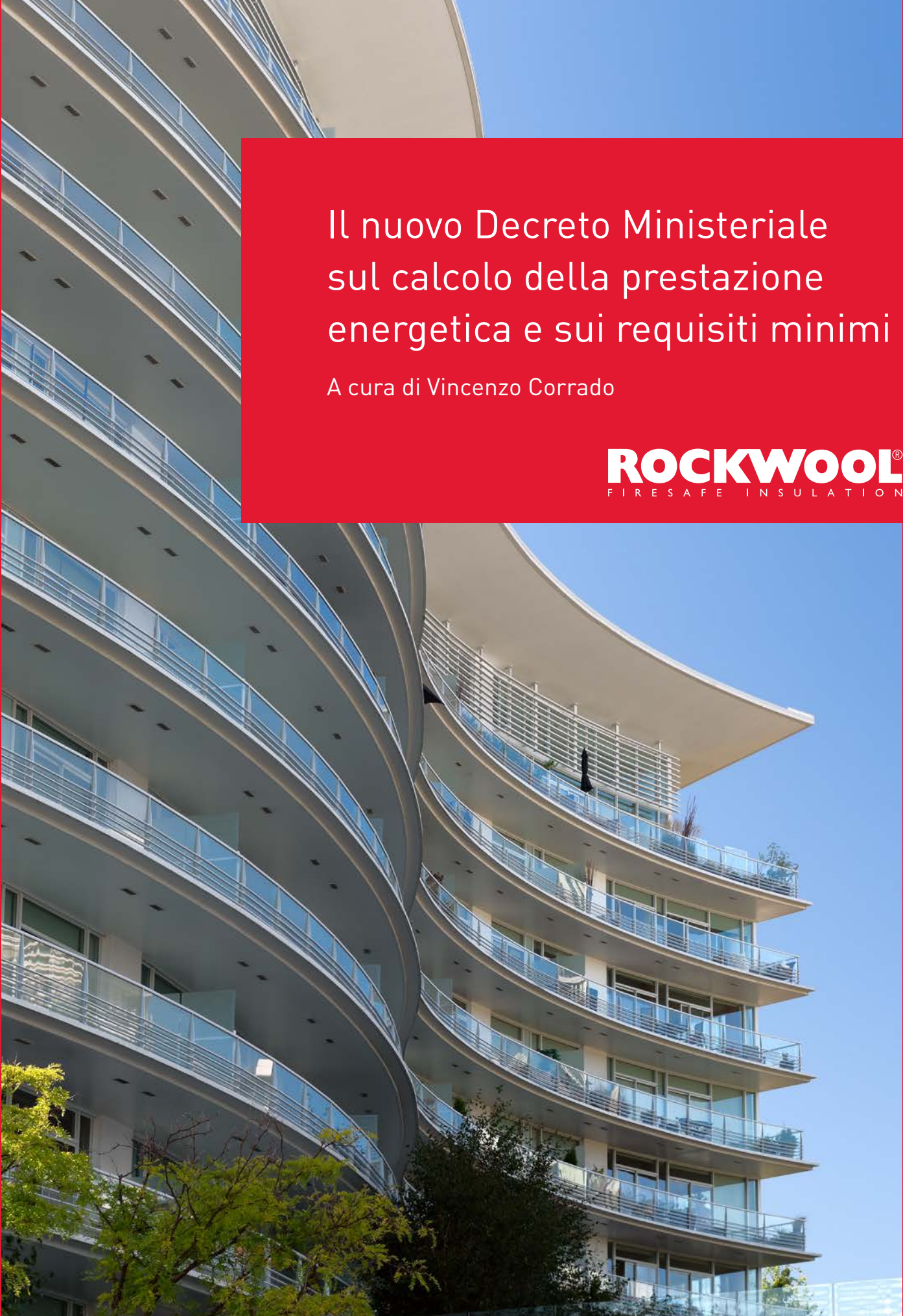


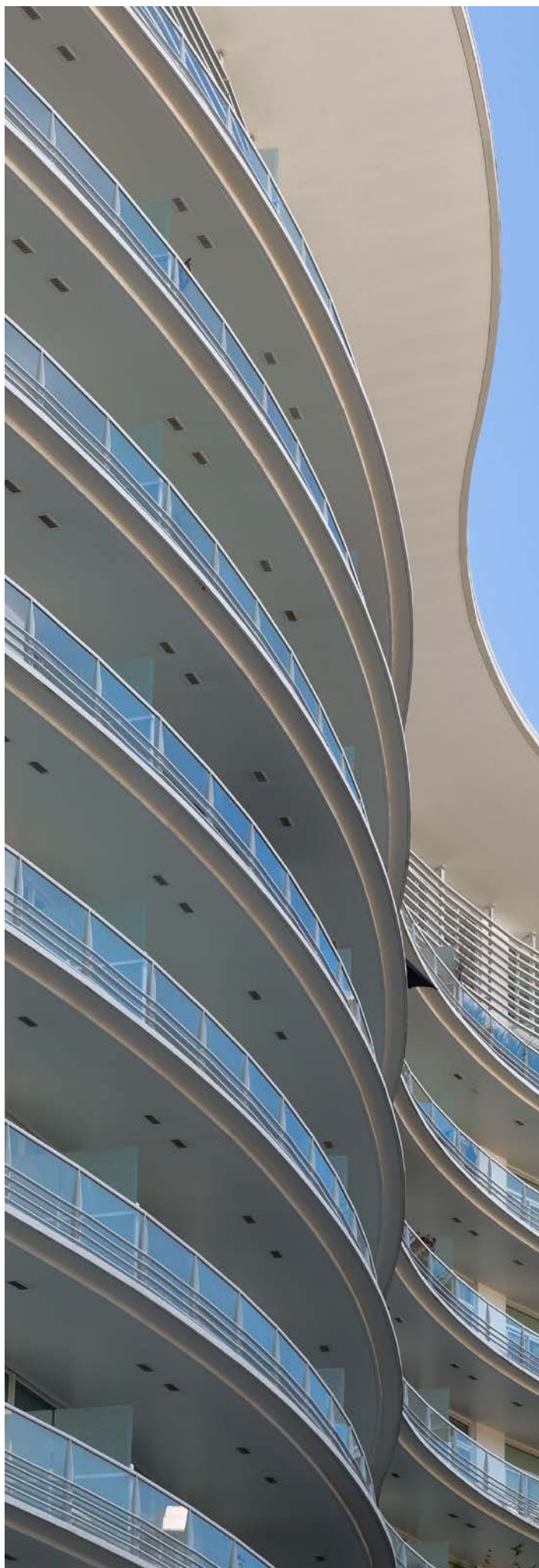


Il nuovo Decreto Ministeriale sul calcolo della prestazione energetica e sui requisiti minimi

A cura di Vincenzo Corrado

ROCKWOOL®
FIRESAFE INSULATION

CREATE AND PROTECT®



INDICE

CAPITOLO 1

Inquadramento legislativo	1
---------------------------------	---

CAPITOLO 2

Analisi del Decreto Ministeriale sui Requisiti Minimi

2.1 Struttura del decreto	3
2.2 Criteri e metodologie di calcolo della prestazione energetica	4
2.3 Classificazione degli edifici e degli interventi edilizi	6
2.4 Prescrizioni e requisiti minimi	8
2.5 L'edificio di riferimento (o edificio target)	8
2.6 Requisiti di prestazione energetica	11
2.7 Obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili	11
2.8 Nuovi parametri sintetici di qualità termica dell'involucro edilizio	11
2.9 Prescrizioni e requisiti riguardanti l'involucro nella sua interezza	12
2.10 Prescrizioni e requisiti riguardanti i singoli componenti dell'involucro	13
2.11 Prescrizioni e requisiti riguardanti gli impianti tecnici	15
2.12 Quadro di sintesi di requisiti e prescrizioni	17
2.13 Requisiti degli edifici a energia quasi zero	19

CAPITOLO 3

Esempio di calcolo della prestazione energetica

3.1 Caratteristiche dell'involucro	21
3.2 Caratteristiche degli impianti	22
3.3 Parametri d'utenza e climatici	22
3.4 Caratteristiche dell'edificio di riferimento	22
3.5 Calcolo della prestazione energetica degli edifici	24

CAPITOLO 4

Approfondimenti sui nuovi parametri e loro impatto progettuale

4.1 Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_{p})	25
4.2 Area solare equivalente estiva ($A_{sol,est}$)	26

APPENDICE DEFINIZIONI	29
APPENDICE NORMATIVA TECNICA	30
BIBLIOGRAFIA	31

CAPITOLO 1

Inquadramento legislativo

Sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana sono stati pubblicati in data mercoledì 15 luglio 2015 i seguenti decreti del Ministero dello Sviluppo Economico:

- D.M. 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici;
- 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;
- D.M. 26 giugno 2015. Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici.

I suddetti decreti ministeriali rappresentano un pilastro importante per l'attuazione del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e sue successive modificazioni, recante recepimento della direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia, di seguito decreto legislativo.

Il quadro legislativo attuale, come descritto in Figura 1, presenta un intreccio tra il decreto legislativo 192/2005 e s.m.i. che recepisce la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast) e il decreto legislativo 28/2011, che recepisce la direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (RES).

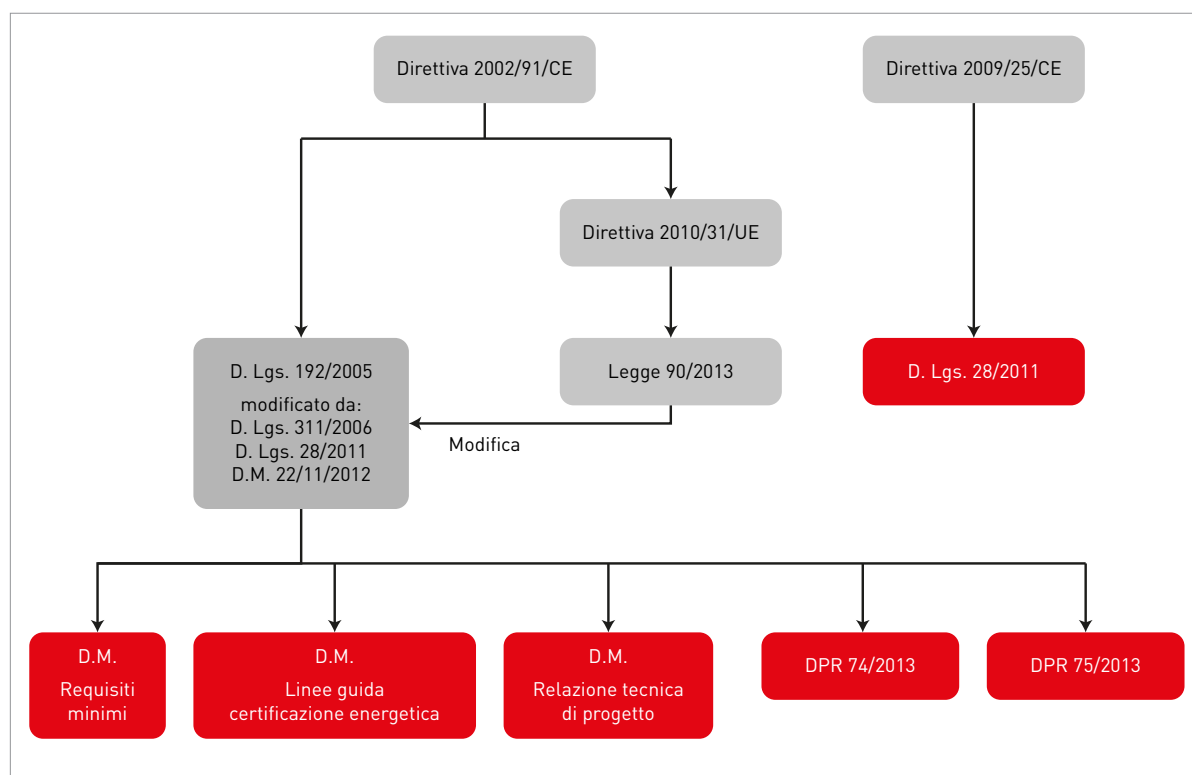


Figura 1: Quadro della legislazione energetica edilizia in Italia al 2015.

