	0,136	0,140	0,123	0,125
U - Serramenti	W/m²K	2,20	2,20	2,20	2,20
ggl+sh/ggl	-	0,461	0,494	0,368	0,383
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,017	0,018	0,013	0,014
H'T	W/m²K	0,432	0,453	0,358	0,372
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	31,75	33,94	23,81	25,32
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	34,06	34,07	25,58	25,58
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,68	22,16	24,95	24,50
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,73	22,72	25,24	25,24

Figura 215 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.9.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,174	0,198	0,156	0,174
U - Copertura	W/m²K	0,133	0,145	0,123	0,133
U - Serramenti	W/m²K	1,324	1,635	1,078	1,324
ggl+sh/ggl	-	0,442	0,531	0,372	0,442
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,019	0,022	0,016	0,019
H' _T	W/m²K	0,343	0,420	0,267	0,343
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	28,28	36,39	20,23	28,28
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	36,47	36,49	28,48	28,50
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	17,92	16,74	19,64	17,92
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	17,96	17,94	19,90	19,88

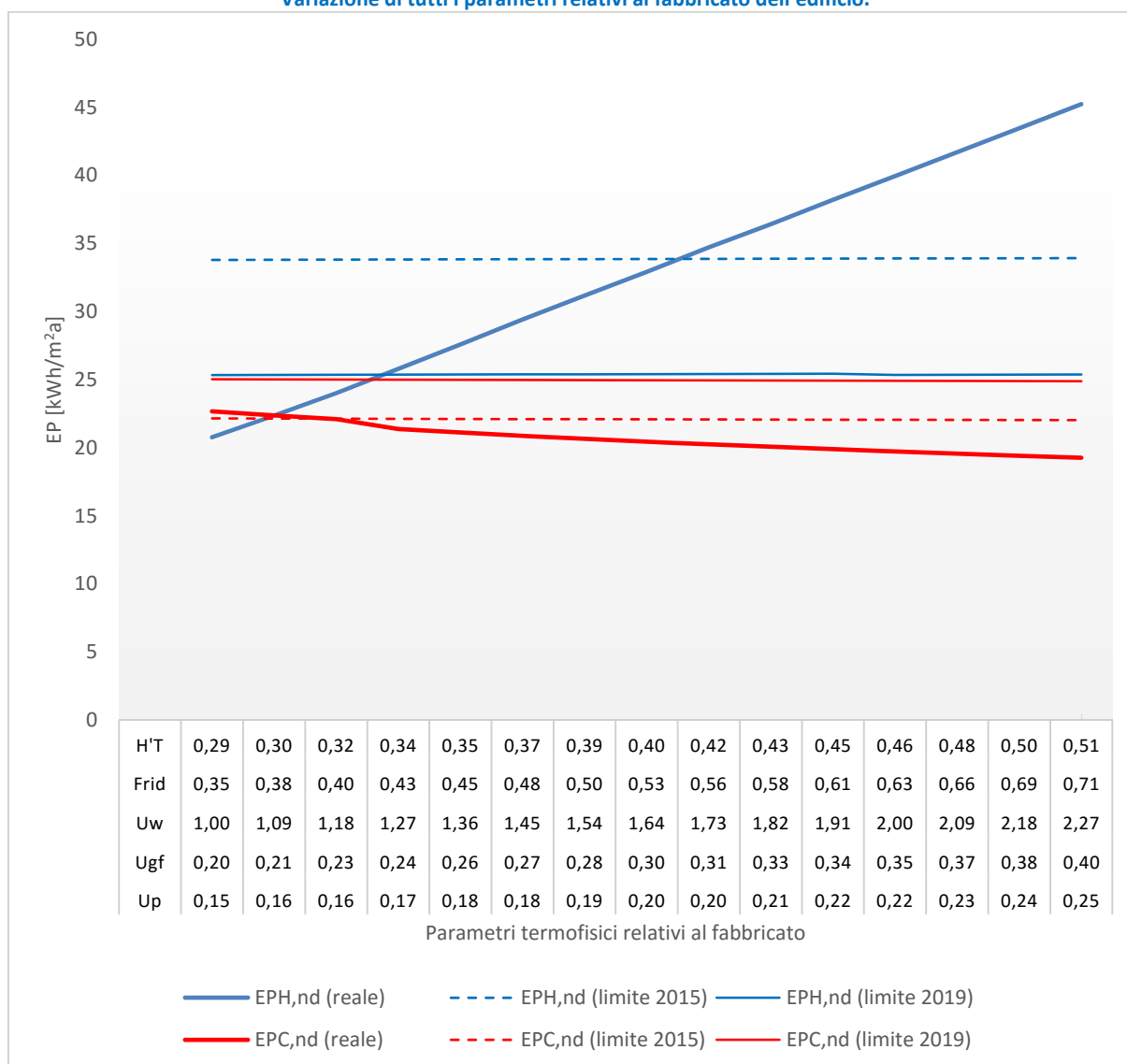
Tabella 186 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188	0,185	0,188
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,272	0,278	0,272	0,278	0,272	0,278												
U - Copertura	W/m²K													0,139	0,140	0,139	0,140	0,139	0,140
U - Solaio verso N.C														0,543	0,575	0,543	0,575	0,543	0,575
U - Serramenti	W/m²K	1,467	1,505	2,000	2,000	1,467	1,505	1,600	1,600	2,100	2,100	1,467	1,505	1,467	1,505	2,200	2,200	1,467	1,505
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494	0,483	0,494
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,021	0,021	0,017	0,018	0,020	0,021	0,018	0,019	0,017	0,018	0,020	0,021	0,018	0,019	0,017	0,018	0,020	0,021
H'_T	W/m²K	0,372	0,378	0,437	0,442	0,401	0,409	0,419	0,421	0,641	0,643	0,494	0,502	0,360	0,369	0,446	0,453	0,380	0,390
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	29,65	30,39	31,88	32,33	33,98	34,71	12,36	12,36	15,11	15,18	15,45	15,80	28,03	28,97	33,24	33,94	32,25	33,23
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	33,84	33,85	33,80	33,81	35,67	35,68	16,07	16,08	16,13	16,13	18,44	18,44	32,65	32,65	34,07	34,07	36,48	36,48
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	20,82	20,74	22,56	22,44	16,33	16,25	24,36	24,48	28,38	28,35	22,39	22,35	18,91	18,77	22,32	22,16	17,29	17,15
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,10	22,10	22,56	22,55	17,69	17,69	25,29	25,28	28,56	28,56	23,16	23,16	19,88	19,87	22,73	22,72	17,95	17,95

Tabella 187 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2015.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015		2015	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%	-38,3%	-37,4%
U - Solaio contro terra	W/m²K	-9,3%	-7,3%	-9,3%	-7,3%	-9,3%	-7,3%												
U - Copertura	W/m²K													-44,5%	-43,9%	-44,5%	-43,9%	-44,5%	-43,9%
U - Serramenti	W/m²K	-18,5%	-16,4%	11,1%	11,1%	-18,5%	-16,4%	-11,1%	-11,1%	16,7%	16,7%	-18,5%	-16,4%	-18,5%	-16,4%	22,2%	22,2%	-18,5%	-16,4%
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%	37,9%	41,1%
EP _{H,nd}	kWh/m²a	-12,4%	-10,2%	-5,7%	-4,4%	-4,8%	-2,7%	-23,1%	-23,1%	-6,3%	-5,9%	-16,2%	-14,3%	-14,1%	-11,3%	-2,4%	-0,4%	-11,6%	-8,9%
EP _{C,nd}	kWh/m²a	-5,8%	-6,1%	0,0%	-0,5%	-7,7%	-8,1%	-3,7%	-3,2%	-0,6%	-0,7%	-3,3%	-3,5%	-4,9%	-5,6%	-1,8%	-2,5%	-3,7%	-4,4%

Figura 216 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.1.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.

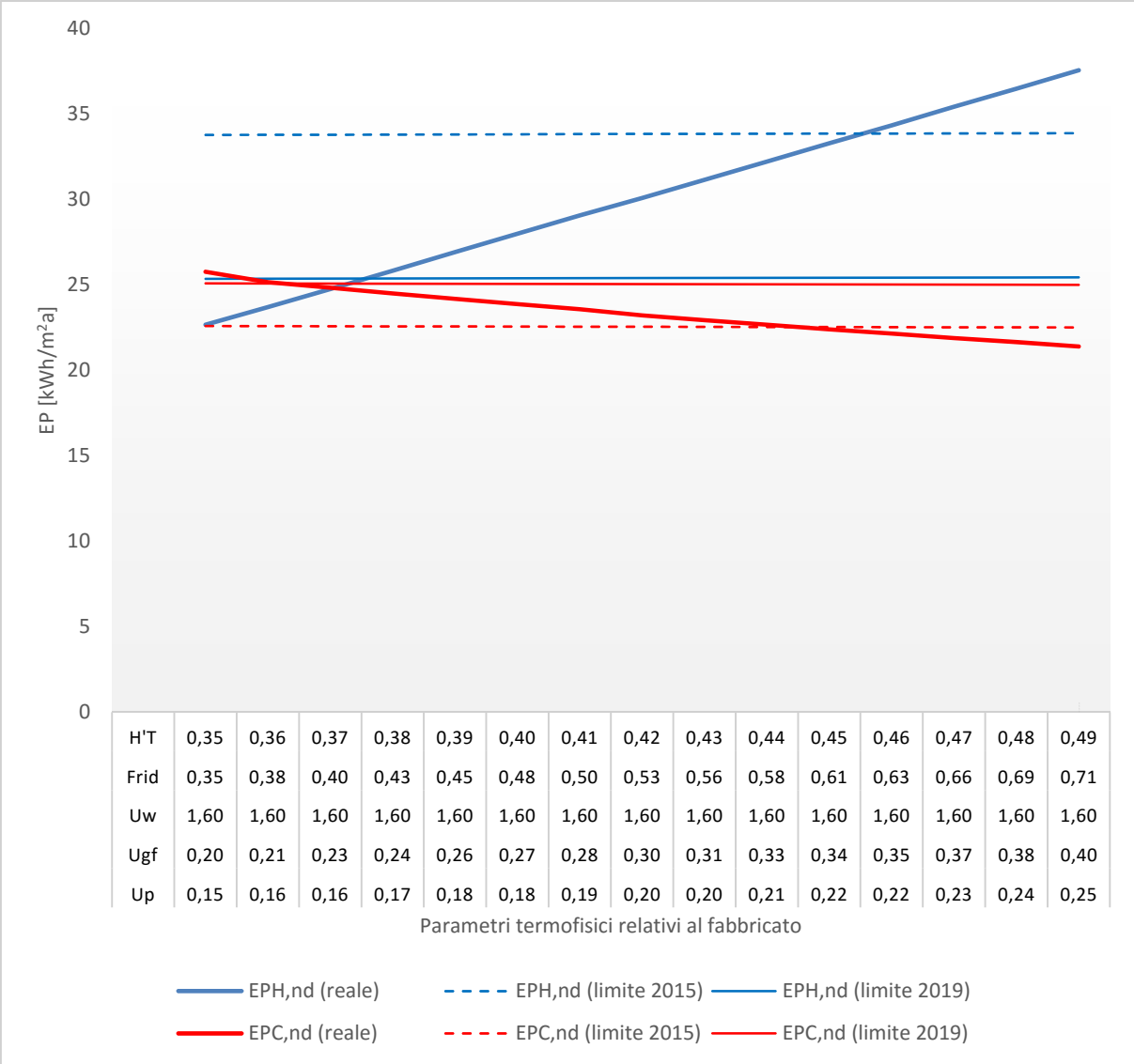


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,163	0,201	0,150	0,168
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,226	0,304	0,200	0,238
U - Serramenti	W/m²K	1,168	1,674	1,000	1,246
ggl+sh/ggl	-	0,398	0,542	0,350	0,420
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,017	0,023	0,015	0,018
H'T	W/m²K	0,318	0,408	0,289	0,332
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	23,76	33,65	20,76	25,28
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	33,81	33,86	25,33	25,36
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,12	20,36	22,66	21,87
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,13	22,08	25,02	24,99

Figura 217 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.2.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,163	0,201	0,150	0,168
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,226	0,304	0,200	0,238
U - Serramenti	W/m²K	1,600	1,600	1,600	1,600
ggl+sh/ggl	-	0,398	0,542	0,350	0,420
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,014	0,019	0,013	0,015
H'_T	W/m²K	0,371	0,427	0,352	0,380
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	24,59	30,53	22,66	25,54
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	33,78	33,83	25,35	25,37
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	24,87	23,09	25,76	24,58
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	22,58	22,54	25,08	25,07

Figura 218 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.3.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione del fattore $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$.

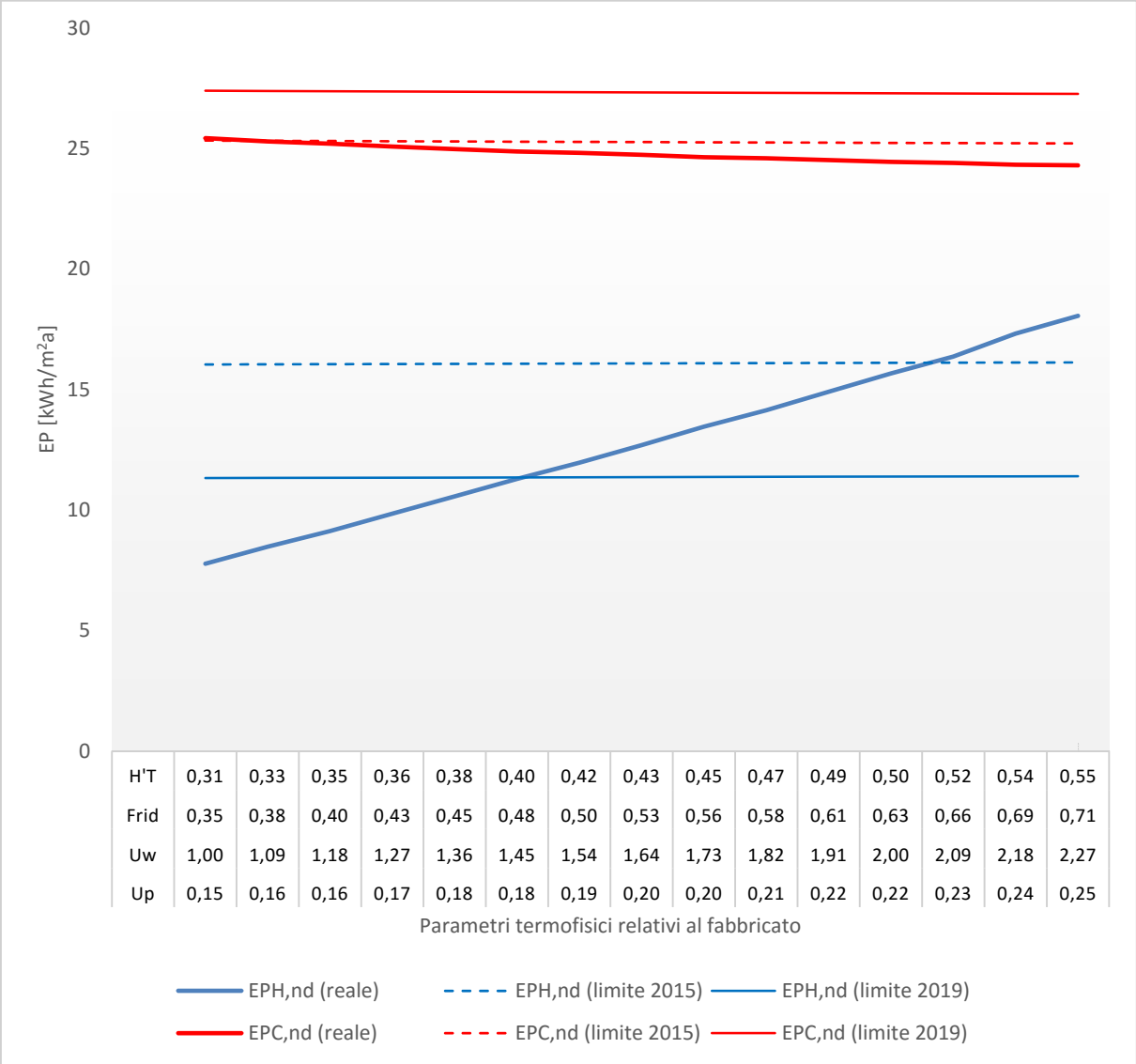


(*) U_{gf} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,177	0,193	0,153	0,167
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,256	0,288	0,206	0,234
U - Serramenti	W/m²K	1,363	1,570	1,039	1,220
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,023	0,023	0,023	0,023
H'_T	W/m²K	0,381	0,421	0,318	0,353
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	30,77	35,49	23,44	27,51
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	35,67	35,68	27,69	27,70
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,63	16,53	19,62	18,45
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	17,70	17,69	19,65	19,64

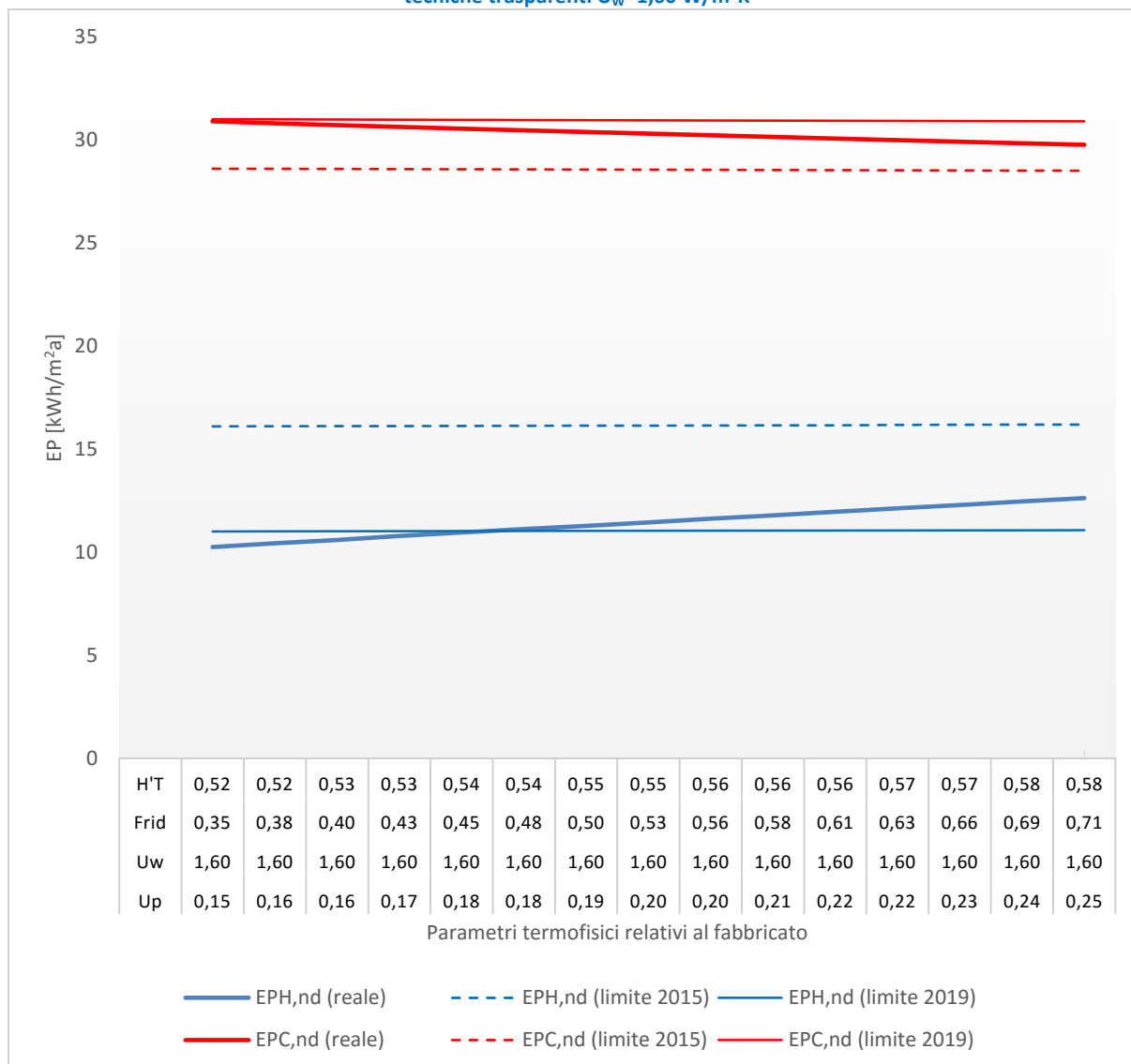
Figura 219 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.4. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,155	0,229	0,150	0,184
U - Serramenti	W/m²K	1,065	2,050	1,000	1,454
ggl+sh/ggl	-	0,368	0,648	0,350	0,479
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,014	0,025	0,013	0,018
H' _T	W/m²K	0,325	0,512	0,312	0,399
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	8,29	16,07	7,77	11,29
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	16,04	16,11	11,32	11,35
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	25,32	24,42	25,43	24,87
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	25,33	25,23	27,40	27,35

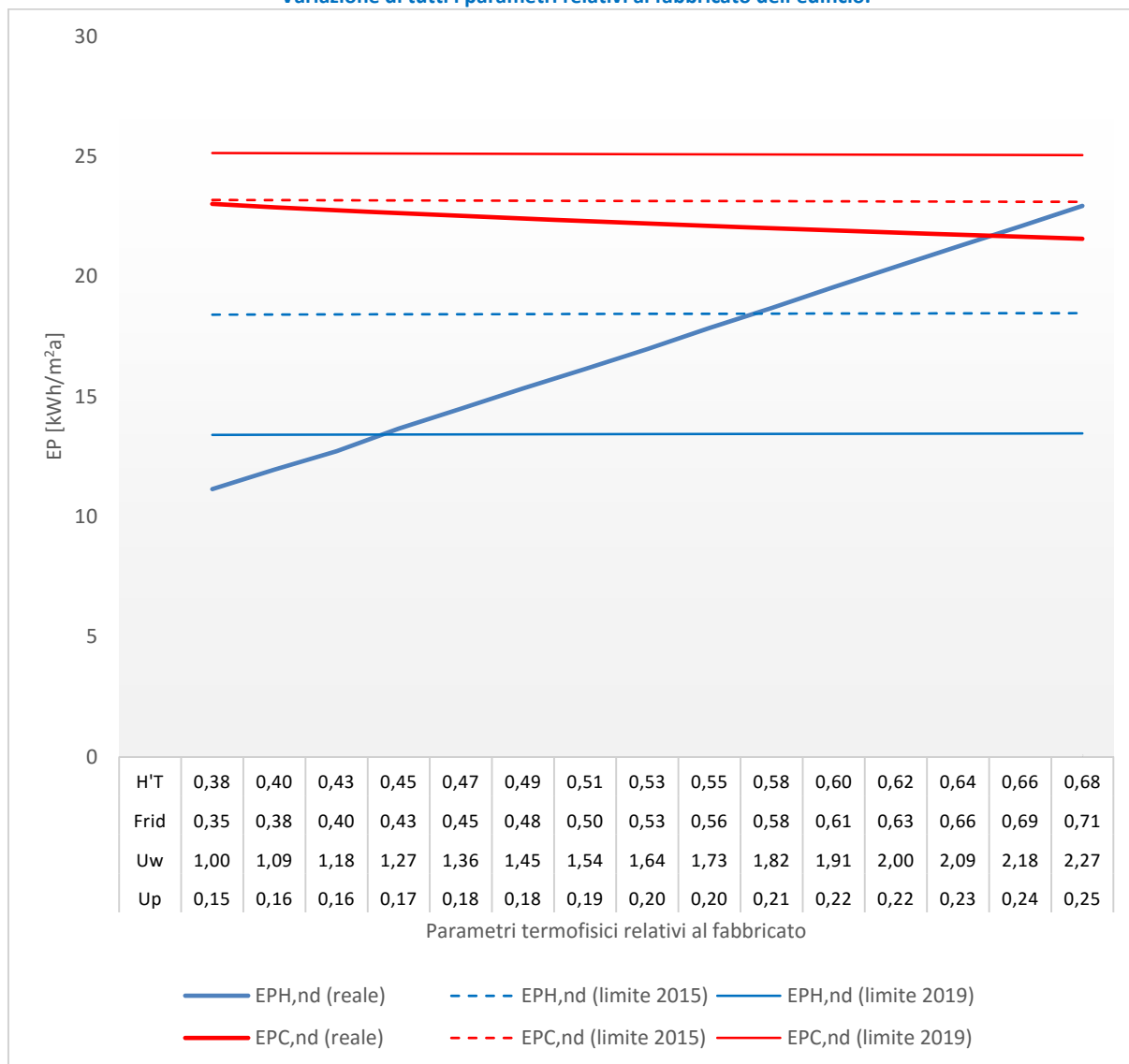
Figura 220 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.5. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K			0,150	0,180
U - Serramenti	W/m²K			1,600	1,600
ggl+sh/ggl	-			0,350	0,464
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²			0,013	0,017
H' _T	W/m²K			0,519	0,540
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a			10,24	11,02
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a			11,00	11,02
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a			30,90	30,51
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a			31,00	30,96

Figura 221 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,209	0,150	0,167
U - Serramenti	W/m²K	1,000	1,791	1,000	1,233
ggl+sh/ggl	-	0,350	0,575	0,350	0,416
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,015	0,024	0,015	0,018
H' _T	W/m²K	0,383	0,569	0,383	0,437
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	11,14	18,43	11,14	13,28
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	18,41	18,45	13,40	13,42
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	23,02	22,04	23,02	22,70
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	23,19	23,14	25,14	25,12

Figura 222 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.7.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,172	0,200	0,151	0,175
U - Copertura	W/m²K	0,132	0,146	0,121	0,133
U - Serramenti	W/m²K	1,298	1,661	1,013	1,337
ggl+sh/ggl	-	0,435	0,538	0,354	0,446
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,017	0,020	0,013	0,017
H' _T	W/m²K	0,319	0,402	0,233	0,329
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	23,52	32,52	14,40	24,64
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	32,63	32,66	24,69	24,72
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	19,69	18,29	22,41	19,47
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	19,89	19,86	22,44	22,39

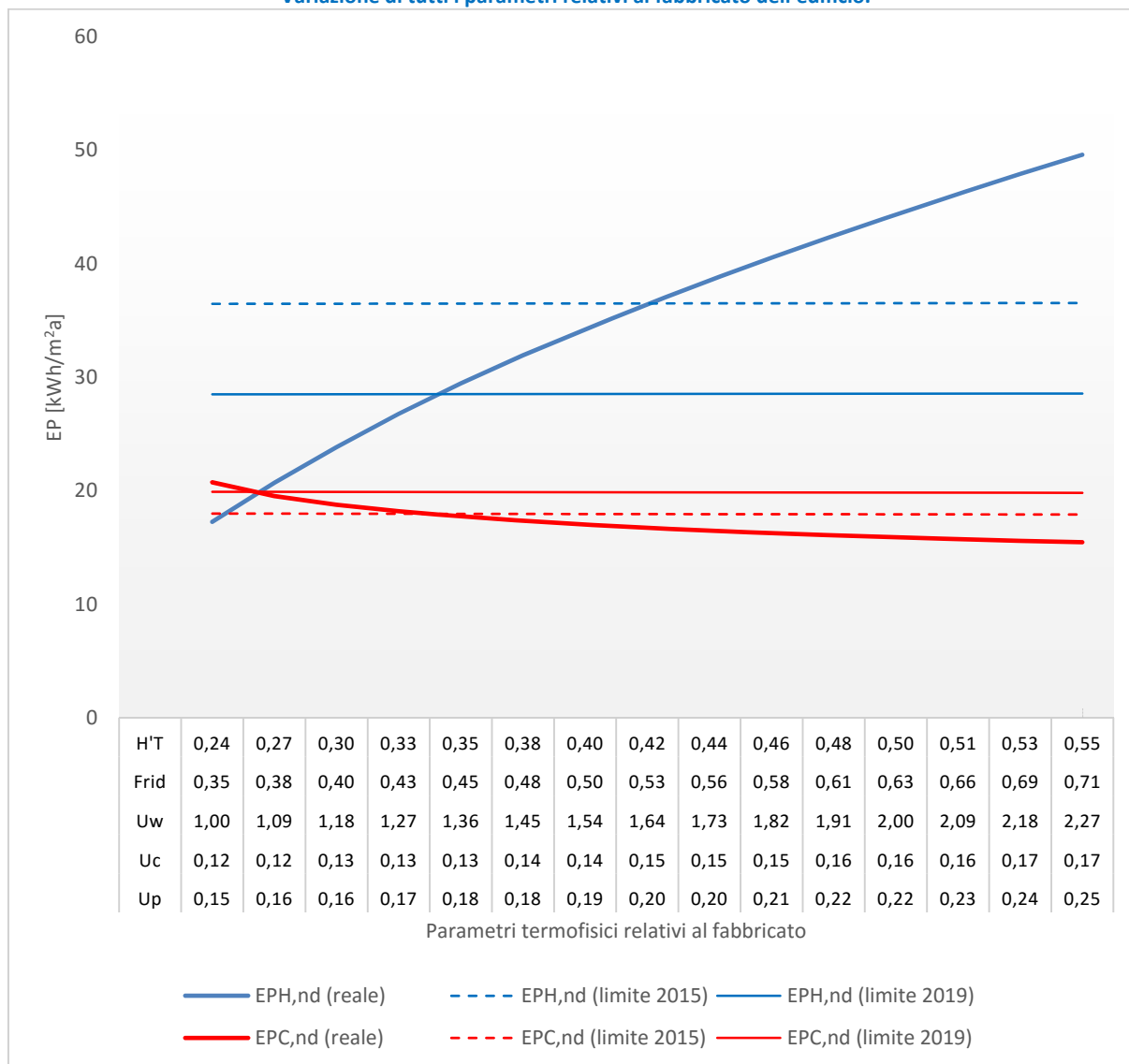
Figura 223 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.8. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,189	0,197	0,159	0,165
U - Copertura	W/m²K	0,141	0,145	0,125	0,128
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
ggl+sh/ggl	-	0,497	0,527	0,383	0,405
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,018	0,019	0,014	0,015
H'T	W/m²K	0,438	0,454	0,356	0,375
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	32,27	33,98	23,48	25,54
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	34,07	34,08	25,58	25,59
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,67	22,27	25,16	24,54
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,72	22,71	25,24	25,24

Figura 224 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.9.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio.



