

L'incidenza del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione nelle ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello alla luce del DM 26/06/2015

Vengono presentate alcune considerazioni circa l'applicazione del recente DM 26/06/2015 riguardante i requisiti minimi da rispettare in materia di risparmio energetico nell'edilizia. In particolare vengono discusse, con riferimento alle ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello, le problematiche riscontrate e le possibili soluzioni pratiche per il rispetto dei limiti imposti sul coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione H'_T . Dall'analisi di alcuni semplici casi di studio, si deduce che i limiti imposti sono spesso di difficile applicazione nelle ristrutturazioni degli edifici esistenti.

THE IMPORTANCE OF THE GLOBAL MEAN HEAT TRANSFER COEFFICIENT IN THE FIRST AND SECOND LEVEL IMPORTANT REFURBISHING OF BUILDINGS TAKING IN THE ACCOUNT THE DM 26/06/2015

The present paper deals with the application of the recent DM 26/06/2015 concerning the minimum requirements to be respected in the field of energy savings in buildings. In particular, with reference to the first and second level important refurbishing in buildings, the main problems and their possible solutions to respect the limits imposed on the global mean heat transfer coefficient H'_T are discussed. By analysing some simple case studies, it is clear that often the limits are difficult to be respected in upgrading the energy efficiency of existing buildings.

INTRODUZIONE

Il recente Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 26 giugno 2015 [1], da qui in poi detto DM 26/06/2015, in attuazione degli obiettivi di risparmio energetico fissati dalla Direttiva 2010/31/UE [2], introduce l'obbligo di rispettare, nel caso di edifici di nuova costruzione e assimilabili e di edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello, i valori limite di un nuovo parametro energetico, il coefficiente medio globale di scambio termico H'_T .

Si ricorda che il DM 26/06/2015 definisce ristrutturazioni importanti di primo livello gli interventi che, oltre a interessare l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprendono anche la ristrutturazione dell'impianto termico per i servizi di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio.

I valori limite di H'_T , nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello, vengono riportati nelle prime tre righe di Tabella 1, in funzione delle diverse zone climatiche e del rapporto S/V tra la superficie lorda disperdente ed il volume lordo dell'edificio; tali valori limite si applicano all'intero edificio e

si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o ai servizi interessati.

Lo stesso decreto fissa i valori limite, riportati nella riga 4 di Tabella 1, del coefficiente H'_T da rispettarsi nelle ristrutturazioni importanti di secondo livello, definite come interventi che interessano l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva e che possono interessare l'impianto termico per i servizi di climatizzazione invernale e/o estiva. I valori limite di H'_T , in funzione delle diverse zone climatiche, si applicano alle sole porzioni dell'involucro edilizio interessate dai lavori di riqualificazione energetica. Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione H'_T è determinato per l'intera parete, comprensiva di tutti i componenti su cui si è intervenuti.

Il decreto riporta a tal proposito due esempi non esaustivi.

- a) "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"; in tema potrebbe poter interpretare che, se ad esempio una copertura risultasse di tipo piano, ma organizzata su più livelli ed uno solo di questi fosse oggetto di intervento manutentivo, il con-

Numero Riga	Rapporto di forma (S/V) [m ⁻¹]	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0.7$	0.58	0.55	0.53	0.50	0.48
2	$0.7 > S/V \geq 0.4$	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53
3	$0.4 > S/V$	0.80	0.80	0.80	0.75	0.70
4	Ristrutturazioni importanti di secondo livello	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62

TABELLA 1 - Valori limite del coefficiente medio globale di scambio termico H'_T [W/m²K] nel caso di nuova costruzione e di ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello

chetto di "porzione della copertura" su cui valutare il coefficiente H'_T , sia l'intera superficie del solo livello interessato; e analogamente, nel caso di tetto a falde, si può intendere l'intera superficie della falda su cui si interviene.

- b) "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".

Nel presente lavoro, sulla base di alcuni semplici casi di studio, verranno discussi i limiti normativi imposti, verificando la loro effettiva applicabilità nelle ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello.