L'obiettivo principale del decreto legislativo è promuovere il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi.

In relazione a quanto disposto dall'articolo 117, quinto comma, della Costituzione, vale la clausola di cedevolezza: le disposizioni del decreto legislativo 192/2005 si applicano alle regioni e alle province autonome che non abbiano ancora provveduto al recepimento della direttiva 2010/31/UE.

Il decreto legislativo 192/2005 e s.m.i., tra le quali in particolare si ricorda la legge 90/2013, prevede una serie di regolamenti attuativi, come riportato nella tabella seguente.

Doc.	Responsabile	Oggetto
D.P.R.	MiSE	Modalità di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici
D.P.R.	MiSE	Criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare l'attestazione della prestazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione
D.P.R.	MiSE	Realizzazione di un sistema informativo coordinato per la gestione dei rapporti tecnici di ispezione e degli attestati di prestazione energetica
D.M.	MiSE	Piano d'azione destinato ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero
D.M.	MiSE	Adeguamento del D.M. 26/06/2009 "Linee guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici"
D.M.	MiSE	Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto
D.M.	MiSE	Modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici
D.M.	MiSE	Applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari
-	ENEA	Contratto-tipo per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio
-	MiSE	Elenco delle misure finanziarie atte a favorire l'efficienza energetica negli edifici e la transizione verso gli edifici a energia quasi zero
-	Regioni / prov.aut.	Programma di sensibilizzazione e riqualificazione energetica del parco immobiliare territoriale
-	MiSE	Programmi, progetti e strumenti di informazione, educazione e formazione al risparmio energetico

Tabella 1: Nuove disposizioni per l'attuazione del d.lgs. 192/2005 e s.m.i.

Nei capitoli successivi è presentata l'analisi del decreto ministeriale che riporta le "modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici" e "l'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari".

Di questo decreto, anche denominato *Decreto sui Requisiti Minimi*, verranno approfondite in particolare, le implicazioni per l'involucro opaco.

CAPITOLO 2

Analisi del Decreto Ministeriale sui Requisiti Minimi

Il decreto ministeriale sui Requisiti Minimi, di seguito indicato come D.M., è il regolamento attuativo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e s.m.i., in merito alle modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici, nonché all'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari.

L'entrata in vigore del D.M. è avvenuta il 1° ottobre 2015. In base all'art. 16, comma 4 bis, del decreto legislativo 192/2005, con l'entrata in vigore del D.M. è stato contestualmente abrogato il decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59. I criteri generali e i requisiti della prestazione energetica per la progettazione degli edifici e per la progettazione e installazione degli impianti sono dunque fissati dalla legge 9 gennaio 1991, n. 10, dal decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412 e s.m.i., nonché dalle disposizioni di cui all'Allegato 1 del D.M..

2.1 Struttura del decreto

Il D.M. è così strutturato:

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

Il D.M. 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

nel rispetto dei criteri generali di cui all'articolo 4, comma 1, del decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192, che si applicano agli edifici pubblici e privati, siano essi edifici di nuova costruzione o edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione.

Il D.M. ha due allegati:

- l'Allegato 1 riporta i criteri generali e i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici;
- l'Allegato 2 riporta l'elenco delle norme tecniche di riferimento per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

L'Allegato 1 del D.M. è così strutturato:

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

Il D.M. riprende e aggiorna le definizioni già riportate nel d.lgs. 192/2005. Nel capitolo 5 sono riportate le principali definizioni riguardanti il fabbricato e più in particolare l'involucro edilizio.

2.2 Criteri e metodologie di calcolo della prestazione energetica

Il d.lgs. 192/2005 e s.m.i. stabilisce che la prestazione energetica degli edifici sia determinata in conformità alla normativa tecnica UNI e CTI, allineate con le norme predisposte dal CEN a supporto della direttiva 2010/31/UE.

Le norme europee, già elaborate nell'ambito del mandato CE n. 343/2004 (Methodology calculating the integrated energy performance of buildings and estimating the environmental impact - EPBD) ed oggi in corso di revisione nell'ambito del mandato CE n. 480/2010 (Methodology calculating the integrated energy performance of buildings and promoting the energy efficiency of buildings - EPBD recast), seguono un approccio olistico come rappresentato in Figura 2.

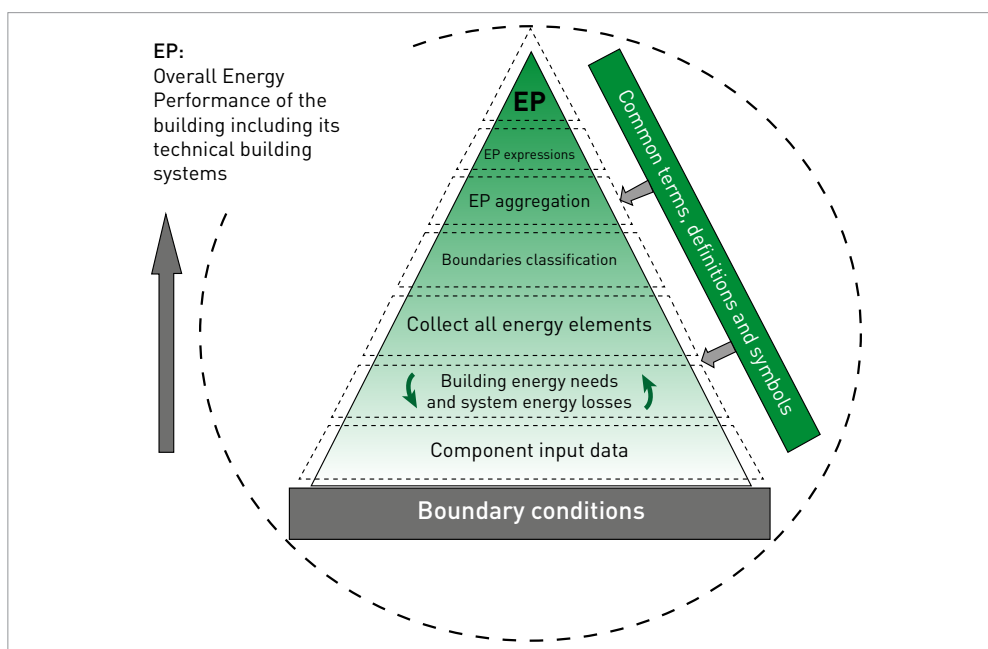


Figura 2: Approccio olistico delle norme EPBD.

Nelle more del completamento dell'attività normativa europea di cui al mandato al CEN M/480:2010, il D.M. stabilisce l'adozione delle norme nazionali per il calcolo della prestazione energetica negli edifici, ivi incluso l'utilizzo delle fonti rinnovabili, secondo lo schema rappresentato riportato in Figura 3.

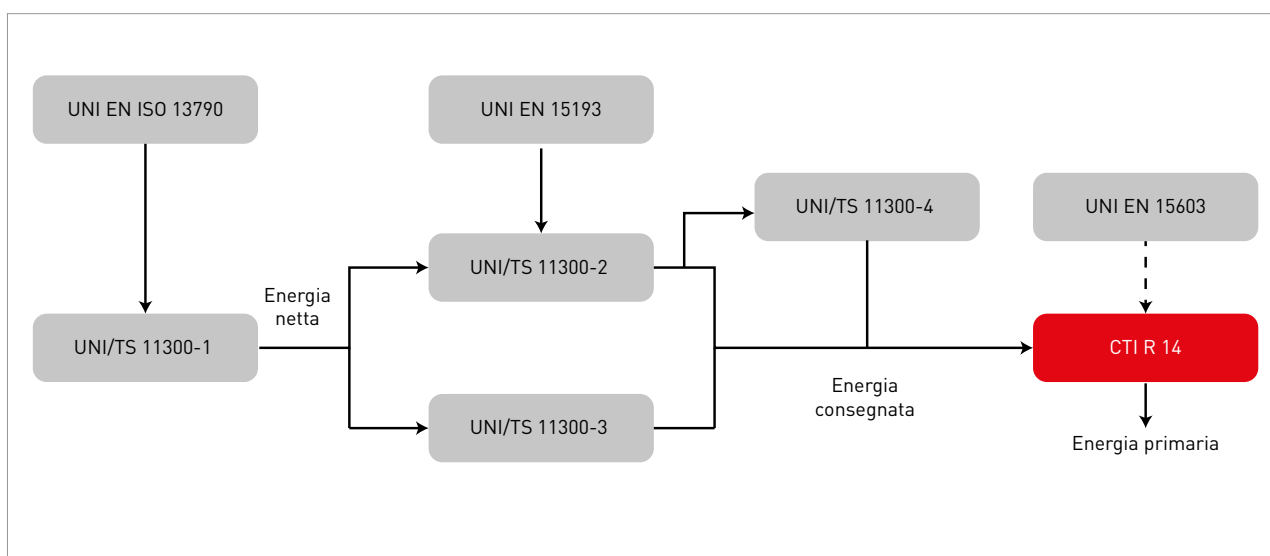


Figura 3: Norme transitorie per la valutazione del fabbisogno di energia.

Lo schema di Figura 3 è in corso di integrazione con le UNI/TS 11300- parti 5 e 6, di prossima pubblicazione:

- la UNI/TS 11300-5 tratterà il calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili e andrà a sostituire la raccomandazione CTI 14;
- la UNI/TS 11300-6 tratterà la determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.

L'articolo 3 del D.M. richiede al Comitato Termotecnico Italiano – Energia e Ambiente (CTI), entro 90 giorni dall'emanazione delle norme EN a supporto della direttiva 2010/31/UE, di predisporre uno schema di norma tecnica nazionale e relative linee guida per il calcolo della prestazione energetica con metodo orario, semplificato sulla base di quanto definito nella norma UNI EN ISO 13790, al fine della sua eventuale introduzione nelle successive revisioni del D.M..

L'articolo 7 del D.M. prevede che gli strumenti di calcolo e i software commerciali per l'applicazione delle metodologie della prestazione energetica negli edifici garantiscano valori degli indici di prestazione energetica, calcolati attraverso il loro utilizzo, con uno scostamento massimo di $\pm 5\%$ rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento. Tale strumento è predisposto dal CTI, che si occupa pure di dichiarare la suddetta garanzia.

Sempre l'articolo 7 del D.M., ai fini degli adempimenti previsti dal d.lgs. 192/2005 e per garantire il necessario aggiornamento dei sistemi di calcolo della prestazione energetica degli edifici, stabilisce che gli eventuali aggiornamenti delle norme tecniche si applicheranno a decorrere da 90 giorni dalla data della loro pubblicazione.

Quadro comune generale per il calcolo della prestazione

Il fabbisogno energetico annuale globale si calcola 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. Si opera la compensazione tra i fabbisogni energetici e l'energia da fonte rinnovabile prodotta e utilizzata all'interno del confine del sistema.

È consentito tenere conto dell'energia da fonte rinnovabile o da cogenerazione prodotta nell'ambito del confine del sistema (in situ) alle seguenti condizioni:

- 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 quindi 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 invece insufficiente (la cosiddetta energia elettrica temporaneamente esportata secondo la normativa CEN).

Il D.M. pone inoltre 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.

Ripartizione tra utenze o servizi

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, il D.M. stabilisce una regola di ripartizione tra utenze e servizi dell'energia generata.

Per ogni intervallo di calcolo (mese) 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.

Cogenerazione

Per quanto riguarda l'energia utilizzata da un cogeneratore, essa viene attribuita rispettivamente alla produzione termica ed elettrica, secondo i seguenti fattori di allocazione:

$$a_w = \frac{\frac{n_{el}}{n_{el,ref}}}{\frac{n_{el}}{n_{el,ref}} + \frac{n_{th}}{n_{th,ref}}} \quad a_q = \frac{\frac{n_{th}}{n_{th,ref}}}{\frac{n_{el}}{n_{el,ref}} + \frac{n_{th}}{n_{th,ref}}}$$

dove n_{el} e n_{th} sono rispettivamente i rendimenti elettrico e termico del cogeneratore; $n_{el,ref}$ è il rendimento di riferimento del sistema elettrico nazionale, posto pari a 0,413; $n_{th,ref}$ è il rendimento di riferimento termico posto pari a 0,9.