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,174	0,198	0,156	0,174
U - Copertura	W/m²K	0,133	0,145	0,123	0,133
U - Serramenti	W/m²K	1,324	1,635	1,078	1,324
ggl+sh/ggl	-	0,442	0,531	0,372	0,442
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m²/m²	0,019	0,022	0,016	0,019
H' _T	W/m²K	0,343	0,420	0,267	0,343
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	28,28	36,39	20,23	28,28
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	36,47	36,49	28,48	28,50
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	17,92	16,74	19,64	17,92
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	17,96	17,94	19,90	19,88

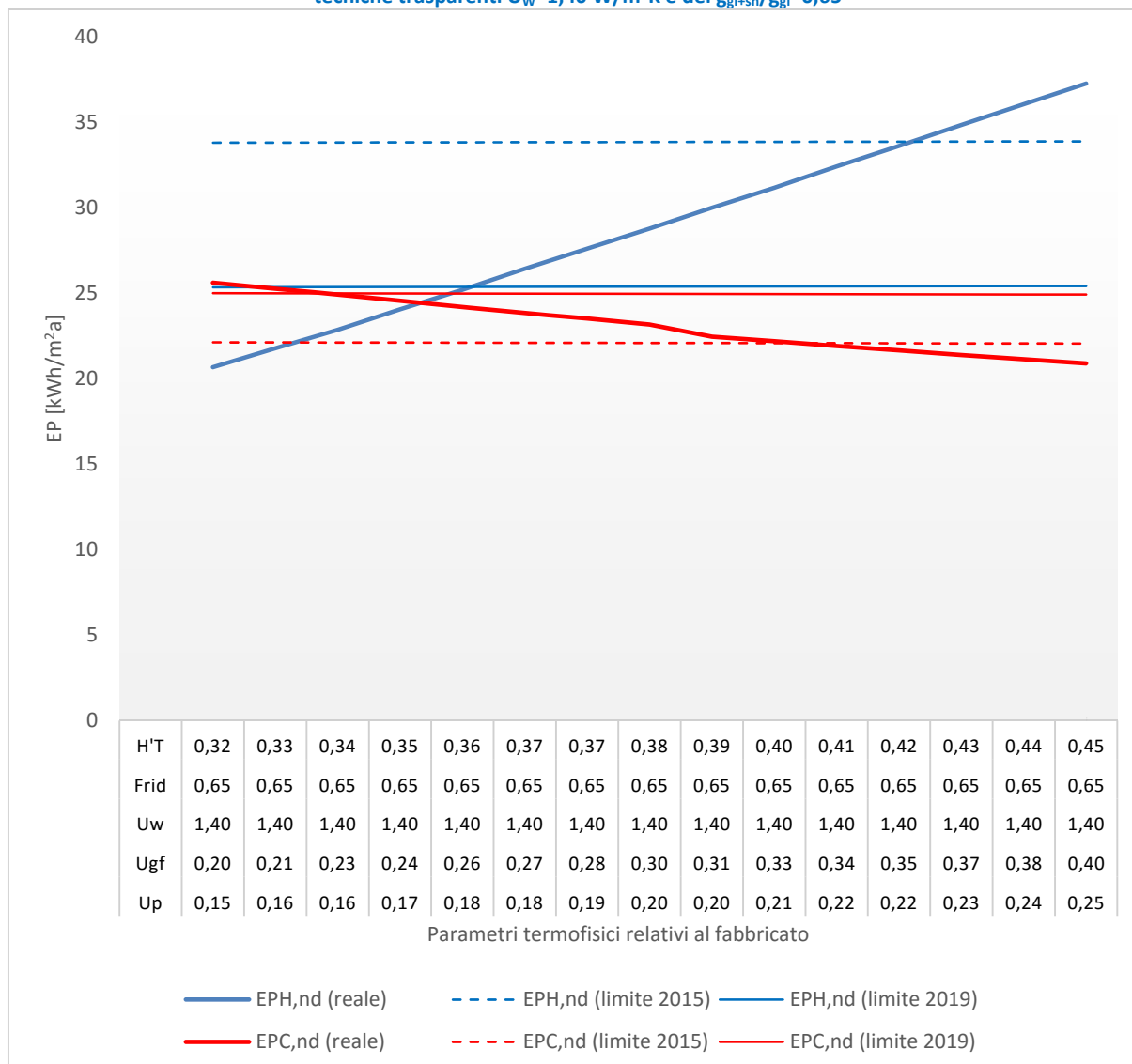
Tabella 188 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165	0,159	0,165
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,218	0,230	0,218	0,230	0,218	0,230												
U - Copertura	W/m²K													0,125	0,128	0,125	0,128	0,125	0,128
U - Serramenti	W/m²K	1,117	1,194	1,600	1,600	1,117	1,194	1,117	1,194	1,600	1,600	1,117	1,194	1,117	1,194	2,000	2,000	1,117	1,194
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,383	0,405	0,383	0,405	0,550	0,550	0,383	0,405	0,383	0,405	0,383	0,405	0,383	0,405	0,383	0,405	0,383	0,405
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,016	0,017	0,014	0,015	0,023	0,023	0,015	0,015	0,014	0,015	0,016	0,017	0,015	0,015	0,014	0,015	0,016	0,017
H'_T	W/m²K	0,309	0,323	0,365	0,374	0,333	0,348	0,335	0,349	0,526	0,529	0,411	0,429	0,268	0,291	0,356	0,375	0,280	0,305
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	22,81	24,29	24,01	24,92	25,17	26,93	8,66	9,21	10,47	10,62	12,18	12,83	18,12	20,54	23,48	25,54	21,62	24,27
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,34	25,35	25,36	25,36	27,69	27,70	11,33	11,33	11,01	11,01	13,41	13,41	24,70	24,71	25,58	25,59	28,49	28,49
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	22,29	22,03	25,06	24,78	19,07	18,61	25,26	25,18	30,78	30,71	22,84	22,75	21,37	20,76	25,16	24,54	19,30	18,67
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	25,01	25,00	25,08	25,07	19,65	19,64	27,39	27,38	30,99	30,98	25,13	25,13	22,43	22,42	25,24	25,24	19,89	19,89

Tabella 189 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete		-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%	-38,94%	-36,70%
U - Solaio contro terra		-16,15%	-11,54%	-16,15%	-11,54%	-16,15%	-11,54%												
U - Copertura														-43,33%	-41,92%	-43,33%	-41,92%	-43,33%	-41,92%
U - Serramenti		-20,24%	-14,69%	14,29%	14,29%	-20,24%	-14,69%	-20,24%	-14,69%	14,29%	14,29%	-20,24%	-14,69%	-20,24%	-14,69%	42,86%	42,86%	-20,24%	-14,69%
g_{gl+sh}/g_{gl}		9,47%	15,79%	9,47%	15,79%	57,14%	57,14%	9,47%	15,79%	9,47%	15,79%	9,47%	15,79%	9,47%	15,79%	9,47%	15,79%	9,47%	15,79%
$EP_{H,nd}$		-9,99%	-4,19%	-5,32%	-1,76%	-9,12%	-2,76%	-23,53%	-18,72%	-4,88%	-3,57%	-9,17%	-4,34%	-26,67%	-16,89%	-8,20%	-0,19%	-24,09%	-14,83%
$EP_{C,nd}$		-10,87%	-11,86%	-0,05%	-1,15%	-2,92%	-5,27%	-7,76%	-8,02%	-0,68%	-0,88%	-9,10%	-9,47%	-4,74%	-7,38%	-0,31%	-2,76%	-2,98%	-6,12%

Figura 225 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.1. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$

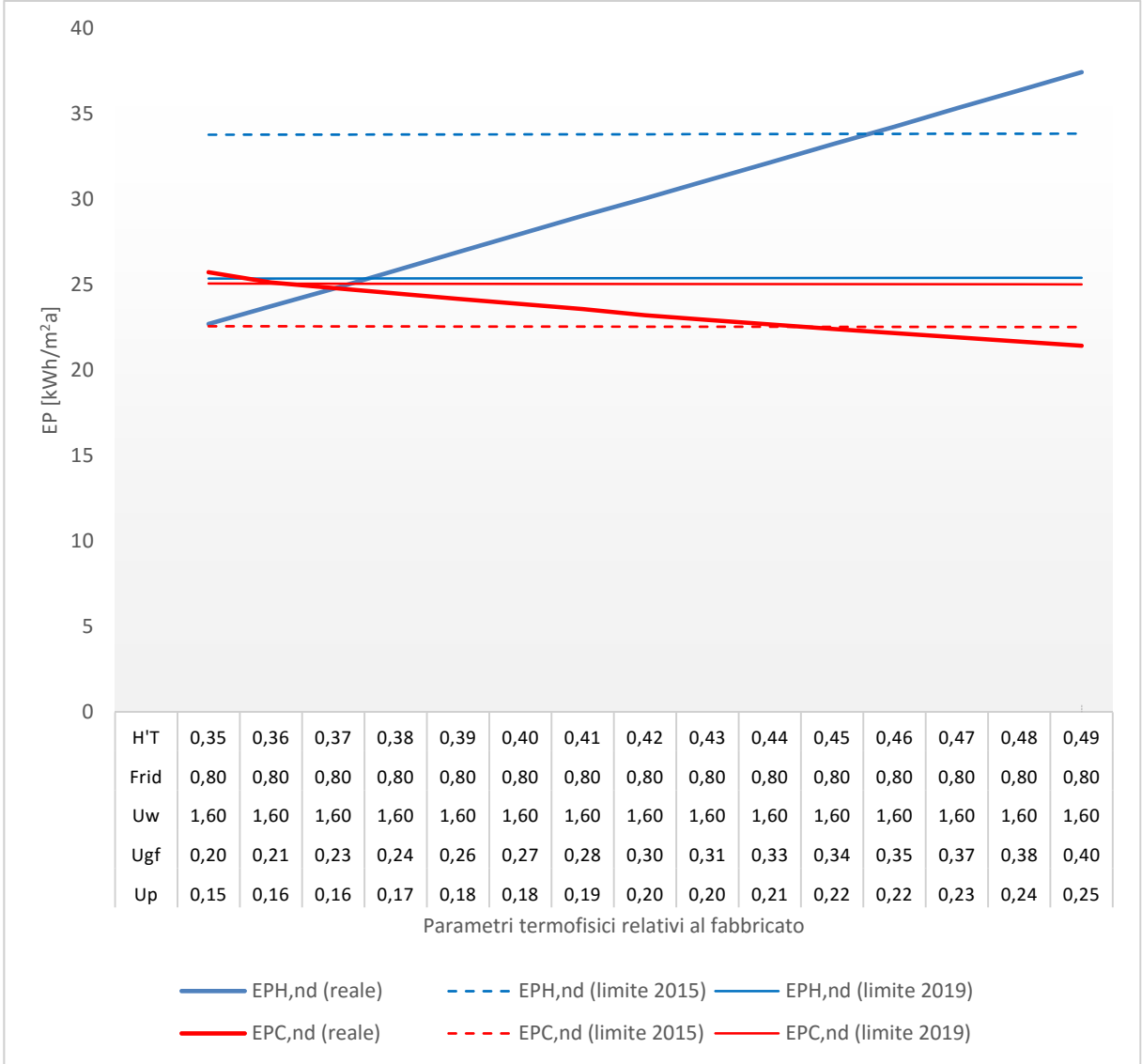


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,214	0,226	0,163	0,178
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,332	0,356	0,226	0,258
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,028	0,028	0,028	0,028
H'_T	W/m²K	0,407	0,423	0,335	0,357
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	31,76	33,78	22,71	25,36
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	33,86	33,87	25,36	25,37
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,06	21,62	24,98	24,15
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,08	22,07	24,99	24,98

Figura 226 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.2.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$

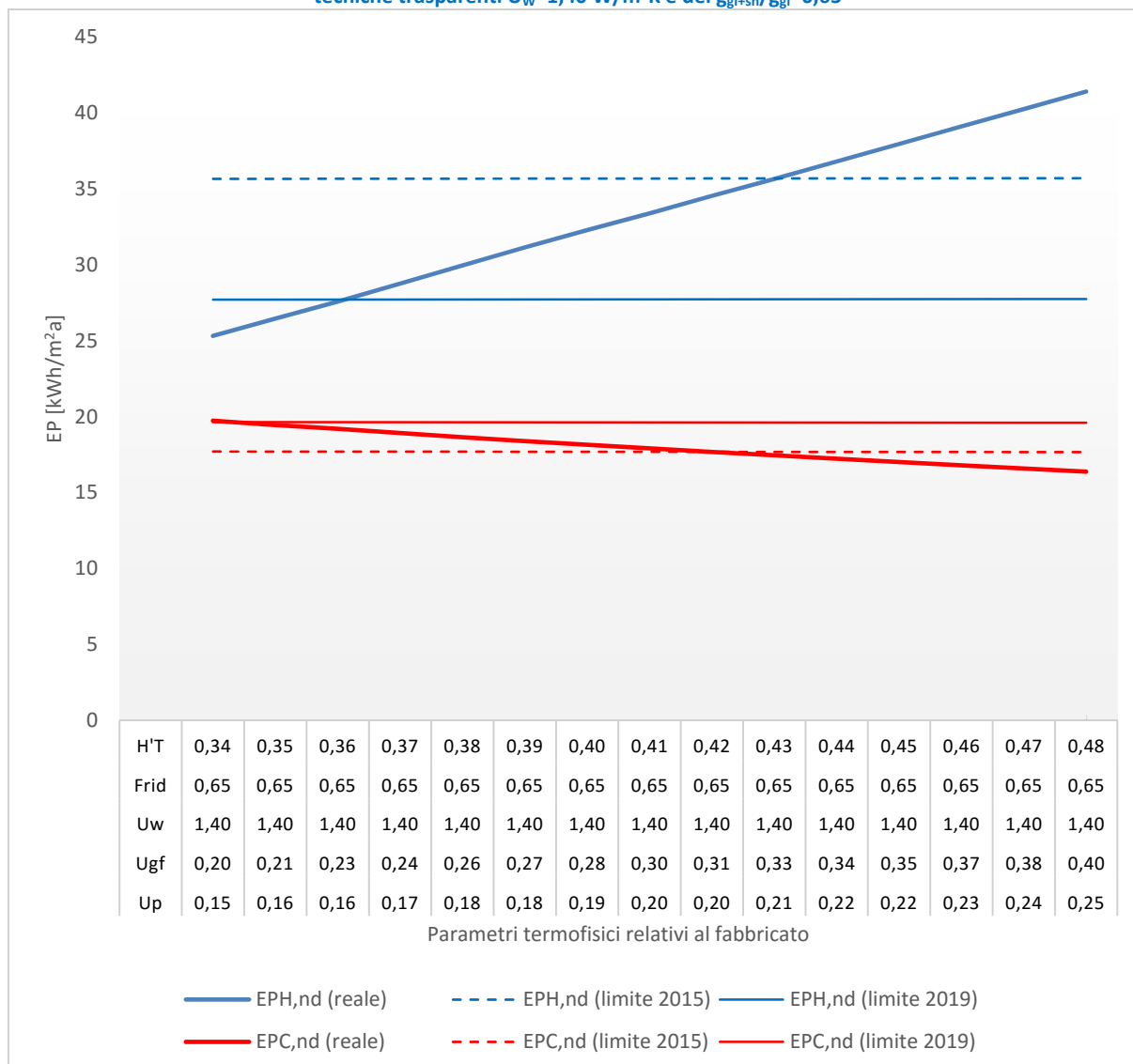


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K	0,215	0,222	0,159	0,167
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,334	0,348	0,218	0,234
U - Serramenti	W/m ² K	1,600	1,600	1,600	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800	0,800	0,800
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²	0,021	0,022	0,014	0,015
H'_T	W/m ² K	0,447	0,457	0,365	0,377
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	32,77	33,82	24,04	25,24
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	33,83	33,83	25,37	25,37
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	22,53	22,28	25,05	24,68
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	22,54	22,54	25,07	25,06

Figura 227 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.3. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$

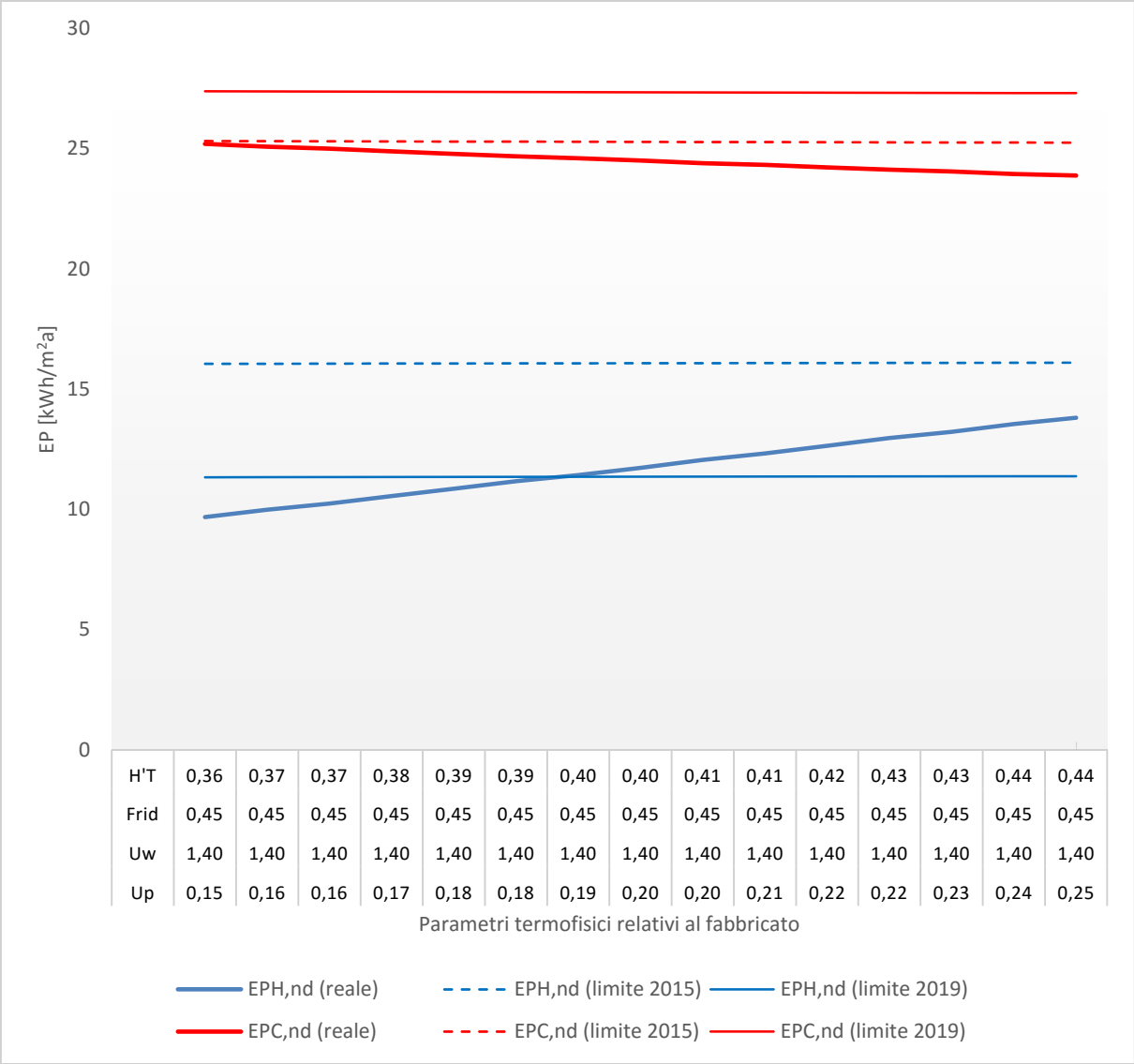


(*) U_{gr} trasmittanza termica equivalente della struttura opaca orizzontale di pavimento

Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,204	0,211	0,153	0,164
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,312	0,326	0,206	0,228
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,028	0,028	0,028	0,028
H'_T	W/m²K	0,425	0,434	0,347	0,363
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	34,53	35,64	25,79	27,56
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	35,68	35,68	27,70	27,70
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	17,68	17,46	19,61	19,20
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	17,69	17,69	19,64	19,64

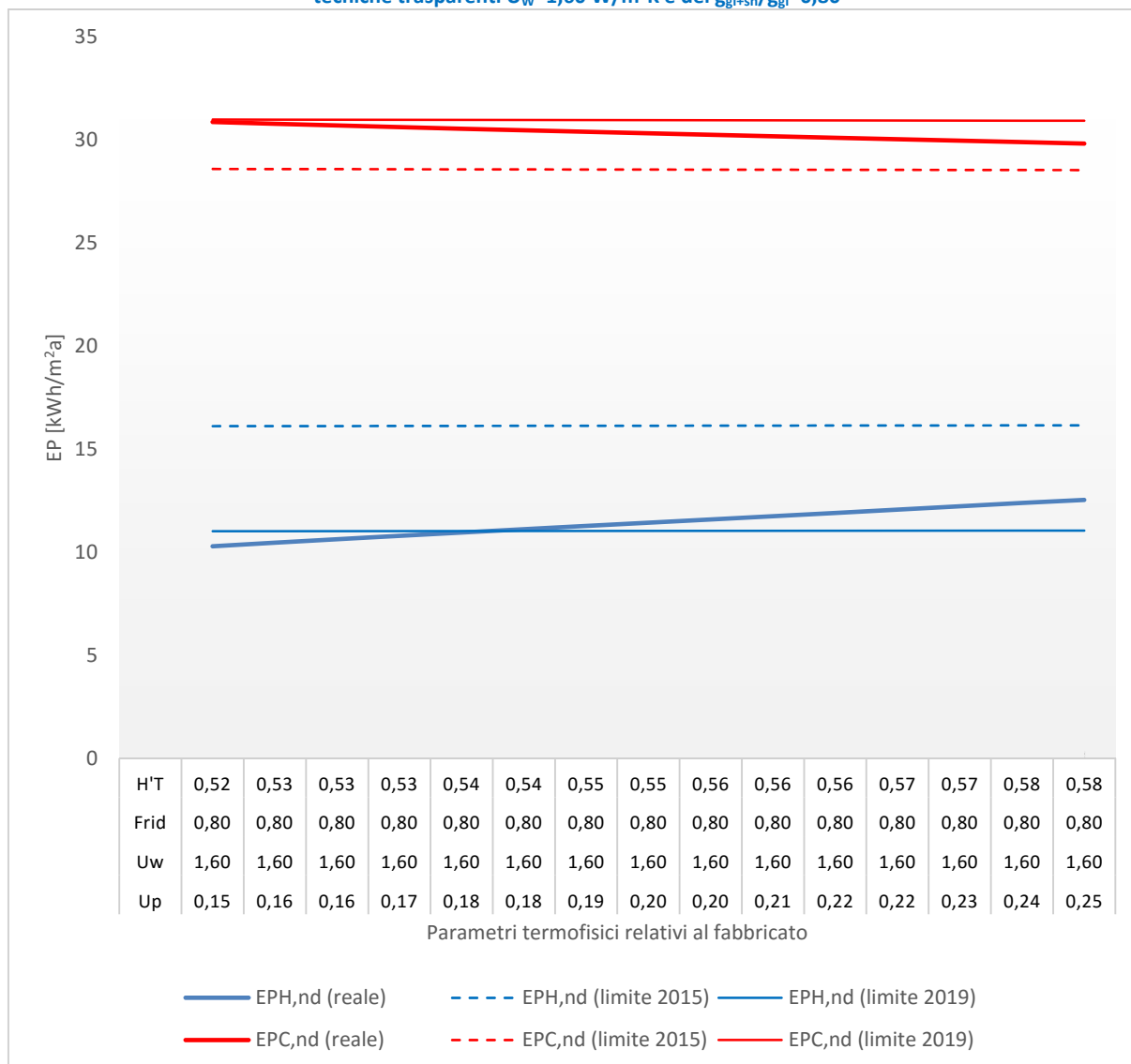
Figura 228 – Palazzina con destinazione d’uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.4. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell’edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,150	0,247	0,150	0,188
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,017	0,017	0,017	0,017
H'_T	W/m²K	0,363	0,444	0,363	0,395
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	9,68	13,89	9,68	11,32
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	16,05	16,10	11,33	11,35
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	25,19	23,85	25,19	24,63
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	25,31	25,25	27,38	27,35

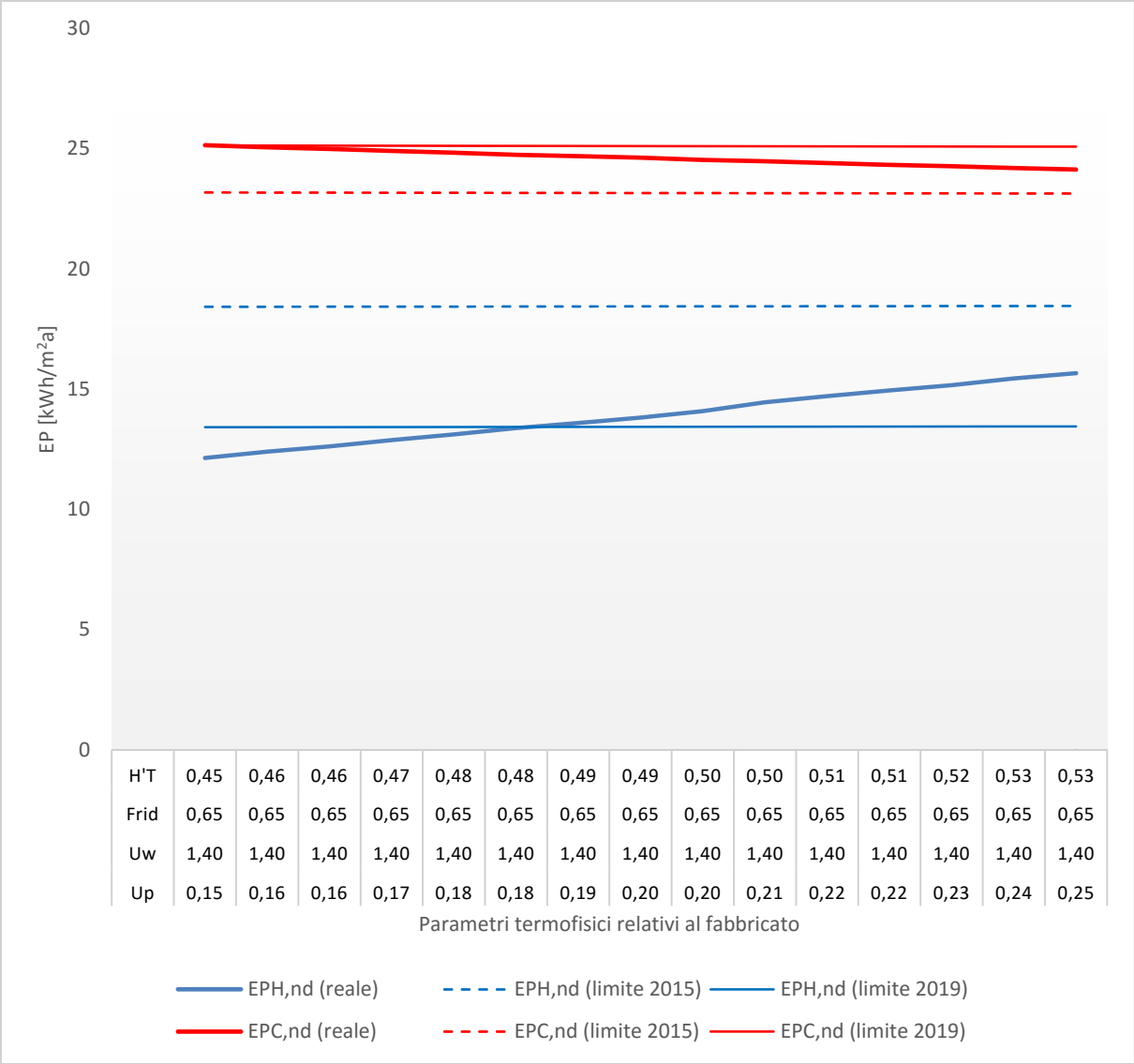
Figura 229 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.5. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K			0,150	0,180
U - Serramenti	W/m ² K			1,600	1,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	-			0,800	0,800
$A_{sol,est}/A_{sup \text{ utile}}$	m ² /m ²			0,029	0,029
H'_T	W/m ² K			0,520	0,540
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a			10,28	11,02
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a			11,01	11,02
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a			30,87	30,51
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a			30,98	30,96

Figura 230 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.6.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K			0,151	0,185
U - Serramenti	W/m ² K			1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-			0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m ² /m ²			0,027	0,027
H'_T	W/m ² K			0,453	0,482
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a			12,17	13,41
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a			13,41	13,43
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a			25,13	24,73
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a			25,13	25,11

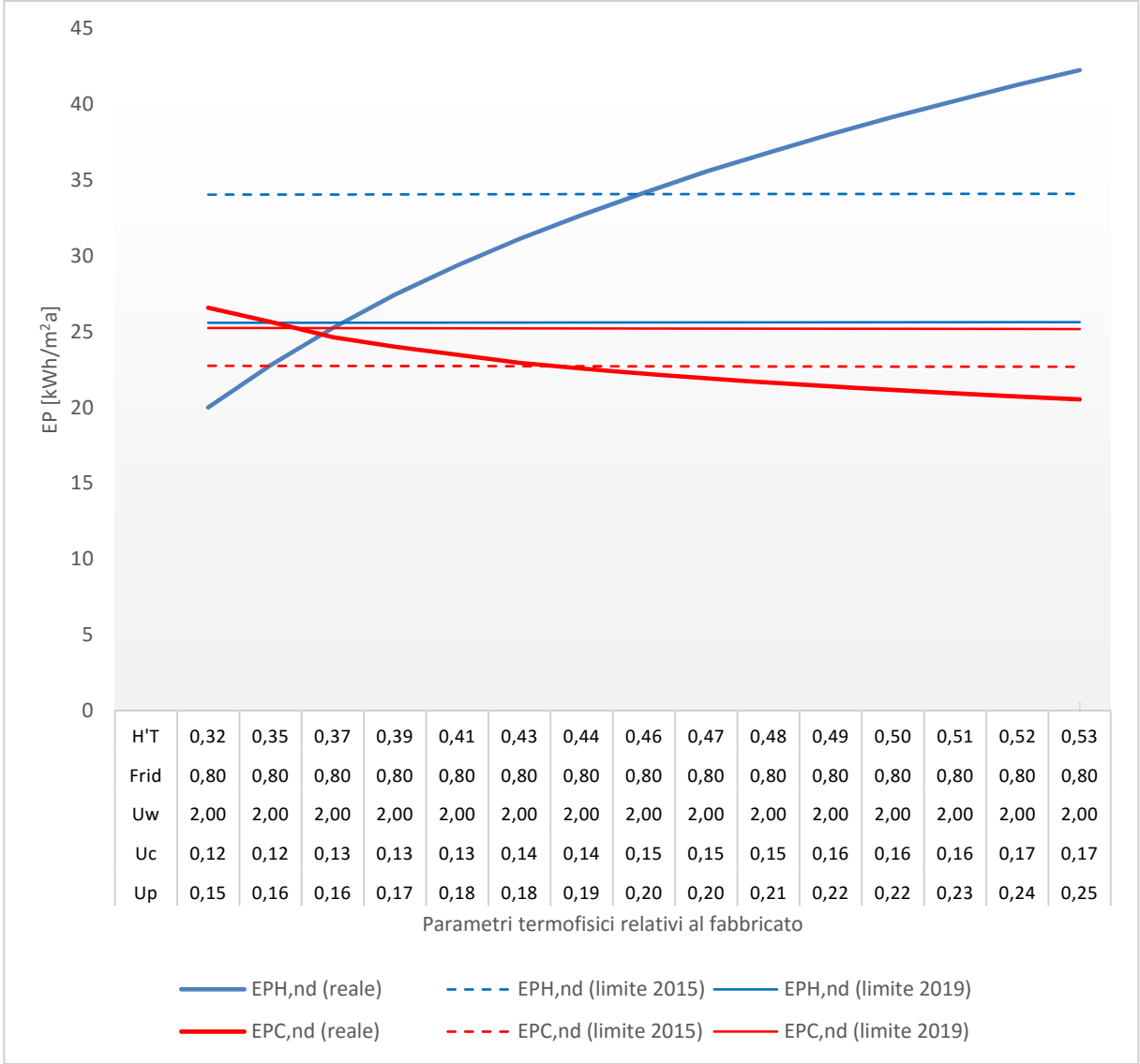
Figura 231 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.7. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,178	0,193	0,156	0,166
U - Copertura	W/m²K	0,135	0,143	0,123	0,128
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,650	0,650	0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,025	0,025	0,025	0,025
H'_T	W/m²K	0,381	0,412	0,318	0,348
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	28,68	32,52	21,25	24,66
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	32,64	32,65	24,71	24,72
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	19,84	19,02	22,31	21,22
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	19,89	19,87	22,42	22,41

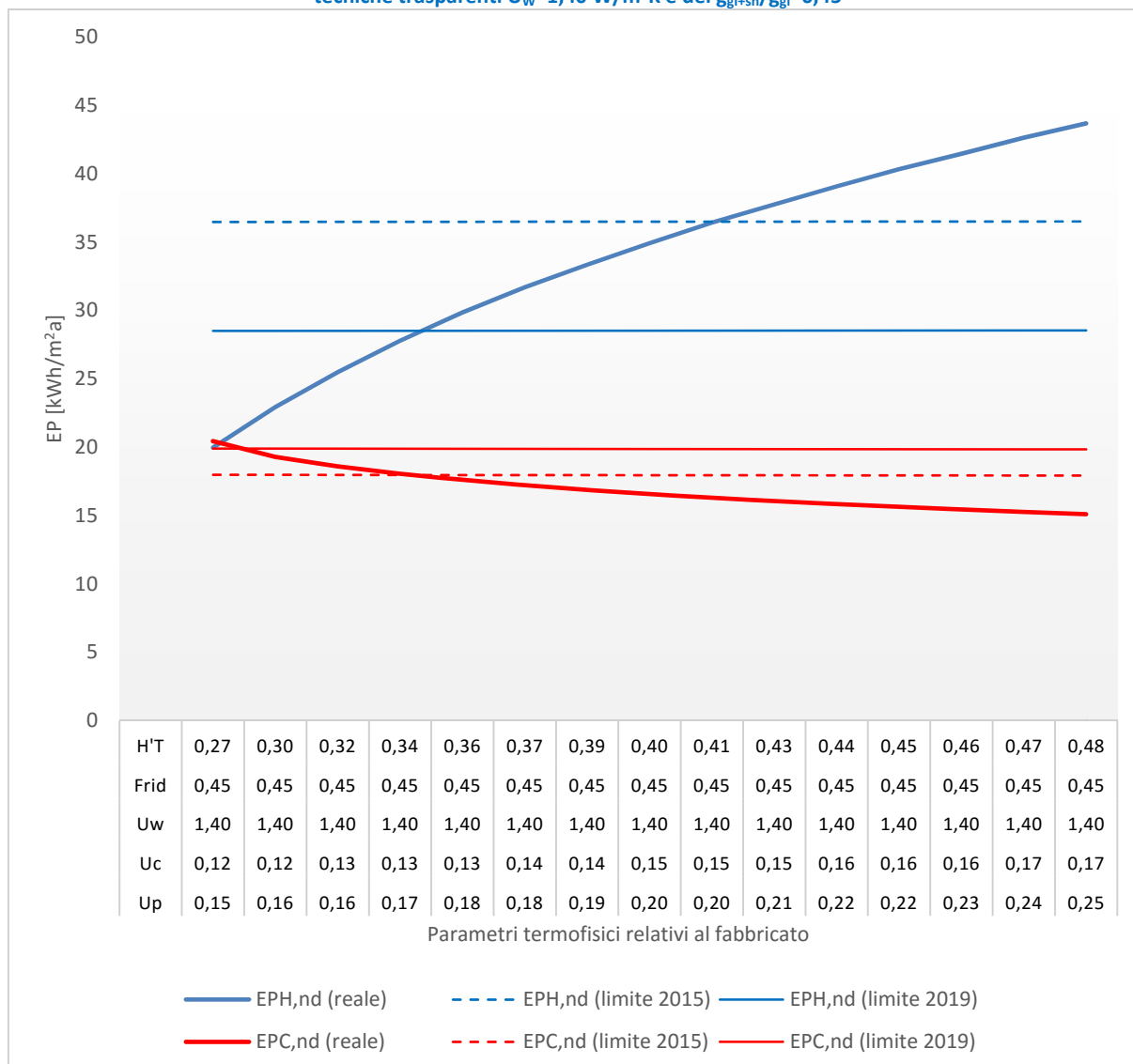
Figura 232 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.8.
Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure
tecniche trasparenti $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,189	0,197	0,159	0,165
U - Copertura	W/m²K	0,141	0,145	0,125	0,128
U - Serramenti	W/m²K	2,000	2,000	2,000	2,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,800	0,800	0,800	0,800
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,029	0,029	0,029	0,029
H'_T	W/m²K	0,438	0,454	0,356	0,375
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m²a	32,26	33,95	23,52	25,56
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m²a	34,07	34,07	25,59	25,59
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m²a	22,68	22,28	25,14	24,53
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m²a	22,73	22,72	25,23	25,23

Figura 233 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Unità Immobiliare U.I.9. Variazione di tutti i parametri relativi al fabbricato dell'edificio ad eccezione della trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$



Soluzioni

		2015		2019	
		Da	A	Da	A
U - Parete	W/m²K	0,172	0,204	0,152	0,172
U - Solaio contro terra	W/m²K	0,246	0,312	0,204	0,246
U - Copertura	W/m²K	0,132	0,149	0,121	0,132
U - Serramenti	W/m²K	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	-	0,450	0,450	0,450	0,450
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	m²/m²	0,019	0,019	0,019	0,019
H'_T	W/m²K	0,344	0,414	0,277	0,344
$EP_{H,nd}$ (reale)	kWh/m²a	28,37	36,41	20,83	28,37
$EP_{H,nd}$ (limite)	kWh/m²a	36,47	36,49	28,49	28,50
$EP_{C,nd}$ (reale)	kWh/m²a	17,91	16,29	19,88	17,91
$EP_{C,nd}$ (limite)	kWh/m²a	17,96	17,94	19,89	19,88

Tabella 190 – Palazzina a destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2019.
Parametri Uw e ggl+sh/ggl fissati.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete	W/m ² K	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164	0,163	0,164
U - Solaio contro terra	W/m ² K	0,226	0,228	0,226	0,228	0,226	0,228												
U - Copertura	W/m ² K													0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
U - Serramenti	W/m ² K	1,400	1,400	1,600	1,600	1,400	1,400	1,400	1,400	1,600	1,600	1,400	1,400	2,000	2,000	2,000	2,000	1,400	1,400
ggl+sh/ggl	-	0,650	0,650	0,800	0,800	0,650	0,650	0,450	0,450	0,800	0,800	0,650	0,650	0,650	0,650	0,800	0,800	0,450	0,450
A _{sol,est} / A _{sup utile}	m ² /m ²	0,028	0,028	0,029	0,029	0,028	0,028	0,017	0,017	0,029	0,029	0,027	0,027	0,025	0,025	0,029	0,029	0,019	0,019
H' _T	W/m ² K	0,335	0,336	0,371	0,372	0,361	0,363	0,374	0,374	0,528	0,529	0,463	0,464	0,340	0,343	0,369	0,372	0,315	0,319
EP _{H,nd} (reale)	kWh/m ² a	22,71	22,86	24,62	24,77	27,41	27,56	10,19	10,24	10,59	10,62	12,58	12,61	23,67	24,02	24,90	25,24	25,14	25,48
EP _{H,nd} (limite)	kWh/m ² a	25,36	25,36	25,37	25,37	27,70	27,70	11,34	11,34	11,02	11,02	13,42	13,42	24,72	24,72	25,59	25,59	28,50	28,50
EP _{C,nd} (reale)	kWh/m ² a	24,98	24,92	24,86	24,81	19,23	19,20	25,01	24,99	30,71	30,70	24,99	24,98	21,54	21,44	24,72	24,64	18,67	18,59
EP _{C,nd} (limite)	kWh/m ² a	24,99	24,99	25,06	25,06	19,64	19,64	27,37	27,37	30,98	30,98	25,12	25,12	22,41	22,41	25,23	25,23	19,88	19,88

Tabella 191 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale - Località Torino (Zona climatica E). Scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

		U.I.1		U.I.2		U.I.3		U.I.4		U.I.5		U.I.6		U.I.7		U.I.8		U.I.9	
		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019		2019	
		Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A	Da	A
U - Parete		-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%	-40,2%	-37,2%
U - Solaio contro terra		-14,5%	-8,3%	-14,5%	-8,3%	-14,5%	-8,3%												
U - Copertura														-49,1%	-47,3%	-49,1%	-47,3%	-49,1%	-47,3%
U - Serramenti		0,00%	0,00%	14,29%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	14,29%	0,00%	0,00%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	0,00%	0,00%
ggl+sh/ggl		25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%	25,3%	34,7%
EP _{H,nd}		-29,5%	-18,0%	-11,3%	-5,0%	-13,3%	-3,6%	-60,8%	-62,7%	-10,5%	-7,2%	-43,1%	-32,8%	-39,5%	-22,9%	-11,7%	-0,9%	-29,9%	-16,4%
EP _{C,nd}		-6,0%	-6,5%	0,0%	-1,0%	-7,2%	-7,5%	-6,5%	-4,9%	-1,0%	-1,3%	-3,7%	-3,9%	-4,3%	-5,6%	-0,5%	-2,1%	-3,1%	-4,5%

3.5.3.1 Confronto delle soluzioni

Si presentano di seguito alcuni confronti tra le varie soluzioni ammesse per la palazzina ad uso uffici.