IL COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO

Il coefficiente medio globale di scambio termico H'_T è definito dalla seguente relazione:

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k} \quad (1)$$

$H_{tr,adj}$ = coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro edilizio, calcolato mediante la norma UNI/TS 11300-1 [W/K]

A_k = superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro [m²]

Il coefficiente $H_{tr,adj}$ è riferito ad una specifica zona termica e la sommatoria presente nella (1) comprende tutti gli elementi disperdenti della zona termica stessa; $H_{tr,adj}$ viene corretto (*adj*, *adjusted*) per riferire tutti gli scambi termici per trasmissione della zona considerata alla differenza di temperatura interno-esterno e viene determinato mediante la seguente relazione:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (2)$$

H_D = coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K]

H_g = coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K]

H_U = coefficiente di scambio termico per trasmissione verso gli ambienti non climatizzati [W/K]

H_A = coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone termiche climatizzate a temperatura diversa [W/K]

La norma UNI/TS 11300-1 [3] precisa che, in genere, per la valutazione di H_A si può considerare solo lo scambio di energia termica verso zone climatizzate di altri edifici e non verso le zone termiche dell'edificio oggetto di calcolo (calcolo con zone termiche non accoppiate).

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione H_D , H_g , H_U , H_A è effettuato secondo le norme UNI EN ISO 13789 [4] e UNI EN ISO 13370 [5] ed include gli effetti dei ponti termici puntuali e lineari. Il generico coefficiente di scambio H_x , rappresentando di volta in volta H_D , H_g , H_U , H_A , si determina come segue:

$$H_x = \left(\sum_i A_i U_i + \sum_k L_k \Psi_k + \sum_j X_j \right) b_{tr,x} \quad (3)$$

U_i = trasmittanza termica dell'i-esimo componente (opaco o trasparente) [W/m²K]

A_i = area caratterizzata dalla trasmittanza U_i [m²]

Ψ_k = trasmittanza termica lineica del k-esimo ponte termico lineare [W/mK]

L_k = lunghezza lungo cui si applica la trasmittanza Ψ_k [m]

X_j = trasmittanza termica puntuale del j-esimo ponte termico puntuale [W/K]

$b_{tr,x}$ = fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e ambiente adiacente, diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia differente da quella dell'ambiente esterno

Il contributo dei ponti termici puntuali X_j può essere trascurato quando il ponte termico puntuale è dato dall'intersezione di due ponti termici lineari o quando è già stato considerato nella trasmittanza termica dell'elemento piano.

L'APPROCCIO LEGISLATIVO

Per comprendere le implicazioni date dalla ristrettezza dei valori limite imposti dal DM 26/06/2015, si osservi che, se si trascurano gli effetti dei ponti termici, il parametro H'_T rappresenta la trasmittanza media (corretta) dell'involucro disperdente opaco e trasparente.

Dall'esame dei valori limite riportati in Tabella 1 si possono trarre le seguenti considerazioni:

1) i valori limite non dipendono dalla destinazione d'uso, ma sono applicabili indifferentemente a qualsiasi immobile rientrante nelle categorie da E.1 a E.8;

2) i valori limite non presentano un'attuazione graduale nel tempo, ma sono immediatamente esecutivi nel contesto di ristrutturazioni importanti di primo e secondo livello;

3) i valori limite non sono parametrizzati in funzione della percentuale di superficie vetrata, che fortemente influenza il valore del coefficiente H'_T e pertanto sono difficilmente applicabili nel caso di edifici che presentano ampie superfici vetrate (ad es. dehors, verande, ...);

4) il legislatore, nel caso di nuova costruzione e di ristrutturazione importante di primo livello, ha previsto valori particolarmente severi per gli edifici che hanno un fattore di forma S/V elevato, andando in controtendenza rispetto alla precedente legislazione che, al contrario, applicava valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EP_i più tolleranti nel caso di fattori di forma alti; si veda per confronto la Tabella 2, tratta dal DPR 59/2009 [6], contenente i valori di $EP_{i,limite}$ dal 1 gennaio 2010, vigenti a livello nazionale fino al 30/09/2015.