Gli stessi fattori di allocazione si applicano agli impianti di teleriscaldamento utilizzando sistemi cogenerativi.

Conversione in energia primaria

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:

$$f_{p,tot} = f_{p,nren} + f_{p,ren} \tag{1}$$

Tali valori, riportati nel D.M., sono presentati in Figura 4. 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.

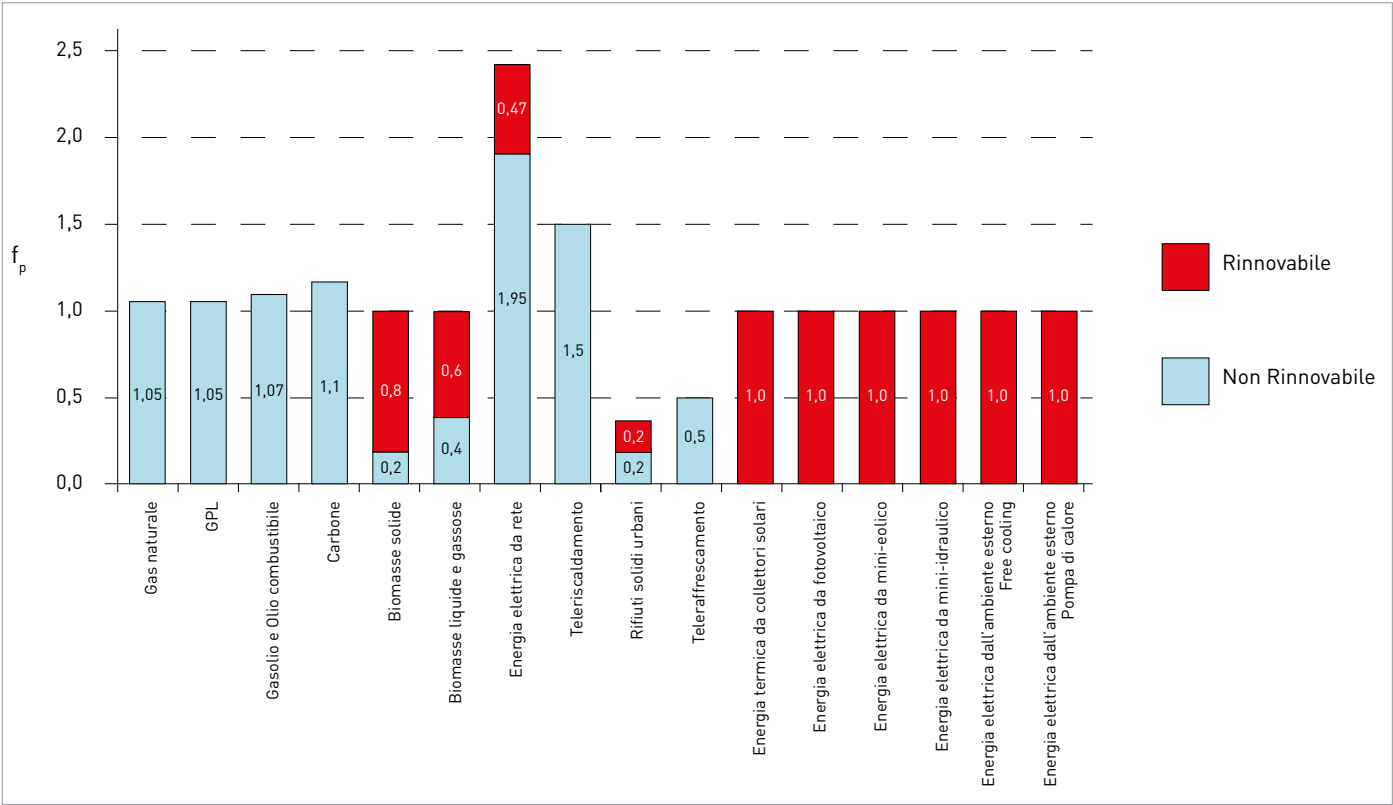


Figura 4: Fattori di conversione in energia primaria.

2.3 Classificazione degli edifici e degli interventi edilizi

Gli edifici sono classificati, in base alla loro destinazione d’uso, nelle categorie di cui all’articolo 3 del D.P.R. 412/93.

Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, ai fini del calcolo della prestazione energetica, le stesse devono essere 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.

Si considerano 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

Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, ampliamento e sopra elevazione

Per edificio di nuova costruzione si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia 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 decreto, 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").

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 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprende anche la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio.

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

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.

In Tabella 2 si riporta il quadro degli interventi di ristrutturazione.

Frazione della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio interessata dalla ristrutturazione dell'involucro (f)				
		f > 50%	25 < f ≤ 50%	f ≤ 25%
Ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio	Si	Ristrutturazione importante di primo livello	Ristrutturazione importante di secondo livello	Riqualificazione energetica
	No	Ristrutturazione importante di secondo livello	Ristrutturazione importante di secondo livello	

Tabella 2: Quadro degli interventi di ristrutturazione.

Deroghe all'applicazione dei requisiti

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

- 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 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio;
- interventi di manutenzione ordinaria sugli impianti termici esistenti.

2.4 Prescrizioni e requisiti minimi

Il d.lgs. 192/2005 e s.m.i. stabilisce che l'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari, siano essi di nuova costruzione, oggetto di ristrutturazioni importanti o di riqualificazioni energetiche, avvenga sulla base dell'applicazione della metodologia comparativa di cui all'art. 5 della direttiva 2010/31/UE¹, secondo i seguenti criteri generali:

- i requisiti minimi rispettano le valutazioni tecniche ed economiche di convenienza, fondate sull'analisi costi benefici del ciclo di vita economico degli edifici;
- in caso di nuova costruzione e di ristrutturazione importante, i requisiti sono determinati con l'utilizzo dell'"edificio di riferimento", in funzione della tipologia edilizia e delle fasce climatiche;
- per le verifiche necessarie a garantire il rispetto della qualità energetica prescritta, sono previsti dei parametri specifici del fabbricato, in termini di indici di prestazione termica e di trasmittanza termica, e parametri complessivi, in termini di indici di prestazione energetica globale, espressi sia in energia primaria totale che in energia primaria non rinnovabile.

I suddetti criteri generali si applicano agli edifici pubblici e privati, siano essi edifici di nuova costruzione o edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione.

In caso di ampliamento di un edificio che costituisca, a sua volta, una nuova unità immobiliare (*parte progettata per essere utilizzata separatamente*), la verifica del rispetto dei requisiti deve essere condotta solo sulla nuova porzione di edificio. Nel caso in cui l'ampliamento sia servito mediante l'estensione di sistemi tecnici pre-esistenti (es. l'estensione della rete di distribuzione e la nuova installazione di terminali di erogazione) il calcolo della prestazione energetica è svolto in riferimento ai dati tecnici degli impianti comuni risultanti.

In caso di ristrutturazione importante di primo livello, i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.

In caso di ristrutturazione importante di secondo livello, i requisiti di prestazione energetica da verificare riguardano le caratteristiche termo-fisiche delle sole porzioni e delle quote di elementi e componenti dell'involucro dell'edificio interessati dai lavori di riqualificazione energetica.

In caso di intervento di riqualificazione energetica, 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.

Alcuni requisiti minimi specificati nel decreto sono differenziati a seconda che la loro applicazione sia immediata (2015) oppure rinviata al 2021 (2019 per gli edifici pubblici).

2.5 L'edificio di riferimento (o edificio target)

L'impiego dell'edificio di riferimento risponde all'esigenza di ridurre o neutralizzare l'impatto di alcuni parametri sul rispetto dei requisiti energetici. Questa operazione può avere un duplice obiettivo:

- annullare l'effetto di fattori che rappresentano le sollecitazioni sul sistema edificio ma non le sue caratteristiche intrinseche (neutralizzazione ambientale);
- penalizzare o favorire alcune scelte progettuali e tecnologiche (neutralizzazione tecnica).

I parametri considerati nel primo caso comprendono le variabili climatiche e tutti quei parametri legati alla destinazione d'uso dell'edificio (es. condizioni ambientali interne, tasso di ventilazione, profilo di occupazione). I parametri considerati nel secondo caso comprendono le caratteristiche tipologiche dell'edificio (dimensioni, forma) ed il tipo di prodotto energetico utilizzato.

I motivi che portano a modificare l'impatto di certi parametri sono legati all'esigenza di evitare eccessivi squilibri tra le tecnologie impiegate e conseguenti turbative del mercato dell'edilizia: il livello tecnologico viene adattato alle diverse condizioni (di clima, utilizzo ...) in modo da realizzare un'ottimizzazione tecnico-economica della costruzione.

Secondo il D.M. *l'edificio di riferimento, o edificio target*, è un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno, ma con caratteristiche tecniche e parametri energetici predeterminati (es. trasmittanza termica di copertura, pareti, finestre, parametri dinamici, rendimenti impiantistici).

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,

¹ L'articolo 5 della direttiva 2010/31/UE prevede l'istituzione di 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.

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.

Descrizione dell'edificio di riferimento

L'edificio di riferimento è descritto nell'Appendice A dell'Allegato 1 al D.M.

Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche dell'edificio di riferimento volte a *neutralizzare* alcuni fattori che influenzano i consumi. 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.

Parametri relativi al fabbricato

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;
- la trasmittanza termica (U) delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e verso gli ambienti non climatizzati;
- la trasmittanza termica (U) delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, verso gli ambienti non climatizzati o contro terra;
- la trasmittanza termica (U) delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati;
- la trasmittanza termica (U) delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti;
- il fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud.

I valori della trasmittanza termica dei componenti d'involucro dell'edificio di riferimento sono riportati in Figura 5 in funzione della zona climatica.

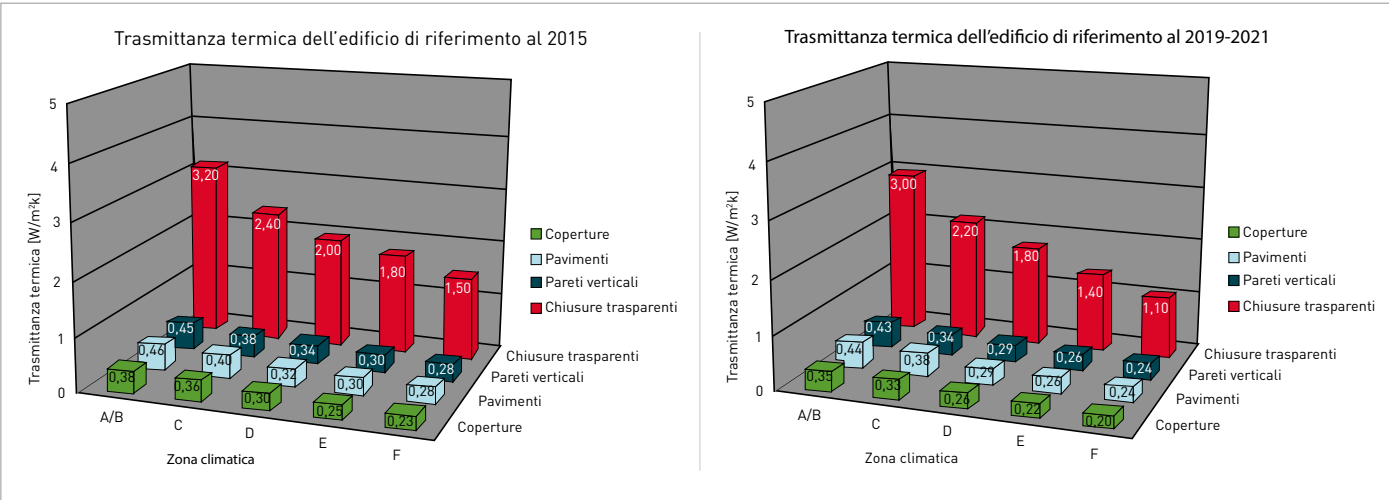


Figura 5: Valori di trasmittanza termica dell'edificio di riferimento.

I valori di trasmittanza caratteristici dell'edificio di riferimento si considerano comprensivi dell'effetto dei ponti termici.

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

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.

La trasmittanza termica (U) delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti fissata pari a 0,8 W/m²K.