Figura 234 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Località Palermo. Confronto degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento per climatizzazione invernale ed estiva per i due orizzonti temporali 2015 e 2019/2021.

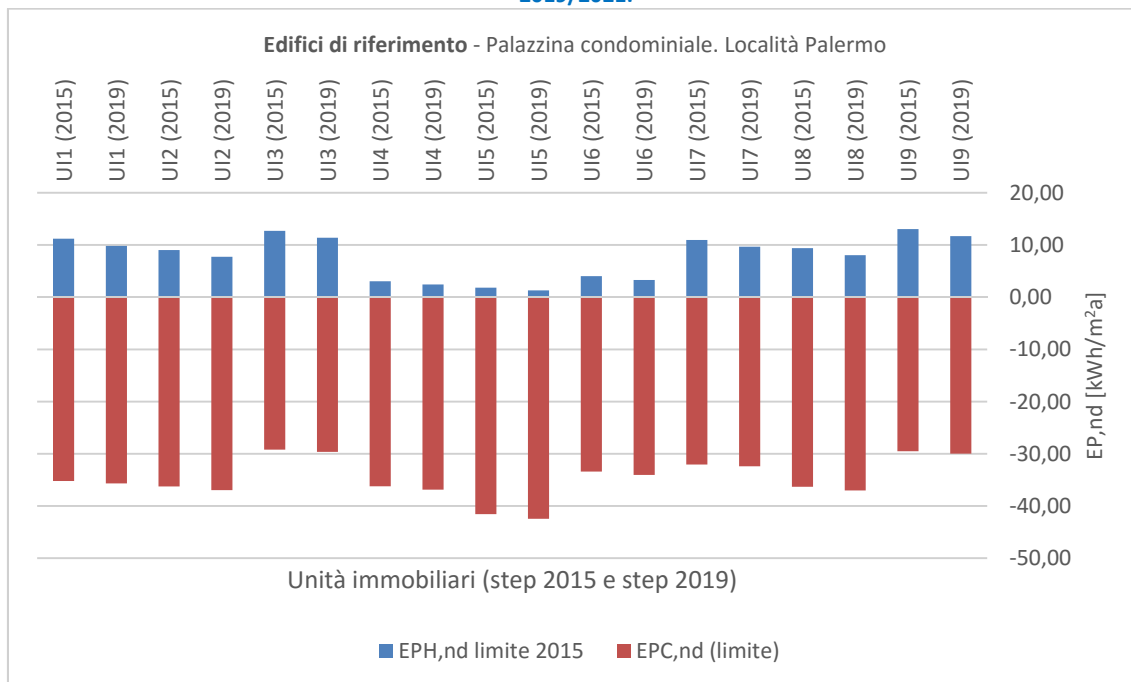


Figura 235 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Località Roma. Confronto degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento per climatizzazione invernale ed estiva per i due orizzonti temporali 2015 e 2019/2021.

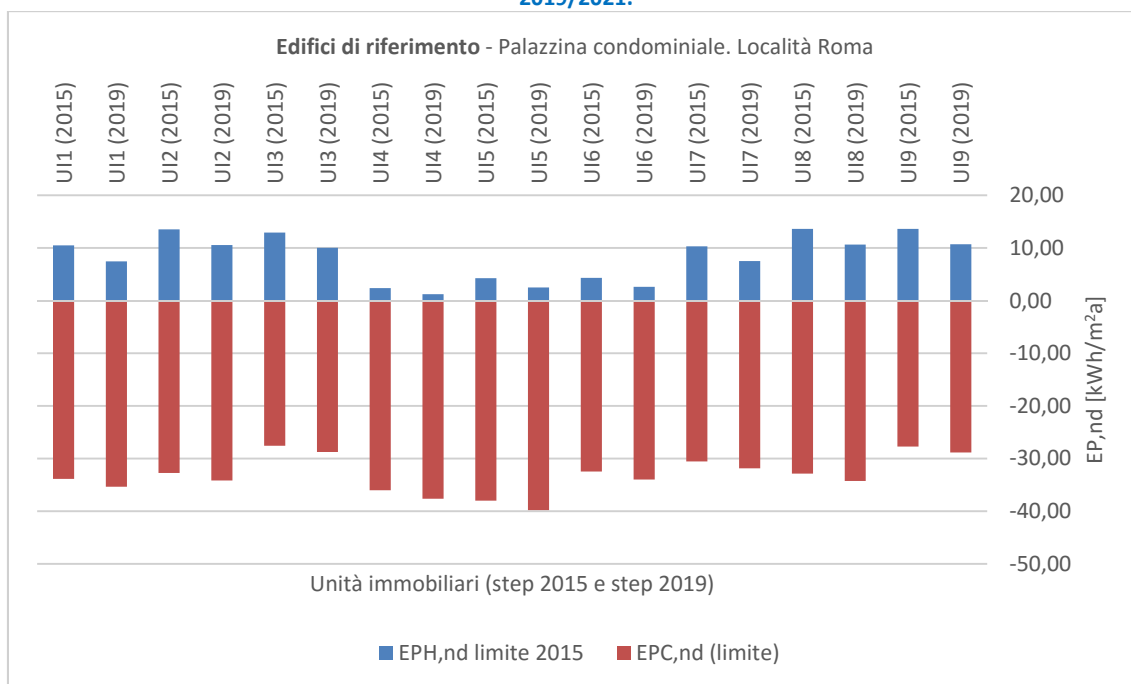
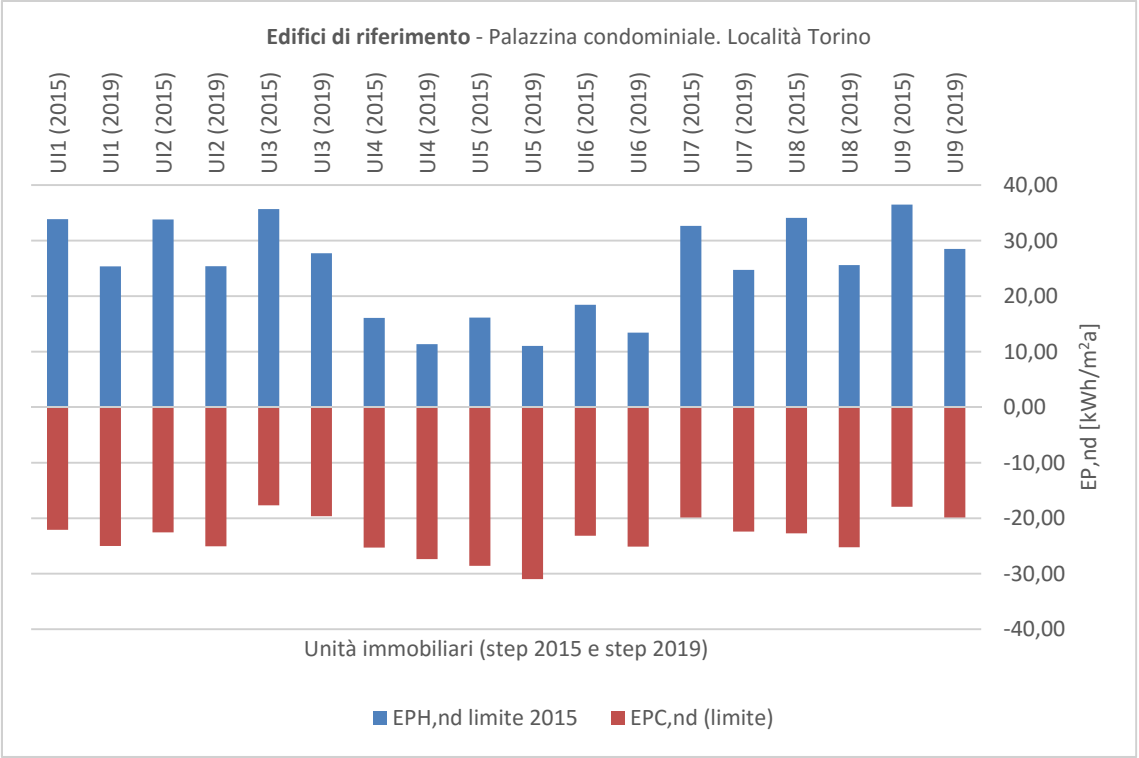


Figura 236 – Palazzina con destinazione d’uso residenziale. Località Torino. Confronto degli indici di prestazione energetica dell’edificio di riferimento per climatizzazione invernale ed estiva per i due orizzonti temporali 2015 e 2019/2021.



3.5.3.2 Variazione delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato in relazione alla presenza di ponti termici

Si riportano di seguito alcuni prospetti che mettono in relazione, per ogni unità immobiliare, la presenza di ponti termici (calcolata come percentuale maggiorazione degli scambi termici per trasmissione) e la conseguente variazione delle caratteristiche termofisiche dell'involucro del fabbricato edilizio. Si assumono fisse le caratteristiche delle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. È stato scelto come approccio di considerare la maggiorazione percentuale dei ponti termici poiché negli edifici esistenti vi è notevole variabilità di presenza dei ponti termici dovuta alle diverse caratteristiche costruttive del fabbricato.

Tabella 192 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.1. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.1							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,334	0,304	0,286	0,261	0,243	0,261	0,261
U - Solaio contro terra	0,341	0,311	0,292	0,268	0,249	0,231	0,268
U - Copertura							
U - Serramenti	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
H'_T	0,580	0,574	0,579	0,576	0,578	0,578	0,576
$EP_{H,nd}$ (reale)	8,18	8,02	8,25	8,13	8,25	8,27	8,13
$EP_{H,nd}$ (limite)	9,82	9,79	9,78	9,78	9,77	9,77	9,78
$EP_{C,nd}$ (reale)	34,71	34,58	34,36	34,26	34,08	33,95	34,26
$EP_{C,nd}$ (limite)	35,68	35,70	35,71	35,72	35,73	35,74	35,75
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-22,4%	-29,4%	-33,6%	-39,2%	-43,4%	-39,2%	-39,2%
U - Solaio contro terra	-22,4%	-29,4%	-33,6%	-39,2%	-43,4%	-47,6%	-39,2%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-26,5%	-26,5%	-26,5%	-26,5%	-26,5%	-26,5%	-26,5%
$EP_{H,nd}$	-16,7%	-18,0%	-15,7%	-16,9%	-15,6%	-15,3%	-16,9%
$EP_{C,nd}$	-2,7%	-3,1%	-3,8%	-4,1%	-4,6%	-5,0%	-4,2%
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,255	0,238	0,220	0,203	0,189	0,177	0,165
U - Solaio contro terra	0,255	0,238	0,220	0,203	0,189	0,177	0,165
U - Copertura							
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
H'_T	0,402	0,402	0,401	0,398	0,397	0,398	0,398
$EP_{H,nd}$ (reale)	7,31	7,37	7,34	7,21	7,20	7,30	7,34
$EP_{H,nd}$ (limite)	7,39	7,38	7,38	7,37	7,36	7,35	7,35
$EP_{C,nd}$ (reale)	33,80	33,64	33,53	33,47	33,37	33,21	33,10
$EP_{C,nd}$ (limite)	35,40	35,42	35,43	35,45	35,46	35,47	35,49
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-12,0%	-18,0%	-24,0%	-30,0%	-35,0%	-39,0%	-43,0%
U - Solaio contro terra	-12,0%	-18,0%	-24,0%	-30,0%	-35,0%	-39,0%	-43,0%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-15,9%	-15,9%	-15,9%	-15,9%	-15,9%	-15,9%	-15,9%
$EP_{H,nd}$	-1,1%	-0,2%	-0,5%	-2,1%	-2,2%	-0,7%	-0,1%
$EP_{C,nd}$	-4,5%	-5,0%	-5,4%	-5,6%	-5,9%	-6,4%	-6,7%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%

U.I.1							
U - Parete	0,231	0,216	0,203	0,190	0,177	0,166	0,156
U - Solaio contro terra	0,302	0,283	0,265	0,250	0,237	0,221	0,211
U - Copertura							
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
H'_T	0,414	0,414	0,412	0,411	0,412	0,410	0,412
EP _{H,nd} (reale)	33,63	33,68	33,51	33,50	33,70	33,37	33,69
EP _{H,nd} (limite)	33,82	33,81	33,80	33,79	33,78	33,77	33,76
EP _{C,nd} (reale)	21,28	21,17	21,11	21,02	20,89	20,88	20,73
EP _{C,nd} (limite)	22,12	22,13	22,14	22,15	22,16	22,17	22,17
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-11,0%	-17,0%	-22,0%	-27,0%	-32,0%	-36,0%	-40,0%
U - Solaio contro terra	16,0%	9,0%	2,0%	-4,0%	-9,0%	-15,0%	-19,0%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-21,4%	-21,4%	-21,4%	-21,4%	-21,4%	-21,4%	-21,4%
EP _{H,nd}	-0,6%	-0,4%	-0,9%	-0,8%	-0,2%	-1,2%	-0,2%
EP _{C,nd}	-3,8%	-4,3%	-4,7%	-5,1%	-5,7%	-5,8%	-6,5%

Tabella 193 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.2. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.2							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete							
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti							
g_{gl+sh}/g_{gl}							
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$							
H'_T							
EP _{H,nd} (reale)							
EP _{H,nd} (limite)							
EP _{C,nd} (reale)							
EP _{C,nd} (limite)							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete							
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti							
g_{gl+sh}/g_{gl}							
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$							
EP _{H,nd}							
EP _{C,nd}							
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,276	0,255	0,238	0,220	0,206	0,191	0,177
U - Solaio contro terra	0,276	0,255	0,238	0,220	0,206	0,191	0,177
U - Copertura							
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
H'_T	0,443	0,442	0,443	0,442	0,443	0,443	0,442
EP _{H,nd} (reale)	10,46	10,42	10,45	10,40	10,44	10,43	10,35
EP _{H,nd} (limite)	10,53	10,52	10,51	10,51	10,50	10,50	10,49
EP _{C,nd} (reale)	33,87	33,87	33,84	33,85	33,82	33,81	33,84
EP _{C,nd} (limite)	34,17	34,18	34,19	34,20	34,21	34,22	34,23

U.I.2							
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-5,0%	-12,0%	-18,0%	-24,0%	-29,0%	-34,0%	-39,0%
U - Solaio contro terra	-5,0%	-12,0%	-18,0%	-24,0%	-29,0%	-34,0%	-39,0%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%
$EP_{H,nd}$	-0,6%	-0,9%	-0,6%	-1,0%	-0,5%	-0,6%	-1,3%
$EP_{C,nd}$	-0,9%	-0,9%	-1,0%	-1,0%	-1,2%	-1,2%	-1,1%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,247	0,229	0,213	0,200	0,187	0,174	0,164
U - Solaio contro terra	0,247	0,229	0,213	0,200	0,187	0,174	0,164
U - Copertura							
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
H'_T	0,378	0,458	0,456	0,457	0,458	0,457	0,458
$EP_{H,nd}$ (reale)	25,261	33,78	33,53	33,70	33,75	33,65	33,75
$EP_{H,nd}$ (limite)	25,348	33,80	33,79	33,78	33,77	33,77	33,76
$EP_{C,nd}$ (reale)	24,888	22,50	22,54	22,48	22,46	22,47	22,43
$EP_{C,nd}$ (limite)	25,084	22,56	22,57	22,58	22,58	22,59	22,59
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-5,0%	-12,0%	-18,0%	-23,0%	-28,0%	-33,0%	-37,0%
U - Solaio contro terra	-5,0%	-12,0%	-18,0%	-23,0%	-28,0%	-33,0%	-37,0%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%
$EP_{H,nd}$	-0,3%	-0,1%	-0,8%	-0,2%	-0,1%	-0,4%	0,0%
$EP_{C,nd}$	-0,8%	-0,3%	-0,1%	-0,4%	-0,6%	-0,5%	-0,7%

Tabella 194 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.3. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.3							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,340	0,310	0,286	0,267	0,243	0,225	0,207
U - Solaio contro terra	0,348	0,317	0,292	0,274	0,249	0,231	0,212
U - Copertura							
U - Serramenti	3,000	3,000	3,000	2,600	2,600	2,600	2,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
H'_T	0,629	0,624	0,624	0,628	0,623	0,624	0,623
$EP_{H,nd}$ (reale)	10,89	10,75	10,74	10,92	10,76	10,82	10,81
$EP_{H,nd}$ (limite)	11,38	11,38	11,38	11,37	11,37	11,37	11,37
$EP_{C,nd}$ (reale)	28,53	28,45	28,35	28,23	28,17	28,08	28,00
$EP_{C,nd}$ (limite)	29,64	29,65	29,66	29,66	29,67	29,68	29,68
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-21,0%	-28,0%	-33,6%	-37,8%	-43,4%	-47,6%	-51,8%
U - Solaio contro terra	-21,0%	-28,0%	-33,6%	-37,8%	-43,4%	-47,6%	-51,8%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	-13,3%	-13,3%	-13,3%	-13,3%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-26,2%	-26,2%	-26,2%	-26,2%	-26,2%	-26,2%	-26,2%
$EP_{H,nd}$	-4,4%	-5,6%	-5,6%	-3,9%	-5,3%	-4,8%	-4,9%
$EP_{C,nd}$	-3,7%	-4,0%	-4,4%	-4,8%	-5,1%	-5,4%	-5,7%
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,241	0,220	0,206	0,191	0,177	0,162	0,151

U.I.3							
U - Solaio contro terra	0,241	0,220	0,206	0,191	0,177	0,162	0,151
U - Copertura							
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
H'_T	0,414	0,411	0,412	0,412	0,411	0,408	0,408
$EP_{H,nd}$ (reale)	9,99	9,84	9,95	9,98	9,94	9,84	9,85
$EP_{H,nd}$ (limite)	10,00	9,99	9,99	9,98	9,98	9,97	9,97
$EP_{C,nd}$ (reale)	27,42	27,39	27,28	27,19	27,14	27,12	27,05
$EP_{C,nd}$ (limite)	28,77	28,78	28,79	28,79	28,80	28,81	28,81
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-17,0%	-24,0%	-29,0%	-34,0%	-39,0%	-44,0%	-48,0%
U - Solaio contro terra	-17,0%	-24,0%	-29,0%	-34,0%	-39,0%	-44,0%	-48,0%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-16,1%	-16,1%	-16,1%	-16,1%	-16,1%	-16,1%	-16,1%
$EP_{H,nd}$	-0,1%	-1,6%	-0,4%	0,0%	-0,4%	-1,4%	-1,2%
$EP_{C,nd}$	-4,7%	-4,8%	-5,3%	-5,6%	-5,8%	-5,9%	-6,1%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,218	0,203	0,190	0,177	0,164	0,153	0,143
U - Solaio contro terra	0,289	0,270	0,255	0,239	0,224	0,211	0,198
U - Copertura							
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
H'_T	0,425	0,424	0,425	0,424	0,422	0,422	0,421
$EP_{H,nd}$ (reale)	35,51	35,48	35,60	35,55	35,35	35,35	35,23
$EP_{H,nd}$ (limite)	35,66	35,65	35,65	35,64	35,63	35,63	35,62
$EP_{C,nd}$ (reale)	17,02	16,96	16,87	16,82	16,80	16,75	16,73
$EP_{C,nd}$ (limite)	17,71	17,71	17,72	17,72	17,73	17,73	17,73
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-16,0%	-22,0%	-27,0%	-32,0%	-37,0%	-41,0%	-45,0%
U - Solaio contro terra	11,0%	4,0%	-2,0%	-8,0%	-14,0%	-19,0%	-24,0%
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-22,2%	-22,2%	-22,2%	-22,2%	-22,2%	-22,2%	-22,2%
$EP_{H,nd}$	-0,4%	-0,5%	-0,1%	-0,2%	-0,8%	-0,8%	-1,1%
$EP_{C,nd}$	-3,9%	-4,3%	-4,8%	-5,1%	-5,2%	-5,5%	-5,7%

Tabella 195 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.4. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.4							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,376	0,334	0,298	0,261	0,231	0,201	0,171
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	3,000	3,000	3,000	2,600	2,600	2,600	2,600
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
H'_T	0,760	0,756	0,756	0,752	0,752	0,750	0,745
$EP_{H,nd}$ (reale)	2,40	2,39	2,40	2,39	2,40	2,39	2,36
$EP_{H,nd}$ (limite)	2,42	2,42	2,42	2,41	2,41	2,41	2,40
$EP_{C,nd}$ (reale)	35,43	35,17	34,92	34,70	34,48	34,28	34,10
$EP_{C,nd}$ (limite)	36,86	36,89	36,91	36,93	36,95	36,97	36,99
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%

U.I.4							
U - Parete	-12,6%	-22,4%	-30,8%	-39,2%	-46,2%	-53,2%	-60,2%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	-13,3%	-13,3%	-13,3%	-13,3%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%
$EP_{H,nd}$	-0,8%	-1,4%	-0,8%	-1,0%	-0,3%	-0,6%	-2,0%
$EP_{C,nd}$	-3,9%	-4,6%	-5,4%	-6,0%	-6,7%	-7,3%	-7,8%
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,258	0,232	0,206	0,183	0,191	0,171	0,154
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,650	0,650	0,650
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,022	0,022	0,022	0,022	0,026	0,026	0,026
H'_T	0,489	0,488	0,485	0,483	0,510	0,508	0,508
$EP_{H,nd}$ (reale)	1,18	1,20	1,18	1,18	1,16	1,17	1,18
$EP_{H,nd}$ (limite)	1,21	1,21	1,21	1,19	1,19	1,19	1,19
$EP_{C,nd}$ (reale)	36,03	35,81	35,64	35,47	36,92	36,76	36,58
$EP_{C,nd}$ (limite)	37,67	37,70	37,72	37,74	37,73	37,75	37,77
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-11,0%	-20,0%	-29,0%	-37,0%	-34,0%	-41,0%	-47,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	85,7%	85,7%	85,7%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-25,4%	-25,4%	-25,4%	-25,4%	-11,8%	-11,8%	-11,8%
$EP_{H,nd}$	-2,3%	-0,4%	-1,9%	-1,1%	-3,1%	-1,8%	-0,3%
$EP_{C,nd}$	-4,4%	-5,0%	-5,5%	-6,0%	-2,1%	-2,6%	-3,1%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,239	0,216	0,195	0,177	0,161	0,143	0,166
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
H'_T	0,506	0,503	0,503	0,502	0,501	0,498	0,501
$EP_{H,nd}$ (reale)	16,05	15,97	16,03	15,98	15,99	15,90	15,95
$EP_{H,nd}$ (limite)	16,08	16,07	16,06	16,05	16,04	16,03	16,04
$EP_{C,nd}$ (reale)	24,65	24,51	24,34	24,21	24,08	23,98	24,19
$EP_{C,nd}$ (limite)	25,28	25,29	25,31	25,32	25,33	25,34	25,33
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-8,0%	-17,0%	-25,0%	-32,0%	-38,0%	-45,0%	-36,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-30,3%	-30,3%	-30,3%	-30,3%	-30,3%	-30,3%	-30,3%
$EP_{H,nd}$	-0,2%	-0,6%	-0,2%	-0,4%	-0,4%	-0,8%	-0,6%
$EP_{C,nd}$	-2,5%	-3,1%	-3,8%	-4,4%	-5,0%	-5,4%	-4,5%

Tabella 196 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.5. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.5							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete							
U - Solaio contro terra							

U.I.5							
U - Copertura							
U - Serramenti							
g_{gl+sh}/g_{gl}							
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$							
H'_T							
$EP_{H,nd}$ (reale)							
$EP_{H,nd}$ (limite)							
$EP_{C,nd}$ (reale)							
$EP_{C,nd}$ (limite)							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete							
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti							
g_{gl+sh}/g_{gl}							
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$							
$EP_{H,nd}$							
$EP_{C,nd}$							
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,336	0,296	0,255	0,220	0,189	0,160	0,203
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
H'_T	0,653	0,655	0,654	0,655	0,656	0,657	0,659
$EP_{H,nd}$ (reale)	2,48	2,49	2,46	2,46	2,46	2,46	2,47
$EP_{H,nd}$ (limite)	2,50	2,49	2,48	2,48	2,47	2,46	2,47
$EP_{C,nd}$ (reale)	39,51	39,46	39,46	39,43	39,40	39,37	39,54
$EP_{C,nd}$ (limite)	39,78	39,80	39,83	39,85	39,88	39,90	39,87
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	16,0%	2,0%	-12,0%	-24,0%	-35,0%	-45,0%	-30,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%
$EP_{H,nd}$	-0,7%	-0,2%	-1,0%	-0,8%	-0,5%	0,0%	-0,1%
$EP_{C,nd}$	-0,7%	-0,9%	-0,9%	-1,1%	-1,2%	-1,3%	-0,8%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,302	0,192	0,234	0,205	0,177	0,153	0,200
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
H'_T	0,430	0,670	0,468	0,486	0,672	0,672	0,486
$EP_{H,nd}$ (reale)	7,04	16,14	8,30	8,95	16,09	16,09	8,85
$EP_{H,nd}$ (limite)	16,06	16,15	16,06	16,06	16,14	16,13	16,06
$EP_{C,nd}$ (reale)	32,79	28,47	32,16	31,77	28,55	28,51	31,93
$EP_{C,nd}$ (limite)	28,66	28,54	28,66	28,66	28,56	28,57	28,66
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	16,0%	-26,0%	-10,0%	-21,0%	-32,0%	-41,0%	-23,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%
$EP_{H,nd}$	-56,2%	-0,1%	-48,3%	-44,3%	-0,3%	-0,2%	-44,9%

U.I.5							
EP _{C,nd}	14,4%	-0,2%	12,2%	10,8%	0,0%	-0,2%	11,4%

Tabella 197 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.6. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei
valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.6							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,225	0,183	0,147	0,207	0,177	0,147	0,129
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	3,000	3,000	3,000	2,600	2,600	2,600	2,600
g _{gl+sh} /g _{gl}	0,550	0,550	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,022	0,022	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
H' _T	0,797	0,795	0,795	0,794	0,795	0,794	0,803
EP _{H,nd} (reale)	2,23	2,23	3,01	2,84	2,88	2,88	3,01
EP _{H,nd} (limite)	3,28	3,28	3,27	3,28	3,28	3,27	3,27
EP _{C,nd} (reale)	33,00	32,78	29,61	30,35	30,17	30,01	29,81
EP _{C,nd} (limite)	34,10	34,12	34,13	34,11	34,12	34,13	34,14
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-47,6%	-57,4%	-65,8%	-51,8%	-58,8%	-65,8%	-70,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	-13,3%	-13,3%	-13,3%	-13,3%
g _{gl+sh} /g _{gl}	57,1%	57,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-25,8%	-25,8%	-52,8%	-52,8%	-52,8%	-52,8%	-52,8%
EP _{H,nd}	-32,1%	-31,8%	-8,1%	-13,5%	-12,2%	-12,1%	-8,1%
EP _{C,nd}	-3,2%	-3,9%	-13,2%	-11,0%	-11,6%	-12,1%	-12,7%
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,258	0,226	0,197	0,168	0,200	0,177	0,154
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g _{gl+sh} /g _{gl}	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
H' _T	0,586	0,584	0,582	0,578	0,585	0,583	0,579
EP _{H,nd} (reale)	2,57	2,57	2,57	2,53	2,56	2,56	2,53
EP _{H,nd} (limite)	2,60	2,59	2,58	2,57	2,58	2,57	2,57
EP _{C,nd} (reale)	33,97	33,81	33,65	33,53	33,82	33,69	33,60
EP _{C,nd} (limite)	34,03	34,04	34,06	34,08	34,06	34,07	34,09
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-11,0%	-22,0%	-32,0%	-42,0%	-31,0%	-39,0%	-47,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g _{gl+sh} /g _{gl}	85,7%	85,7%	85,7%	85,7%	85,7%	85,7%	85,7%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-0,9%	-0,9%	-0,9%	-0,9%	-0,9%	-0,9%	-0,9%
EP _{H,nd}	-0,9%	-0,8%	-0,2%	-1,5%	-0,6%	-0,6%	-1,5%
EP _{C,nd}	-0,2%	-0,7%	-1,2%	-1,6%	-0,7%	-1,1%	-1,4%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,208	0,185	0,161	0,140	0,140	0,174	0,156
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g _{gl+sh} /g _{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,650	0,650	0,650
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,023	0,023	0,023	0,023	0,027	0,027	0,027
H' _T	0,573	0,573	0,571	0,570	0,589	0,438	0,453
EP _{H,nd} (reale)	18,37	18,41	18,36	18,33	18,40	11,40	12,09
EP _{H,nd} (limite)	18,44	18,43	18,42	18,41	18,41	18,37	18,37

U.I.6							
EP _{C,nd} (reale)	22,69	22,55	22,44	22,33	23,18	25,54	25,21
EP _{C,nd} (limite)	23,16	23,17	23,18	23,19	23,19	23,24	23,24
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-20,0%	-29,0%	-38,0%	-46,0%	-46,0%	-33,0%	-40,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g _{gl+sh} /g _{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	85,7%	85,7%	85,7%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-22,4%	-22,4%	-22,4%	-22,4%	-8,3%	-8,3%	-8,3%
EP _{H,nd}	-0,4%	-0,1%	-0,3%	-0,5%	-0,1%	-38,0%	-34,2%
EP _{C,nd}	-2,0%	-2,7%	-3,2%	-3,7%	0,0%	9,9%	8,5%