Il fatto di prevedere valori via via più restrittivi del coefficiente H'_T , all'aumentare del rapporto S/V può avere un'influenza significativa sugli aspetti progettuali del nuovo, stimolando le nuove architetture ad assumere forme eleganti e compatte, ma male si adatta

Zona climatica	A	B		C		D		E		F
GG	< 600	601	900	901	1400	1401	2100	2101	3000	> 3000
S/V										
≤ 0.2	8.5	8.5	12.8	12.8	21.3	21.3	34	34	46.8	46.8
≥ 0.9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

TABELLA 2 - EP_{ilimita} [kWh/m²anno] dal 1 gennaio 2010

agli interventi di ristrutturazione importante di primo livello degli edifici esistenti, poiché il fattore di forma è assegnato e difficilmente sarà modificabile nel recupero edilizio e i valori limite si applicano comunque all'intero edificio.

A tal proposito si osserva che, nel caso di edifici indipendenti (villette, fabbricati industriali, attici, dehor,...), facilmente il fattore di forma S/V è maggiore di 0.7. In tale caso, anche se si correggessero "perfettamente" i ponti termici, in modo da non dare contributo alcuno, le trasmittanze medie richieste varierebbero tra 0.58 e 0.48 W/m²K, in funzione della diversa zona climatica. Tali valori limite, estremamente restrittivi, impongono quindi l'obbligo di raggiungere trasmittanze basse, indipendentemente dai valori limite indicati per l'edificio di riferimento (Appendice A del DM 26/06/2015) o per gli interventi di semplice riqualificazione energetica (Appendice B del DM 26/06/2015).

CASI DI STUDIO RIGUARDANTI RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI PRIMO LIVELLO

Vengono di seguito presentati tre semplici casi di studio per discutere l'applicazione dei valori limite del coefficiente H'_T previsti dal DM 26/06/2015 nel caso di ristrutturazioni importanti di primo livello. Si tratta di interventi molto frequenti nel recupero dell'esistente: edificio monofamiliare isolato, appartamento termoautonomo in contesto condominiale, dehor. Ovviamente è implicito che la ristrutturazione comprenda anche l'intervento sull'impianto termico, condizione imprescindibile per poter essere definita di primo livello.

Caso di studio 1 - Edificio monofamiliare isolato

Si considera una villetta compatta a forma di parallelepipedo con superficie utile calpestabile S_u = 95.2 m², avente dimensioni lorde esterne 14.8 x 3.5 m; l'involucro risulta disperdente attraverso tutte le superfici: il tetto piano su esterno (A = 112 m², U = 1.5 W/m²K), le 4 facciate su esterno (muri A = 142 m², U = 1.1 W/m²K, serramenti A = 12 m², U = 4.0 W/m²K) ed il pavimento su autorimessa (b_{tr,u} = 0.6, A = 112 m², U = 1.25 W/m²K). Si trascurano gli effetti dei ponti termici nel senso che, a seguito dell'intervento di ristrutturazione, risultano "perfettamente" corretti. Il volume lordo risulta 392 m³ e la superficie lorda disperdente è pari a 378 m², con conseguente rapporto S/V = 0.96 m⁻¹. I valori di trasmittanza considerati sono tipici delle pareti verticali a cassa vuota e dei solai in laterocemento utilizzati nelle costruzioni degli anni '60.

I miglioramenti prevedono di ottenere trasmittanze congrue con i valori limite al 2021 che il DM 26/06/2015 impone nel caso degli interventi di riqualificazione energetica: ad esempio, per la zona climatica E, pari a 0.24 W/m²K per i componenti opachi (la trasmittanza più restrittiva prevista per i solai di copertura) e 1.4 W/m²K per i componenti finestrati.

Vengono riportati in Tabella 3 i risultati di alcune simulazioni, al fine di verificare il rispetto dei valori limite del coefficiente H'_T.

La prima simulazione riportata in Tabella 3 coinvolge il 51% della superficie complessiva (limite inferiore affinché l'intervento possa essere considerato una ristrutturazione importante di primo livello), includendo tutti i muri, tutte le finestre e 40 m² del soffitto dell'autorimessa. La verifica non è soddisfatta in nessuna zona climatica. La seconda simulazione coinvolge il 51% di superficie, includendo tutti i muri, tutte le finestre e 40 m² di tetto. Neppure in questo caso la verifica è soddisfatta, nonostante che il tetto sia caratterizzato da b_{tr} = 1 e quindi la sua parziale coibentazione determini una riduzione significativa del coefficiente H'_T.