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 dell'edificio reale.

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. 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. Si vedano la Tabella 3 e la Figure 6.

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione η_u	H	C	W
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aeraulica	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

Tabella 3: Efficienze di riferimento dei sottosistemi di utilizzazione.

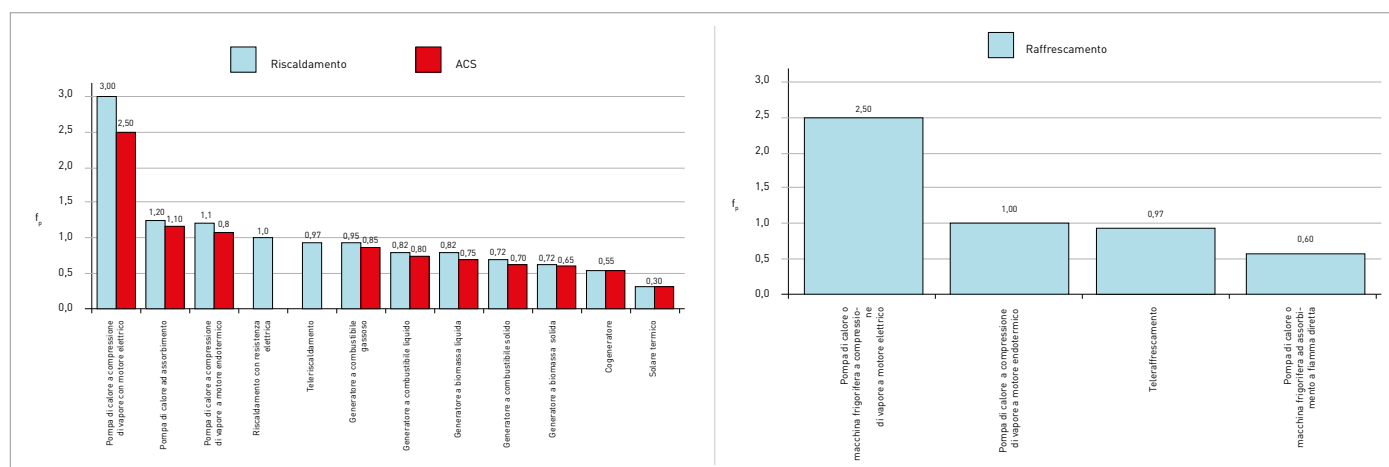


Figura 6: Valori di efficienza di generazione dell'edificio di riferimento.

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 (UNI EN 15232).

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 (v. Tabella 4).

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

Tabella 4: Fabbisogno di energia elettrica specifico per m³ di aria movimentata.

2.6 Requisiti di prestazione energetica

Per gli edifici di nuova costruzione e gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello, si procede alla determinazione dei seguenti parametri e indici di prestazione energetica, espressi in kWh/m²anno, e delle seguenti efficienze impiantistiche:

- EP_H : indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale
- EP_W : indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria
- EP_V : indice di prestazione energetica per la ventilazione
- EP_C : indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità)
- EP_L : indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
- EP_T : indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili)
- $EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$: indice di prestazione energetica globale dell'edificio
- $EP_{H,nd}$ [kWh/m²] indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- n_H [-] efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale
- $EP_{W,nd}$ [kWh/m²] indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria
- n_W [-] efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria
- $EP_{C,nd}$ [kWh/m²] indice di prestazione termica utile per il raffrescamento
- n_C [-] efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità)

2.7 Obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili

Nei nuovi edifici e negli edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello, il progettista, con l'utilizzo dei pertinenti fattori di conversione in energia primaria totale, rinnovabile e non rinnovabile, assevera l'osservanza 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. Tali requisiti sono riportati in Tabella 5.

Data di richiesta del titolo edilizio	Frazione di copertura con fonti rinnovabili dei consumi previsti per ACS, riscaldamento e raffrescamento [%]	Potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili per unità di superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno [W/m²]
dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013	20	12,5
dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016	35	15,9
dal 1° gennaio 2017	50	20

Tabella 5: Produzione di energia termica ed elettrica da fonti rinnovabili (decreto legislativo 28/2011).

2.8 Nuovi parametri sintetici di qualità termica dell'involucro edilizio

Il D.M. introduce due nuovi parametri per definire in modo sintetico la qualità termica dell'involucro edilizio:

- il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T), che caratterizza la prestazione dell'involucro in condizioni invernali;
- l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup,utile}$), che caratterizza la prestazione dell'involucro in condizioni estive.

Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente

H'_T è espresso in W/(m²K) ed è ricavato come:

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \quad (2)$$

dove:

- $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNI/TS 11300-1 (W/K);
- A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) dell'involucro (m²).

Secondo la UNI/TS 11300-1 il parametro $H_{tr,adj}$ è calcolato attraverso la formula:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (3)$$

nella quale sono sommati i coefficienti di scambio termico per trasmissione diretta verso l'ambiente esterno (H_D), verso il terreno (H_g), attraverso gli ambienti non climatizzati (H_U), verso altre zone climatizzate a temperatura diversa (H_A), tutti espressi in W/K.

Il generico coefficiente di trasmissione (H_x) si ricava come:

$$H_x = b_{tr,x} [\sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j X_j] \quad (4)$$

dove:

- A_i è l'area dell'elemento i-esimo dell'involucro edilizio, in m²;
- U_i è la trasmittanza termica dell'elemento i-esimo dell'involucro edilizio, in W/m²K;
- l_k è la lunghezza del ponte termico lineare k-esimo, in metri;
- ψ_k è la trasmittanza termica lineare del ponte termico k-esimo, in W/m;
- X_j è la trasmittanza termica puntuale del ponte termico puntuale j-esimo, in W/K;
- $b_{tr,x}$ è il fattore di correzione, con valore $b_{tr,x} \neq 1$ se la temperatura sull'altro lato dell'elemento costruttivo non è quella dell'ambiente esterno, come nel caso di un divisorio adiacente a uno spazio climatizzato o non climatizzato.

Il parametro H'_T rappresenta quindi una sorta di trasmittanza termica media dell'involucro edilizio, pesata sulle aree, comprensiva dell'effetto dei ponti termici e corretta per tenere conto dei salti di temperatura relativi a ciascun elemento costruttivo.

Area solare equivalente estiva

L'area solare equivalente estiva ($A_{sol,est}$) è definita come:

$$A_{sol,est} = \sum_k F_{sh,ob} \cdot g_{gl+sh} \cdot (1-F_F) \cdot A_{w,p} \cdot F_{sol,est} \quad [m^2] \quad (5)$$

dove:

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

2.9 Prescrizioni e requisiti riguardanti l'involucro nella sua interezza

Requisiti di qualità termica dell'involucro nel suo complesso

Sia nelle nuove costruzioni, sia nelle ristrutturazioni importanti, il D.M. chiede di verificare il valore del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T).

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.

A titolo esemplificativo e non esaustivo:

- se l'intervento riguarda una porzione della copertura dell'edificio, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (H'_T) si effettua per la medesima porzione della copertura;
- se l'intervento riguarda una porzione della parete verticale opaca dell'edificio esposta a nord, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (H'_T) si effettua per l'intera parete verticale opaca esposta a nord.

I valori limite di H'_T sono rappresentati in Figura 7 in funzione della zona climatica e, per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni importanti di primo livello, anche in funzione del rapporto S/V.

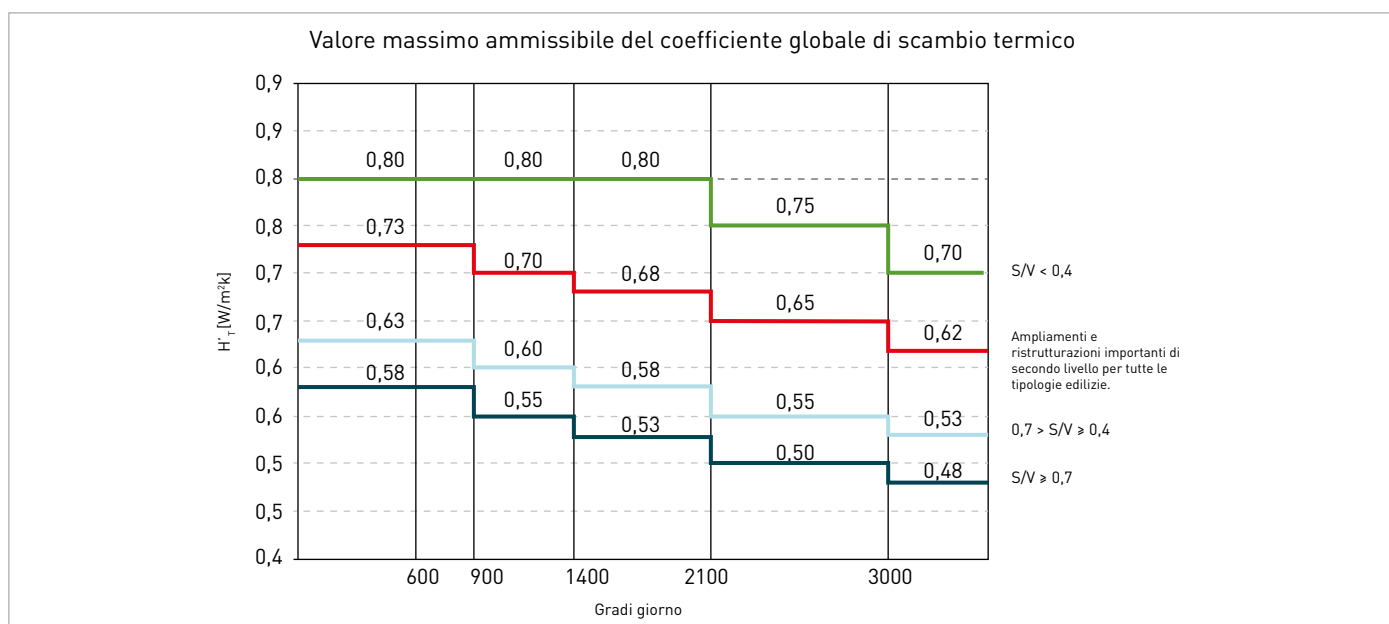


Figura 7: Valori limite di H'_T .

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:

- $A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,030$ per abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, case serme, nonché edifici adibiti ad albergo, pensione e simili;
- $A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,040$ per tutti gli altri edifici.

2.10 Prescrizioni e requisiti riguardanti i singoli componenti dell'involucro

Requisiti nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni importanti di primo livello

Al fine di limitare il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva e contenere la temperatura interna degli ambienti, il progettista:

- valuta puntualmente e documenta l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare;
- esegue, 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'irradiazione sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a 290 W/m²:
 - almeno una delle seguenti verifiche, per 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 sia superiore a 230 kg/m²;
 - che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE} sia inferiore a 0,10 W/m²K;
 - la verifica, relativamente a tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE} sia inferiore a 0,18 W/m²K;

- 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, 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,
- produce adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le citate disposizioni.

Isolamento termico dei divisori:

- ad eccezione della categoria E.8, nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello di edifici esistenti, questo ultimo limitatamente alle demolizioni e ricostruzioni, da realizzarsi in zona climatica C, D, E ed F, nonché in caso di realizzazione di pareti interne per la separazione delle unità immobiliari, il valore della trasmittanza (U) delle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti, fatto salvo il rispetto del DPCM 05/12/1997 e s.m., recante determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, deve essere inferiore o uguale a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, nel caso di pareti divisorie verticali e orizzontali;
- il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di climatizzazione adiacenti agli ambienti climatizzati.

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 ($U \leq U_{\text{lim}}$);
- requisiti di fattore di trasmissione solare totale delle chiusure trasparenti ($g_{\text{gl+sh}} \leq g_{\text{gl+sh,lim}}$).

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 in Figura 8 in funzione della zona climatica.