Tabella 198 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.7. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.7							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,442	0,406	0,376	0,346	0,322	0,298	0,273
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,360	0,330	0,306	0,281	0,262	0,242	0,223
U - Serramenti	3,000	3,000	3,000	2,600	2,600	2,600	2,600
g _{gl+sh} /g _{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
H' _T	0,579	0,577	0,577	0,575	0,577	0,576	0,574
EP _{H,nd} (reale)	8,29	8,20	8,22	8,17	8,26	8,27	8,22
EP _{H,nd} (limite)	9,65	9,65	9,65	9,66	9,66	9,66	9,66
EP _{C,nd} (reale)	32,00	31,81	31,60	31,44	31,26	31,11	30,96
EP _{C,nd} (limite)	32,34	32,36	32,38	32,39	32,41	32,42	32,43
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	2,8%	-5,6%	-12,6%	-19,6%	-25,2%	-30,8%	-36,4%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	2,8%	-5,6%	-12,6%	-19,6%	-25,2%	-30,8%	-36,4%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	-13,3%	-13,3%	-13,3%	-13,3%
g _{gl+sh} /g _{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%	-34,8%
EP _{H,nd}	-14,1%	-15,1%	-14,8%	-15,3%	-14,5%	-14,4%	-14,9%
EP _{C,nd}	-1,1%	-1,7%	-2,4%	-3,0%	-3,5%	-4,0%	-4,5%
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,287	0,264	0,244	0,226	0,229	0,212	0,197
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,257	0,237	0,218	0,203	0,205	0,190	0,177
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g _{gl+sh} /g _{gl}	0,450	0,450	0,450	0,450	0,550	0,550	0,550
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,018	0,018	0,018	0,018	0,022	0,022	0,022
H' _T	0,381	0,379	0,378	0,378	0,395	0,393	0,393
EP _{H,nd} (reale)	7,45	7,40	7,39	7,43	7,42	7,37	7,40
EP _{H,nd} (limite)	7,49	7,48	7,48	7,47	7,47	7,46	7,46
EP _{C,nd} (reale)	29,41	29,27	29,13	28,99	30,16	30,07	29,95
EP _{C,nd} (limite)	31,85	31,87	31,89	31,90	31,90	31,92	31,93
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-1,0%	-9,0%	-16,0%	-22,0%	-21,0%	-27,0%	-32,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	-1,0%	-9,0%	-16,0%	-22,0%	-21,0%	-27,0%	-32,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g _{gl+sh} /g _{gl}	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	57,1%	57,1%	57,1%
A _{sol,est} /A _{sup utile}	-39,0%	-39,0%	-39,0%	-39,0%	-25,4%	-25,4%	-25,4%
EP _{H,nd}	-0,6%	-1,1%	-1,2%	-0,5%	-0,6%	-1,2%	-0,8%
EP _{C,nd}	-7,7%	-8,1%	-8,6%	-9,1%	-5,4%	-5,8%	-6,2%

U.I.7							
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,270	0,252	0,234	0,218	0,203	0,190	0,177
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,304	0,284	0,266	0,251	0,235	0,220	0,207
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
H'_T	0,398	0,397	0,397	0,398	0,397	0,395	0,394
$EP_{H,nd}$ (reale)	32,45	32,41	32,45	32,56	32,53	32,35	32,30
$EP_{H,nd}$ (limite)	32,65	32,63	32,63	32,62	32,61	32,60	32,59
$EP_{C,nd}$ (reale)	18,61	18,48	18,35	18,21	18,11	18,04	17,96
$EP_{C,nd}$ (limite)	19,82	19,84	19,85	19,86	19,87	19,89	19,90
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	4,0%	-3,0%	-10,0%	-16,0%	-22,0%	-27,0%	-32,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	38,0%	29,0%	21,0%	14,0%	7,0%	0,0%	-6,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-43,0%	-43,0%	-43,0%	-43,0%	-43,0%	-43,0%	-43,0%
$EP_{H,nd}$	-0,6%	-0,7%	-0,5%	-0,2%	-0,2%	-0,8%	-0,9%
$EP_{C,nd}$	-6,1%	-6,8%	-7,6%	-8,3%	-8,9%	-9,3%	-9,7%

Tabella 199 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.8. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.8							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete							
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti							
g_{gl+sh}/g_{gl}							
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$							
H'_T							
$EP_{H,nd}$ (reale)							
$EP_{H,nd}$ (limite)							
$EP_{C,nd}$ (reale)							
$EP_{C,nd}$ (limite)							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete							
U - Solaio contro terra							
U - Copertura							
U - Serramenti							
g_{gl+sh}/g_{gl}							
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$							
$EP_{H,nd}$							
$EP_{C,nd}$							
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,365	0,336	0,310	0,310	0,267	0,247	0,226
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,328	0,302	0,278	0,278	0,239	0,221	0,203
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
H'_T	0,442	0,442	0,442	0,442	0,443	0,443	0,442
$EP_{H,nd}$ (reale)	10,63	10,59	10,56	10,56	10,61	10,59	10,50
$EP_{H,nd}$ (limite)	10,64	10,63	10,62	10,62	10,61	10,60	10,59
$EP_{C,nd}$ (reale)	34,01	33,99	33,96	33,96	33,88	33,86	33,87

U.I.8							
EP _{C,nd} (limite)	34,20	34,22	34,24	34,24	34,27	34,28	34,30
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	26,0%	16,0%	7,0%	7,0%	-8,0%	-15,0%	-22,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	26,0%	16,0%	7,0%	7,0%	-8,0%	-15,0%	-22,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g _{gl} +sh/g _{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
A _{sol,est} / A _{sup utile}	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%	-28,8%
EP _{H,nd}	-0,1%	-0,5%	-0,6%	-0,6%	0,0%	-0,1%	-0,9%
EP _{C,nd}	-0,6%	-0,7%	-0,8%	-0,8%	-1,1%	-1,2%	-1,2%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,333	0,278	0,286	0,268	0,247	0,231	0,213
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,279	0,262
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g _{gl} +sh/g _{gl}	0,550	0,450	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
A _{sol,est} / A _{sup utile}	0,020	0,016	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
H' _T	0,243	0,273	0,264	0,274	0,285	0,456	0,455
EP _{H,nd} (reale)	12,22	15,03	14,10	15,07	16,12	33,92	33,85
EP _{H,nd} (limite)	33,97	33,97	33,97	33,97	33,97	34,05	34,05
EP _{C,nd} (reale)	30,07	28,69	29,20	28,77	28,37	22,68	22,66
EP _{C,nd} (limite)	22,82	22,82	22,82	22,82	22,82	22,69	22,70
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	28,0%	7,0%	10,0%	3,0%	-5,0%	-11,0%	-18,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	-50,0%	-50,0%	-50,0%	-50,0%	-50,0%	27,0%	19,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g _{gl} +sh/g _{gl}	57,1%	28,6%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
A _{sol,est} / A _{sup utile}	-34,3%	-46,2%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%	-34,3%
EP _{H,nd}	-64,0%	-55,7%	-58,5%	-55,6%	-52,5%	-0,4%	-0,6%
EP _{C,nd}	31,8%	25,7%	27,9%	26,1%	24,3%	0,0%	-0,2%

Tabella 200 – Palazzina con destinazione d'uso residenziale. Unità Immobiliare U.I.9. Località Palermo, Roma e Torino.
Variazioni delle caratteristiche termofisiche di progetto del fabbricato. Soluzioni al limite superiore e scostamento dei valori di progetto rispetto ai requisiti 2019.

(Percentuale di incidenza dei ponti termici calcolata sugli scambi termici per trasmissione)

U.I.9							
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,460	0,424	0,388	0,358	0,328	0,304	0,280
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,375	0,345	0,316	0,291	0,267	0,247	0,228
U - Serramenti	3,000	3,000	3,000	2,600	2,600	2,600	2,600
g _{gl} +sh/g _{gl}	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
A _{sol,est} / A _{sup utile}	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
H' _T	0,629	0,630	0,628	0,628	0,627	0,629	0,630
EP _{H,nd} (reale)	11,03	11,05	10,99	11,02	10,99	11,07	11,12
EP _{H,nd} (limite)	11,65	11,65	11,65	11,66	11,66	11,66	11,67
EP _{C,nd} (reale)	29,47	29,31	29,16	29,02	28,90	28,76	28,65
EP _{C,nd} (limite)	29,92	29,93	29,94	29,95	29,96	29,97	29,98
PALERMO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	7,0%	-1,4%	-9,8%	-16,8%	-23,8%	-29,4%	-35,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	7,0%	-1,4%	-9,8%	-16,8%	-23,8%	-29,4%	-35,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	-13,3%	-13,3%	-13,3%	-13,3%
g _{gl} +sh/g _{gl}	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
A _{sol,est} / A _{sup utile}	-25,8%	-25,8%	-25,8%	-25,8%	-25,8%	-25,8%	-25,8%
EP _{H,nd}	-5,3%	-5,2%	-5,7%	-5,4%	-5,8%	-5,1%	-4,7%
EP _{C,nd}	-1,5%	-2,1%	-2,6%	-3,1%	-3,6%	-4,0%	-4,5%
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%

U.I.9							
U - Parete	0,281	0,258	0,238	0,218	0,218	0,200	0,186
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,252	0,231	0,213	0,195	0,195	0,179	0,166
U - Serramenti	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,450	0,450	0,450	0,450	0,550	0,550	0,550
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,021	0,021	0,021	0,021	0,025	0,025	0,025
H'_T	0,399	0,398	0,398	0,396	0,412	0,411	0,411
$EP_{H,nd}$ (reale)	10,61	10,61	10,64	10,59	10,61	10,59	10,65
$EP_{H,nd}$ (limite)	10,68	10,67	10,67	10,66	10,66	10,65	10,65
$EP_{C,nd}$ (reale)	26,82	26,69	26,57	26,49	27,52	27,44	27,33
$EP_{C,nd}$ (limite)	28,84	28,86	28,87	28,88	28,88	28,89	28,90
ROMA	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	-3,0%	-11,0%	-18,0%	-25,0%	-25,0%	-31,0%	-36,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	-3,0%	-11,0%	-18,0%	-25,0%	-25,0%	-31,0%	-36,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	57,1%	57,1%	57,1%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-31,4%	-31,4%	-31,4%	-31,4%	-16,1%	-16,1%	-16,1%
$EP_{H,nd}$	-0,7%	-0,6%	-0,3%	-0,6%	-0,5%	-0,7%	0,0%
$EP_{C,nd}$	-7,0%	-7,5%	-8,0%	-8,3%	-4,7%	-5,0%	-5,4%
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	0,268	0,247	0,229	0,213	0,198	0,182	0,169
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	0,308	0,288	0,268	0,251	0,235	0,220	0,207
U - Serramenti	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
g_{gl+sh}/g_{gl}	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
H'_T	0,417	0,418	0,416	0,416	0,416	0,415	0,415
$EP_{H,nd}$ (reale)	36,29	36,38	36,29	36,26	36,36	36,29	36,35
$EP_{H,nd}$ (limite)	36,48	36,47	36,46	36,46	36,45	36,45	36,44
$EP_{C,nd}$ (reale)	16,95	16,82	16,73	16,64	16,55	16,48	16,39
$EP_{C,nd}$ (limite)	17,90	17,91	17,92	17,93	17,94	17,95	17,96
TORINO	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
U - Parete	3,0%	-5,0%	-12,0%	-18,0%	-24,0%	-30,0%	-35,0%
U - Solaio contro terra							
U - Copertura	40,0%	31,0%	22,0%	14,0%	7,0%	0,0%	-6,0%
U - Serramenti	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
g_{gl+sh}/g_{gl}	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	-36,5%	-36,5%	-36,5%	-36,5%	-36,5%	-36,5%	-36,5%
$EP_{H,nd}$	-0,5%	-0,2%	-0,5%	-0,5%	-0,2%	-0,4%	-0,3%
$EP_{C,nd}$	-5,3%	-6,1%	-6,6%	-7,2%	-7,8%	-8,2%	-8,7%

3.5.3.3 Commento ai risultati

Il caso studio in oggetto è relativo ad una palazzina con destinazione d'uso condominiale composto da 12 unità abitative disposte su quattro diversi livelli. Tale caso studio si ritiene possa essere caratteristico poiché nonostante le unità immobiliari facciano tutte riferimento allo stesso corpo di fabbrica esse sono caratterizzate da scambi termici e apporti solari che sono molto differenti tra loro, quindi nella relativa progettazione è necessario tenere in conto di scelte progettuali che devono essere comuni e ugualmente fattibili per tutte le unità immobiliari. In particolare:

- le unità al piano terra hanno scambi termici con il terreno, con l'ambiente esterno attraverso l'involucro verticale e con il vano scala non climatizzato;
- le unità ai piani intermedi hanno scambi termici solamente con l'ambiente esterno attraverso l'involucro verticale e il vano scala non climatizzato;
- le unità all'ultimo piano hanno scambi termici con il sottotetto non climatizzato, con l'ambiente esterno attraverso l'involucro verticale e con il vano scala non climatizzato.

Inoltre le varie unità immobiliari hanno orientamenti diversi. L'unità immobiliare con metratura minore è interposta tra le altre unità immobiliari ed ha orientamento esclusivo verso Nord. Le unità all'ultimo piano, soprattutto nella stagione estiva, ricevono apporti solari gratuiti anche dal sottotetto non climatizzato.

La ricerca riporta più grafici relativi alla determinazione della percentuale massima realizzabile di superficie vetrata. Analizzandoli è possibile osservare che al diminuire delle trasmittanze relative alle chiusure tecniche trasparenti, a parità delle altre trasmittanze del fabbricato (come definite dalle tabelle da 1 a 5 del D.M. 26/06/2016 – comprensive dei ponti termici [42]) si ha un aumento della superficie vetrata realizzabile (tenendo conto della sola verifica del parametro H_T). Tuttavia, per nessuna zona climatica e per nessun tipo di chiusura tecnica trasparente (con valori di trasmittanza termica anche ridotti, ma tecnicamente fattibili) si riesce a giungere a involucri verticali completamente vetrati.

Dall'analisi risulta che utilizzando le trasmittanze termiche dell'edificio di riferimento al 2019/2021 si riescono a garantire quasi sempre i rapporti aero illuminanti minimi previsti dal Decreto Ministeriale 5 luglio 1975. L'unico caso che potrebbe presentare delle problematiche è l'U.I.5. In zona B (Figura 144). La realizzazione di maggiori superfici è collegata all'impiego di chiusure tecniche trasparenti caratterizzate da buone performance termiche.

Per quanto concerne la correlazione tra il fattore di energia solare delle chiusure tecniche trasparenti, con schermatura solare mobile e il rapporto tra area solare equivalente estiva e superficie utile del fabbricato risulta che per garantire il soddisfacimento di tale requisito l'elemento schermante da utilizzare ha caratteristiche di trasmissione solare variabili per ogni unità abitativa (difatti per ogni unità immobiliare cambiano sia la superficie vetrata, sia la superficie utile oltre che l'orientamento dei componenti trasparenti). Come è visibile dalle Tabella 167, Tabella 168, Tabella 169, Tabella 170, per ogni unità immobiliari le caratteristiche relativi agli elementi schermanti relative alle superfici trasparenti sono abbastanza simili.

È da notare che le U.I. numero 2,5 e 8 hanno orientamento esclusivo a Nord ma che tuttavia, per rispettare i limiti di legge, si rende necessario associare alle chiusure tecniche trasparenti verso esterno l'utilizzo di tende che schermano dalla radiazione solare con un g_{gl+sh}/g_{gl} pari a 0,65 [-]. A tal proposito si ricorda che tale scelta è necessaria per la verifica del parametro $A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ ma che non ha effetti sul calcolo della prestazione termica (per maggiori dettagli si faccia riferimento al paragrafo 14.3.4 "Gestione delle schermature mobili" della UNI/TS 11300-1).

Mentre per le unità immobiliari con orientamento da Est a Ovest passando per Sud è possibile ridurre gli apporti termici provenienti dall'ambiente esterno prevedendo per le chiusure tecniche trasparenti delle schermature solari con caratteristiche prestazionali diverse, per le unità immobiliari/locali con orientamento a Nord non è possibile in alcun modo diminuire gli apporti di origine solare. Il tecnico progettista in questo

caso, per meglio bilanciare gli apporti e le dispersioni, può quindi intervenire aumentando in base alle necessità, gli scambi per trasmissione.

Per quanto concerne invece la verifica contestuale del rispetto degli indici e dei parametri del D.M. “Requisiti minimi” [42] (Punto 3.3 - Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero) sono stati ricercati i campi di esistenza (limite inferiore e superiore) concernenti le funzioni come definite al paragrafo 3.1.1.

Dall’esame dei grafici relativi alla località di Palermo, l’aspetto più evidente è che per le unità abitative 2, 5 e 8 (bilocale con esposizione esclusiva a Nord) non esistono soluzioni che rispettino contestualmente i requisiti minimi del D.M. [42].

In generale da una lettura relativa ai grafici emerge che i fabbisogni energetici per il riscaldamento sono molto bassi, in alcuni casi anche pari allo zero, mentre vi è un fabbisogno energetico più alto per la climatizzazione estiva.

In Tabella 174 è riportata la soluzione comune che permette a tutte le unità immobiliari di rispettare i requisiti 2015, mentre in Tabella 176 è riportata la soluzione comune relativa alla fase 2019/2021. Come indicato precedentemente per Palermo le unità abitative 2, 5 e 8 non hanno una soluzione che soddisfi tutti i requisiti minimi del D.M. Infatti in Tabella 176 le relative celle non riportano alcun valore.

Ne consegue quindi che nel progetto o nella ristrutturazione di un edificio condominiale un ulteriore vincolo è costituito dalla ricerca di un campo di esistenza delle soluzioni che, oltre a soddisfare i requisiti minimi dell’unità immobiliare, sia comune a tutte le unità abitative. Nella relazione si assume che l’involucro verticale abbia le medesime caratteristiche per tutte le unità immobiliari, così come che il solaio verso il terreno abbia caratteristiche comuni per tutte le unità al piano terra e il solaio superiore delle unità abitative all’ultimo piano verso il sottotetto non climatizzato abbia caratteristiche comuni a tutte le unità immobiliari del relativo piano a contatto. Si tratta di un’assunzione che permette di controllare meglio la presenza di ponti termici dovuti alla discontinuità di forma e struttura (differenze dello spessore di strato isolante relative alla componente opaca disperdente).

Si riportano di seguito alcune considerazioni relative ai risultati presentati nei grafici a cui si rimanda per le varie assunzioni di base considerate nei calcoli.

- **Località Palermo U.I.1.** (Figura 162, parametri di progetto assunti tutti variabili): A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento del parametro H'_{T_1} ; ne consegue quindi che il campo di esistenza per entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021 è identico;
- **Località Palermo U.I.2.** (Figura 163): Non esiste un campo di esistenza, non è infatti mai verificato l’indice di prestazione termica utile per raffrescamento. Andando ad operare su scelte progettuali che aumentino gli scambi termici per trasmissione risulta non essere verificato il parametro H'_{T_1} .
- **Località Palermo U.I.3.** (Figura 164, parametri di progetto assunti tutti variabili): A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento del parametro H'_{T_1} ; Il campo di esistenza per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021 è identico;
- **Località Palermo U.I.4.** (Figura 165, parametri di progetto assunti tutti variabili): Per quanto concerne la prima fase applicativa a delimitare il campo di esistenza per il limite inferiore è la verifica concernente l’indice di prestazione termica utile per raffrescamento, mentre il limite superiore è delimitato dall’indice di prestazione termica utile per riscaldamento; per quanto concerne invece il campo di esistenza per la fase 2019/2021 il limite superiore è delimitato dalla verifica dell’indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Palermo U.I.5.** (Figura 166): Non è determinabile un campo di esistenza, non è infatti mai verificato l’indice di prestazione termica utile per raffrescamento;

- **Località Palermo U.I.6.** (Figura 167, parametri di progetto assunti tutti variabili): A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento del parametro H'_T ; Il campo di esistenza per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021 è identico;
- **Località Palermo U.I.7.** (Figura 168, parametri di progetto assunti tutti variabili): Per quanto concerne la prima fase applicativa 2015 a determinare il limite inferiore è la verifica concernente l'indice di prestazione termica utile per raffrescamento, mentre il limite superiore è determinato dal soddisfacimento del requisito relativo al parametro H'_T ; per quanto concerne invece il campo di esistenza per la fase 2019/2021 il limite inferiore corrisponde al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Palermo U.I.8.** (Figura 169): Non è determinabile un campo di esistenza, non è infatti mai verificato l'indice di prestazione termica utile per raffrescamento;
- **Località Palermo U.I.9.** (Figura 170, parametri di progetto assunti tutti variabili): Per quanto concerne entrambe le fasi applicative 2015 e 2019/2021 a determinare il limite inferiore è la verifica concernente l'indice di prestazione termica utile per raffrescamento, mentre il limite superiore è determinato dal soddisfacimento del requisito relativo al parametro H'_T ; le combinazioni riportate in tabella hanno dunque un differente limite inferiore e un limite superiore che invece è coincidente.

Le soluzioni (combinazioni di progetto) per ogni unità abitativa sono differenti e il parametro/indice di verifica che delimita il campo di esistenza varia in relazione alle caratteristiche di ogni unità abitativa.

Per quanto riguarda la località **Roma**, seguendo comunque le logiche e le assunzioni di calcolo già presentate, sono state operate più combinazioni che permettono di raggiungere per la casistica esaminata vari obiettivi progettuali (uno schema è riportato al paragrafo 3.5.3, Tabella 172 e riassunto di seguito):

- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015. Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati;
- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015. Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w ;
- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019. Parametri di progetto variabili ad eccezione di quelli indicati;
- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019. Parametri di progetto variabili ad eccezione di U_w ;

Tale suddivisione si è resa necessaria poiché non sempre le assunzioni di progetto adottate per la ricerca del campo di esistenza permettono di determinare combinazioni progettuali (con diversa prestazione) cui siano verificati contestualmente i requisiti minimi per entrambe le fasi applicative previste dal D.M. [42].

- **Località Roma U.I.1.** (Figura 171, parametri di progetto assunti tutti variabili): A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Roma U.I.2.** (Figura 172, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,40$ W/m²K). Per la fase applicativa 2015 a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento; Per quanto concerne la seconda fase applicativa 2019/2021 il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono, ciò significa che eventuali soluzioni progettuali selezionate appartenenti al campo di esistenza relativo alla seconda fase applicativa 2019/2021 non assicurano che l'unità immobiliare sia anche verificata per la fase applicativa 2015 (seppur i valori dell'edificio di riferimento siano più rigidi). Questo poiché, alla diminuzione delle trasmittanze

dell'edificio di riferimento, corrisponde un aumento del fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento.

- **Località Roma U.I.3.** (Figura 173, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I campi di esistenza individuati dall'algoritmo relativi alle due fasi temporali si sovrappongono (vi è intersezione degli insiemi);
- **Località Roma U.I.4.** (Figura 174, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,00$ W/m²K). Per la fase applicativa 2015 delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento. Per la fase applicativa 2019/2021 a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento. È interessante notare che in questo caso specifico le combinazioni individuate dall'algoritmo prevedono elementi caratterizzate da trasmittanze termiche dell'involucro opaco che sono più alte rispetto a quelle individuate per la fase applicativa 2015.
- **Località Roma U.I.5.** (Figura 175, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,40$ W/m²K). Tale assunzione permette di determinare il campo di esistenza solamente per la prima fase applicativa 2015. Il limite superiore è determinato dal requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per quanto concerne la fase applicativa 2019/2021 le assunzioni adottate fanno sì che il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento non sia mai verificato (mentre tutti gli altri requisiti minimi lo sono);
- **Località Roma U.I.6.** (Figura 176, parametri di progetto assunti tutti variabili). A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Roma U.I.7.** (Figura 177, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60$ W/m²K). Per la fase applicativa 2015 delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento. Per la fase applicativa 2019/2021 a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite superiore è invece il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Roma U.I.8.** (Figura 178, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,60$ W/m²K). Per la fase applicativa 2015 delimita il campo di esistenza per quanto concerne limite inferiore il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre per il limite superiore il soddisfacimento relativo alla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per quanto concerne la fase applicativa 2019/2021 a delimitare il campo di esistenza con il limite superiore è il requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. È interessante notare che i due campi di esistenza individuati dall'algoritmo non si sovrappongono, ciò significa che eventuali soluzioni progettuali selezionate ricadenti nel campo di esistenza relativo alla seconda fase applicativa 2019/2021 non assicurano che l'unità immobiliare sia anche verificata per la fase applicativa 2015.
- **Località Roma U.I.9.** (Figura 179, parametri di progetto assunti tutti variabili): Le assunzioni adottate permettono di definire valide combinazioni progettuali per entrambe le fasi applicative. Per entrambe il campo di esistenza è delimitato superiormente dal requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.

Dall'esame dei punti precedenti è evidente che le soluzioni individuate per ogni unità abitativa sono differenti e il parametro/indice che delimita il campo di esistenza varia in relazione alle scelte progettuali/assunzioni concernenti ogni unità abitativa. Generalizzando, per le unità immobiliari studiate (località Roma) a costituire il limite del campo di esistenza sono gli indici di prestazione termica utile.

È interessante notare che le combinazioni di progetto individuate, relative ad ogni unità immobiliare, hanno un proprio campo di esistenza che, per la fase applicativa 2015, ha elementi di sovrapposizione tra i vari campi di esistenza e che dunque permette di individuare un insieme di soluzioni adattabili a tutte le unità immobiliari.

Per quanto concerne invece la fase applicativa 2019/2021 i campi di esistenza relativi alle unità immobiliari non hanno aree di sovrapposizione (mancanza di intersezione tra gli insiemi) non è quindi possibile determinare delle soluzioni comuni che permettano contemporaneamente per tutte le unità immobiliari di soddisfare i requisiti minimi del decreto [42].

Nella ricerca è stato inoltre ipotizzato di assumere fisse le caratteristiche relative alle chiusure tecniche trasparenti (da Figura 180 a Figura 188). Tali assunzioni, come per la casistica precedente, per la fase applicativa 2015, hanno permesso di determinare il campo di esistenza per tutte le unità immobiliari delineando tra l'altro un'area di sovrapposizione delle soluzioni (intersezione comune di tutti gli insiemi delle soluzioni). Tuttavia, per la fase applicativa 2019/2021, non è stato possibile determinare delle soluzioni comuni che permettano contemporaneamente per tutte le unità immobiliari di soddisfare i requisiti minimi del decreto [42]. È stato quindi necessario variare ulteriormente le assunzioni di base.

A tal proposito quindi sono state attuate delle assunzioni che permettessero al fabbricato di rispettare tutti i requisiti relativi alla fase 2019/2021 e di determinare un insieme comune di soluzioni.

- **Località Roma U.I.1.** (Figura 189, parametri di progetto assunti tutti variabili): A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Roma U.I.2.** (Figura 190, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,00$ W/m²K). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono.
- **Località Roma U.I.3.** (Figura 191, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento.
- **Località Roma U.I.4.** (Figura 192, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60$ W/m²K). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento.
- **Località Roma U.I.5.** (Figura 193, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,10$ W/m²K). Tale assunzione permette di determinare il campo di esistenza solamente per la seconda fase applicativa 2019/2021. Il limite superiore è determinato dal requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Roma U.I.6.** (Figura 194, parametri di progetto assunti tutti variabili). Per la fase applicativa 2015 a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore per entrambe le fasi attuative è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono.

- **Località Roma U.I.7.** (Figura 195, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Roma U.I.8.** (Figura 196, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,20$ W/m²K). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono.
- **Località Roma U.I.9.** (Figura 197, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono (non vi sono zone di intersezione tra i due insiemi).

Come risulta dalla Tabella 180 le assunzioni di calcolo permettono di determinare una soluzione comune (intersezione di più insiemi) che permette contemporaneamente per tutte le unità immobiliari di soddisfare i requisiti minimi del decreto [42] alla prima fase applicativa 2015 (riassunto da Figura 180 a Figura 188). Nella tabella successiva (Tabella 181) è riportato lo scarto percentuale relativo ai valori di progetto individuati dall'algoritmo rispetto ai requisiti 2019 del D.M. "Requisiti minimi". Per le pareti verticali verso esterno le trasmittanze termiche hanno un valore inferiore rispetto ai valori del D.M. [42] di circa il 40%.

In Tabella 182 è riportato un insieme di soluzioni che permette alle unità immobiliari di rispettare tutte le verifiche del D.M. al 2019/2021 (riassunto da Figura 189 a Figura 197).

L'ultima fase di analisi relativa alla località Roma prevede che, nella ricerca del campo di esistenza, siano variabili tutti i parametri di progetto del fabbricato ad eccezione della U_w e del g_{gl+sh}/g_{gl} (da Figura 198 a Figura 206).

Si riportano di seguito alcune considerazioni sui grafici.

- **Località Roma U.I.1.** (Figura 198, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 1,80$ W/m²Ke del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$): A delimitare il campo di esistenza (limite superiore) è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative i cui campi di esistenza si sovrappongono;
- **Località Roma U.I.2.** (Figura 199, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 2,20$ W/m²K e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono.
- **Località Roma U.I.3.** (Figura 200, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 2,00$ W/m²K e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dall'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono (assenza di intersezione tra gli insiemi individuati).

- **Località Roma U.I.4.** (Figura 201, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,55$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative i cui campi di esistenza si sovrappongono;
- **Località Roma U.I.5.** (Figura 202, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$). Tale assunzione permette di determinare il campo di esistenza solamente per la seconda fase applicativa 2019/2021. Il limite superiore è determinato dal requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per quanto concerne la fase 2015, la verifica che non è mai soddisfatta riguarda l'indice di prestazione termica utile per raffrescamento;
- **Località Roma U.I.6.** (Figura 203, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,65$). Per la fase applicativa 2015 a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore per entrambe le fasi attuative è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono.
- **Località Roma U.I.7.** (Figura 204, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative i cui campi di esistenza si sovrappongono;
- **Località Roma U.I.8.** (Figura 205, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,75$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono;
- **Località Roma U.I.9.** (Figura 206, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ e del $g_{gl+sh}/g_{gl} = 0,45$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. La combinazione di progetto permette di definire soluzioni per entrambe le due fasi applicative i cui campi di esistenza si sovrappongono;

È interessante notare che l'algoritmo individua caratteristiche dell'involucro opaco comune (campo di esistenza condiviso – intersezione degli insiemi di combinazioni) a tutte le unità immobiliari (maggiori dettagli in Tabella 181). In genere, tuttavia, le unità immobiliari centrali (bilocali) comprese tra altre unità immobiliari hanno caratteristiche relative alle chiusure tecniche trasparenti che sono meno performanti rispetto alle altre unità abitative (esse hanno infatti scambi termici con l'ambiente esterno che sono minori rispetto alle altre UI).

Si presti inoltre attenzione in merito alle unità abitative ubicate all'ultimo piano le quali sono a contatto con il sottotetto non climatizzato, per esse sono previste chiusure tecniche trasparenti associate a tende con un fattore g_{gl+sh}/g_{gl} minore rispetto alle altre unità abitative (infatti, a differenza delle altre U.I., ricevono apporti solari gratuiti anche dal sottotetto non climatizzato).

Si noti infine che per le U.I. 2, 5 e 8 che hanno orientamento esclusivo a Nord, sono state previste chiusure tecniche trasparenti associate a tende con g_{gl+sh}/g_{gl} pari a 0,75. L'utilizzo delle tende è indispensabile per verificare il limite sul parametro $A_{sol. est}/A_{sup. utile}$ tuttavia è influente sul calcolo della prestazione termica delle unità immobiliare.

L'ultima parte dell'analisi relativa al caso studio palazzina ad uso residenziale ha esaminato le principali ricadute sulla progettazione per località in zona climatica E (Torino). Come per Roma le medesime assunzioni di progetto non portano a determinare un campo di esistenza comune per le due fasi applicative 2015 e 2019/2021. Per tale ragione lo studio relativo a quest'ultima parte è stato suddiviso in tre parti.

La struttura è riassunta in Tabella 173 e riportata nei punti di seguito:

- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2015. Casi studio con parametri di progetto relativi all'involucro variabili ad eccezione di quelli indicati nel prospetto;
- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019/2021. Casi studio con parametri di progetto relativi all'involucro variabili ad eccezione di quelli indicati nel prospetto;
- Edificio che rispetta tutte le verifiche al 2019/2021. Casi studio con parametri di progetto relativi all'involucro variabili ad eccezione di U_w e g_{gl+sh}/g_{gl} .

Per una migliore facilità di lettura si riuniscono di seguito le considerazioni conclusive sui grafici:

- **Località Torino U.I.1.** (Figura 207, parametri di progetto assunti tutti variabili). Per la fase applicativa 2015, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la fase 2019/2021 il campo di esistenza è delimitato superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni comuni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Torino U.I.2.** (Figura 208, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le assunzioni permettono di determinare delle combinazioni solamente per la fase applicativa 2015. Il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre superiormente dal requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la fase applicativa 2019/2021 le assunzioni non permettono di determinare un campo di esistenza. Il requisito a non essere mai soddisfatto, in riferimento alle assunzioni adottate, è quello relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Torino U.I.3.** (Figura 209, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, delimita il campo di esistenza (limite superiore) il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento.
- **Località Torino U.I.4.** (Figura 210, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le assunzioni permettono di determinare delle combinazioni solamente per la fase applicativa 2015. Il campo di esistenza è delimitato superiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento. Per la fase applicativa 2019/2021 le assunzioni non permettono di determinare un campo di esistenza. Il requisito a non essere soddisfatto è quello relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- **Località Torino U.I.5.** (Figura 211, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,10 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le assunzioni permettono di determinare delle combinazioni solamente per la fase applicativa 2015. Il campo di esistenza è delimitato superiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la fase applicativa 2019/2021 le assunzioni non permettono di determinare un campo di esistenza. Il requisito a non essere soddisfatto è quello relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;

- **Località Torino U.I.6.** (Figura 212, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni comuni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Torino U.I.7.** (Figura 213, parametri di progetto assunti tutti variabili). Per entrambe le fasi applicative il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni comuni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Torino U.I.8.** (Figura 214, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si sovrappongono.
- **Località Torino U.I.9.** (Figura 215, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati si sovrappongono per un breve tratto.