La terza simulazione riguarda un intervento che coinvolge tutti i muri, tutte le finestre e l'intero tetto, portando la superficie coinvolta al 70% della superficie lorda disperdente. Come risulta dall'esame di Tabella 3, la verifica passa in tutte le zone climatiche.

Si può agevolmente verificare che, in questo caso di studio, la superficie minima su cui operare, affinché le verifiche siano soddisfatte adottando valori di trasmittanza post intervento congrui con quelli di legge, è pari al 62% per le zone climatiche da A a D e pari al 63% per le zone E ed F.

Per contro, se la superficie oggetto di intervento è pari al limite inferiore del 51% previsto per le ristrutturazioni importanti di primo livello, anche se si coibentasse l'involucro in modo significativo raggiungendo trasmittanze di 0.1 W/m²K per i componenti opachi (ossia dell'ordine di grandezza di 35 cm di isolante caratterizzato da λ = 0.035 W/mK) e 1.0 W/m²K per i componenti vetrati, le verifiche non passerebbero comunque in nessuna zona climatica, così come risulta dall'ultima simulazione riportata in Tabella 3, che si riferisce al caso più favorevole in cui si coibenta parte del tetto.

Caso di studio 2 - Appartamento termoautonomo in contesto condominiale

Si considera un appartamento a forma di parallelepipedo con superficie utile calpestabile S_u = 95.2 m², avente dimensioni 14.8 x 3.5 m, situato ad un piano intermedio, con due lati (angolo) esposti su esterno (muri A = 65 m², U = 1.1 W/m²K, serramenti A = 12 m², U = 4.0 W/m²K) e 3 m (muro più porta) esposti sul vano scale (b_{tr,u} = 0.6, A = 10.5 m², U = 1.8 W/m²K); il pavimento, il soffitto e la restante superficie perimetrale confinano con vani riscaldati. Il volume lordo risulta 392 m³ e la superficie lorda disperdente è pari a 87.5 m², con conseguente rapporto S/V = 0.22 m⁻¹.

In questo caso, pur essendo il parametro S/V particolarmente favorevole e quindi i valori limite di H'_T più elevati, se ci si attesta sul 51% di superficie di intervento (sostituzione finestre e isolamento di parte del muro perimetrale con trasmittanze pari a quelle considerate nel caso di studio 1), le verifiche non sono soddisfatte, così come emerge dalla simulazione riportata in Tabella 4.

I livello		A	U	b _{tr}	H _{tr,adj}	percentuale nuova	51%	
Completa muri e finestre + parte del pavimento		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H' _T lim	verifica
opaca vecchia	tetto	112	1.5	1	168	Zona climatica A e B	0.58	no
	pavimento parte	72	1.25	0.6	54	Zona climatica C	0.55	no
opaca nuova	muri	142	0.24	1	34.08	Zona climatica D	0.53	no
	pavimento parte	40	0.24	0.6	5.76	Zona climatica E	0.5	no
vetrata nuova	finestre	12	1.4	1	16.8	Zona climatica F	0.48	no
		S _{disp} [m ²]					H' _T = H _{tr,adj} /S _{disp}	
		378			278.64		0.74	

I livello		A	U	b _{tr}	H _{tr,adj}	percentuale nuova	51%	
Completa muri e finestre + parte		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H' _T lim	verifica
opaca vecchia	pavimento	112	1.25	0.6	84	Zona climatica A e B	0.58	no
	tetto parte	72	1.5	1	108	Zona climatica C	0.55	no
opaca nuova	muri	142	0.24	1	34.08	Zona climatica D	0.53	no
	tetto parte	40	0.24	1	9.6	Zona climatica E	0.5	no
vetrata nuova	finestre	12	1.4	1	16.8	Zona climatica F	0.48	no
		S _{disp} [m ²]					H' _T = H _{tr,adj} /S _{disp}	
		378			252.48		0.67	

I livello		A	U	b _{tr}	H _{tr,adj}	percentuale nuova	70%	
Completa muri, finestre e tetto		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H' _T lim	verifica
opaca vecchia	pavimento	112	1.25	0.6	84	Zona climatica A e B	0.58	si
						Zona climatica C	0.55	si
opaca nuova	muri	142	0.24	1	34.08	Zona climatica D	0.53	si
	tetto	112	0.24	1	26.88	Zona climatica E	0.5	si
vetrata nuova	finestre	12	1.4	1	16.8	Zona climatica F	0.48	si
		S _{disp} [m ²]					H' _T = H _{tr,adj} /S _{disp}	
		378			161.76		0.43	