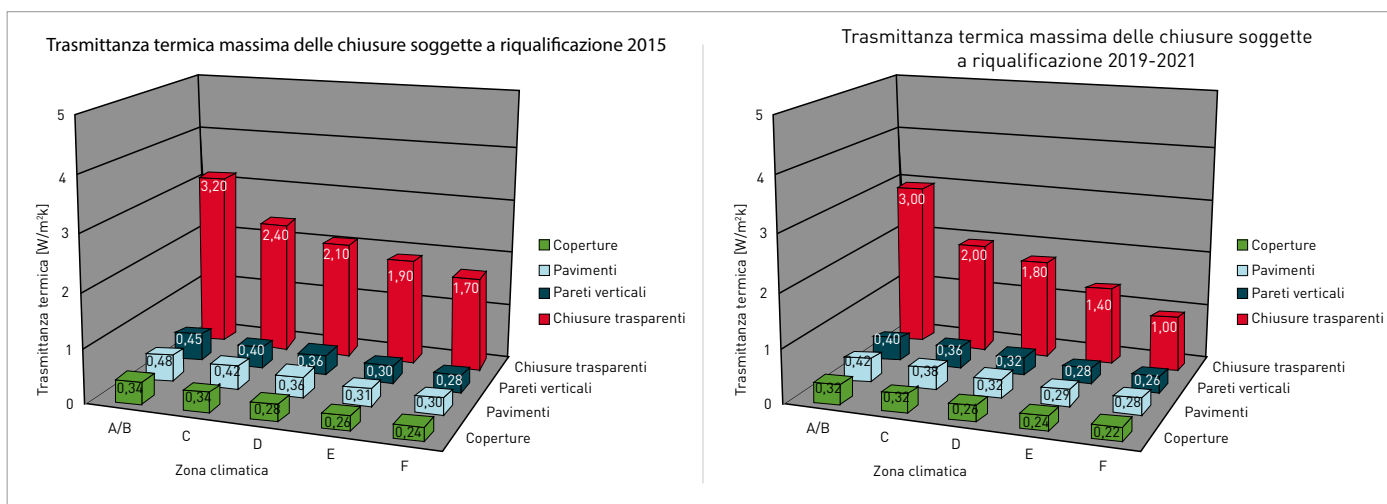


Figura 8: Valori limite della trasmittanza termica al 2015 e al 2019/2021.

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 sottofinestre 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}), come indicato nella norma UNI TS 11300-1 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.

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.

Prescrizioni comuni per tutti i tipi di intervento edilizio

Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica dell'assenza:

- di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- di condensazioni interstiziali.

Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice alla norma sopra citata, secondo il metodo delle classi di concentrazione. Le medesime verifiche possono essere effettuate con riferimento a condizioni diverse, qualora esista un sistema di controllo dell'umidità interna e se ne tenga conto nella determinazione dei fabbisogni di energia primaria per riscaldamento e raffrescamento.

Al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nonché di limitare il surriscaldamento a scala urbana, per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:

- materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (*cool roof*), assumendo un valore di riflettanza solare non inferiore a:
 - 0,65 nel caso di coperture piane
 - 0,30 nel caso di copertura a falde
- tecnologie di climatizzazione passiva (es. ventilazione, coperture a verde).

Tali verifiche e valutazioni devono essere puntualmente documentate nella relazione tecnica.

2.11 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:

$$n_{u,lim} = 90 + 2 \cdot \log_{10} P_n \quad (6)$$

dove:

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

Nella mera sostituzione del generatore, qualora per garantire la sicurezza non fosse possibile rispettare le condizioni suddette (in particolare nel caso di sistema fumario per l'evacuazione dei prodotti della combustione di tipo collettivo ramificato al servizio di più utenze) sono definite prescrizioni alternative.

I requisiti per pompe di calore e macchine frigorifere sono riportati nelle Tabelle 6, 7, 8 e 9.

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 ≤ 35kW	bulbo secco all'entrata: 7 bulbo umido all'entrata: 6	temperatura entrata: 30 temperatura uscita: 35	3,80
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≥ 35kW	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 6: 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]	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

Tabella 7: Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche in servizio riscaldamento.

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

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 ≤ 35kW	bulbo secco all'entrata: 35 bulbo umido all'entrata: 24	temperatura entrata: 23 temperatura uscita: 18	3,50
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≥ 35kW	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 8: Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche in servizio raffrescamento.

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

Tabella 9: Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche in servizio raffrescamento.

2.12 Quadro di sintesi di requisiti e prescrizioni

Nella Tabella 10 si riporta il riepilogo delle prescrizioni, dei requisiti e delle verifiche da eseguire in funzione della tipologia e del livello di intervento.

Tipologia di intervento		Requisiti		Prescrizioni specifiche	Prescrizioni comuni		
Edificio nuovo	Nuova costruzione o demolizione e ricostruzione	$H'_T < H'_{T,limite}$	Tab. 10 - App. A	Predisposizione per il collegamento alle reti di teleriscaldamento e raffrescamento Sistemi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone termiche	Verifica prestazione igrometrica dei componenti dell'involucro (UNI EN ISO 13788) Efficacia delle strutture di copertura nel limitare il fabbisogno energetico estivo		
		$(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$	Tab. 11 - App. A				
		$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$ $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$ $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$	Valori limite calcolati con edificio di riferimento				
		$n_H > n_{H,limite}$					
Ristrutturazione importante di primo livello (*)		$n_C > n_{C,limite}$	Tab. 7 e 8 - App. A	Sistemi di misurazione intelligente dell'energia consumata Livello minimo di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS)	Deroga dalle altezze minime dei locali di abitazione per interventi di isolamento dall'interno e per pannelli radianti a pavimento o a soffitto (****) Requisiti di rendimento termico dei generatori di calore alimentati a biomasse solide		
		$n_W > n_{W,limite}$					
		Pareti opache verticali, eccetto NO-N-NE: $M_s \geq 230 \text{ kg/m}^2$ oppure $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Se $I_{ms} \geq 290 \text{ W/m}^2$ (esclusa zona F e cat. E.6, E.8)				
		Pareti opache orizzontali o inclinate: $Y_{IE} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$					
		Divisori u.i. verticali e orizzontali e strutture opache delimitanti gli ambienti non climatizzati: $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	Zone climatiche C, D, F, eccetto cat. E.8				
		Obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo l'Allegato 3 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28					
Ampliamento di edificio esistente (**)	Dotato di nuovi impianti tecnici	$H'_T < H'_{T,limite}$	Tab. 10 - App. A	Valori limite calcolati con edificio di riferimento	Condizionamento chimico dell'acqua negli impianti termici Contatore del volume di acqua calda sanitaria prodotta e di reintegro Requisiti di rendimento energetico degli impianti di microgenerazione		
		$(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$	Tab. 11 - App. A				
		$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$ $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$ $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$					
		$n_H > n_{H,limite}$					
		$n_C > n_{C,limite}$ $n_W > n_{W,limite}$	Tab. 7 e 8 - App. A				
	Collegato a impianti tecnici esistenti	$H'_T < H'_{T,limite}$	Tab. 10 - App. A				Ecocompatibilità dei motori elettrici di ascensori e scale mobili
		$(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$	Tab. 11 - App. A				
Ristrutturazione importante di secondo livello (***)	Comprendente interventi sugli impianti termici	Requisiti previsti per la riqualificazione energetica, se applicabili		Prescrizioni previste per la riqualificazione energetica, se applicabili			
	Interventi sull'involucro	$H'_T < H'_{T,limite}$	Tab. 10 - App. A	Installazione di valvole termostatiche, ovvero di altro sistema di termoregolazione per singolo ambiente o singola unità immobiliare			
		Componenti involucro opaco: $U \leq U_{limite}$	Tab. 1,2,3 - App. B				
		Componenti involucro trasparente: $U \leq U_{limite}$	Tab. 4 - App. B				
		Componenti involucro trasparente da E a O: $g_{gl+sh} < g_{gl+sh,limite}$	Tab. 5 - App. A				

Riqualificazione energetica (***)	Interventi sull'involucro	$H'_T < H'_{T,limite}$ Tab. 10 - App. A		
		Componenti involucro opaco: $U \leq U_{limite}$ Tab. 1,2,3 - App. B		
		Componenti involucro trasparente: $U \leq U_{limite}$ Tab. 4 - App. B		
		Componenti involucro trasparente da E a O: $g_{gl+sh} < g_{gl+sh,limite}$ Tab. 5 - App. A		
	Riqualificazione di impianti termici		Obbligo di diagnosi energetica (impianti termici di potenza termica nominale del generatore ≥ 100 kW)	
	Riqualificazione di impianti di climatizzazione invernale	Nuova installazione o ristrutturazione di impianti:	Installazione di sistemi di regolazione per singolo ambiente o per singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica	Nel caso degli impianti a servizio di più unità immobiliari, installazione di un sistema di contabilizzazione diretta o indiretta del calore
		Sostituzione di generatori di calore: Generatori a combustibile liquido e gassoso $n_{gn} > 90 + 2 \log P_n$ se $P_n \leq 400$ kW $n_{gn} > 95.20$ se $P_n > 400$ kW		
		Pompe di calore elettriche $COP > COP_{lim}$ Tab. 6 - App. B		
		Pompe di calore a gas $GUE > GUE_{lim}$ Tab. 8 - App. B		
	Riqualificazione di impianti di climatizzazione estiva	Nuova installazione o ristrutturazione di impianti: $n_c > n_{c,limite}$ Tab. 7 e 8 - App. A	Installazione, ove tecnicamente possibile, di sistemi di regolazione per singolo ambiente	Nel caso degli impianti a servizio di più unità immobiliari, installazione di sistemi di contabilizzazione diretta o indiretta del calore
		Sostituzione di macchine frigorifere: Macchine frigorifere elettriche e a gas $EER > EER_{lim}$ Tab. 7 e 9 - App. B		
	Riqualificazione di impianti idrosanitari	Nuova installazione o ristrutturazione di impianti: $n_w > n_{w,limite}$ Tab. 7 e 8 - App. A Sostituzione di generatori di calore: Requisiti minimi definiti, per la corrispondente tipologia impiantistica sopra citata		
	Riqualificazione di impianti di illuminazione	Con l'esclusione degli edifici E.1(1) ed E.1(2): Requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari ai sensi della direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE Rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti	Con l'esclusione degli edifici E.1(1) ed E.1(2): Nuovi apparecchi caratteristiche tecnico funzionali equivalenti a quelli sostituiti	
	Riqualificazione di impianti di ventilazione	Requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari ai sensi della direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE Rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti (UNI 10339, UNI EN 13379, UNI EN 13141 serie)	Nuovi apparecchi con caratteristiche tecnico funzionali equivalenti a quelli sostituiti	

Tabella 10: Quadro di sintesi di requisiti e prescrizioni.

(*) I requisiti e le prescrizioni si applicano limitatamente ai servizi coinvolti.

(**) I requisiti e le prescrizioni si applicano solo alle parti ampliate e ai volumi recuperati.

(***) I requisiti e le prescrizioni si applicano limitatamente ai componenti d'involucro e agli impianti tecnici oggetto di intervento.

(****) Si applica solo alle ristrutturazioni importate o alle riqualificazioni energetiche.

2.13 Requisiti degli edifici a energia quasi zero (nZEB)

In base al d.lgs. 192/2005 e s.m.i. l'edificio a energia quasi zero è un *edificio ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in situ*.

Il D.M. chiarisce che sono da definirsi "edifici a energia quasi zero" tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, in cui sono contemporaneamente rispettati i seguenti requisiti:

- Rispetto dei valori limite dei seguenti parametri, determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici:
 - Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T)
 - Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup,utile}$)
 - Indici di prestazione termica utile per riscaldamento e raffrescamento ($EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$)
 - Efficienza media stagionale degli impianti di climatizzazione invernale (η_{H}), di climatizzazione estiva (η_C) e di produzione di acqua calda sanitaria (η_W)
 - Indice di prestazione energetica globale dell'edificio ($EP_{gl,tot}$)
 - Copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, delle seguenti quote:
 - 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria
 - 50% della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento
- nonché potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili per unità di superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno pari almeno a 20 W/m².

CAPITOLO 3

Esempio di calcolo della prestazione energetica

Al fine di facilitare la comprensione delle nuove metodologie e il nuovo approccio (edificio di riferimento) si riporta qui di seguito un esempio di come impostare la procedura di calcolo, utilizzando l'edificio campione della norma UNI EN 12831 (Appendice C).