Come risulta dalla Tabella 186 le assunzioni di calcolo permettono di determinare una soluzione comune che permette contemporaneamente per tutte le unità immobiliari di soddisfare i requisiti minimi del decreto [42]. Nella tabella successiva (Tabella 188) è riportato lo scostamento (scarto percentuale) dei valori di progetto individuati rispetto ai requisiti 2019 del D.M. "Requisiti minimi" [42]. Per le pareti verticali verso esterno le trasmittanze termiche hanno una trasmittanza termica inferiore rispetto ai valori del D.M. [42] di circa il 38%.

Dall'esame dei punti precedenti è evidente che le soluzioni individuate per ogni unità abitativa sono differenti e il parametro/indice che delimita il campo di esistenza varia in relazione alle scelte progettuali/assunzioni concernenti ogni unità abitativa. Generalizzando per le unità immobiliari studiate (località Torino) a costituire il limite del campo di esistenza sono gli indici di prestazione termica utile, mentre gli altri parametri per questo caso studio ed in riferimento alla località analizzata, non influenzano la progettazione.

È interessante notare che le combinazioni di progetto individuate, relative ad ogni unità immobiliare, hanno un proprio campo di esistenza che, per la fase applicativa 2015, ha elementi di intersezione tra i vari campi di esistenza e che dunque permette di individuare un insieme di soluzioni adattabili a tutte le unità immobiliari. Per quanto concerne invece la fase applicativa 2019/2021 i campi di esistenza relativi alle unità immobiliari non hanno aree di intersezione quindi non è possibile determinare delle soluzioni comuni che permettano contemporaneamente per tutte le unità immobiliari di soddisfare i requisiti minimi del decreto [42].

Per la ricerca delle soluzioni relative alla fase applicativa 2019/2021 è necessario variare le assunzioni di base andando in particolare a modificare le caratteristiche relative alle chiusure tecniche trasparenti. Infatti il campo di esistenza relativo ad alcune unità immobiliari diventa critico nella verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le unità abitative che risultano essere più critiche nella progettazione rispetto alle altre sono le U.I. 2, 5 e 8. Si riporta di seguito un commento ai grafici concernente la casistica esaminata per ottenere un fabbricato che rispetti per tutte le unità abitative i parametri e gli indici dell'edificio di riferimento alla fase temporale 2019/2021.

- **Località Torino U.I.1.** (Figura 216, parametri di progetto assunti tutti variabili). Per la fase applicativa 2015, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la fase 2019/2021 il campo di esistenza è delimitato superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni comuni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Torino U.I.2.** (Figura 217, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che non si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.3.** (Figura 218, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di del fattore $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,55$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che non si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.4.** (Figura 219, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.5.** (Figura 220, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le assunzioni permettono di determinare delle combinazioni solamente per la fase applicativa 2019/2021. Il campo di esistenza è delimitato superiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la fase applicativa 2019/2021 le assunzioni non permettono di determinare un campo di esistenza. Il requisito a non essere mai soddisfatto è quello relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento;
- **Località Torino U.I.6.** (Figura 221, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni comuni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Torino U.I.7.** (Figura 222, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che per un intervallo si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.8.** (Figura 223, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si intersecano.

- **Località Torino U.I.9.** (Figura 224, parametri di progetto assunti tutti variabili). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati si intersecano per un breve tratto.

Per valutare come variano le caratteristiche dell'involucro opaco nella ricerca è stato inoltre ipotizzato di assumere fisse le caratteristiche relative alle chiusure tecniche trasparenti (da Figura 225 a Figura 233). Tale assunzione, come per la casistica precedente, per la fase applicativa 2019/2021, ha permesso di determinare un campo di esistenza comune per tutte le unità immobiliari delineando tra l'altro un'area di intersezione delle soluzioni (insieme comune). Per le simulazioni sono state adottate, ad eccezione delle U.I. 2, 5 e 8, le trasmittanze termiche delle chiusure tecniche trasparenti dell'edificio di riferimento associate a delle tende schermanti con diverso fattore di riduzione.

Si riportano di seguito le principali conclusioni sui grafici.

- **Località Torino U.I.1.** (Figura 225, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni non permettono di definire soluzioni comuni per entrambe le due fasi applicative;
- **Località Torino U.I.2.** (Figura 226, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che non si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.3.** (Figura 227, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che non si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.4.** (Figura 228, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato superiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza comuni che si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.5.** (Figura 229, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$). Le assunzioni permettono di determinare delle combinazioni solamente per la fase applicativa 2019/2021. Il campo di esistenza è delimitato superiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Per la fase applicativa 2019/2021 le assunzioni non permettono di determinare un campo di esistenza. Il requisito a non essere mai soddisfatto è quello relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento;
- **Località Torino U.I.6.** (Figura 230, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_w=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$). Le assunzioni permettono di determinare delle combinazioni solamente per la fase applicativa 2019/2021; il campo di esistenza è delimitato superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento;

- **Località Torino U.I.7.** (Figura 231, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_W=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,65$). Sia per la fase applicativa 2015 che per quella 2019/2021, il campo di esistenza è delimitato inferiormente dal limite relativo all'indice di prestazione termica utile per raffrescamento e superiormente dal soddisfacimento del requisito relativo all'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. Le assunzioni permettono di definire soluzioni che ammettono campi di esistenza che non si intersecano tra loro;
- **Località Torino U.I.8.** (Figura 232, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_W=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,80$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati non si intersecano.
- **Località Torino U.I.9.** (Figura 233, parametri di progetto assunti tutti variabili ad eccezione di $U_W=1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g_{gl+sh}/g_{gl}=0,45$). Sia per la fase applicativa 2015, sia per quella relativa al 2019/2021, a delimitare il campo di esistenza per quanto concerne il limite inferiore è il requisito relativo al soddisfacimento dell'indice di prestazione termica utile per raffrescamento mentre il limite superiore è determinato dalla verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento. I due campi di esistenza individuati si intersecano per un breve tratto.

La ricerca riporta inoltre dei grafici comparativi (Palermo - Figura 234; Roma - Figura 235 e Figura 236 - Torino) relativi al confronto degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento per climatizzazione invernale ed estiva per le due fasi applicative del D.M. "Requisiti minimi" 2015 e 2019/2021 per tutte le unità immobiliari del fabbricato [42]. Dai grafici è visibile quanto le caratteristiche geometriche dell'unità immobiliare influenzino i fabbisogni energetici. L'aspetto più evidente riguarda le unità immobiliari ai piani intermedi di località con clima rigido come Torino (Figura 236), per queste la maggior parte dei consumi di energia termica utile sono dovuti al raffrescamento.

Dal confronto dell'edificio di riferimento per le due fasi applicative 2015 e 2019/2021, è evidente che ad un irrigidimento dei requisiti (diminuzione delle trasmittanze del fabbricato di riferimento) corrisponde da un lato un contenimento dei fabbisogni di energia termica utile nella stagione di riscaldamento e, dall'altra, fabbisogni maggiori di energia termica utile nella stagione di raffrescamento. In ogni caso, tuttavia, la somma dei due fabbisogni termici utili per climatizzazione (invernale più estivo) va a diminuire.

Poiché l'analisi relativa al caso studio esamina gli aspetti concernenti sia la realizzazione di nuovi edifici che l'eventuale ristrutturazione di quelli già esistenti, per concludere l'analisi è stato ipotizzato di intervenire su fabbricati edilizi differenziati da un'incidenza della presenza di ponti termici variabile crescente dal 15% al 45%. Tale scelta è nata dalla convenienza di rendere lo studio presentato adattabile anche ai fabbricati edificati nei vari periodi storici i quali, generalmente, sono contraddistinti da caratteristiche costruttive dell'involucro anche molto differenti tra loro. Lo scopo dell'analisi è stato dunque quello di determinare da un punto di vista quantitativo le maggiori ricadute progettuali e se i valori relativi al fabbricato di riferimento possano essere ritenuti ben calibrati anche per il parco edilizio esistente. Tale analisi, come le precedenti, è stata affrontata per entrambe le fasi 2015 e 2019/2021.

L'analisi è stata svolta considerando fisse le caratteristiche relative alle schermature solari e delle chiusure tecniche trasparenti. In linea di massima dalla lettura delle tabelle (U.I.1, Tabella 192; U.I.2, Tabella 193; U.I.3, Tabella 194; U.I.4, Tabella 195; U.I.5, Tabella 196; U.I.6, Tabella 197; U.I.7, Tabella 198; U.I.8, Tabella 199; U.I.9, Tabella 200) si può notare che considerate buone tali assunzioni, le caratteristiche dell'involucro variano linearmente verso obiettivi di ristrutturazione delle componenti opache che sono sempre più ambiziose seppur, nel presente caso studio, ancora tecnicamente raggiungibili.

Le simulazioni sono state svolte per Palermo, Roma e Torino. Considerato che le trasmittanze termiche del fabbricato di riferimento sono più rigide in zona climatica E, Torino risulta la località in cui occorre impiegare maggior strato coibente per riuscire a osservare tutti i limiti del D.M. "Requisiti minimi" [42]. Per i comuni montani in zona F tale criticità risulta essere ancora più accentuata.

Va tuttavia notato che nelle simulazioni (eseguite per gli edifici esistenti con maggiorazione forfettaria degli scambi termici per trasmissione) i ponti termici sono stati assegnati interamente alla componente opaca; un altro approccio adottabile e comprensibile per le simulazioni, può prevedere che i ponti termici siano attribuiti con percentuale variabile sia all'involucro opaco che a quello trasparente, tale approccio permette di realizzare isolamenti termici della parete economicamente e tecnicamente più sostenibili impiegando serramenti caratterizzati da proprietà termiche migliori rispetto a quelle di riferimento.

3.5.4 Descrizioni delle configurazioni impiantistiche

3.5.4.1 Configurazione impiantistica 6

Nella presente configurazione impiantistica, la palazzina è dotata di impianto di **riscaldamento centralizzato con caldaia a gas**. Tale generatore provvede anche alla produzione di **acqua calda sanitaria**. I terminali di emissione sono pannelli radianti annegati a pavimento. La regolazione è per zona (unità immobiliare) assistita da sonda climatica. Per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria è presente anche un circuito di ricircolo.

Ciascun appartamento è dotato inoltre di impianto di **raffrescamento** costituito da sistema split ad espansione diretta. La **ventilazione** è per sola aerazione naturale e il ricambio dell'aria negli ambienti è garantito dall'apertura delle finestre.

Sono inoltre presenti un **impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica** e un **impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria**. Entrambi gli impianti sono installati sulla copertura della palazzina (falda rivolta a Sud) e condivisi dalle unità immobiliari.

Nelle tabelle seguenti i principali parametri di input per diversi livelli prestazionali.

Tabella 201 – Climatizzazione invernale (H) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,982	0,982	0,982
Rendimento di regolazione	[-]	0,97	0,97	0,97
Rendimento di distribuzione	[-]	0,983	0,983	0,983
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas	[-]	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)

Note:

- il rendimento di distribuzione indicato nella tabella precedente è al netto dei recuperi termici del sottosistema di distribuzione;
- la potenza termica nominale della caldaia è stata considerata variabile in funzione del carico termico (dipendente dalla zona climatica);
- Il rendimento di distribuzione è stato determinato secondo il metodo analitico dell'appendice A della UNI/TS 11300-2:2014 [2];
- Le perdite di generazione sono determinate secondo il metodo analitico dell'appendice B.1 (metodo "direttiva") della UNI/TS 11300-2:2014 [2].

Tabella 202 – Produzione di acqua calda sanitaria (W) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di erogazione	[-]	1,00	1,00	1,00
Rendimento di distribuzione – rete utenze	[-]	0,87	0,87	0,87
Rendimento di distribuzione – circuito di ricircolo	[-]	0,88	0,88	0,88
Rendimento di generazione nominale – caldaia a gas [-]	[-]	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)	0,93 (al 100% del carico) 0,90 (al 30% del carico)

Note:

- Il rendimento di distribuzione della rete utenze indicato nella tabella precedente è al lordo dei recuperi termici. Tali recuperi, correndo le tubazioni in ambiente climatizzato, sono quasi totalmente recuperati a vantaggio del servizio di riscaldamento;

- Per quanto riguarda invece il rendimento di distribuzione del circuito di ricircolo non sono stati considerati recuperi termici in quanto le tubazioni (isolate) corrono totalmente in ambiente non climatizzato (vano scale).

Tabella 203 – Climatizzazione estiva (C) – Rendimenti dell'edificio reale

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Rendimento di emissione	[-]	0,97	0,97	0,97
Rendimento di regolazione	[-]	0,97	0,97	0,97
ERR nominale macchina frigorifera (split)	[-]	2,59 (100% del carico) 2,95 (75% del carico) 3,23 (50% del carico) 3,11 (25% del carico)	2,59 (100% del carico) 2,95 (75% del carico) 3,23 (50% del carico) 3,11 (25% del carico)	2,59 (100% del carico) 2,95 (75% del carico) 3,23 (50% del carico) 3,11 (25% del carico)

Tabella 204 – Impianto solare termico (per W)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Superficie di apertura totale	[m ²]	27,96	27,96	13,98
Angolo azimutale	[°]	0	0	0
Angolo di inclinazione all'orizzonte	[°]	22	22	22
Tipo di collettore	[-]	Piano vetrato	Piano vetrato	Piano vetrato
Coefficiente di perdita di primo ordine del collettore solare a1	[W/m ² K]	4,04	4,5	4,5
Coefficiente di perdita di primo ordine del collettore solare a2	[W/m ² K ²]	0,0182	0,0200	0,0200
Rendimento ottico (η_0)	[-]	0,78	0,70	0,70
Rendimento del circuito (η_{loop})	[-]	0,8	0,8	0,8
Indice di modifica dell'angolo di incidenza (IAM)	[-]	0,94	0,94	0,94

Note:

- il rendimento di produzione dell'impianto solare termico varia in funzione della località considerata; per tale motivo non è stato indicato nella tabella precedente.

Tabella 205 – Impianto fotovoltaico (per H, C e W)

Descrizione della variabile	Unità di misura	Valore reale livello prestazionale 1	Valore reale livello prestazionale 2	Valore reale livello prestazionale 3
Superficie di apertura totale	[m ²]	34,56	34,56	17,28
Angolo azimutale	[°]	0	0	0
Angolo di inclinazione all'orizzonte	[°]	22	22	22
Tipo di pannelli	[-]	Silicio multicristallino	Film sottile di silicio amorfo	Film sottile di silicio amorfo
Potenza di picco	[kW]	4,5	2,0	2,0
Efficienza media	[-]	0,097	0,045	0,045

3.5.4.2 Risultati

3.5.4.2.1 Località Torino

Tabella 206 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 1

	Primo piano			Piani intermedi								Ultimo piano			
Edificio REALE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,85	0,86	0,84	0,86	0,88	0,85	0,86	0,88	0,85	0,86	0,88	0,85	0,85	0,86	0,84
η_W [-]	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,69
η_C [-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	83,1	86,5	78,8	63,0	69,7	61,8	63,0	69,7	61,8	63,0	69,7	61,8	78,9	86,8	79,9

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,71	0,72	0,70	0,72	0,74	0,71	0,72	0,74	0,71	0,72	0,74	0,71	0,71	0,72	0,70
η_W [-]	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65
η_c [-]	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	95,9	99,5	91,2	72,2	79,7	71,1	72,2	79,7	71,1	72,2	79,7	71,1	91,1	100,0	92,5

Tabella 207 – Altri indicatori - Livello prestazionale 1

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	64,9	66,5	63,3	44,9	48,7	45,4	44,9	48,7	45,4	44,9	48,7	45,4	61,8	66,8	64,4
QR_{tot} [%]	21,9%	23,1%	19,6%	28,7%	30,2%	26,5%	28,7%	30,2%	26,5%	28,7%	30,2%	26,5%	21,7%	23,0%	19,4%
QR_{H+W+C} [%]	21,9%	23,1%	19,6%	28,7%	30,2%	26,5%	28,7%	30,2%	26,5%	28,7%	30,2%	26,5%	21,7%	23,0%	19,4%
QR_W [%]	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%	46,7%

Tabella 208 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 2

Edificio REALE	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,84	0,85	0,83	0,85	0,87	0,84	0,85	0,87	0,84	0,85	0,87	0,84	0,84	0,85	0,83
η_W [-]	0,65	0,63	0,67	0,65	0,63	0,67	0,65	0,63	0,67	0,65	0,63	0,67	0,65	0,63	0,67
η_c [-]	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	85,9	89,4	81,2	65,8	73,0	64,4	65,8	73,0	64,4	65,8	73,0	64,4	81,5	89,8	82,3

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,71	0,72	0,70	0,72	0,74	0,71	0,72	0,74	0,71	0,72	0,74	0,71	0,71	0,72	0,70
η_W [-]	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65	0,63	0,61	0,65
η_c [-]	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	95,9	99,5	91,2	72,2	79,7	71,1	72,2	79,7	71,1	72,2	79,7	71,1	91,1	100,0	92,5

Tabella 209 – Altri indicatori - Livello prestazionale 2

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	71,1	73,2	68,6	51,1	55,8	51,0	51,1	55,8	51,0	51,1	55,8	51,0	67,6	73,6	69,7
QR_{tot} [%]	17,3%	18,1%	15,5%	22,4%	23,5%	20,8%	22,4%	23,5%	20,8%	22,4%	23,5%	20,8%	17,1%	18,1%	15,3%
QR_{H+W+C} [%]	17,3%	18,1%	15,5%	22,4%	23,5%	20,8%	22,4%	23,5%	20,8%	22,4%	23,5%	20,8%	17,1%	18,1%	15,3%
QR_W [%]	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%

Tabella 210 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 3

Edificio REALE	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,84	0,85	0,83	0,85	0,87	0,84	0,85	0,87	0,84	0,85	0,87	0,84	0,84	0,85	0,83
η_W [-]	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64
η_c [-]	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	87,9	91,6	82,9	67,8	75,2	66,2	67,8	75,2	66,2	67,8	75,2	66,2	83,3	91,9	84,0

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,71	0,72	0,70	0,72	0,74	0,71	0,72	0,74	0,71	0,72	0,74	0,71	0,71	0,72	0,70
η_W [-]	0,60	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62
η_c [-]	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	98,9	102,7	93,7	75,3	83,3	73,9	75,3	83,3	73,9	75,3	83,3	73,9	93,8	103,1	95,0

Tabella 211 – Altri indicatori - Livello prestazionale 3

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
EP _{gl,nren} [kWh/m²]	77,0	79,8	73,7	56,8	62,5	56,2	56,8	62,5	56,2	56,8	62,5	56,2	73,2	80,1	74,8
QR _{tot} [%]	12,4%	12,9%	11,1%	16,2%	16,9%	15,1%	16,2%	16,9%	15,1%	16,2%	16,9%	15,1%	12,2%	12,9%	11,0%
QR _{H+W+C} [%]	12,4%	12,9%	11,1%	16,2%	16,9%	15,1%	16,2%	16,9%	15,1%	16,2%	16,9%	15,1%	12,2%	12,9%	11,0%
QR _w [%]	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%	22,4%

3.5.4.2.2 Località Roma

Tabella 212 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 1

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
Edificio REALE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,89	0,89	0,85	1,00	1,10	0,93	1,00	1,10	0,93	1,00	1,10	0,93	0,88	0,89	0,85
η_w [-]	0,67	0,66	0,70	0,68	0,66	0,70	0,68	0,66	0,70	0,68	0,66	0,70	0,68	0,66	0,70
η_c [-]	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	60,3	65,9	55,5	51,4	58,5	48,7	51,4	58,5	48,7	51,4	58,5	48,7	56,6	66,1	56,5

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η _H [-]	0,69	0,70	0,67	0,78	0,86	0,73	0,78	0,86	0,73	0,78	0,86	0,73	0,69	0,70	0,67
η _w [-]	0,64	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66
η _c [-]	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
EP _{gl,tot} [kWh/m ²]	69,1	75,7	64,3	57,8	65,9	55,2	57,8	65,9	55,2	57,8	65,9	55,2	64,9	75,9	65,5

Tabella 213 – Altri indicatori - Livello prestazionale 1

	Primo piano			Piani intermedi										Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	
EP _{gl,nren} [kWh/m²]	38,2	42,1	36,9	29,6	33,7	29,1	29,6	33,7	29,1	29,6	33,7	29,1	35,9	42,3	37,8	
QR _{tot} [%]	36,7%	36,1%	33,6%	42,4%	42,4%	40,2%	42,4%	42,4%	40,2%	42,4%	42,4%	40,2%	36,5%	36,1%	33,1%	
QR _{H+W+C} [%]	36,7%	36,1%	33,6%	42,4%	42,4%	40,2%	42,4%	42,4%	40,2%	42,4%	42,4%	40,2%	36,5%	36,1%	33,1%	
QR _w [%]	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	61,5%	

Tabella 214 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 2

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
Edificio REALE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,88	0,89	0,85	1,00	1,09	0,93	1,00	1,09	0,93	1,00	1,09	0,93	0,88	0,89	0,85
η_w [-]	0,65	0,64	0,67	0,66	0,64	0,67	0,66	0,64	0,67	0,66	0,64	0,67	0,66	0,64	0,67
η_c [-]	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	63,7	69,3	58,4	54,9	62,3	51,8	54,9	62,3	51,8	54,9	62,3	51,8	59,7	69,5	59,3

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η _H [-]	0,69	0,70	0,67	0,78	0,86	0,73	0,78	0,86	0,73	0,78	0,86	0,73	0,69	0,70	0,67
η _w [-]	0,64	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66	0,65	0,62	0,66
η _c [-]	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
EP _{gl,tot} [kWh/m ²]	69,1	75,7	64,3	57,8	65,9	55,2	57,8	65,9	55,2	57,8	65,9	55,2	64,9	75,9	65,5

Tabella 215 – Altri indicatori - Livello prestazionale 2

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
EP _{gl,nren} [kWh/m²]	45,1	49,3	42,7	36,5	41,5	35,3	36,5	41,5	35,3	36,5	41,5	35,3	42,3	49,5	43,6
QR _{tot} [%]	29,2%	28,8%	26,9%	33,4%	33,4%	31,8%	33,4%	33,4%	31,8%	33,4%	33,4%	31,8%	29,1%	28,8%	26,5%
QR _{H+W+C} [%]	29,2%	28,8%	26,9%	33,4%	33,4%	31,8%	33,4%	33,4%	31,8%	33,4%	33,4%	31,8%	29,1%	28,8%	26,5%
QR _w [%]	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	49,0%

Tabella 216 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 3

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
Edificio REALE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,88	0,88	0,84	0,99	1,08	0,92	0,99	1,08	0,92	0,99	1,08	0,92	0,87	0,88	0,84
η_W [-]	0,62	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64	0,63	0,61	0,64
η_C [-]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	66,0	71,8	60,4	57,1	64,9	53,9	57,1	64,9	53,9	57,1	64,9	53,9	61,9	72,0	61,3

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,69	0,69	0,66	0,78	0,85	0,72	0,78	0,85	0,72	0,78	0,85	0,72	0,68	0,69	0,66
η_W [-]	0,60	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	0,62
η_C [-]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	73,2	79,9	67,7	61,9	70,3	58,9	61,9	70,3	58,9	61,9	70,3	58,9	68,7	80,1	68,9

Tabella 217 – Altri indicatori - Livello prestazionale 3

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	51,8	56,7	48,4	43,0	49,0	41,2	43,0	49,0	41,2	43,0	49,0	41,2	48,7	56,9	49,3
QR _{tot} [%]	21,5%	21,0%	19,8%	24,7%	24,5%	23,6%	24,7%	24,5%	23,6%	24,7%	24,5%	23,6%	21,4%	21,0%	19,5%
QR _{H+W+C} [%]	21,5%	21,0%	19,8%	24,7%	24,5%	23,6%	24,7%	24,5%	23,6%	24,7%	24,5%	23,6%	21,4%	21,0%	19,5%
QR _W [%]	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%

3.5.4.2.3 Località Palermo

Tabella 218 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 1

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
Edificio REALE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,87	0,91	0,85	0,96	1,27	0,92	0,96	1,27	0,92	0,96	1,27	0,92	0,87	0,91	0,85
η_W [-]	0,66	0,64	0,68	0,67	0,64	0,68	0,67	0,64	0,68	0,67	0,64	0,68	0,67	0,64	0,68
η_C [-]	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	61,1	61,9	55,4	51,2	57,4	48,1	51,2	57,4	48,1	51,2	57,4	48,1	57,4	62,3	56,0

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,69	0,72	0,67	0,76	1,00	0,73	0,76	1,00	0,73	0,76	1,00	0,73	0,69	0,72	0,67
η_W [-]	0,64	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67
η_C [-]	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	69,8	70,1	63,9	57,5	64,1	54,3	57,5	64,1	54,3	57,5	64,1	54,3	65,6	70,6	64,5

Tabella 219 – Altri indicatori - Livello prestazionale 1

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	40,4	39,3	37,9	31,1	33,9	29,9	31,1	33,9	29,9	31,1	33,9	29,9	38,0	39,7	38,4
QR _{tot} [%]	33,8%	36,5%	31,6%	39,3%	41,1%	37,9%	39,3%	41,1%	37,9%	39,3%	41,1%	37,9%	33,8%	36,3%	31,4%
QR _{H+W+C} [%]	33,8%	36,5%	31,6%	39,3%	41,1%	37,9%	39,3%	41,1%	37,9%	39,3%	41,1%	37,9%	33,8%	36,3%	31,4%
QR _W [%]	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%	59,7%

Tabella 220 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 2

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
Edificio REALE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,87	0,90	0,85	0,95	1,26	0,91	0,95	1,26	0,91	0,95	1,26	0,91	0,86	0,90	0,84
η_W [-]	0,63	0,62	0,66	0,64	0,62	0,66	0,64	0,62	0,66	0,64	0,62	0,66	0,64	0,62	0,66
η_C [-]	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	64,2	65,2	58,1	54,3	61,0	50,9	54,3	61,0	50,9	54,3	61,0	50,9	60,3	65,6	58,7

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,69	0,72	0,67	0,76	1,00	0,73	0,76	1,00	0,73	0,76	1,00	0,73	0,69	0,72	0,67
η_W [-]	0,64	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67	0,65	0,62	0,67
η_c [-]	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	69,8	70,1	63,9	57,5	64,1	54,3	57,5	64,1	54,3	57,5	64,1	54,3	65,6	70,6	64,5

Tabella 221 – Altri indicatori - Livello prestazionale 2

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	46,9	46,3	43,4	37,4	41,2	35,6	37,4	41,2	35,6	37,4	41,2	35,6	44,0	46,7	43,9
QR_{tot} [%]	27,0%	29,0%	25,2%	31,1%	32,4%	30,1%	31,1%	32,4%	30,1%	31,1%	32,4%	30,1%	26,9%	28,8%	25,1%
QR_{H+W+C} [%]	27,0%	29,0%	25,2%	31,1%	32,4%	30,1%	31,1%	32,4%	30,1%	31,1%	32,4%	30,1%	26,9%	28,8%	25,1%
QR_W [%]	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%

Tabella 222 – Verifiche dei parametri – Livello prestazionale 3

Edificio REALE	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,86	0,90	0,84	0,94	1,25	0,90	0,94	1,25	0,90	0,94	1,25	0,90	0,86	0,89	0,84
η_W [-]	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63
η_c [-]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	66,3	67,4	59,9	56,3	63,4	52,8	56,3	63,4	52,8	56,3	63,4	52,8	62,2	67,8	60,5

Edificio di RIFERIMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
η_H [-]	0,69	0,72	0,67	0,75	1,00	0,72	0,75	1,00	0,72	0,75	1,00	0,72	0,68	0,71	0,67
η_W [-]	0,60	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,63
η_c [-]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]	73,5	73,9	66,9	61,0	68,2	57,5	61,0	68,2	57,5	61,0	68,2	57,5	69,0	74,5	67,6

Tabella 223 – Altri indicatori - Livello prestazionale 3

	Primo piano			Piani intermedi									Ultimo piano		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	52,8	52,8	48,5	43,0	47,8	40,7	43,0	47,8	40,7	43,0	47,8	40,7	49,6	53,2	49,0
QR_{tot} [%]	20,4%	21,7%	19,1%	23,6%	24,5%	22,9%	23,6%	24,5%	22,9%	23,6%	24,5%	22,9%	20,3%	21,6%	19,0%
QR_{H+W+C} [%]	20,4%	21,7%	19,1%	23,6%	24,5%	22,9%	23,6%	24,5%	22,9%	23,6%	24,5%	22,9%	20,3%	21,6%	19,0%
QR_W [%]	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%	30,1%

3.5.4.2.4 Commenti e note ai risultati

- 1) Per la palazzina sono indicati i risultati relativi a ciascuna unità immobiliare. Si noti che, per quanto riguarda le verifiche impiantistiche (effettuate appunto con il meccanismo dell'edificio di riferimento), non vi sono rilevanti differenze tra le unità (la differenza tra il valore reale e quello di riferimento calcolato si mantiene percentualmente costante tra le unità immobiliari);
- 2) Analizzando i risultati relativi al primo livello prestazionale valutato, emerge il fatto che gli impianti scelti riescano a soddisfare tutte le verifiche in tutte e tre le località selezionate. Ciò è dovuto sia alle efficienze di generazione dei generatori presenti (in linea con quelle di riferimento), sia al fatto che i sottosistemi di utilizzazione sono mediamente più performanti di quelli di riferimento;
- 3) Riguardo ai sottosistemi di utilizzazione, si noti il fatto che le efficienze reali si mantengono più elevate di quelle di riferimento nonostante la presenza di diversi ausiliari elettrici (pompe per il circuito di riscaldamento, il circuito del solare termico, il circuito primario tra caldaia e accumulo del

solare termico, gli ausiliari interni al generatore). Si può quindi concludere che, in questo caso, le efficienze di riferimento, date come inclusive degli ausiliari elettrici, tengono adeguatamente conto della presenza di ausiliari elettrici per l'edificio reale;

- 4) Si noti, per alcune unità immobiliari al piano intermedio in località Palermo, che le efficienze reali di riscaldamento superano l'unità. Questo fatto, che a prima vista potrebbe apparire strano, è dovuto al fatto che per tali casi il fabbisogno di energia termica utile ideale per riscaldamento è talmente basso che i recuperi dal circuito di distribuzione dell'acqua calda sanitaria, portano a più che compensare le perdite di riscaldamento. Il rendimento di riscaldamento maggiore dell'unità è quindi dovuto all'apporto di energia termica da altro servizio;
- 5) Passando dal livello prestazionale 1 al livello prestazionale 2 si è voluto analizzare la variazione dei risultati al diminuire delle prestazioni degli impianti solare termico e solare fotovoltaico. Per tutte le località si può quindi notare una diminuzione della prestazione dell'edificio reale, con la conseguenza che, in località Palermo, la diminuzione dell'efficienza del solare termico porta al non raggiungimento del requisito sull'efficienza di produzione dell'acqua calda sanitaria. Rimangono rispettate invece le altre verifiche;
- 6) Passando dal livello prestazionale 2 al livello prestazionale 3 si è voluto analizzare la variazione dei risultati al diminuire della superficie di apertura degli impianti solare termico e solare fotovoltaico (e di conseguenza al diminuire della loro producibilità). In questo caso si noti che, per tutte le località, tutte le verifiche sono soddisfatte. Questo è dovuto al fatto che la modifica della superficie di apertura porta, da un lato, ad una modifica del limite (poiché l'impianto di riferimento ha la stessa superficie di apertura di quello reale) e, dall'altro, ad un conseguente spostamento del carico termico sul generatore a gas, rendendo quest'ultimo più rilevante per il soddisfacimento dei limiti. Si noti infatti che, in presenza di più generatori, con il meccanismo dell'edificio di riferimento, il generatore con più carico termico è quello più importante per il soddisfacimento dei limiti in termini di efficienza; nel caso del solare termico ciò significa che più la superficie di apertura è elevata e più sono richieste prestazioni dei pannelli elevate.

3.6 APPENDICE A (Requisiti relativi al contenimento dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva riguardanti i singoli componenti dell'involucro)

Al fine di determinare la fattibilità tecnica delle verifiche relative alla riduzione dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenimento della temperatura interna degli ambienti, si riportano di seguito alcuni grafici e dati di sintesi relativi a simulazioni sui requisiti di involucro per alcuni sistemi di involucro opaco.

Tali verifiche⁴ sono richieste solamente per quelle località che hanno nel mese di massima insolazione il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale pari o maggiore a 290 W/m².

Una disamina delle località soggette a tale obbligo è riportata al paragrafo 1.3.3.

Il D.M. "Requisiti minimi" [42] riporta varie modalità alternative di verifica per le pareti verticali:

- Relative alla massa superficiale (M_s);
- Relative alla trasmittanza termica periodica ($|Y_{IE}|$);

Per le strutture orizzontali di copertura il D.M. "Requisiti minimi" [42] prescrive invece che la trasmittanza termica periodica ($|Y_{IE}|$) del sistema di copertura sia inferiore a 0,18 W/m²K.

Tenuto conto che massa superficiale, secondo il D.Lgs. 192/2005 [40], è la massa per unità di superficie della parete opaca compresa la malta dei giunti esclusi gli intonaci una prima disamina sulle strutture può essere realizzata facendo riferimento alla UNI 10355 che riporta per ogni struttura la massa superficiale in kg/m², a questa si aggiunge il contributo dello strato coibente.