I livello		A	U	b _{tr}	H _{tr,adj}	percentuale nuova	51%	
Completa muri e finestre + parte del tetto		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H' _T lim	verifica
opaca vecchia	pavimento	112	1.25	0.6	84	Zona climatica A e B	0.58	no
	tetto parte	72	1.5	1	108	Zona climatica C	0.55	no
opaca nuova	muri	142	0.1	1	14.2	Zona climatica D	0.53	no
	tetto parte	40	0.1	1	4	Zona climatica E	0.5	no
vetrata nuova	finestre	12	1	1	12	Zona climatica F	0.48	no
		S _{disp} [m ²]					H' _T = H _{tr,adj} /S _{disp}	
		378			222.2		0.59	

TABELLA 3 - Ristrutturazione importante di primo livello, caso di studio 1: villetta monofamiliare

I livello App. piano intermedio		A	U	b_{tr}	$H_{tr,adj}$	percentuale nuova	51%	
Completa finestre + parte dei muri su esterno		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H'_T lim	verifica
opaca vecchia	muro vano scale	10.5	1.8	0.6	11.34	Zona climatica A e B	0.8	no
	muri esterno parte	32	1.1	1	35.2	Zona climatica C	0.8	no
opaca nuova	muri esterno parte	33	0.24	1	7.92	Zona climatica D	0.8	no
						Zona climatica E	0.75	no
vetrata nuova	finestre	12	1.4	1	16.8	Zona climatica F	0.7	no
		S_{disp} [m ²]				$H'_T = H_{tr,adj}/S_{disp}$		
		87.5			71.26		0.81	

TABELLA 4 - Ristrutturazione importante di primo livello, caso di studio 2: appartamento a piano intermedio

Semplici calcoli evidenziano che bisogna attestarsi sul 65% di superficie sui cui intervenire per soddisfare il requisito in tutte le zone climatiche.

Un'ulteriore simulazione è stata condotta nel caso in cui lo stesso appartamento si trovi all'ultimo piano, considerando anche il tetto tra le superfici disperdenti ($A = 112 \text{ m}^2$, $U = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$). In questo caso la superficie lorda disperdente si porta a 199.5 m^2 con $S/V = 0.51 \text{ m}^{-1}$, ovvero nell'intervallo centrale dei rapporti di forma (cfr. Tabella 1).

Una situazione molto frequente nella ristrutturazione di appartamenti condominiali situati all'ultimo piano è quella in cui i muri perimetrali non vengono interessati dai rifacimenti, mentre si interviene sul soffitto, che può essere più facilmente coibentato, ad esempio controsoffittando ed utilizzando il controsoffitto per il passaggio di impianti e servizi.

In tale ipotesi, considerando anche la sostituzione dei serramenti, la percentuale su cui si interviene è pari al 62% della superficie lorda disperdente e le verifiche non passano per nessuna zona climatica, così come emerge da Tabella 5.

Caso di studio 3 - Dehor

È molto frequente, nelle zone turistiche, la presenza di verande

o dehor che hanno funzione di giardini d'inverno per ristoranti e bar e che presentano superfici verticali pressoché completamente vetrate. Tali strutture, che sono state motivo di espansioni edilizie disordinate dal dopoguerra ad oggi, hanno spesso usufruito di condoni successivi all'esecuzione del fabbricato cui afferiscono. In alcuni casi con questo condividono l'impianto di riscaldamento, in altri sono unità immobiliari a sé stanti ed indipendenti anche dal punto di vista del servizio riscaldamento.