Si tratta di un edificio ad un piano fuori terra climatizzato ed un piano seminterrato parzialmente climatizzato, comprendente una unità immobiliare ad uso abitativo.

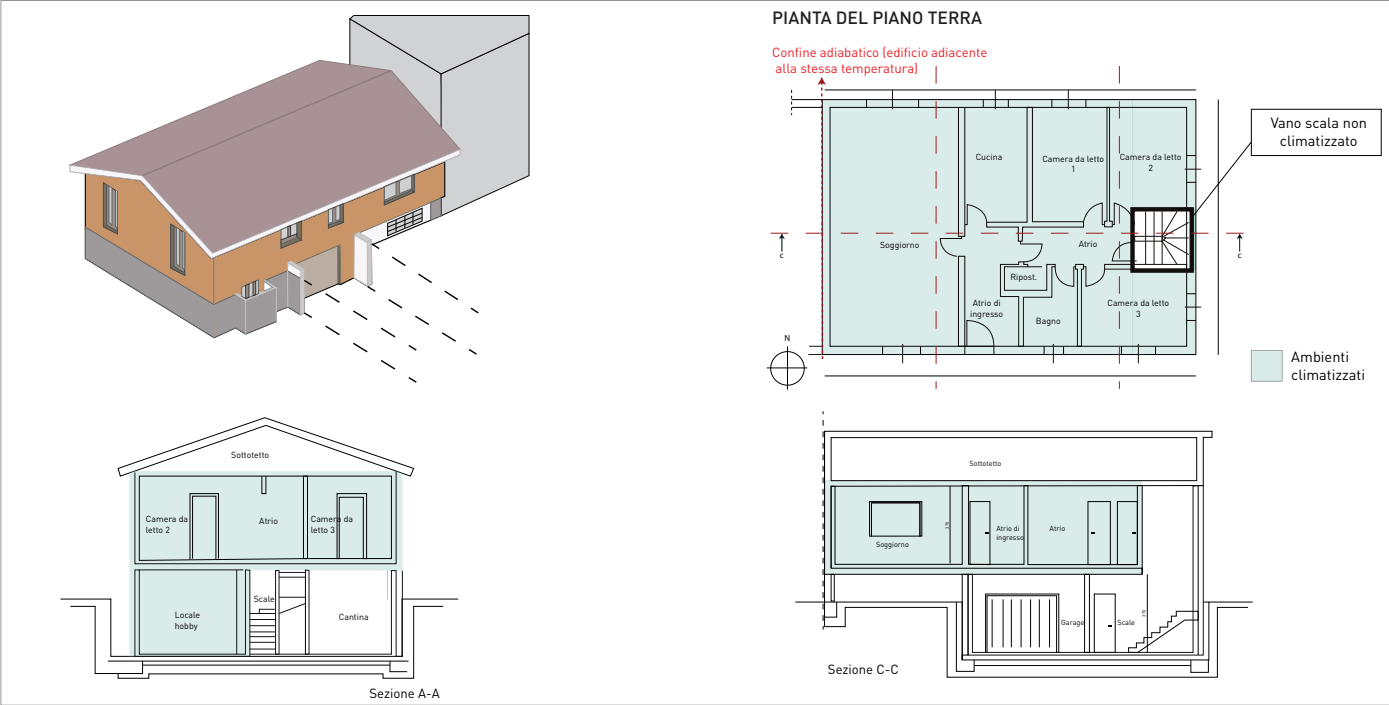


Figura 9: Assonometria, planimetria e prospetti dell'edificio oggetto dell'esempio.

L'edificio è localizzato a Milano (gradi giorno 2404, zona climatica E).

La destinazione d'uso è residenziale, trattandosi di un'abitazione adibita a residenza con carattere continuativo (categoria E.1(1)).

I principali dati dimensionali dello spazio climatizzato sono riportati in Tabella 11.

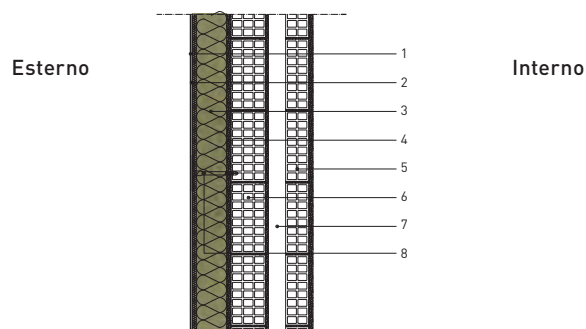
Volume netto dell'ambiente climatizzato (V_n)	278 m ³
Volume lordo dell'ambiente climatizzato (V)	396 m ³
Superficie netta o utile di pavimento ($A_{i,n}$)	103 m ²
Superficie lorda di pavimento (A_i)	126 m ²
Superficie disperdente (S)	391 m ²
Superficie disperdente trasparente (A_w)	15,2 m ²
S/V	0,99 m ⁻¹
$S/A_{i,n}$	3,79
A_w/S	0,04
$A_w/A_{i,n}$	0,15

Tabella 11: Dati dimensionali della zona termica.

3.1 Caratteristiche dell'involucro

L'involucro è caratterizzato dai seguenti componenti:

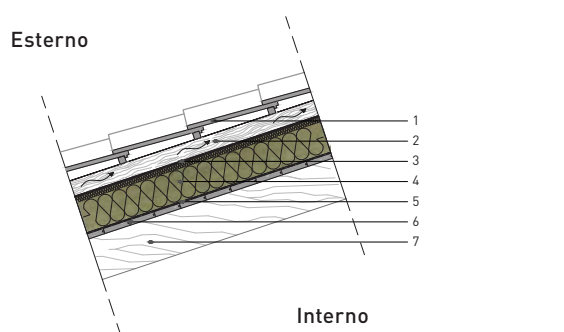
- parete perimetrale ad intercapedine con doppio laterizio avente uno strato di isolante di spessore pari a 10 cm (v. Figura 10);
- copertura inclinata monoassito con isolamento in estradosso (v. Figura 11);
- serramenti con telaio in PVC (profilo a due camere vuote), vetro-camera con trattamento basso emissivo ($\epsilon = 0,05$), distanziatore in metallo, chiusure oscuranti in legno ($s = 30$ mm, media permeabilità all'aria);
- schermature solari costituite da veneziane bianche esterne ($\alpha_{sol} = 0,1$; $\tau_{sol} = 0,3$), solo sui serramenti a sud.



1. Finitura per cappotto sp. 1,5 mm
2. Rasante sp. 5 mm con rete di armatura in fibra di vetro antialcalina
3. Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Frontrock Max E (cfr. tabella)
4. Intonaco tradizionale a base di malta cementizia
5. Blocchi forati in laterizio sp. 80 mm
6. Blocchi forati in laterizio sp. 120 mm
7. Intercapedine d'aria sp. 60 mm
8. Tassello per cappotto

Sp. isolante (mm)	Sp. tot (cm)	U (W/m ² K)	Y _{ie} (W/m ² K)
80	39	0,32	0,05
100	41	0,27	0,04
120	43	0,24	0,04
140	45	0,21	0,03
160	47	0,19	0,03

Figura 10: Parete perimetrale ad intercapedine con isolamento "a cappotto".



1. Manto di copertura in tegole, coppi o lastre ondulate in fibrocemento
2. Intercapedine ventilata sp. 60 mm
3. Telo impermeabile traspirante
4. Pannello ROCKWOOL Durock Energy (cfr. tabella)
5. Elemento di tenuta aria/vapore
6. Assito in legno d'abete sp. 20 mm
7. Elemento portante in legno

Sp. isolante (mm)	Sp. tot (cm)	U (W/m ² K)	Y _{ie} (W/m ² K)
130	23	0,26	0,20
140	24	0,24	0,18
160	26	0,21	0,14
180	28	0,19	0,11
200	30	0,18	0,09

Figura 11: Stratigrafia della copertura inclinata monoassito con isolamento in estradosso.

Il coefficiente di trasmissione solare totale per incidenza normale ($g_{gl,n}$) del vetro vale 0,67.

Il coefficiente di trasmissione solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili per incidenza normale ($g_{gl+sh,n}$) vale 0,22.

La trasmittanza termica del vetro (U_g) vale 1,40 W/m²K; quella del telaio (U_f) vale 2,20 W/m²K; la trasmittanza termica lineare del distanziatore (ψ_g) vale 0,08 W/(m · K). La trasmittanza termica media delle finestre (U_w) è pari a 1,9 W/m²K.

3.2 Caratteristiche degli impianti

L'impianto di riscaldamento è ad acqua con radiatori in acciaio installati su parete esterna e valvole termostatiche in tutti i locali (P=1°C). Il sistema di distribuzione prevede tubazioni all'interno delle murature, isolate secondo DPR 412/93. La temperatura di mandata di progetto è 70°C, quella di ritorno di progetto è pari a 50°C.

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a condensazione con potenza utile $\Phi_n = 23$ kW, avente un bruciatore modulante ad aria soffiata, installata nel locale seminterrato.

3.3 Parametri d'utenza e climatici

L'edificio è modellato attraverso un'unica zona climatizzata, caratterizzata dai seguenti valori di set-point dei parametri climatici interni:

- climatizzazione invernale temperatura $\theta_{int,set,H} = 20$ °C - umidità relativa $\phi_{int,set} = 50$ %
- climatizzazione estiva temperatura $\theta_{int,set,C} = 26$ °C - umidità relativa $\phi_{int,set} = 50$ %

Gli edifici confinanti, di destinazione d'uso non nota, sono ipotizzati alla stessa temperatura della zona climatizzata.

3.4 Caratteristiche dell'edificio di riferimento

L'edificio di riferimento ha la medesima geometria dell'edificio in progetto, i medesimi parametri d'utenza (residenziale) e climatici (localizzazione a Milano), le stesse tipologie di impianti di produzione di energia (caldaia a condensazione, raffrescamento con sistemi a split).

Nella tabella seguente si riassumono i principali parametri comparati per l'edificio in progetto e per l'edificio di riferimento.

Categoria di dati	Parametro	Edificio in progetto	Edificio di riferimento
Caratteristiche tipologiche dell'edificio	Volume interno (o netto) dell'ambiente climatizzato	$V = 278$ m ³	L'edificio di riferimento è identico a quello in progetto in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento e situazione al contorno
	Superficie lorda e superficie utile dell'ambiente climatizzato	$A_{t,g} = 126$ m ²	
	Superfici dei componenti dell'involucro e della struttura edilizia	$A_t = 103$ m ²	
	Orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio	da progetto	
	Caratteristiche geometriche di tutti elementi esterni (altri edifici, aggetti, ecc.) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio	da progetto	
	Riflettanza solare dell'ambiente esterno	$\rho_{sol} = 0,2$	
Caratteristiche termiche e costruttive	Tipologie e le dimensioni dei ponti termici lineari	da progetto	I valori di trasmittanza termica si considerano comprensivi dell'effetto dei ponti termici.
	Trasmittanza termica delle strutture opache verticali verso l'esterno	$U = 0,27$ W/(m ² · K)	$U = 0,30$ W/(m ² · K)
	Trasmittanza termica delle strutture opache verticali gli ambienti non climatizzati	$U = 0,35$ W/(m ² · K)	$U = 0,30/b_{tr,U}$ W/(m ² · K) $b_{tr,U}$ da UNI/TS 11300-1 prosp. 7
	Trasmittanza termica equivalente delle strutture opache verticali contro terra	$U = 0,22$ W/(m ² · K) da UNI EN ISO 13370	$U = 0,30$ W/(m ² · K)