In generale il requisito della $M_s > 230$ kg/m² non risulta essere difficile da soddisfare. Tuttavia bisogna prestare particolare attenzione all'impiego di elementi e sistemi di involucro opaco con massa superficiale superiore di poco ai 230 kg/m² (come prescritto dal D.M. "Requisiti minimi" [42]) in riferimento alla possibilità di tali soluzioni di far raggiungere agli ambienti interni del fabbricato un effettivo confort termico nella stagione di raffrescamento oltre che la riduzione dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e il contenimento della temperatura interna degli ambienti.

Mentre per l'edificio di riferimento [42] i valori di trasmittanza termica delle strutture opache U relative alla copertura hanno mediamente valori più bassi rispetto alle altre superfici disperdenti, i valori relativi alle trasmittanze termiche periodiche limite relativi alla copertura sono più alte di quelle relative all'involucro verticale opaco. La copertura in genere rappresenta, tra le componenti del fabbricato a contatto con l'ambiente esterno, quella più esposta a radiazione solare.

In sostanza si ritengono necessari ulteriori studi finalizzati a valutare se le caratteristiche (valori di riferimento) relativi all'involucro opaco individuate dal D.M. "Requisiti minimi" [42] siano appropriati e sufficienti per garantire il confort termico nella stagione di raffrescamento prendendo in esame varie tecnologie costruttive e tipologiche e vari climi italiani. Tale simulazioni dovrebbero essere realizzate con sistema di calcolo in regime dinamico.

Inoltre il D.M. "Requisiti minimi" [42], per le località di cui al paragrafo 1.3.3, prescrive la valutazione puntuale dell'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, siano essi esterni o interni; il relativo fine è la riduzione dell'apporto di calore per irraggiamento solare. A tale fine, probabilmente, servirebbero delle linee guida con indicazioni più dettagliate sulle modalità di calcolo e sui relativi valori di riferimento.

Vengono allegate di seguito alcune schede esplicative che, per alcune stratigrafie semplificate di sistemi, mettono in relazione:

- Trasmittanza termica e capacità termica areica;

⁴ Tali verifiche erano già previste nel D.P.R. 59/2009 seppur con valori relativi ai parametri prestazionali meno restrittivi rispetto ad ora.

- Massa superficiale e trasmittanza termica periodica;
- Trasmittanza termica e trasmittanza termica periodica;
- Trasmittanza termica e spessore della parete.

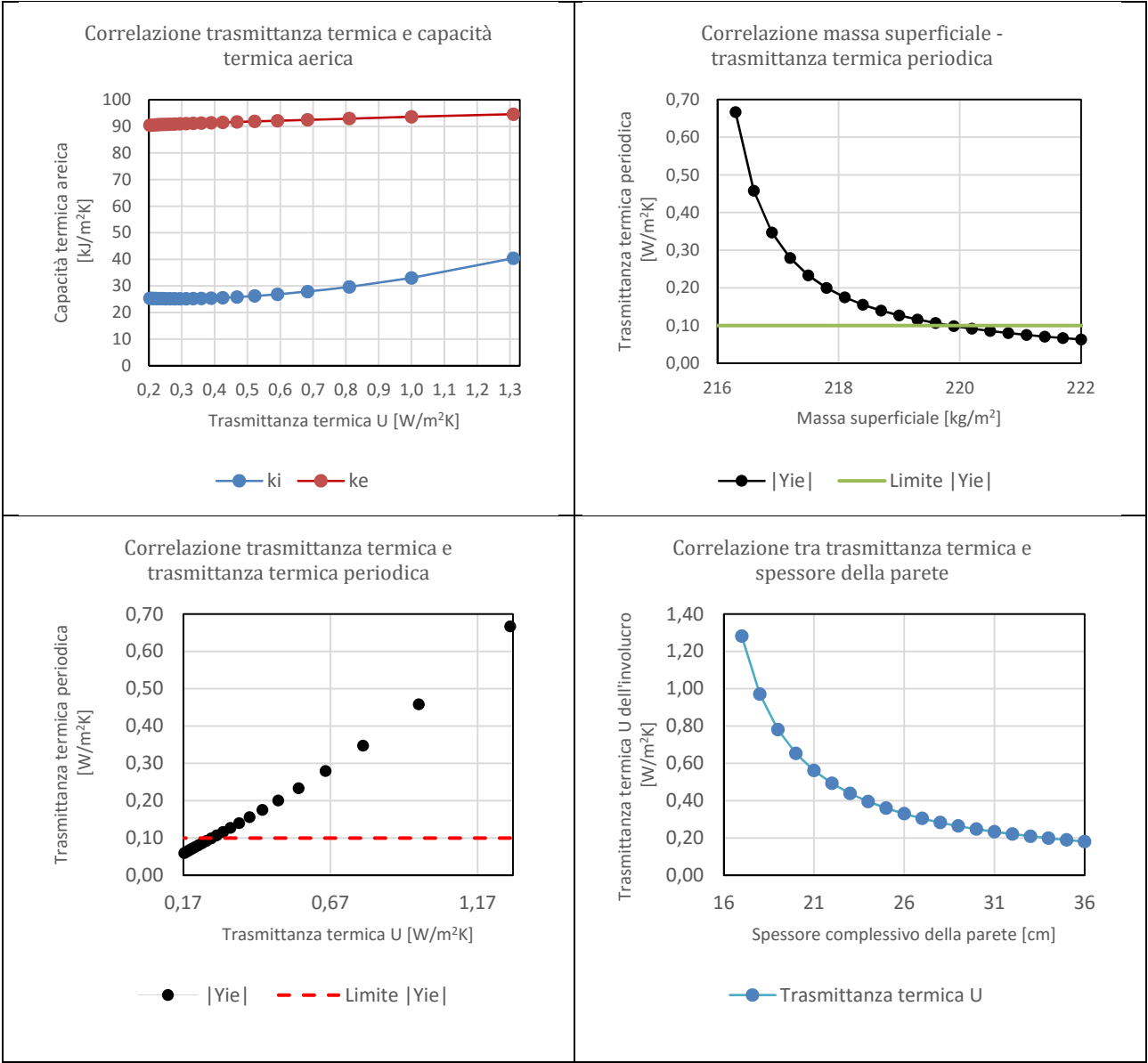
Le stratigrafie analizzate sono:

- Parete in mattoni forati (12 cm) con isolante verso il lato interno;
- Parete in mattoni forati (12 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete in mattoni forati (16 cm) con isolante verso il lato interno;
- Parete in mattoni forati (16 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete in Blocchi semipieni (20cm) con isolante verso il lato interno;
- Parete in Blocchi semipieni (20 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete in mattoni semipieni (25 cm) con isolante verso il lato interno;
- Parete in mattoni semipieni (25 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete in mattoni pieni (28 cm) con isolante verso il lato interno;
- Parete in mattoni pieni (28 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete in blocchi forati (45 cm) con isolante verso il lato interno;
- Parete in blocchi forati (45 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete in blocchi forati (45 cm) con isolante verso il lato esterno;
- Parete a cassa vuota (8+12 cm);
- Parete a cassa vuota (12+12 cm)
- Copertura piana non praticabile;
- Copertura inclinata in legno;

Parete in mattoni forati (12 cm) con isolante verso il lato interno

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Mattoni forati	0,120		840	1800	0,310	0,084	1,430	0,310
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

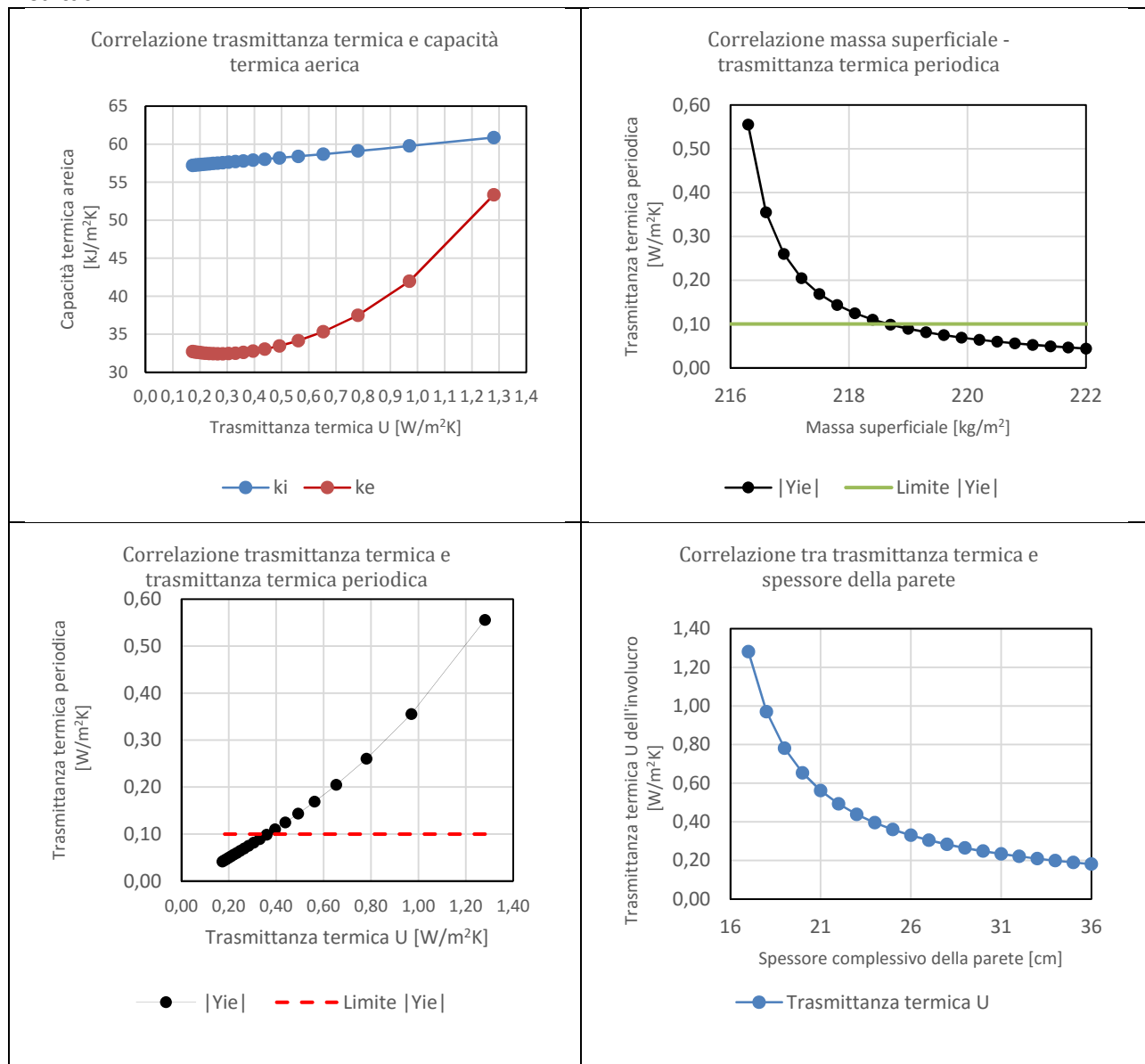


Verifiche	
M _S	Mai verificata
Y _{IE}	Da 13 cm di isolante
Corrispondenza	0,26 W/m²K
	29 cm di spessore della parete

Parete in mattoni forati (12 cm) con isolante verso il lato esterno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
Mattoni forati	0,120		840	1800	0,310	0,084	1,430	0,310
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

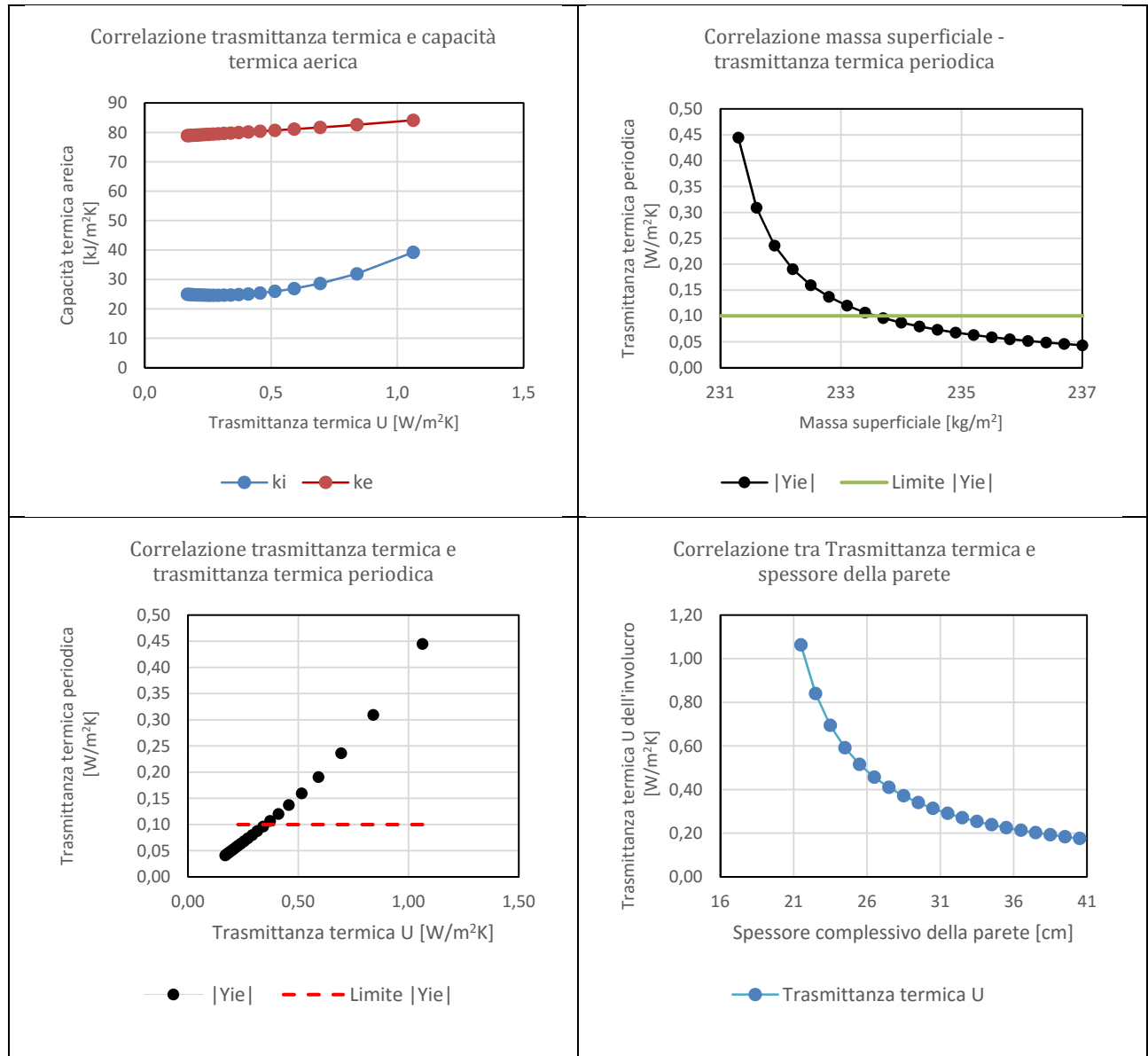


Verifiche	
M_S	Mai verificata
 Y_{IE} 	Da 9 cm di isolante
Corrispondenza	0,36 W/m²K
	26 cm di spessore della parete

Parete in mattoni forati (16 cm) con isolante verso il lato interno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Blocco semipieno - Fig. 7 UNI 10355	0,165		840	1400	0,470	0,091	1,821	0,470
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

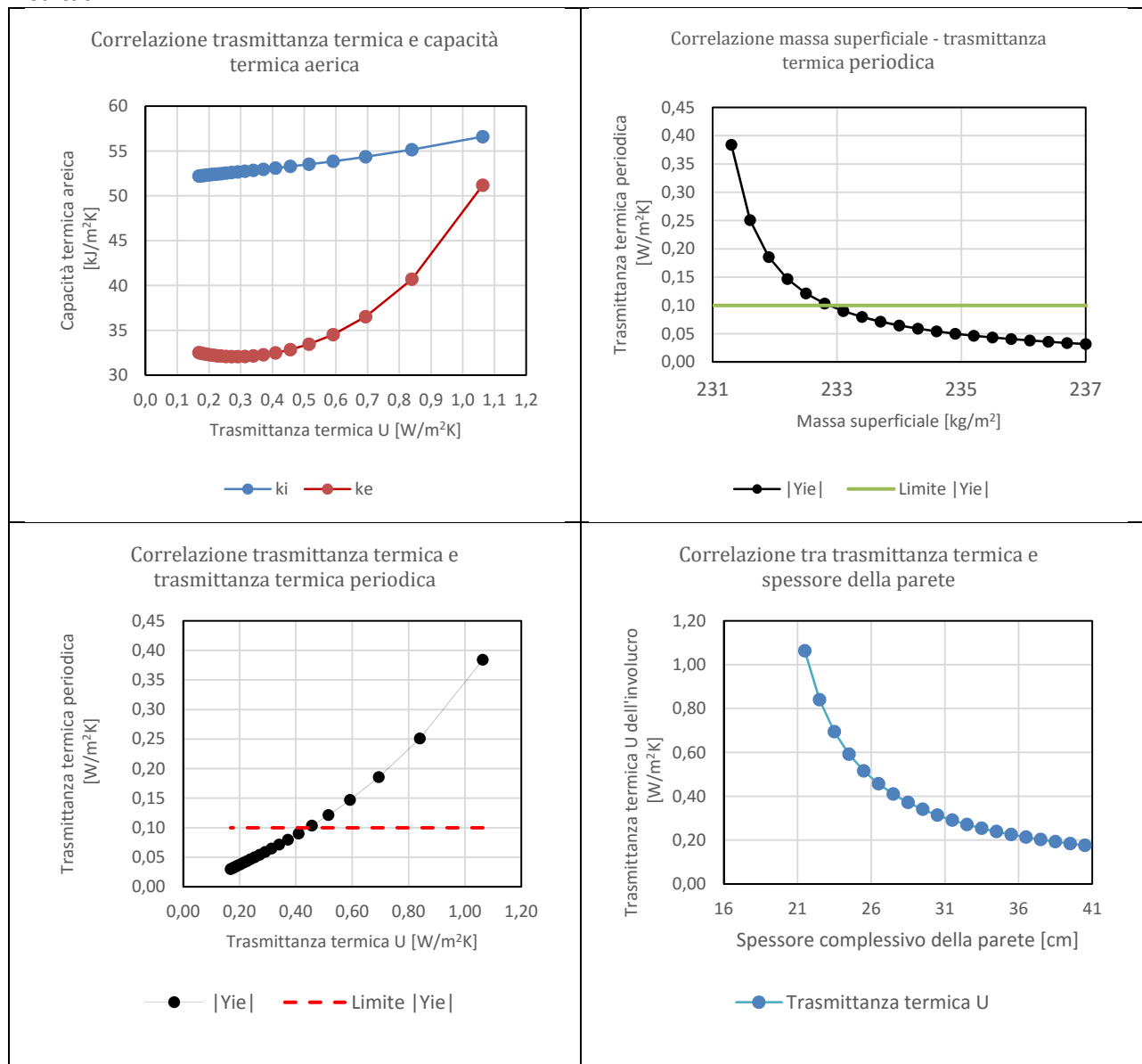


Verifiche	
M_s	Sempre verificata
$ Y_{IE} $	Da 9 cm di isolante
Corrispondenza	0,34 W/m²K
	29,50 cm di spessore della parete

Parete in mattoni forati (16 cm) con isolante verso il lato esterno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
Blocco semipieno - Fig. 7 UNI 10355	0,165		840	1400	0,470	0,091	1,821	0,470
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

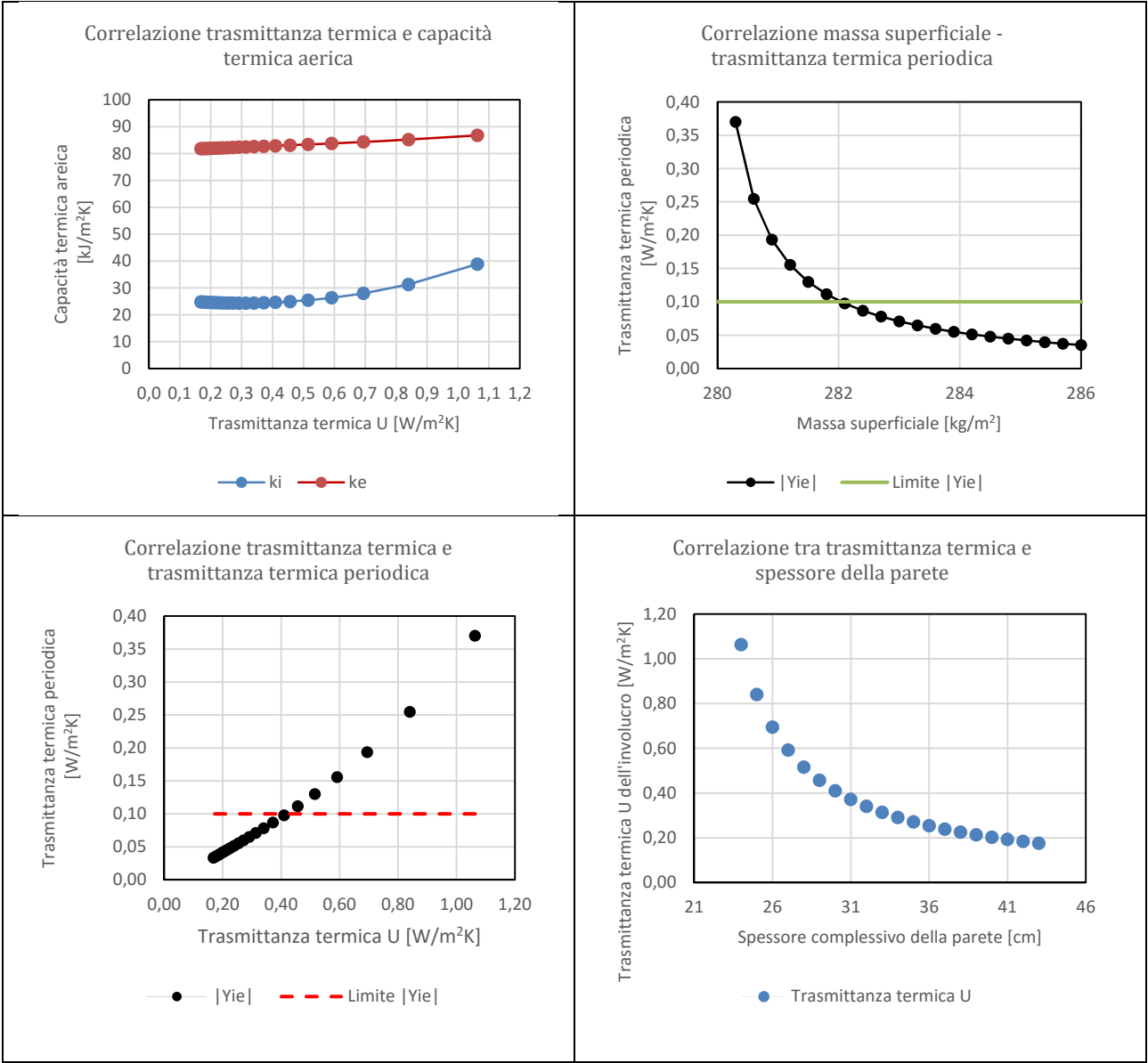


Verifiche	
M_s	Sempre verificata
$ Y_{IE} $	Da 7 cm di isolante
Corrispondenza	0,41 W/m²K
	27,50 cm di spessore della parete

Parete in Blocchi semipieni (20cm) con isolante verso il lato interno

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Blocco semipieno - Fig. 7 UNI 10355	0,200		840	1400	0,470	0,100	2,005	0,470
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

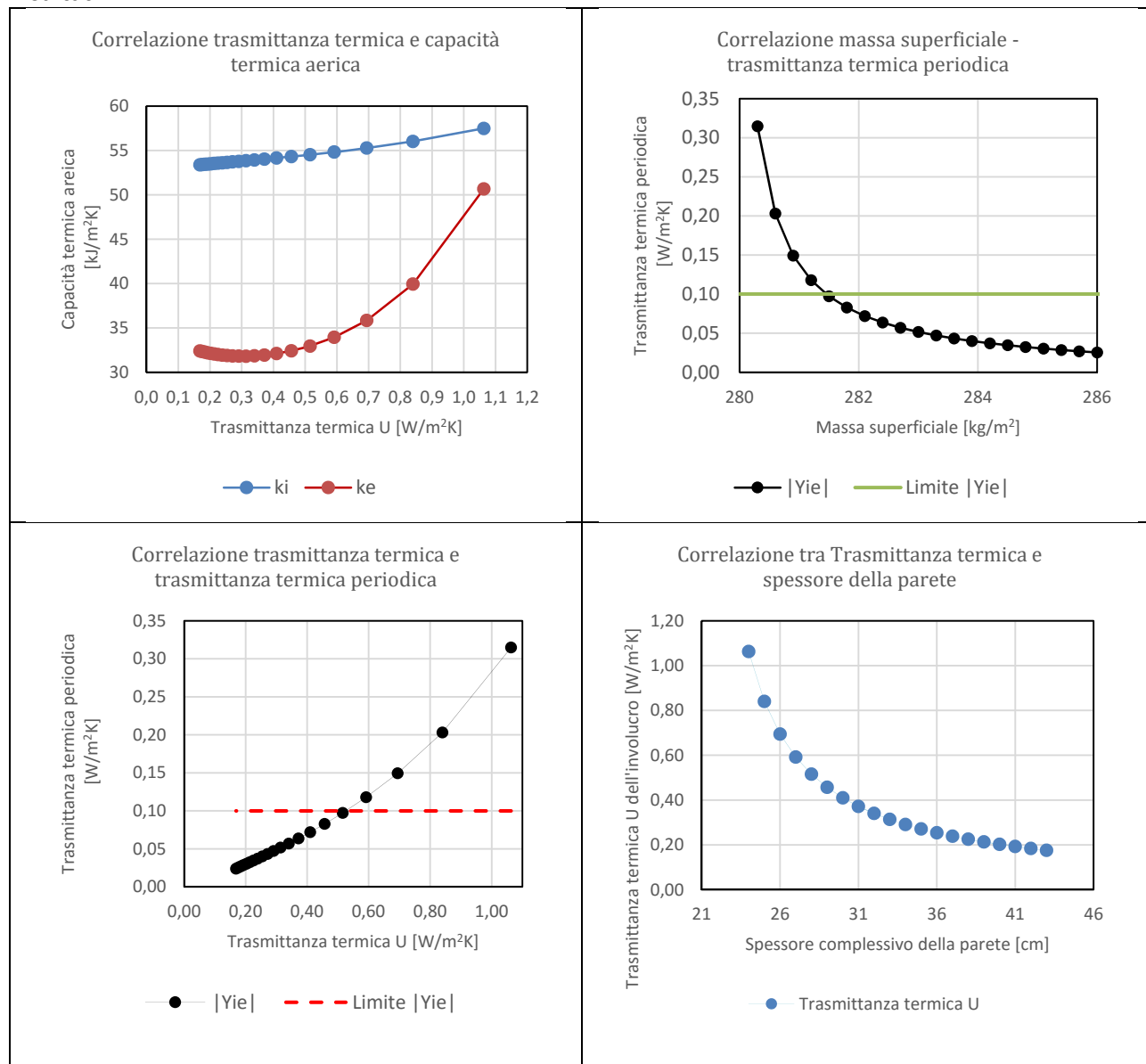


Verifiche	
M _S	Sempre verificata
Y _{IE}	Da 7 cm di isolante
Corrispondenza	0,41 W/m²K
	31,00 cm di spessore della parete

Parete in Blocchi semipieni (20 cm) con isolante verso il lato esterno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
Blocco semipieno - Fig. 7 UNI 10355	0,200		840	1400	0,470	0,100	2,005	0,470
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

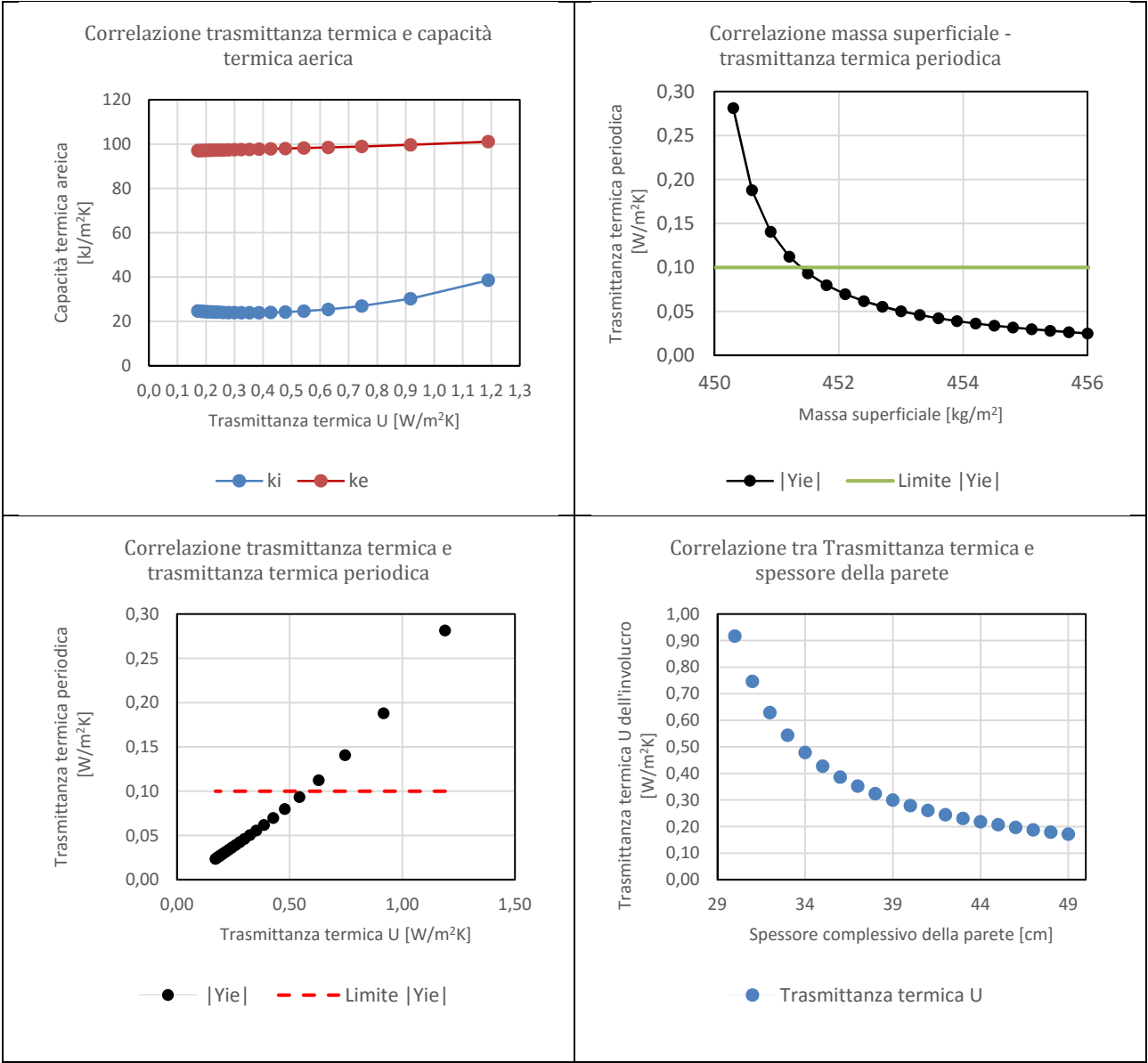


Verifiche	
M_S	Sempre verificata
 Y_{IE} 	Da 5 cm di isolante
Corrispondenza	0,52 W/m ² K
	29,00 cm di spessore della parete

Parete in mattoni semipieni (25 cm) con isolante verso il lato interno

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Mattoni semi pieni	0,25		840	1800	0,37	0,111	2,255	0,37
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