Il caso di studio di seguito considerato è quello di un immobile destinato a dehor di dimensioni lorde $10 \times 15 \times 3,2 \text{ m}$, con superficie utile calpestabile $S_u = 135 \text{ m}^2$. Il volume lordo risulta 480 m^3 e la superficie lorda disperdente è pari a 412 m^2 , con conseguente rapporto $S/V = 0.86 \text{ m}^{-1}$. L'intero involucro edilizio risulta disperdente: la tettoia in lamiera su esterno ($A = 150 \text{ m}^2$, $U = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$), le strutture verticali in vetro singolo e ferro su esterno ($A = 112 \text{ m}^2$, $U = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$) e il pavimento su terreno ($b_{tr,g} = 0.45$, $A = 150 \text{ m}^2$, $U = 1.41 \text{ W/m}^2\text{K}$, ricavata da UNI/TR 11552:2014 [7], SOL08 - Solaio controterra in calcestruzzo).

L'intervento migliorativo previsto prevede la coibentazione del tetto ($U = 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$) e la sostituzione dei serramenti ($U = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$). Pur intervenendo sul 64% della superficie lorda disperdente, la verifica non è soddisfatta, come emerge dalla prima simulazione

TABELLA 5 - Ristrutturazione importante di primo livello, caso di studio 2: appartamento all'ultimo piano

I livello App. ultimo piano		A	U	b_{tr}	$H_{tr,adj}$	percentuale nuova	62%	
Completa finestre + tetto		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H'_T lim	verifica
opaca vecchia	muro vano scale	10.5	1.8	0.6	11.34	Zona climatica A e B	0.63	no
	muri esterno	65	1.1	1	71.5	Zona climatica C	0.6	no
opaca nuova	tetto esterno	112	0.24	1	26.88	Zona climatica D	0.58	no
						Zona climatica E	0.55	no
vetrata nuova	finestre	12	1.4	1	16.8	Zona climatica F	0.53	no
		S_{disp} [m ²]				$H'_T = H_{tr,adj}/S_{disp}$		
		199.5			126.52		0.63	

I livello		A	U	b_{tr}	$H_{tr,adj}$	percentuale nuova	64%	
Completa finestre + tetto		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H_T^l lim	verifica
opaca vecchia	pavimento terreno	150	1.41	0.45	95.18	Zona climatica A e B	0.58	no
						Zona climatica C	0.55	no
opaca nuova	tetto esterno	150	0.24	1	36	Zona climatica D	0.53	no
						Zona climatica E	0.5	no
vetrata nuova	finestre	112	1.4	1	156.8	Zona climatica F	0.48	no
		S_{disp} [m ²]				$H_T^l = H_{tr,adj}/S_{disp}$		
		412			287.98	0.70		

I livello		A	U	b_{tr}	$H_{tr,adj}$	percentuale nuova	64%	
Completa finestre + tetto		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
S intervento > 50%							H_T^l lim	verifica
opaca vecchia	pavimento terreno	150	1.41	0.45	95.18	Zona climatica A e B	0.58	si
						Zona climatica C	0.55	si
opaca nuova	tetto esterno	150	0.1	1	15	Zona climatica D	0.53	no
						Zona climatica E	0.5	no
vetrata nuova	finestre	112	1	1	112	Zona climatica F	0.48	no
		S_{disp} [m ²]				$H_T^l = H_{tr,adj}/S_{disp}$		
		412			222.18	0.54		

TABELLA 6 - Ristrutturazione importante di primo livello, caso di studio 3: dehor

riportata in Tabella 6.

Se anche ci si spingesse verso trasmittanze più basse (tetto 0.1 W/m²K, finestre a 1 W/m²K), la verifica sarebbe soddisfatta solo nelle zone climatiche A, B e C, come risulta dalla seconda simulazione riportata in Tabella 6. Nelle altre zone climatiche occorre quindi intervenire coinvolgendo anche il pavimento.

CASI DI STUDIO RIGUARDANTI RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI SECONDO LIVELLO

Nel caso delle ristrutturazioni importanti di secondo livello, ovvero quando si interviene su più del 25% della superficie lorda disperdente e non necessariamente sull'impianto, i valori limite di H_T^l non dipendono dal rapporto di forma S/V, ma solo dalla zona climatica (cfr. riga 4 di Tabella 1). Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione H_T^l è determinato per l'intera parete oggetto di intervento, comprendendo tutti i componenti in essa presenti.