Caratteristiche termiche e costruttive	Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura verso l'esterno	$U = 0,26 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U = 0,25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
	Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura verso gli ambienti non climatizzati	$U = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U = 0,25/b_{tr,U} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $b_{tr,U}$ da UNI/TS 11300-1 prosp. 7
	Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali di pavimento verso l'esterno	-	$U = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
	Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali di pavimento verso gli ambienti non climatizzati	$U = 0,28 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U = 0,30/b_{tr,U} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $b_{tr,U}$ da UNI/TS 11300-1 prosp. 7
	Trasmittanza termica equivalente delle strutture opache orizzontali di pavimento contro terra	$U = 0,24 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ da UNI EN ISO 13370	$U = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
	Trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno	$U_w = 1,9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_w = 1,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
	Trasmittanza termica delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso ambienti non climatizzati	$U = 1,52 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U = 1,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
	Trasmittanza termica delle strutture opache verticali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti	-	$U = 0,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
	Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti	-	
	Capacità termiche areiche dei componenti della struttura dell'edificio	$\kappa \text{ [kJ/(m}^2 \cdot \text{K)]}$ da progetto	Si utilizzano i valori dell'edificio in progetto
	Fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio.	$a_{sol,c}$ da progetto	Per le strutture opache verso l'esterno si considera il coefficiente di assorbimento solare dell'edificio in progetto
	Emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio	$\epsilon = 0,9$ sup. opache $\epsilon = 0,837$ vetri	Si utilizzano i valori dell'edificio in progetto
	Trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti	$g_{gl,n} = 0,67$	Si utilizzano i valori dell'edificio in progetto
	Trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili	$g_{gl+sh} = 0,22$ solo per i serramenti a Sud	Per i componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud si assume il fattore di trasmissione globale di energia solare (g_{gl+sh}) pari a 0,35 in presenza di una schermatura mobile
	Fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio	$(1-F_F)$ da progetto	Si utilizzano i valori dell'edificio in progetto
Clima esterno	Coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici	da progetto	I valori di trasmittanza termica si considerano comprensivi dell'effetto dei ponti termici.
	Medie mensili della temperatura esterna media giornaliera	da UNI 10349	L'edificio di riferimento è identico a quello in progetto in termini di ubicazione territoriale.
	Medie mensili dell'umidità massica media giornaliera		
Modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio	Irradianza solare totale media mensile sul piano orizzontale e per ciascun orientamento	Residenza con carattere continuativo (E.1(1))	L'edificio di riferimento è identico a quello in progetto in termini di destinazione d'uso.
	Destinazione d'uso		

Modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio	Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento e il raffrescamento	$\theta_{int,set,H} = 20^{\circ}\text{C}$ $\theta_{int,set,H} = 26^{\circ}\text{C}$	L'edificio di riferimento è identico a quello in progetto in termini di ubicazione territoriale.
	Umidità relativa interna di regolazione nel periodo di riscaldamento e raffrescamento;	$\varphi_{int,set,H} = 50\%$ $\varphi_{int,set,C} = 50\%$	
	Tipo di ventilazione	Naturale	
	Tasso di ricambio d'aria	$n = 0,3\text{ h}^{-1}$	
	Durata del periodo di raffrescamento e di riscaldamento	da UNI EN ISO 13790	
	Regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione	Continuo	
	Modalità di gestione delle chiusure oscuranti	secondo UNI/TS 11300-1	
	Modalità di gestione delle schermature mobili	secondo UNI/TS 11300-1	
	Apporti di energia termica interni	$\Phi_{int} = 448,2\text{ W}$	
	Portate di vapore acqueo	$G_{wv} = 250\text{ g/h}$	
Climatizzazione invernale	Emissione con radiatori in acciaio installati su parete esterna	$n_e = 0,98$	Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione per distribuzione idronica: $n_u = 0,81$
	Regolazione per singolo ambiente proporzionale (1°C)	$n_{rg} = 0,98$	
	Distribuzione a collettori con tubazioni incassate a pavimento	$n_{dx} = 0,97$	
	Generazione con caldaia a condensazione con bruciatore modulante ad aria soffiata, installata nel locale seminterrato	$n_{gn} = 0,99$	Generatore a combustibile gassoso: $n_{gn} = 0,95$
	Apparecchi ausiliari	da progetto	Le efficienze n_e e n_{gn} sono comprensive dell'effetto dei consumi di energia elettrica ausiliaria

Tabella 12: Comparazione tra edificio in progetto ed edificio di riferimento.

3.5 Calcolo della prestazione energetica degli edifici

I valori limite si calcolano applicando all'edificio di riferimento i medesimi metodi di calcolo utilizzati per l'edificio in progettazione e determinando gli indici di prestazione energetica che dovranno essere oggetto della verifica progettuale.

Quindi si procede al calcolo del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T), dell'area solare equivalente ($A_{sol,est}$), del fabbisogno di energia termica utile per climatizzazione invernale ($Q_{H,nd}$) ed estiva ($Q_{C,nd}$).

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione si ricava come:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (7)$$

Secondo la UNI/TS 11300-1, il fabbisogno di energia termica utile per climatizzazione invernale ed estiva si ricavano rispettivamente come:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - n_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (8)$$

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - n_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve}) \quad (9)$$

Il calcolo dell'efficienza media stagionale degli impianti e dell'energia primaria si effettua con le specifiche tecniche UNI/TS 11300-2, UNI/TS 11300-3 e UNI/TS 11300-4.

CAPITOLO 4

Approfondimenti sui nuovi parametri e loro impatto progettuale

In questo capitolo sono approfonditi alcuni parametri relativi all'involucro opaco introdotti dal D.M..

In particolare, anche attraverso esempi di calcolo, si analizza l'impatto progettuale dei seguenti parametri:

- coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T);
- area solare equivalente estiva ($A_{sol,est}$).

4.1 Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T)

Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T) è introdotto nel D.M. per quantificare il grado di isolamento termico complessivo dell'involucro.

H'_T è il principale parametro che esprime in modo sintetico la *qualità termica invernale* dell'intero involucro dell'edificio.

Esistono delle similitudini tra il parametro H'_T e il coefficiente volumico di dispersione per trasmissione (C_d), introdotto dalla legge 373/1976 ed utilizzato nella verifica termica della progettazione edilizia fino al 2005. A titolo di esempio si prendono in considerazione due edifici residenziali rappresentati in Figura 12 e se ne rappresenta la tendenza storica del parametro H'_T a partire dal rispetto dei limiti del C_d (per gli anni dal 1986 al 2005) e della trasmittanza termica (dal 2006 al 2015).



Figura 12: Casi studio analizzati per rappresentare la tendenza storica dell'isolamento termico dell'involucro.

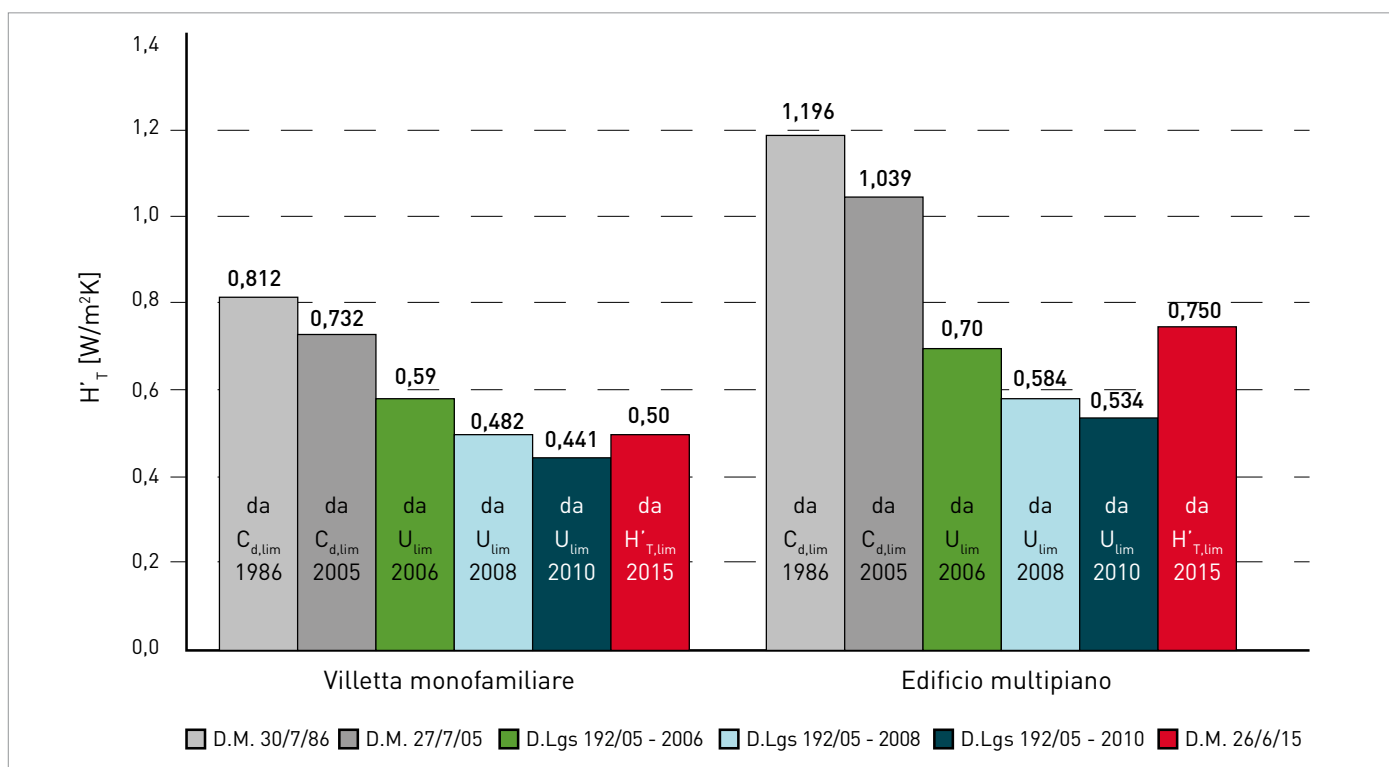


Figura 13: Tendenza storica dei requisiti di isolamento termico dell'intero involucro in Italia.

Si nota che i limiti di $H'_{T,lim}$ risultano meno severi rispetto ai valori di $H'_{T,lim}$ derivanti dal rispetto dei valori limite di trasmittanza termica degli anni passati. Ciò nonostante i valori di trasmittanza termica dell'edificio di riferimento e quelli limite per interventi di riqualificazione energetica siano più severi di quelli in vigore negli anni passati (Tabella 13).

Zona Climatica	D.Lgs. 192/05	D.M. 26/06/2015			
	Limiti al 2010	Edificio di riferimento al 2015	Requisiti interventi di riqualificazione al 2015	Edificio di riferimento al 2019/2021	Requisiti interventi di riqualificazione al 2019/2021
A	0,62	0,45	0,45	0,43	0,40
B	0,48	0,45	0,45	0,43	0,40
C	0,40	0,38	0,40	0,34	0,36
D	0,36	0,34	0,36	0,29	0,32
E	0,34	0,30	0,30	0,26	0,28
F	0,33	0,28	0,28	0,24	0,26

Tabella 13: Tendenza storica dei requisiti di trasmittanza termica delle pareti verticali [W/m^2K].

Tutto ciò dimostra che la verifica del parametro $H'_{T,lim}$ non risulta essere particolarmente restrittiva, almeno per gli edifici residenziali. Essa diviene vincolante solo per edifici con elevate superfici vetrate.

4.2 Area solare equivalente estiva ($A_{sol,est}$)

L'area solare equivalente ($A_{sol,est}$) è introdotta nel D.M. per quantificare l'attitudine di un edificio a ricevere apporti termici di origine solare nel mese più caldo (tipicamente luglio).

L'area solare equivalente è normalizzata rispetto alla radiazione incidente sul piano orizzontale e l'irradianza media annuale sul piano orizzontale in una località di riferimento (Roma) ed è espressa per unità di superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup,utile}$).

$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ è il principale parametro che esprime in modo sintetico la *qualità termica estiva* dell'involucro trasparente dell'edificio.

Qui di seguito si riportano i risultati di un'analisi di sensibilità effettuata sul parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ al variare della superficie trasparente dell'involucro della tipologia di vetro/schermatura.

Quale caso studio si considera un edificio situato a Roma, località caratterizzata dai valori di irraggiamento riportati in Tabella 14.

Annuale	Luglio				
Orizzontale	Orizzontale	Verticale Sud	Verticale Est	Verticale Nord	Verticale Ovest
184	314	125	204	111	204

Tabella 14: Irradianza solare media [W/m^2] a Roma, nel mese di luglio per varie esposizioni e annuale sul piano orizzontale.

L'edificio ha superfici finestrate equamente distribuite fra le quattro esposizioni principali (Nord, Sud, Est, Ovest), con un fattore telaio ($1-F_f$) pari a 0,8 e assenza di elementi ombreggianti esterni ($F_{sh,ob} = 1$), quest'ultima rappresentante la situazione più sfavorevole.

In tali condizioni, applicando l'equazione (5) si ottiene:

$$A_{sol,est}/A_{sup,utile} = 0,8 \cdot \frac{A_{w,p}}{A_{sup,utile}} \left(\frac{1}{4} F_{sol,est,Sud} \cdot g_{gl+sh,Sud} + \frac{1}{4} F_{sol,est,Nord} \cdot g_{gl+sh,Nord} + \frac{2}{4} F_{sol,est,Est/Ovest} \cdot g_{gl+sh,Est/Ovest} \right) \quad (10)$$

Per la località Roma, con riferimento al mese di luglio, si ottiene:

$$A_{sol,est}/A_{sup,utile} = 0,8 \cdot \frac{A_{w,p}}{A_{sup,utile}} \left(\frac{1}{4} \cdot 0,679 \cdot g_{gl+sh,Sud} + \frac{1}{4} \cdot 0,604 \cdot g_{gl+sh,Nord} + \frac{2}{4} \cdot 1,107 \cdot g_{gl+sh,Est/Ovest} \right) \quad (11)$$

Si prendono in considerazione quattro tipologie di vetro e schermatura, i cui parametri otticosolari sono ricavati dalla UNI/TS 11300-1:2014 e riportati nella Tabella seguente.

Descrizione	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}/g_{gl}	Esposizione	F_w (luglio)	g_{gl} (luglio)	g_{gl+sh} (luglio)
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo senza schermatura solare	0,67	1	Sud	0,766	0,51	0,51
			Est / Ovest	0,915	0,61	0,61
			Nord	0,831	0,56	0,56
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo e tenda bianca ($T_s=0,5$) interna	0,67	0,65	Sud	0,766	0,51	0,33
			Est / Ovest	0,915	0,61	0,40
			Nord	0,831	0,56	0,36
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo e veneziana bianca ($T_s=0,3$) esterna	0,67	0,35	Sud	0,766	0,51	0,18
			Est / Ovest	0,915	0,61	0,21
			Nord	0,831	0,56	0,19
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo e veneziana bianca ($T_s=0,1$) esterna	0,67	0,15	Sud	0,766	0,51	0,18
			Est / Ovest	0,915	0,61	0,21
			Nord	0,831	0,56	0,19

Tabella 15: Proprietà ottico-solari delle vetrate considerate.

Nella Figura 17 è mostrata la correlazione tra l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup,utile}$) e la superficie finestrata per unità di superficie utile ($A_w/A_{sup,utile}$) per le tipologie di vetro e schermatura considerate. Nella medesima figura sono riportati i valori limite di $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ fissati per le residenze singole (0,03) e per gli altri edifici (0,04).

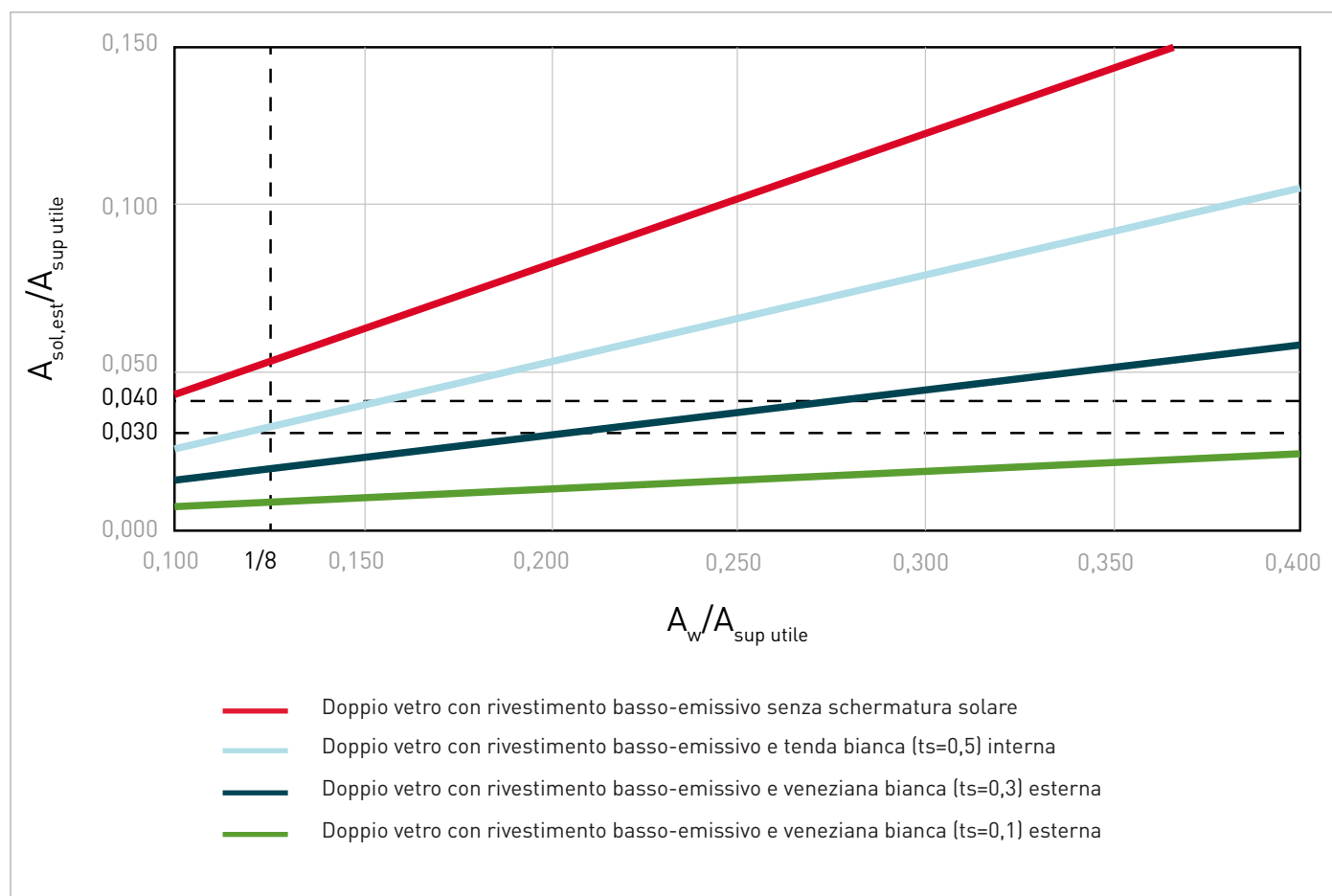


Figura 14: Correlazione tra $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ e $A_w/A_{sup,utile}$

Dall'esame della Figura 14 emerge la necessità di impiegare schermature già per superfici finestate dell'ordine di 1/8 della superficie di pavimento, mentre la schermatura esterna diviene necessaria a partire da superficie vetrate dell'ordine del 15% della superficie di pavimento.

DEFINIZIONI

Edificio			Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.
Fabbricato			Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne, costituenti l'involucro dell'edificio, che delimitano un volume definito e dalle strutture interne di ripartizione dello stesso volume. Sono esclusi gli impianti e i dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno.
Sistema tecnico per l'edilizia			Impianto tecnologico dedicato a un servizio energetico o a una combinazione dei servizi energetici o ad assolvere a una o più funzioni connesse con i servizi energetici dell'edificio. Un sistema tecnico è suddiviso in più sottosistemi.
Involucro di un edificio			Elementi e componenti integrati di un edificio che ne separano gli ambienti interni dall'ambiente esterno.
Elemento edilizio			Sistema tecnico per l'edilizia o componente dell'involucro di un edificio.
Superficie disperdente	S	[m ²]	Superficie che delimita il volume climatizzato V rispetto all'esterno, al terreno, ad ambienti a diversa temperatura o ambienti non dotati di impianto di climatizzazione.
Volume climatizzato	V	[m ³]	Volume lordo delle parti di edificio climatizzate come definito dalle superfici che lo delimitano.
Rapporto di forma	S/V	[m ⁻¹]	Rapporto tra la superficie disperdente S e il volume climatizzato V.
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	[W/m ² K]	Parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare e attenuare la componente periodica del flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti
Riflettanza		[-]	Rapporto tra l'intensità della radiazione solare globalmente riflessa e quella della radiazione incidente su una superficie

NORMATIVA TECNICA PER IL CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

6.1 Norme quadro di riferimento nazionale

- UNI/TS 11300-1 - Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
- UNI/TS 11300-2 - Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione.
- UNI/TS 11300-3 - Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
- UNI/TS 11300-4 - Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
- Raccomandazione CTI 14 - Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione della prestazione energetica per la classificazione dell'edificio.

6.2 Norme tecniche a supporto

- UNI 10339 - Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità classificazione e requisiti. Regole per la richiesta di offerta.
- UNI 10349 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici.
- UNI/TR 11328-1 - Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.
- UNI EN 13789 - Prestazione termica degli edifici – Coefficiente di perdita di calore per trasmissione – Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 13790 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
- UNI EN 12831 - Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
- UNI EN 15193 - Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione.
- UNI EN ISO 10077-1 - Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato.
- UNI EN ISO 12631 - Prestazione termica delle facciate continue – Calcolo della trasmittanza termica.
- UNI EN ISO 13370 - Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo.
- UNI EN 13363-1 - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate – Calcolo della trasmittanza totale e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato.
- UNI EN 13363-2 - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate – Calcolo della trasmittanza totale e luminosa – Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato
- UNI EN ISO 6946 - Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 13786 - Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo.
- UNI EN ISO 10211 - Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati.
- UNI EN ISO 14683 - Ponti termici nelle costruzioni edili – Trasmittanza termica lineare – Metodi semplificati e valori di progetto.
- UNI EN ISO 13788 - Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per l'edilizia. Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensa interstiziale – Metodo di calcolo.

6.3 Banche dati

- UNI 10351 - Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore.
- UNI EN ISO 10456 - Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
- UNI 10355 - Murature e solai – Valori di resistenza termica e metodo di calcolo.
- UNI EN 1745 - Muratura e prodotti per muratura – Metodi per determinare i valori termici di progetto.
- UNI/TR 11552 - Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici.
- UNI EN 410 - Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate.
- UNI EN 673 - Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) – Metodo di calcolo.

BIBLIOGRAFIA

Corrado V., La nuova normativa tecnica sulla prestazione energetica degli edifici alla luce delle nuove UNI/TS 11300, Quaderni dell'Ambiente e dell'Energia 2.2015.

Lattanzi V., Requisiti di prestazione energetica degli edifici, Legislazione Tecnica (collana Progetto & tecnologia), 2015.

Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione generale per il mercato elettrico, le rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare, Chiari-menti in materia di efficienza energetica in edilizia, ottobre 2015.

Il Gruppo ROCKWOOL

Il Gruppo ROCKWOOL è leader mondiale nella fornitura di prodotti e sistemi innovativi in lana di roccia, materiale che aiuta a proteggere l'ambiente migliorando la qualità della vita di milioni di persone.

È presente prevalentemente in Europa e sta espandendo le proprie attività in Nord e Sud America oltre che in Asia.

Il Gruppo è tra i leader mondiali nell'industria dell'isolamento. Infatti, oltre alla gamma di pannelli in lana di roccia per la coibentazione termo-acustica, propone controsoffitti acustici e rivestimenti di facciata che permettono di realizzare edifici sicuri in caso di incendio, efficienti dal punto di vista ener-

getico e caratterizzati da un comfort acustico ottimale.

Il Gruppo ROCKWOOL offre anche soluzioni "green" per la coltivazione fuori terra, fibre speciali per l'utilizzo industriale, isolamento per l'industria di processo e per la coibentazione del settore navale, così come sistemi anti-vibrazione e anti-rumore per le moderne infrastrutture.

Inoltre, i servizi di consulenza in fase preliminare e di realizzazione rappresentano un plus unico nel mercato dell'isolamento e rendono il Gruppo ROCKWOOL il partner ideale nell'iter progettuale e costruttivo.

ROCKWOOL Italia S.p.A.

Via Londonio, 2
20154 Milano
02.346.13.1
www.rockwool.it

ISBN 978-88-908722-3-5