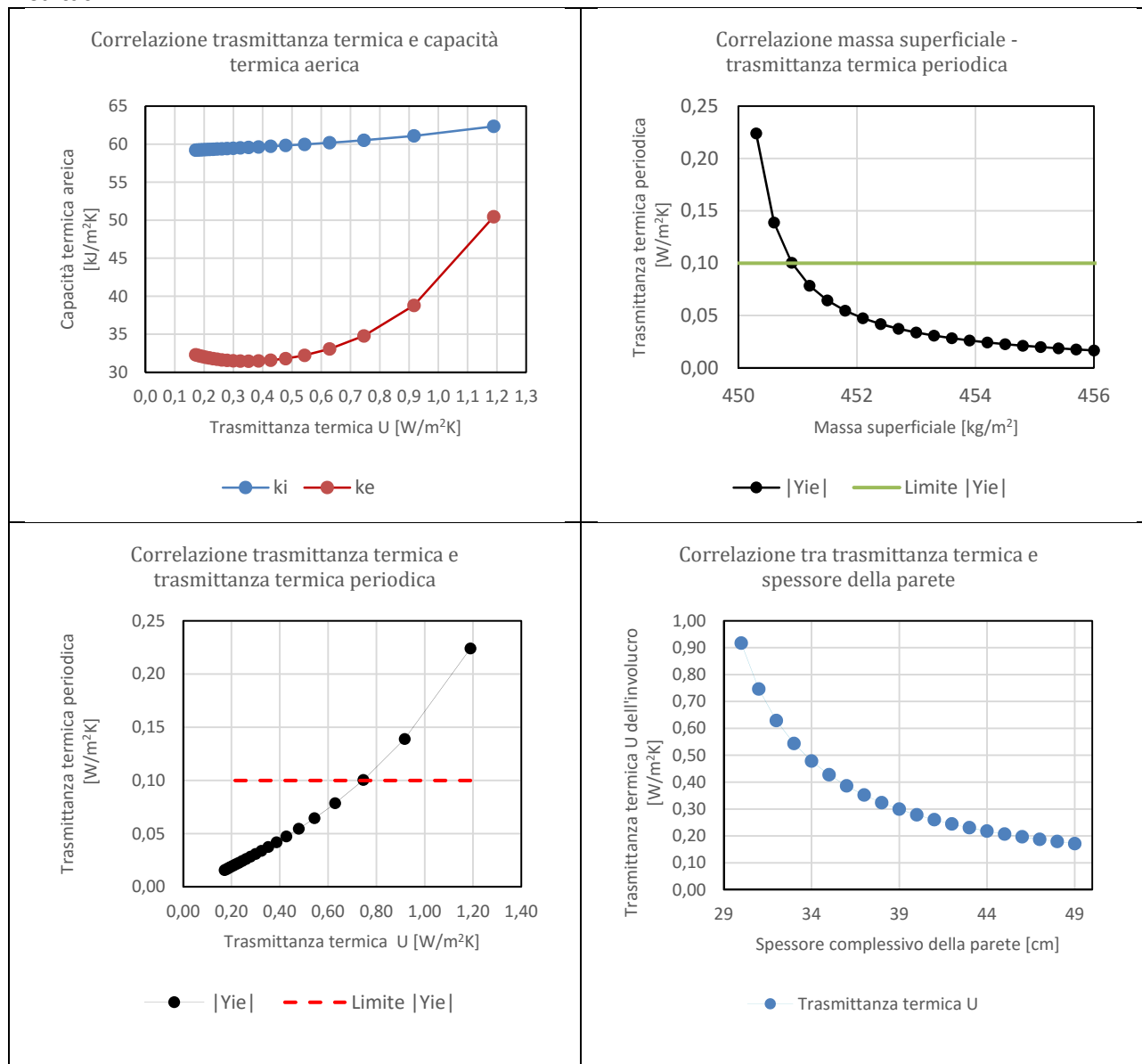


Verifiche	
M _S	Sempre verificata
Y _{IE}	Da 5 cm di isolante
Corrispondenza	0,54 W/m²K
	34,00 cm di spessore della parete

Parete in mattoni semipieni (25 cm) con isolante verso il lato esterno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
Mattoni semi pieni	0,25		840	1800	0,37	0,111	2,255	0,37
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

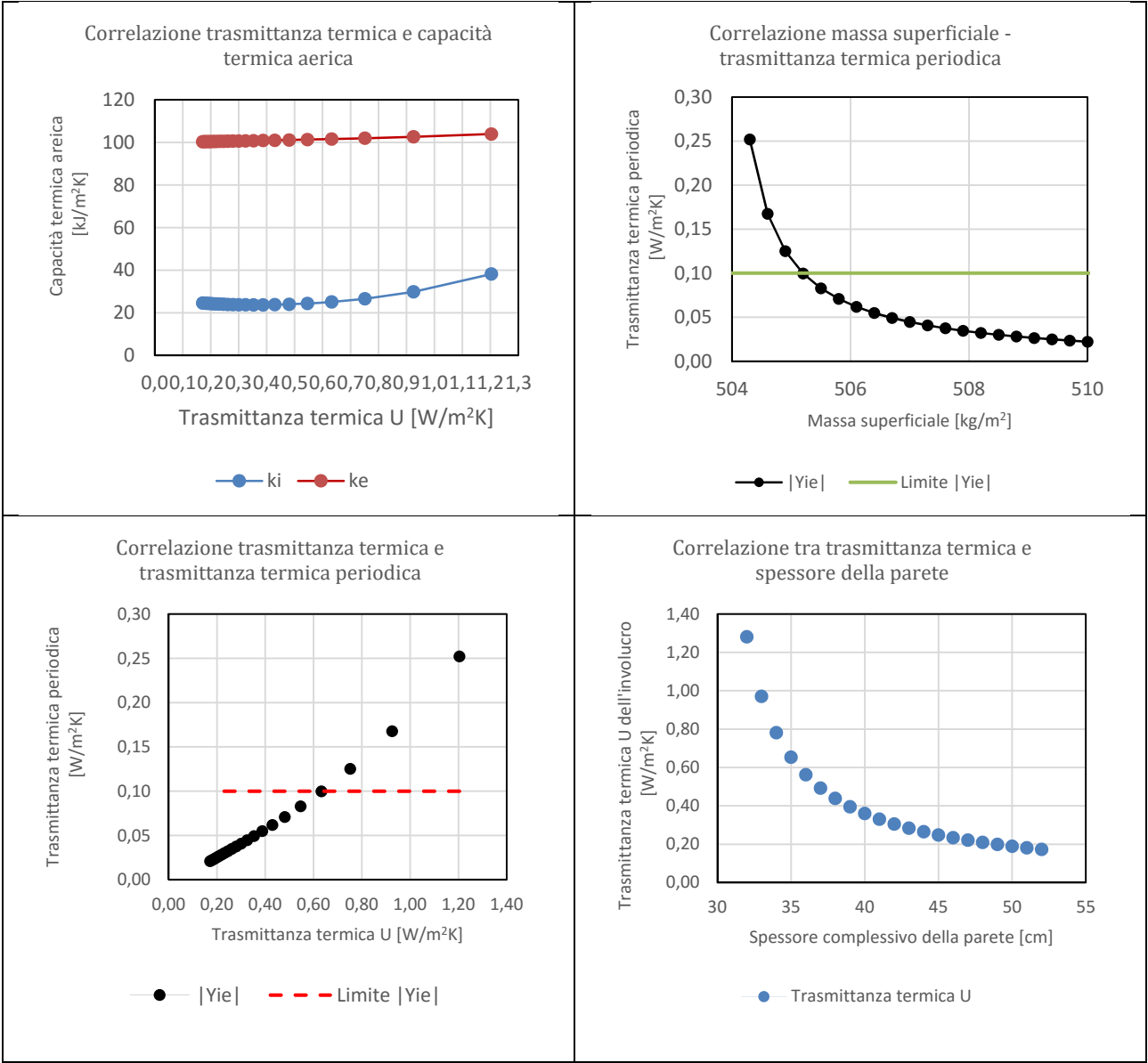


Verifiche	
M_S	Sempre verificata
 Y_{IE} 	Da 4 cm di isolante
Corrispondenza	0,54 W/m ² K
	33,00 cm di spessore della parete

Parete in mattoni pieni (28 cm) con isolante verso il lato interno

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Mattoni pieni - Fig. 1b UNI 10355	0,28		840	1800	0,36	0,119	2,354	0,36
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

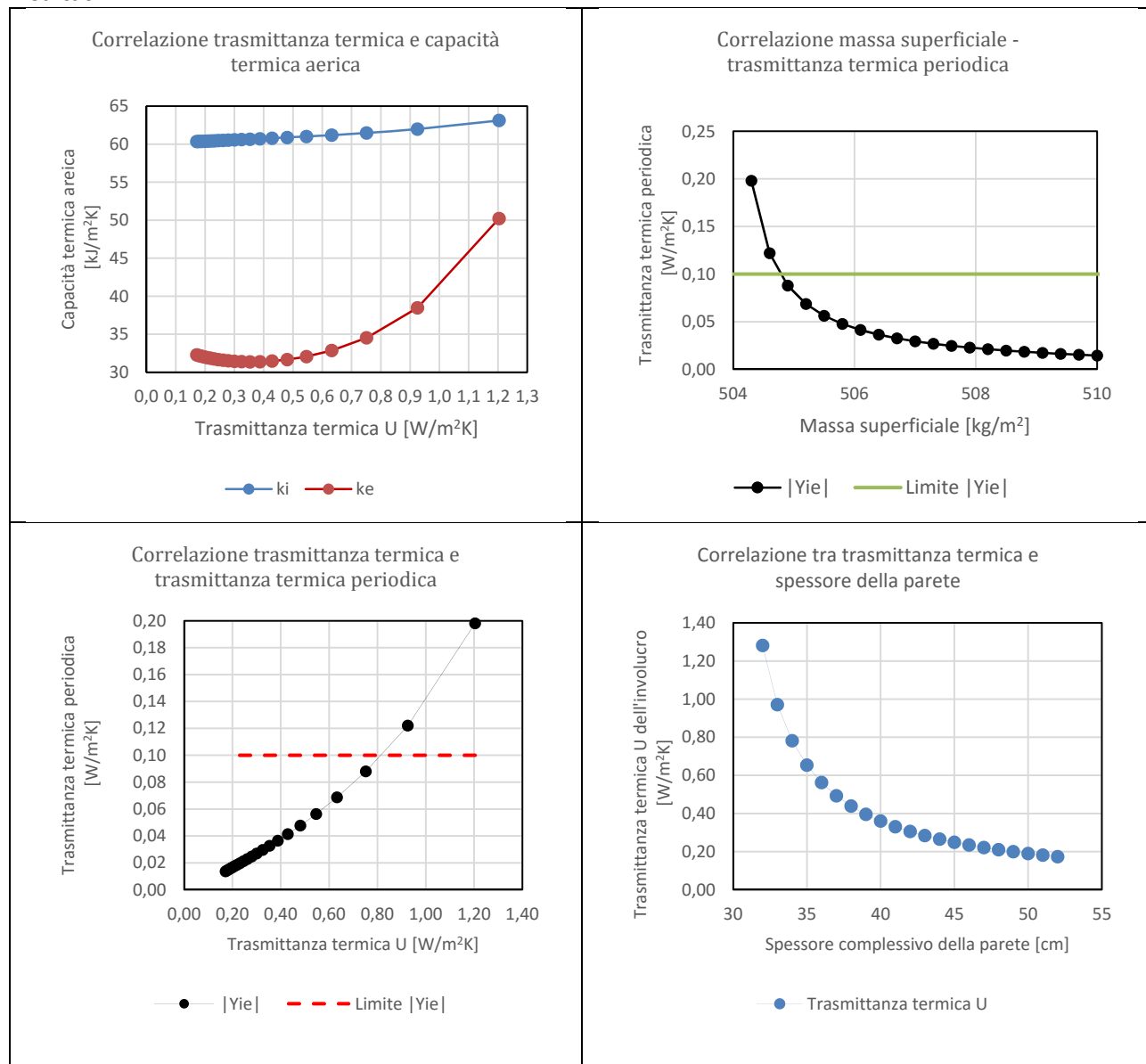


Verifiche	
M _S	Sempre verificata
Y _{IE}	Da 4 cm di isolante
Corrispondenza	0,63 W/m²K
	36,00 cm di spessore della parete

Parete in mattoni pieni (28 cm) con isolante verso il lato esterno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
Mattoni pieni - Fig. 1b UNI 10355	0,280		840	1800	0,36	0,119	2,354	0,36
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

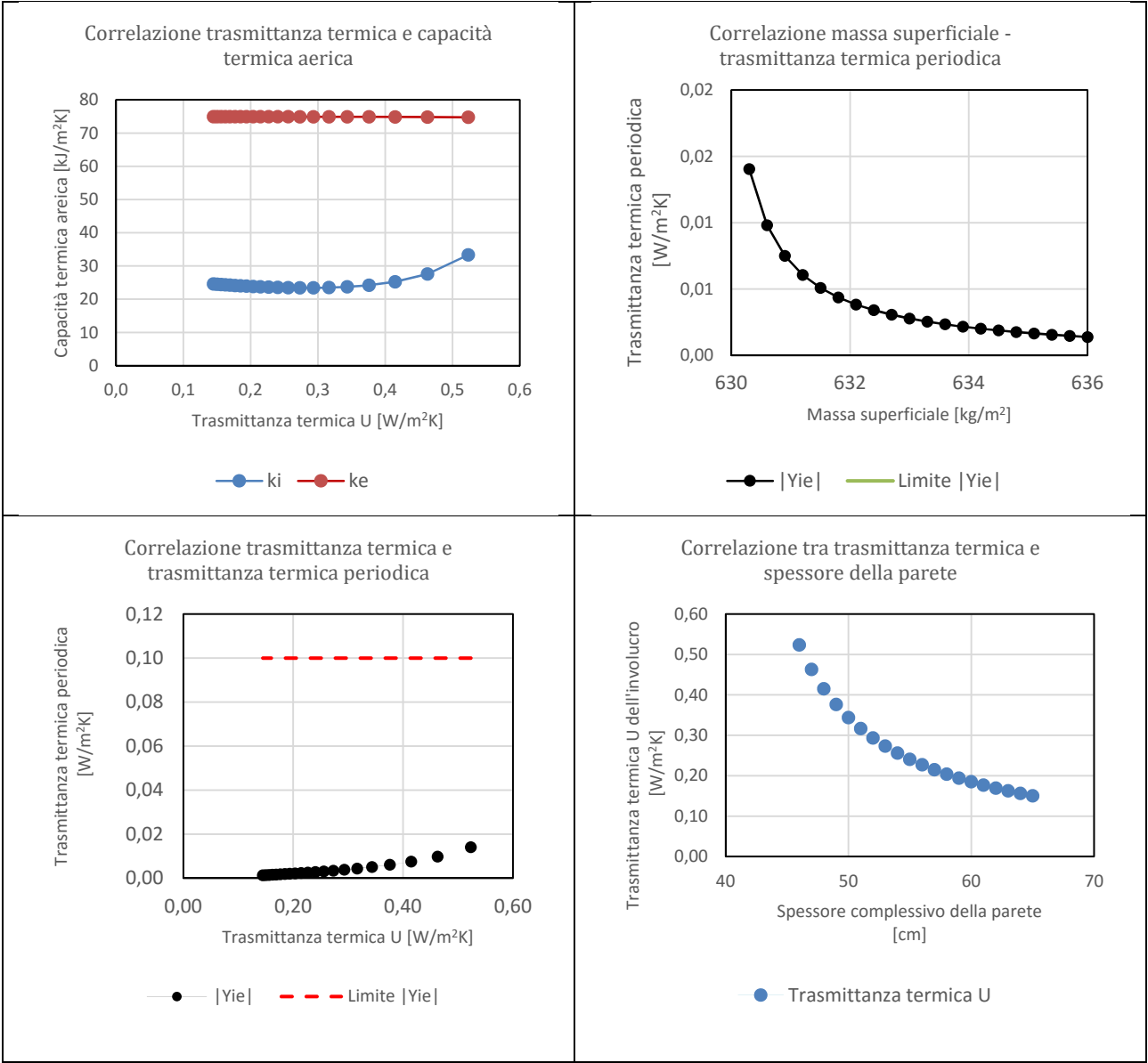


Verifiche	
M_s	Sempre verificata
$ Y_{ie} $	Da 3 cm di isolante
Corrispondenza	0,75 W/m ² K
	35,00 cm di spessore della parete

Parete in blocchi forati (45 cm) con isolante verso il lato interno

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Blocco forati - Fig. 10 UNI 10355	0,450		840	1400	1,440	0,085	5,264	1,440
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

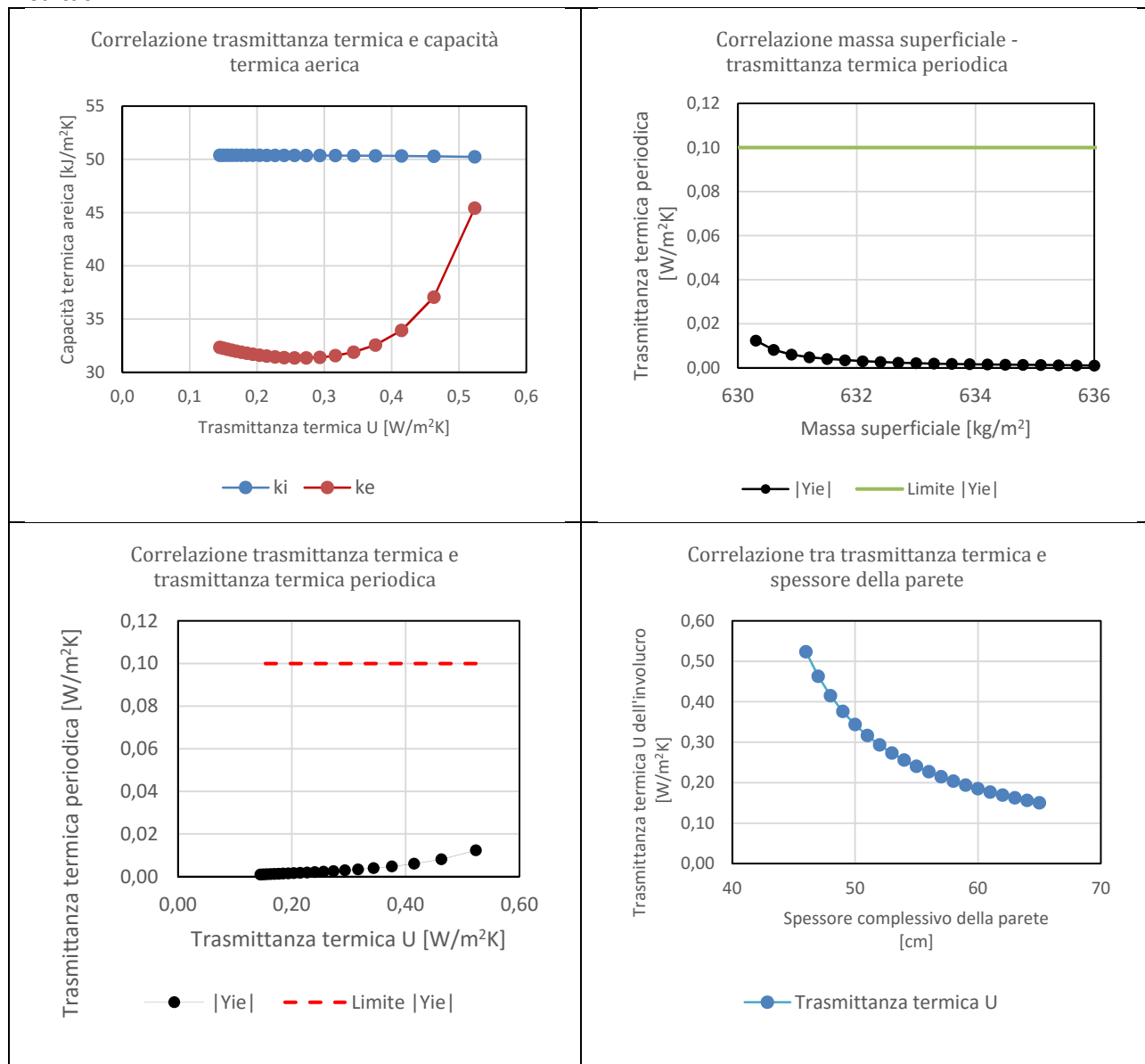


Verifiche	
M_s	Sempre verificata
$ Y_{ie} $	Sempre verificata
Corrispondenza	0,52 W/m^2K
	50,00 cm di spessore della parete

Parete in blocchi forati (45 cm) con isolante verso il lato esterno

	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,020	0,700	840	1400		0,128	0,156	0,029
Blocco forati - Fig. 10 UNI 10355	0,450	0,313	840	1400	1,440	0,085	5,264	1,440
ISOLANTE	VAR	0,040	1250	30				
Intonaco esterno	0,020	0,900	840	1800		0,128	0,156	0,022
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

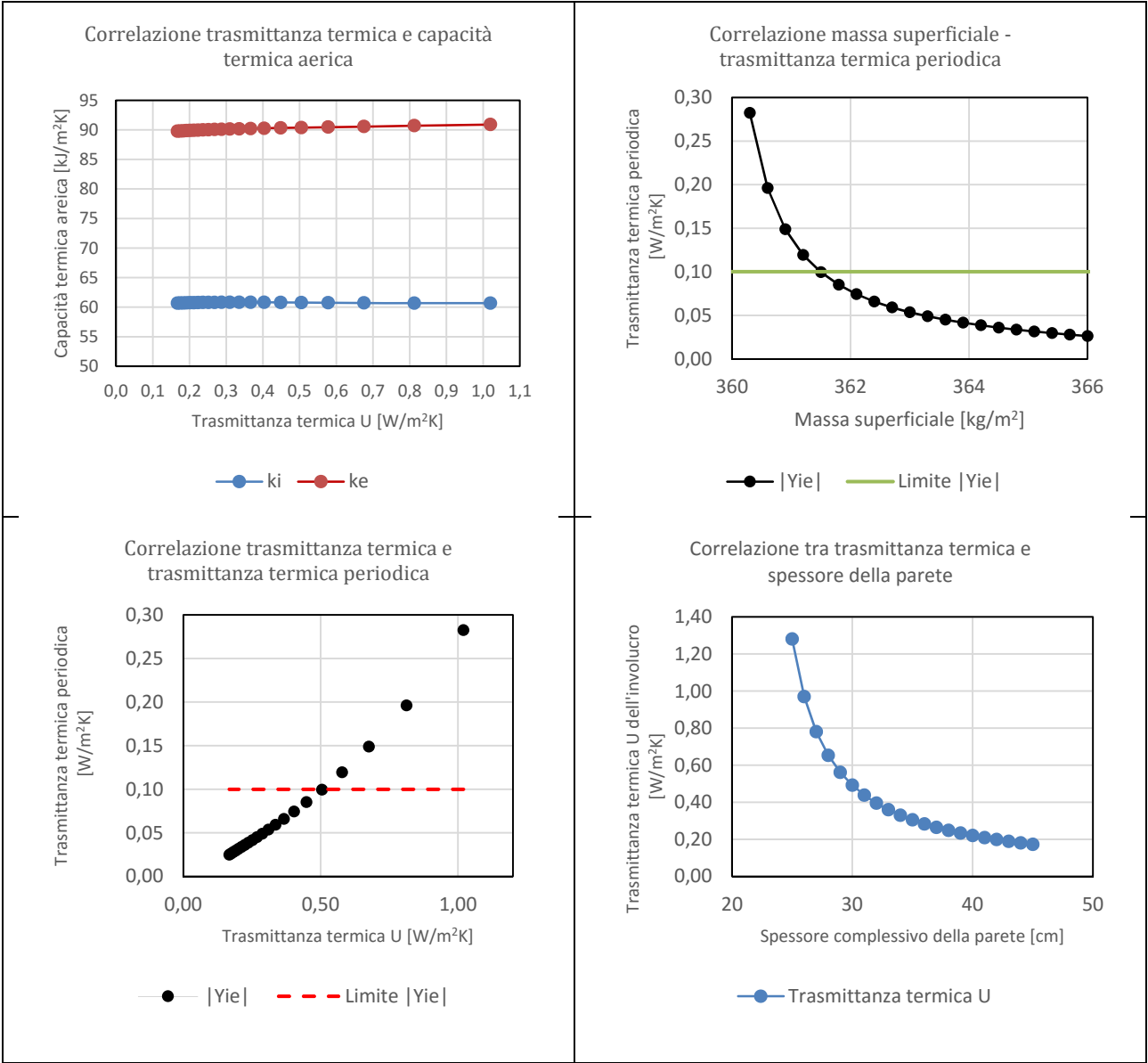


Verifiche	
M_S	Sempre verificata
 Y_{IE} 	Sempre verificata
Corrispondenza	0,52 W/m ² K
	50,00 cm di spessore della parete

Parete a cassa vuota (8+12 cm)

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,02	0,70	840	1400		0,13	0,16	0,03
Mattoni forati	0,08		840	1800	0,20	0,09	0,94	0,20
ISOLANTE	VAR	0,04	1250	30				
Mattoni forati	0,12		840	1800	0,31	0,08	1,43	0,31
Intonaco esterno	0,02	0,90	840	1800		0,13	0,16	0,02
Strato laminare esterno								0,04

Risultati



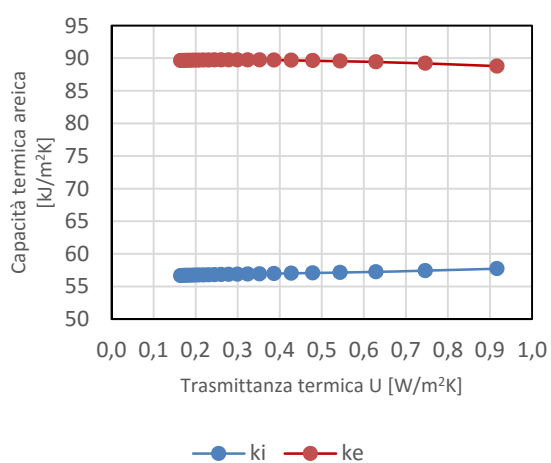
Verifiche	
M _s	Sempre verificata
Y _{IE}	Da 5 cm di isolante
Corrispondenza	0,50 W/m²K
	29,00 cm di spessore della parete

Parete a cassa vuota (12+12 cm)

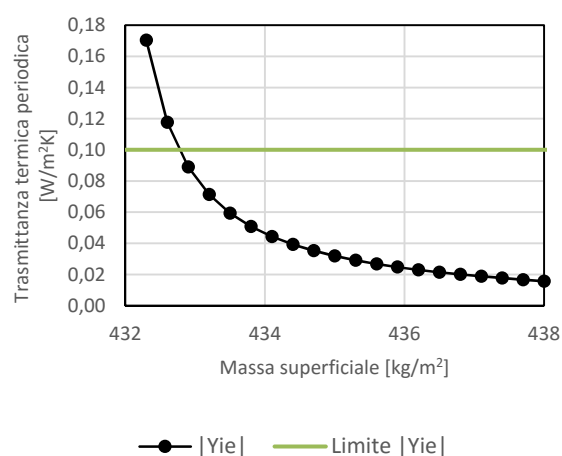
	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,13
Intonaco interno (calce e gesso)	0,02	0,70	840	1400		0,13	0,16	0,03
Mattoni forati	0,12		840	1800	0,31	0,08	1,43	0,31
ISOLANTE	VAR	0,04	1250	30				
Mattoni forati	0,12		840	1800	0,31	0,08	1,43	0,31
Intonaco esterno	0,02	0,90	840	1800		0,13	0,16	0,02
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

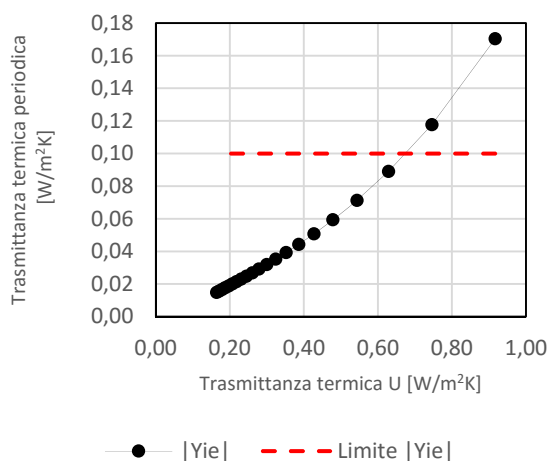
Correlazione trasmittanza termica e capacità termica aerica



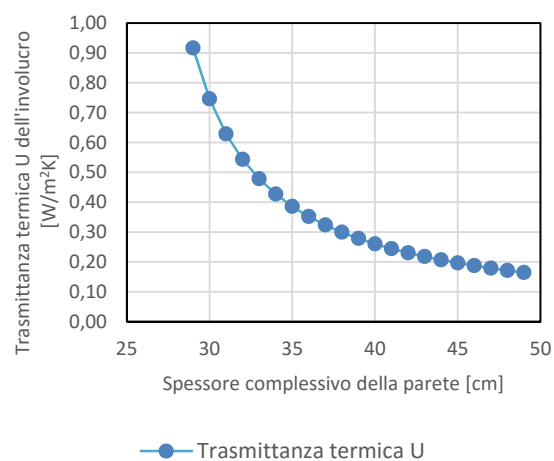
Correlazione massa superficiale - trasmittanza termica periodica



Correlazione trasmittanza termica e trasmittanza termica periodica



Correlazione tra trasmittanza termica e spessore della parete

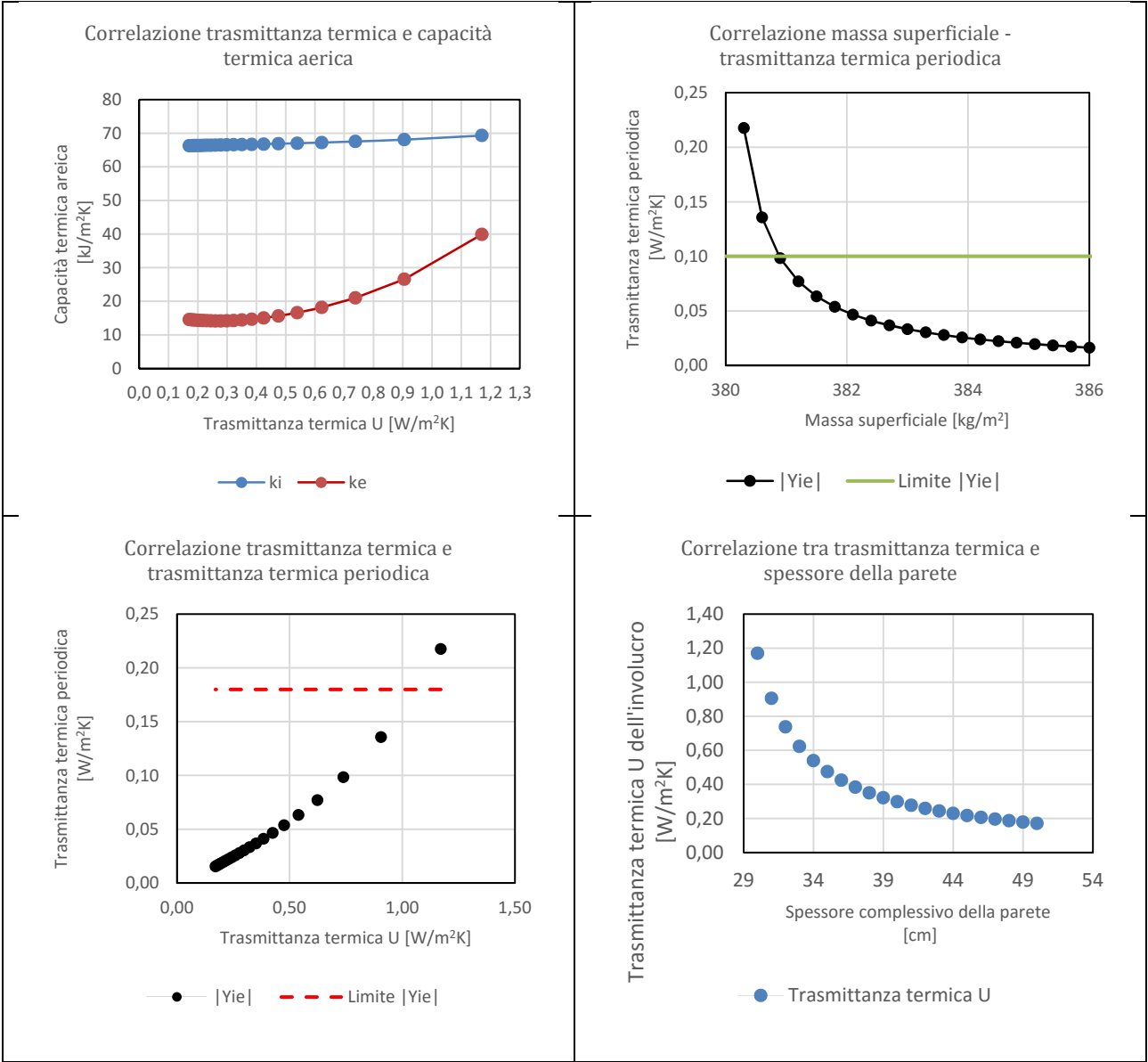


Verifiche	
M_s	Sempre verificata
 Y_{IE} 	Da 3 cm di isolante
Corrispondenza	0,63 W/m ² K
	31,00 cm di spessore della parete

Copertura piana non praticabile

	s	λ	c	ρ	R	δ	ξ = s/d	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m³]	[m²K/W]	m	-	[m²K/W]
Strato laminare interno								0,10
Intonaco	0,02	0,70	1000	1400		0,12	0,17	0,03
Blocco soletta	0,22		1000	1273	0,33	0,12	1,83	0,33
Massetto in calcestruzzo ordinario	0,05	1,06	1000	2000		0,12	0,41	0,05
ISOLANTE	VAR	0,04	1250	30				
Membrana impermeabilizzante bituminosa	0,01	0,17	1000	1200		0,06	0,16	0,06
Strato laminare esterno								0,04

Risultati



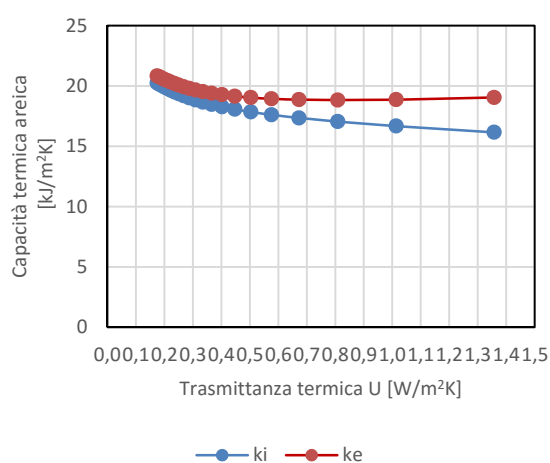
Verifiche	
M _S	Sempre verificata
Y _{IE}	Da 2 cm di isolante
Corrispondenza	0,91 W/m²K
	32,00 cm di spessore del solaio

Copertura inclinata in legno

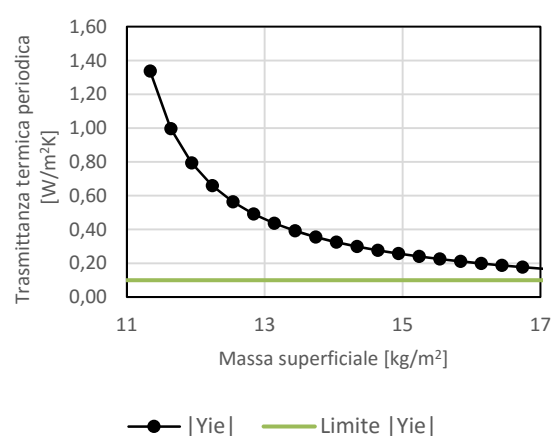
	s	λ	c	ρ	R	δ	$\xi = s/d$	R
	[m]	[W/mK]	[J/KgK]	[Kg/m ³]	[m ² K/W]	m	-	[m ² K/W]
Strato laminare interno								0,10
Assito in legno	0,02	0,15	1600	550	0,00	0,07	0,29	0,13
ISOLANTE	VAR	0,04	1200	30				
Intercapedine debolmente ventilata	0,04	0,50	1000	1	0,08	3,71	0,01	0,08
Assito in legno	0,02	0,15	1600	550	0,00	0,07	0,29	0,13
Tegole								
Strato laminare esterno								0,04

Risultati

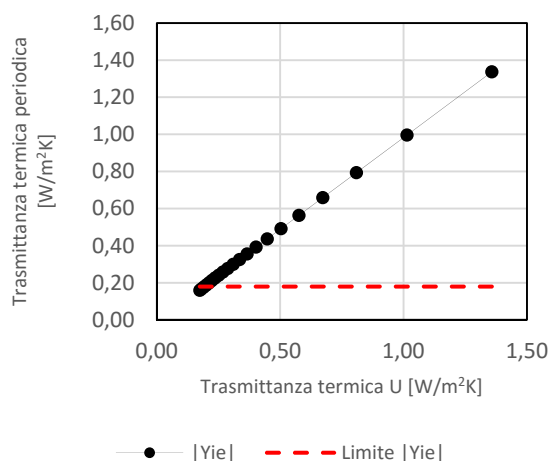
Correlazione trasmittanza termica e capacità termica aerea



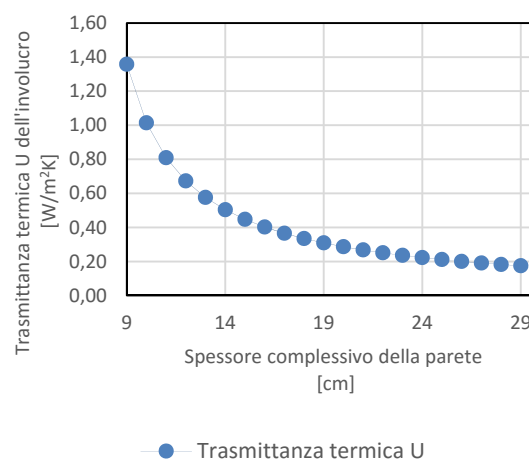
Correlazione massa superficiale - trasmittanza termica periodica



Correlazione trasmittanza termica e trasmittanza termica periodica



Correlazione tra trasmittanza termica e spessore del solaio di copertura



Verifiche	
M_s	Mai verificata
 Y_{IE} 	Da 19 cm di isolante
Corrispondenza	0,19 W/m ² K
	27,00 cm di spessore del solaio

4 Considerazioni conclusive

Il presente capitolo riporta una serie di considerazioni conclusive come scaturite dai risultati dello studio eseguito e delle simulazioni effettuate sui vari casi studio. Le considerazioni sono riportate in formato sintetico, quasi didascalico, per consentirne una migliore e più immediata lettura.

Le conclusioni vanno lette contestualmente ai commenti relativi ai risultati dei vari capitoli.

- Villa monofamiliare, Paragrafo 3.2.3.4 (fabbricato);
- Villa monofamiliare, Paragrafi 3.2.4.2.4 e 3.2.4.4.4 (impianti tecnici);
- Edificio ad uso scolastico, Paragrafo 3.3.3.4 (fabbricato);
- Edificio ad uso scolastico, Paragrafi 3.3.4.2.4 e 3.3.4.4.4 (impianti tecnici);
- Palazzina ad uso uffici, Paragrafo 3.4.3.4 (fabbricato);
- Palazzina ad uso uffici, Paragrafo 3.4.4.2.4 (impianti tecnici);
- Palazzina ad uso residenziale, Paragrafo 3.5.3.3 (fabbricato);
- Palazzina ad uso residenziale, Paragrafo 3.5.4.2.4 (impianti tecnici).

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni per i casi studio e per le configurazioni di fabbricati ed impiantistiche selezionate, in generale si può concludere che la metodologia di calcolo dell'edificio di riferimento sostanzialmente funziona e non presenta criticità rilevanti. Vi sono però degli aspetti, alcuni dei quali legati anche alla modellizzazione dell'edificio secondo la normativa tecnica, che possono essere migliorati e/o meglio definiti. Di seguito una sintesi dei principali considerazioni emerse.

Si è inoltre preferito riportare alcune raccomandazioni circa l'esigenza di ulteriori approfondimenti in un capitolo a parte, **capitolo 5**.

4.1 Fabbricato

4.1.1 Nuove costruzioni

4.1.1.1. La progettazione di nuove costruzioni prevede soluzioni e combinazioni tecnologiche che abbiano prestazioni simili a quelle dell'edificio di riferimento [42] e che rispettino tutti i parametri progettuali imposti dalla legislazione vigente, il tecnico sarà quindi tenuto a attuare scelte coerenti e ragionate che permettano di raggiungere i requisiti minimi imposti dalla legislazione vigente. I vari casi studio hanno infatti dimostrato che non esiste solamente una combinazione di progetto, ma in genere invece, esiste un campo di esistenza che soddisfa l'insieme dei requisiti legislativi di cui al D.M. "Requisiti minimi" [42]. I limiti del campo di esistenza per il fabbricato sono rappresentati dalla verifica degli indici dell'edificio reale in relazione a quelli dell'edificio di riferimento unitamente ad altri parametri di verifica della qualità dell'involucro del fabbricato.

4.1.1.2. Considerato che i valori di trasmittanza del fabbricato imposti dal D.M. "Requisiti Minimi" [42] tengono già conto dell'effetto dei ponti termici, una buona progettazione del fabbricato dovrà minimizzarne la presenza limitando in primis l'eterogeneità di forma (scelte progettuali del tecnico) ed evitando, a seguire, l'eterogeneità di struttura (scelte tecnologiche come l'accostamento di materiali con diversa conduttività termica λ diversa, ad es. presenza di elementi strutturali in cemento armato, giunti, ecc.);

4.1.1.3. Per quanto riguarda la progettazione di un edificio composto da più unità immobiliari contraddistinte da caratteristiche geometriche diverse, come il caso di una palazzina ad uso condominiale (vedasi capitolo 3.5) è necessaria la definizione di una soluzione d'involucro comune che nel contempo si adatti anche alle unicità, sia delle singole unità immobiliari (che hanno diversa superficie disperdente, diverso rapporto S/V, diverso orientamento, e differenti limiti energetici da rispettare), sia a quelle

dell'intero condominio, tale aspetto risulta essere un ulteriore vincolo progettuale, la ricerca ha esaminato anche questo aspetto. Per le località per le quali sono state eseguite le simulazioni di calcolo (zone climatiche B, D e E), e in relazione ai casi studio presentati nella ricerca, i parametri dell'edificio di riferimento sembrano essere correttamente calibrati, tuttavia solamente per la zona climatica B il valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H_T appare essere non correttamente ragguagliato ai valori dell'edificio di riferimento;

4.1.1.4. Per la zona climatica B, essendo l'edificio di riferimento caratterizzato da trasmittanze del fabbricato in generale relativamente alte, nella verifiche legislative ad avere maggiore impatto è proprio il limite relativo al coefficiente globale di scambio termico H_T (vedasi paragrafo 2.2). Per soddisfare tale verifica il tecnico può optare di ridurre la trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti o dell'involucro opaco. Tale scelta associata all'impiego di schermature solari mobili può permettere di soddisfare i requisiti legislativi. Tuttavia in condizioni specifiche come ad esempio per alcune unità immobiliari con esposizione esclusiva a Nord (vedasi paragrafo 3.5.3.3), non potendo nella progettazione intervenire sul contenimento del fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione estiva attraverso l'utilizzo di schermature (il cui utilizzo non ha effetto a Nord), l'alternativa è intervenire sull'involucro aumentandone la trasmittanza termica, cercando di rimanere nei limiti imposti dal parametro H_T . In alcune circostanze particolari, come evidenziato nella relazione possono non esserci delle soluzioni di progetto.

4.1.1.5. Per limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e contenere la temperatura interna dei locali, all'aumentare della superficie vetrata disperdente, per rientrare nei limiti legislativi $A_{sol,est} / A_{sup.utile}$ è necessario impiegare tende (vedasi paragrafo 2.1), ed in generale sistemi schermanti, con caratteristiche di intercettazione della radiazione solare sempre più efficaci (a parità di superficie utile, all'aumentare della superficie finestrata, è necessario l'impiego di sistemi sempre più performanti e quindi caratterizzati da minore trasmissione solare).

Tale opzione, contribuisce a migliorare le prestazioni estive del fabbricato, tuttavia comporta un peggioramento della prestazione invernale del fabbricato dovuto al duplice contributo (maggiori dispersioni termiche proporzionate a minore apporti solari). Le maggiori dispersioni sono dovute all'aumento della superficie disperdente con trasmittanze dell'involucro trasparente maggiori (rispetto all'opaco) associate anche ad un aumento della quantità di ponti termici. La conseguenza diretta per rientrare nei limiti di legge è un iperisolamento dell'involucro opaco.

Anche le unità immobiliari che hanno orientamento esclusivo a Nord, per rispettare i limiti di legge [42], devono prevedere l'utilizzo di tende che schermino dalla radiazione solare. Tale scelta è necessaria per la verifica del parametro $A_{sol,est} / A_{sup.utile}$ tuttavia non ha effetti sul calcolo del fabbisogno di energia termica utile (per maggiori dettagli si faccia riferimento al paragrafo 14.3.4 "Gestione delle schermature mobili" della UNI/TS 11300-1). A tal proposito si noti che nell'edificio di riferimento, per i calcoli della prestazione energetica, il valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud da assumere è pari a 0,35, mentre per le altre esposizioni (come quelle a Nord) si assume un fattore di riduzione pari a 1.

4.1.1.6. La specifica tecnica UNI/TS 11300-1 [1] calcola la prestazione energetica del fabbricato tenendo conto della capacità termica areica dei componenti della struttura dell'edificio. I relativi risultati tuttavia, soprattutto per quanto riguarda i fabbisogni relativi alla stagione di raffrescamento con valutazione standard, sono poco influenzati dalla variazione delle caratteristiche di massa dell'involucro opaco e di conseguenza risultano essere non abbastanza realistici. Per tale motivo nel D.M. "Requisiti Minimi" [42], solamente per alcune località italiane, sono stati aggiunti requisiti aggiuntivi finalizzati a limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e contenere la temperatura interna degli ambienti. Tali verifiche prevedono la verifica alternativa del valore della massa superficiale ($>230 \text{ kg/m}^2$), del modulo di trasmittanza termica periodica dell'involucro ($<0,10$

W/m²K per le strutture verticali e <0,18 W/m²K per le strutture orizzontali). Tale metodologia probabilmente non risulta sufficiente per valutare e verificare il comportamento estivo del fabbricato, sono dunque necessari maggiori studi e/o approfondimenti a proposito.

- 4.1.1.7. Dal confronto dell'edificio di riferimento per le due fasi applicative 2015 e 2019/2021, è evidente che ad un irrigidimento dei requisiti (diminuzione delle trasmittanze del fabbricato di riferimento) corrisponde da un lato un contenimento dei fabbisogni di energia termica utile nella stagione di riscaldamento e, dall'altra, fabbisogni maggiori di energia termica utile nella stagione di raffrescamento. In ogni caso, tuttavia, la somma dei due fabbisogni termici utili per climatizzazione (invernale più estivo) va a diminuire (vedasi paragrafo 3.5.3.3).

4.1.2 Ristrutturazioni

- 4.1.2.1. Le ristrutturazioni importanti di primo livello devono osservare le stesse prescrizioni e i medesimi requisiti degli edifici di nuova realizzazione. Tuttavia il tecnico che opera su fabbricati già esistenti può intervenire solamente parzialmente sull'involucro sostituendo i serramenti, migliorando la coibentazione e correggendo nei limiti del possibile i ponti termici presenti, mentre, in generale, l'involucro opaco non viene sostituito ma adeguato con l'aggiunta di uno stato isolante;
- 4.1.2.2. Mentre nella progettazione dei nuovi edifici si possono applicare misure tecnologiche e progettuali standardizzate, per le ristrutturazioni importanti di primo livello il discorso si configura come più delicato poiché la superficie trasparente dell'involucro risulta essere già definita a priori come anche la presenza di ponti termici dovuti all'eterogeneità di forma e la presenza di aggetti; Nelle simulazioni della ricerca è stato tenuto conto di percentuali di incidenza dei ponti termici con incidenza variabile crescente (dal 15% al 50%) andando a quantificare le principali ricadute progettuali;
- 4.1.2.3. Nelle ristrutturazioni di primo livello, tenuto conto che non sempre i ponti termici sembrano essere completamente risolvibili anche a fronte di una buona progettazione architettonica, i limiti relativi all'involucro sembrano essere eccessivamente severi, imporre tale severità sull'involucro può stimolare correttamente la costruzione dei nuovi edifici (ed interventi simili) ma non sempre gli interventi sugli edifici esistenti;
- 4.1.2.4. Il parametro H_T ha come conseguenza progettuale principale quella di limitare la presenza delle aree disperdenti trasparenti. Esso dipende dalla zona climatica e dalla geometria dell'edificio. Nel momento in cui si interviene su fabbricati completamente vetrati risulta impossibile osservare i requisiti di legge relativi alla verifica del parametro H_T ;
- 4.1.2.5. I limiti sul parametro H_T (ristrutturazioni importanti di secondo livello) e U (ristrutturazioni importanti di secondo livello e riqualificazioni energetiche) sembrano essere eccessivi; impediscono la realizzazione di interventi sulla parte opaca, anche se questi portano a miglioramenti (che sono confermati dai dati di consumo di gas) di circa il 30%;
- 4.1.2.6. Per quanto concerne la verifica del parametro H_T , nel caso di edifici quali palazzine condominiali con unità abitative residenziali, nella ristrutturazione dell'intero fabbricato, una criticità riguarda le chiusure tecniche trasparenti le quali per rientrare nei limiti legislativi dovrebbero essere contestualmente migliorate; tale intervento tuttavia risulta essere di competenza dei singoli condomini e non del condominio;
- 4.1.2.7. Per quanto riguarda le trasmittanze termiche U , buona parte delle criticità riguardano i ponti termici i quali incidono mediamente sul 30% circa del valore finale di U ma che, in base alla geometria dell'edificio, possono avere incidenze maggiori (presenza di balconi, giunti interpiano, ecc ...);

4.2 Impianti

- 4.2.1. Innanzitutto, per ciò che riguarda il **rendimento dei sottosistemi di utilizzazione** (emissione, regolazione, distribuzione ed eventuale accumulo) è possibile concludere che il rendimento di riferimento, sia per quanto riguarda i sistemi idronici, sia per quelli aeraulici o misti, è in alcuni casi sottostimato, ovvero il rendimento reale, considerando buone pratiche impiantistiche (ad es. buon isolamento della tubazioni e passaggio di queste ultime all'interno dell'involucro isolato) risulta essere generalmente superiore a quello di riferimento. Questo anche considerando la presenza degli ausiliari elettrici.

Ciò è verificato, in particolare, per gli edifici residenziali e per i non residenziali non troppo compressi, soprattutto quelli con solo distribuzione idronica. È infatti stato verificato come, utilizzando le metodologie di calcolo analitiche richiamate dal D.M. "Requisiti Minimi", per quanto riguarda la rete idronica le perdite delle tubazioni (comunque minime considerato un buon isolamento termico e basse temperature del fluido termovettore) sono compensate dal recupero dagli ausiliari elettrici. Anche le perdite delle condotte aerauliche, qualora essere corrano in ambienti climatizzati, sono interamente recuperate. Ciò, unito al fatto che i rendimenti di emissione e regolazione si assestano in ogni caso su valori superiori allo 0,95, consente quindi all'edificio reale di avere un certo margine rispetto a quello di riferimento.

Alla luce di quanto sopra esposto, una proposta migliorativa, nell'ottica di una revisione dei requisiti del decreto, potrebbe essere quella di alzare i rendimenti di utilizzazione di riferimento, eventualmente suddividendo i rendimenti di utilizzazione tra residenziale e non residenziale, per evitare di penalizzare e rendere troppo severe le verifiche per questi ultimi.

- 4.2.2. Per quanto riguarda i **rendimenti di generazione di riferimento**, si ritiene che essi siano ben calibrati. A tal proposito, infatti, è da tenere in considerazione il fatto che, se da un lato i rendimenti nominali della maggior parte delle migliori macchine risultano essere superiori a quelli di riferimento, dall'altro il rendimento effettivo di tali macchine può essere anche di diversi punti inferiore; ciò è legato in particolare al decremento delle prestazioni, calcolato con la normativa tecnica di riferimento, a fattori di carico parziali (anche molto bassi nei periodi più miti). Quindi si ritiene sia corretto mantenere efficienze di riferimento leggermente cautelative.
- 4.2.3. Oltre a ciò, un aspetto che va meglio definito, in particolare nella normativa tecnica, è il discorso del **calore latente e del trattamento dell'aria** (controllo dell'umidità oltre che della temperatura). È necessario infatti rivedere la definizione di efficienza di climatizzazione, rapportando i fabbisogni per le diverse funzioni ai corrispondenti fabbisogni di energia primaria. Questi aspetti sono attualmente in corso di ridefinizione anche nelle norme europee del cosiddetto "pacchetto EPBD" sotto Mandato M/480. È quindi opportuno attendere la finalizzazioni di tali norme e successivamente delinearne il recepimento italiano.
- 4.2.4. È necessario e doveroso fare un discorso a parte per quanto riguarda gli **obblighi di integrazione con fonti rinnovabili**. Come già ricordato, il D.Lgs. 28/11, ed in particolare il suo allegato 3, fissa, nel caso di edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, delle quote di copertura minime per i servizi di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria oltre che una potenza elettrica da rinnovabili che deve essere obbligatoriamente installata.
- Per quanto riguarda le quote da rinnovabili, per la somma di riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria fino al 31 dicembre 2016 è richiesta una quota pari al **35%**. A partire dal 1° gennaio 2017 sarà richiesta una quota del **50%**. Per l'acqua calda sanitaria è invece sempre richiesta una quota del **50%**.
- Da diversi studi e simulazioni effettuate è emerso in maniera evidente che tali requisiti precludono l'utilizzo di determinate tecnologie, lasciando al progettista poche alternative progettuali. In particolare sono emersi i seguenti scenari, qui riassunti sinteticamente.

- Per gli **edifici residenziali al Nord Italia** laddove il servizio di riscaldamento è preponderante, la scelta è obbligatoriamente orientata verso pompe di calore (meglio se elettriche) oppure combustione di biomassa. La presenza del solo solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria spesso non garantisce il raggiungimento dei requisiti. In presenza di servizio di raffrescamento diventa fondamentale l'utilizzo del fotovoltaico. Le tecnologie utilizzando combustione a gas sono automaticamente escluse.
- Per gli **edifici non residenziali al Nord Italia** valgono le stesse considerazioni per il non residenziale, con maggiori criticità riguardo al raffrescamento, per il quale è necessaria massiccia presenza di fotovoltaico, e riguardo all'acqua calda sanitaria in alcune destinazioni d'uso (ad es. alberghi).
- Per **gli edifici residenziali e non residenziali al Sud Italia** è accentuato il peso del raffrescamento, per cui è fondamentale l'installazione di fotovoltaico. Per l'acqua calda sanitaria le alternative possibili sono le pompe di calore e/o il solare termico.

Dagli scenari descritti sopra si può capire come le criticità nascano in quei casi dove, per la limitata disponibilità di superficie di copertura, per la presenza di ombreggiamenti o altri vincoli tecnici, non è possibile assicurare una sufficiente produzione da fotovoltaico e da solare termico. In tali casi, e soprattutto nelle situazioni dove il raffrescamento è preponderante, anche l'utilizzo di una pompa di calore non assicura il soddisfacimento dei requisiti.

In generale quindi, considerando l'intero quadro, le combinazioni che ne escono vincenti sono, in presenza di raffrescamento, pompa di calore + fotovoltaico; in presenza di solo riscaldamento e acqua calda sanitaria anche biomasse al Nord e solare termico al Sud. Questo per quanto riguarda gli edifici residenziali.

Per il settore terziario valgono le stesse combinazioni, con possibili criticità aggiuntive legate ai maggiori fabbisogni intrinseci per determinate destinazioni d'uso.

È inoltre opportuno considerare il fatto che:

- in presenza di teleriscaldamento, l'allegato 3 deroga agli obblighi di copertura dalle rinnovabili (comma 5); tuttavia i sistemi di teleriscaldamento sono localizzati solo in determinate città/zone, quindi tale deroga non è applicabile nella generalità dei casi;
- in caso di mancato raggiungimento delle quote richieste è fatta salva la possibilità di compensare la quota rimanente con un aumento dell'efficienza energetica (comma 8); tuttavia l'ulteriore riduzione dei consumi rispetto a quelli che sono i limiti di legge, da un lato non è generalmente efficiente dal punto di vista dei costi (poiché l'edificio di riferimento è quello che risponde alla minimizzazione dei costi totali dell'edificio), e dall'altro non è sempre possibile (ad esempio per il servizio di acqua calda sanitaria).

5 Raccomandazioni

- 5.1. La presente ricerca è stata focalizzata su quattro casi studio riferiti alle tipologie edilizie più diffuse sul territorio nazionale e riferiti a tre località e per ognuno di essi ha previsto diverse combinazioni progettuali (sia per fabbricato che per l'impianto). Dall'analisi è emersa la necessità di maggiori indagini sul fabbricato per esplorare il comportamento attraverso ulteriori casistiche e per formulare eventuali nuove proposte finalizzate a calibrare una corretta applicazione del D.M. "Requisiti minimi" [42].
- 5.2. Si ritiene di dover approfondire ulteriormente anche l'analisi relativa alle zone climatiche limite (ovvero la zona climatica B e F) viste le criticità emerse, pur prendendo atto che in queste zone sia presente un numero di edifici inferiore a quello delle altre zone.
- 5.3. Si ritiene possa essere importante analizzare edifici con caratteristiche progettuali particolari per verificarne la realizzabilità (per esempio i fabbricati con percentuale di superficie vetrata al limite della fattibilità tecnica) secondo il D.M. "Requisiti minimi" [42];
- 5.4. La minor esperienza in materia di raffrescamento estivo e dei requisiti relativi, porta a suggerire la necessità di un ulteriore approfondimento sul tema della climatizzazione estiva con il fine di valutare l'effettivo comportamento degli edifici proprio quando tale servizio è maggiormente impiegato.
- 5.5. Il D.M. "Requisiti minimi" [42], per le località di cui al paragrafo 1.3.3, prescrive la valutazione puntuale dell'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, siano essi esterni o interni; il relativo fine è la riduzione dell'apporto di calore per irraggiamento solare. A tale fine, servono linee guida con indicazioni dettagliate sulle modalità di calcolo e sui relativi valori di riferimento.
- 5.6. Per quanto riguarda gli impianti, si ritiene che gli obblighi del D.Lgs. 28/11 [41] debbano essere rivisti nell'ottica di una assegnazione dei requisiti di integrazione in funzione delle possibilità e della convenienza economica di ciascun caso.
- 5.7. Gli obiettivi in termini di utilizzo delle fonti rinnovabili (Direttiva 28[34]) dovrebbero essere meglio integrati con le strategie sull'efficienza energetica (Direttiva 27 [33] e 31[35]) e anche con gli aspetti ambientali, come, ad esempio, quelli sulla qualità dell'aria.

6 Sigle, acronimi ed abbreviazioni

Nella ricerca sono stati utilizzati le seguenti sigle, acronimi ed abbreviazioni.

6.1 Sigle e Acronimi

ACS	Acqua calda sanitaria
APE	Attestato di prestazione energetica
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
nZEB	nearly Zero Energy Building
RES	Renewable energy
U.I.	Unità immobiliare

6.2 Simboli

A	Superficie utile;
$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;
A_w	Area del vano finestra
B	Ponte termico relativo alla all'interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a balconi
$bt_{r,U}$	Fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato;
C	Ponte termico relativo alla all'Interruzione di forma dovuta ad angoli esterni (in corrispondenza di pilastri)
$EP_{C,nd} (limite)$	Indice di prestazione termica utile per raffrescamento del fabbricato dell'edificio di riferimento;
$EP_{C,nd} (reale)$	Indice di prestazione termica utile per raffrescamento del fabbricato oggetto di studio;
$EP_{gl, tot, limite}$	Indice di prestazione globale dell'edificio;
$EP_{H,nd} (limite)$	Indice di prestazione termica utile per riscaldamento del fabbricato dell'edificio di riferimento;
$EP_{H,nd} (reale)$	Indice di prestazione termica utile per riscaldamento del fabbricato oggetto di studio;
F_F	Frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;
$f_{p,nren}$	Fattori di conversione in energia primaria non rinnovabile definiti nel D.M. 26/06/2015
$f_{p,nren}$	Fattori di conversione in energia primaria non rinnovabile definiti nel D.M. 26/06/2015
$f_{p,tot}$	Fattori di conversione in energia primaria totale definiti nel D.M. 26/06/2015
GF_T	Ponte termico relativo alla giunzione tra pareti e pavimento su terreno
$g_{gl,n}$	Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale delle chiusure tecniche;
g_{gl+sh} / g_{gl}	Fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati; (<i>Nei grafici F_{RID}</i>)
H	Altezza interna dei locali;
H'_T	Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente; (<i>Nei grafici $H't$</i>)
IF	Ponte termico relativo alla giunzioni dovute a solai interpiano

IW	Ponte termico relativo alla giunzioni tra pareti interne e pareti perimetrali
L	Lunghezza (in genere utilizzata per definire la lunghezza dei ponti termici presenti nel fabbricato);
P	Ponte termico relativo alla all'Interruzione di continuità delle pareti perimetrali dovuta a pilastri
R	Ponte termico relativo alla giunzione tra pareti esterne e copertura
S/V	Rapporto di forma dell'edificio;
U _c	Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura verso l'esterno; (<i>Nei grafici U – Copertura</i>)
U _{gf}	Trasmittanza termica delle opache orizzontali di pavimento contro terra; (<i>Nei grafici U – Solaio contro terra</i>)
U _p	Trasmittanza termica delle strutture opache verticali verso l'esterno; (<i>Nei grafici U – Parete</i>)
U _s :	Trasmittanza termica delle opache orizzontali come solai verso ambienti non climatizzati o verso ambiente con temperatura diversa da quelli climatizzati;
U _w	Trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti comprensivi degli infissi, verso esterno; (<i>Nei grafici U – Serramenti</i>)
V _L	Volume lordo;
V _N	Volume netto;
W	Ponte termico relativo alla giunzioni tra pareti esterne e serramenti
Y _{IE}	Trasmittanza termica periodica;
α	Coefficiente di assorbimento solare;
η	Efficienze o rendimenti.

Soluzioni al limite superiore (il riferimento è il limite superiore del campo di esistenza)

Per quanto riguarda le Tabella 49, Tabella 50, Tabella 51, Tabella 52, Tabella 53, Tabella 54, Tabella 97, Tabella 98, Tabella 99, Tabella 100, Tabella 101, Tabella 102, Tabella 146, Tabella 147, Tabella 148, Tabella 149, Tabella 150, Tabella 151 si rimanda alla simbologia utilizzata nel Rapporto tecnico UNI/TR 11552 [9].

7 Bibliografia

7.1 Normativa tecnica

- [1] UNI/TS 11300-1:2014 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale"
- [2] UNI/TS 11300-2:2014 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: 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"
- [3] Raccomandazione CTI 14/2013 "Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio" (sostituita dal 31/03/2016 dalla UNI/TS 11300-5);
- [4] UNI/TS 11300 - 3 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva";
- [5] UNI/TS 11300 - 4 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria";
- [6] UNI/TS 11300 - 5 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili";
- [7] UNI/TS 11300 - 6 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili";
- [8] UNI EN 15193 "Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione";
- [9] UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici";
- [10] UNI EN ISO 6946 "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo";
- [11] UNI 10355 "Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo";
- [12] UNI EN 12831 "Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto";
- [13] UNI EN 13363 - 1 "Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Part 1: Simplified method";
- [14] UNI EN 13363 - 2 "Solar protection devices combined with glazing - Calculation of total solar energy transmittance and light transmittance - Part 2: Detailed calculation method";
- [15] UNI EN 410 "Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing";
- [16] UNI EN 673 "Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Calculation method";
- [17] UNI EN 674 "Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Guarded hot plate method";
- [18] UNI EN 675 "Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Heat flow meter method";
- [19] UNI EN 15232 "Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici";
- [20] UNI EN ISO 10211 "Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati";
- [21] UNI EN ISO 14683:2008 "Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento";

- [22] UNI EN ISO 25745-2:2015 “Prestazioni energetiche di ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili - Parte 2: Calcolo dell'energia e classificazione degli ascensori”;
- [23] UNI EN ISO 25745-3:2015 “Prestazioni energetiche di ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili - Parte 3: Calcolo dell'energia e classificazione di scale e marciapiedi mobili”;
- [24] UNI EN 15193:2008+EC1:2011 “Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione”;
- [25] ISO/prFDIS 52000-1 “Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures” [document: CEN/TC 371 N 490 version 2016-01-29];
- [26] ISO FDIS 18523-1:2016 “Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation, Part 1 Non-residential buildings” [document: ISO/TC 163 N803 Date: 2016-04-04];
- [27] ISO-CD 18523-2:2015 “Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation, Part 2 Residential buildings” [document: ISO/TC 163 N801 Date: 2015-09-25];
- [28] UNI EN 15193:2008+EC1:2011 “Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione”;
- [29] UNI EN 15232:2012 “Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici”;
- [30] UNI EN ISO 13370:2008 “Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo”;
- [31] UNI 10349-1:2016 “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata”;
- [32] UNI EN ISO 10211:2008 “Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati”

7.2 Legislazione

- [33] Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE
- [34] Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23/04/2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
- [35] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione);
- [36] Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi;
- [37] Informazioni provenienti dalle istituzioni, dagli organi e dagli organismi dell'Unione Europea. Orientamenti che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per calcolare livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi (2012/C 115/01);

- [38] Raccomandazione (UE) 2016/1318 della Commissione del 29 luglio 2016 recante orientamenti per la promozione degli edifici a energia quasi zero e delle migliori pratiche per assicurare che, entro il 2020, tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero;
- [39] Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE);
- [40] D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, e ss.mm.ii. "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia";
- [41] D.Lgs. 28/2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE";
- [42] D.M. 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici";
- [43] D.M. 26 giugno 2015 "Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici";
- [44] D.M. 26 giugno 2015 "Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici";
- [45] Legge 3 agosto 2013, n. 90, "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale";
- [46] D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10";
- [47] Decreto interministeriale 26 giugno 2009 "Certificazione energetica degli edifici - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici";
- [48] Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59, Regolamento di attuazione dell'art. 4 c. 1 lett. a) e b) del D.Lgs. 192/2005;

7.3 Monografie

- [49] C. Boffa, G. Dall'Ò, G. Murano, G. Riva, Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia. RAPPORTO 2014, Monografia, CTI, 2014, ISBN 9788890968501;
- [50] Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Report "Energy Performance Certificates across the EU";
- [51] ENEA, MiSE "Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN)";
- [52] G. Murano, R. Nidasio, Certificazione Energetica degli Edifici, Dossier U&C n°5, maggio 2016.

7.4 Altri riferimenti

- [53] CHIARIMENTI IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA (Raccolta n.1 FAQ del MISE. Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto requisiti minimi", Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto Linee guida APE", ottobre 2015
- [54] CHIARIMENTI IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA (Raccolta n.2 FAQ del MISE. Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto requisiti minimi", Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto Linee guida APE", agosto 2016

7.5 Sitografia

- [55] www.cti2000.it
- [56] www.cti2000.eu
- [57] <http://www.idbuild.dk/index.php/idbuild2>
- [58] <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>
- [59] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings>

Breve curriculum scientifico del gruppo di lavoro impegnato nell'attività

La seguente ricerca è stata svolta dal Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente con il coinvolgimento delle seguenti persone:

Giovanni Murano – Architetto e dottore magistrale in ingegneria edile – Project Leader CTI delle CT 201 "Isolanti e isolamento termico - Materiali", 202 "Isolanti e isolamento - Metodi di calcolo e di prova (UNI/TS 11300 - 1)", CTM 203 "Progettazione integrata termoacustica degli edifici", CT 245 "Impianti frigoriferi: refrigerazione industriale e commerciale", CT 281 "Energia solare".

Roberto Nidasio – Ingegnere – Coordinatore del Gruppo Consultivo "GC Legge 90", project Leader CTI delle Commissioni Tecniche CT 204 "Direttiva EPBD", CT 214 "Diagnosi energetiche negli edifici", CT 241 "Impianti di climatizzazione: progettazione, installazione, collaudo e prestazioni (UNI/TS 11300-3)", CT 251 "Impianti di riscaldamento - Progettazione, fabbisogni di energia e sicurezza (UNI/TS 11300-2 e 11300-4)".

Antonio Panvini – Dottore in Scienze Agrarie – Direttore Generale CTI, Coordinatore di varie Commissioni Tecniche del CTI su biomasse e biocombustibili, segretario del CEN/CENELEC JWG 3 "Energy management and related services", membro del Sector Forum CEN/CENELC "Energy management", Project Leader delle CT 211 e 212 "Uso razionale e gestione dell'energia" e della CT 213 "Diagnosi energetiche nei processi".

Si ringraziano i componenti del **GC Legge 90** per i contributi e per gli spunti di riflessione sugli argomenti trattati in questa ricerca.