Si considera che nell'appartamento situato all'ultimo piano, di cui al caso di studio 2, si intervenga solo sui muri perimetrali su esterno (ad esempio per ragioni di rinnovo degli impianti elettrici, idrici e di riscaldamento, unitamente al

rinnovo degli intonaci), senza coibentare il tetto, e vengono sostituite le finestre. Tale intervento interessa il 39% della superficie lorda disperdente.

In tale caso il valore limite del coefficiente H_T^l deve essere rispettato dalla trasmittanza media (opaca e vetrata) dell'intera parete verticale verso l'esterno. Dall'esame della Tabella 7 si osserva che in questo caso la verifica è abbondantemente rispettata in tutte le zone climatiche e lo sarebbe anche considerando l'ulteriore contributo dei ponti termici.

Se, al contrario, si intervenisse solo sulla parte opaca, senza la sostituzione dei serramenti, il requisito sul coefficiente H_T^l non risulta in nessun caso rispettato, come risulta dalla seconda simulazione riportata in Tabella 7.

Si osserva infine che, nel caso si debba intervenire su pareti caratterizzate da ampie superfici vetrate, il rispetto dei requisiti previsti per le ristrutturazioni di secondo livello può risultare estremamente difficoltoso. Si pensi, come caso limite, al dehor del caso di studio 3. Se si volesse semplicemente sostituire la struttura verticale, bisognerebbe inserire serramenti ad elevatissima prestazione, caratterizzati da trasmittanze inferiori a 0.73 W/m²K, oggi di difficile realizzazione e relativi altissimi costi.

Appartamento all'ultimo piano		A	U	b _{tr}	H _{tr,adj}	percentuale nuova	39%	
S intervento > 25% II livello		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
Completa muri su esterno e finestre							H' _T lim	verifica
opaca vecchia	muro vano scale	10.5				Zona climatica A e B	0.73	si
	tetto esterno	112				Zona climatica C	0.7	si
						Zona climatica D	0.68	si
opaca nuova	muri esterno	65	0.24	1	15.6	Zona climatica E	0.65	si
vetrata nuova	finestre	12	1.4	1	16.8		0.62	si
		S _{intervento} [m ²]				H' _T = H _{tr,adj} /S _{intervento}		
		77			32.4		0.42	

Appartamento all'ultimo piano		A	U	b _{tr}	H _{tr,adj}	percentuale nuova	33%	
S intervento > 25% II livello		[m ²]	[W/m ² K]	[--]	W/K			
Completa muri su esterno							H' _T lim	verifica
opaca vecchia	muro vano scale	10.5				Zona climatica A e B	0.73	no
	tetto esterno	112				Zona climatica C	0.7	no
vetrata vecchia	finestre	12	4	1	48	Zona climatica D	0.68	no
						Zona climatica E	0.65	no
opaca nuova	muri esterno	65	0.24	1	15.6	Zona climatica F	0.62	no
		S _{intera parete verticale} [m ²]				H' _T = H _{tr,adj} /S _{intera parete verticale}		
		77			63.6		0.83	

TABELLA 7 - Ristrutturazione importante di secondo livello, caso di studio 2: appartamento all'ultimo piano

CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati ottenuti si possono trarre le seguenti conclusioni. Nel caso di ristrutturazioni importanti di primo livello, il requisito sul coefficiente H'_T risulta particolarmente severo ed impone di fatto di intervenire su una superficie compresa tra il 60% e il 70% della superficie lorda disperdente. Se si interviene sul 51% della superficie lorda disperdente, valore minimo affinché la ristrutturazione possa essere definita di primo livello, neppure l'adozione di trasmittanze di molto inferiori ai limiti di legge (edificio di riferimento o riqualificazione energetica), consente di superare la verifica. Il contributo dei ponti termici, che per semplicità di trattazione è stato trascurato, può determinare ulteriori restrizioni, anche significative.

Anche nelle ristrutturazioni importanti di secondo livello, di fatto, i nuovi requisiti impongono di intervenire su tutti i componenti della porzione di edificio soggetta al miglioramento.

BIBLIOGRAFIA

1. Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo

delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici".

2. Direttiva Europea 2010/31/UE "Sulla prestazione energetica nell'edilizia".
3. 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".
4. UNI EN ISO 13789:2008 "Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo".
5. UNI EN ISO 13370:2008 "Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo".
6. DPR 02/04/2009 n. 59, "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia".
7. UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici".