Protocollo ITACA PUGLIA

Strumento di qualità energetica

GUIDA ALL'AUTOVALUTAZIONE

Redatto con il contributo tecnico scientifico di ITC – CNR, iiSBE Italia ed Environment Park

Indice

Definizione delle caratteristiche geometriche, architettoniche e di utilizzo di un edificio rappresentativo della tipologia residenziale (caso-studio) 4
Riepilogo delle caratteristiche principali dell'edificio 6

Criterio 1.1: Trasmittanza termica dell'involucro edilizio 9
Descrizione sintetica 9
Metodo e strumenti di verifica 9
Guida alla verifica 10
Strategie di riferimento 12

Criterio 1.2: Energia netta per il riscaldamento 14
Descrizione sintetica 14
Metodo e strumenti di verifica 14
Guida alla verifica 14
Strategie di riferimento 16

Criterio 1.3: Energia primaria per il riscaldamento 18
Descrizione sintetica 18
Metodo e strumenti di verifica 18
Guida alla verifica 18
Strategie di riferimento 21

Criterio 1.4: Penetrazione diretta della radiazione solare 23
Descrizione sintetica 23
Metodo e strumenti di verifica 23
Guida alla verifica 23
Strategie di Riferimento 25

Criterio 2.1: Controllo della radiazione solare 27
Descrizione sintetica 27
Metodo e strumenti di verifica 27
Guida alla verifica 28
Strategie di Riferimento 37

Criterio 2.2: Inerzia termica dell'edifico 39
Descrizione sintetica 39
Metodo e strumenti di verifica 39
Guida alla verifica 39
Strategie di Riferimento 42

Criterio 2.3: Energia netta per il raffrescamento 44
Descrizione sintetica 44
Metodo e strumenti di verifica 44
Guida alla verifica 44
Strategie di Riferimento 46

Criterio 2.4: Energia primaria per il raffrescamento 47
Descrizione sintetica 47
Metodo e strumenti di verifica 47
Guida alla verifica 47
Strategie di Riferimento 49

Criterio 2.5: Efficienza della ventilazione naturale 50
Descrizione sintetica 50
Metodo e strumenti di verifica 50
Guida alla verifica 50
Strategie di Riferimento 53

Criterio 3.1: Energia termica per ACS **54**
Descrizione sintetica 54
Metodo e strumenti di verifica 54
Guida alla verifica 54
Strategie di Riferimento 56

Criterio 3.2: Energia elettrica **58**
Descrizione sintetica 58
Metodo e strumenti di verifica 58
Guida alla verifica 58
Strategie di Riferimento 59

Criterio 4.1: Energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) **61**
Descrizione sintetica 61
Metodo e strumenti di verifica 61
Guida alla verifica 61
Strategie di Riferimento 63

Definizione delle caratteristiche geometriche, architettoniche e di utilizzo di un edificio rappresentativo della tipologia residenziale (caso-studio)

Descrizione qualitativa dell'edificio
Si considera come caso – studio un edificio tipo, di edilizia residenziale, di nuova costruzione, basato su sistemi realizzativi in telaio in c.a. ed elementi di tamponamento. Le soluzioni previste per il fabbricato e le relative prestazioni energetiche e ambientali sono state analizzate e valutate considerando i dati climatici della Città di Bari, nella quale l'edificio si trova.
Contesto in prossimità dell'edificio
L'edificio è localizzato in un contesto urbano dove vi è la presenza di reti di trasporto pubblico locale, costituite da autobus. In prossimità dell'edificio sono presenti due fermate del bus, distanti una 50 m, l'altra 100 m e si è ipotizzata la vicinanza di attività commerciali e culturali quali un supermercato, una farmacia, una banca, una scuola elementare, un'edicola ed un giardino pubblico.
Sistemazione delle aree esterne di pertinenza
La superficie esterna di pertinenza dell'edificio ha un'estensione di circa 1940 m^2. Nell'area sono stati predisposti spazi destinati allo svago degli utenti quali un'area gioco per bambini, area fitness ed un area verde per un totale di circa 400 m^2; sono inoltre stati previsti 4 parcheggi dedicati alle biciclette.
Le sistemazioni delle aree esterne sono state realizzate in modo da migliorare la permeabilità dei suoli e diminuire l'effetto "isola di calore". Nello specifico sono state previste superfici quali:
- Prato in terra piena;
- Materiale sciolto (pietrisco);
- Elementi grigliati alveolari posati a secco, con riempimento di terreno vegetale;
- Elementi autobloccanti in cls su fondo in sabbia e sottofondo in ghiaia;

La restante superficie (in minima parte) è stata realizzata con pavimentazione continua scura posata su battuto di cemento.
Caratteristiche architettoniche dell'edificio
L' edificio, di tipo residenziale plurifamiliare e isolato, ha dimensioni in pianta di circa 30 x 12m ed è costituito da 3 piani fuori terra per un'altezza complessiva di ca. 10m. La copertura è piana, di colore chiaro, e non praticabile.
La struttura portante dell'edificio è in telaio in cemento armato (pilastri e travi). I solai di pavimento, copertura e interpiano hanno la parte strutturale in latero-cemento.
Le pareti verticali esterne sono realizzate con tecnologia in laterizio.
Nello specifico la chiusura verticale è strutturata nel seguente modo:
- Intonaco di cemento e sabbia
- Blocchi in laterizio forato
- Isolante in fibra naturale
- Finitura superficiale esterna su rete di supporto

Nello specifico la copertura è strutturata nel seguente modo:
- Intonaco interno
- Solaio latero-cemento
- Massetto
- Barriera al vapore
- Isolante in fibra naturale
- Impermeabilizzante

I solai di pavimento inferiori e di interpiano sono realizzati con tecnologia in latero-cemento. Il solaio inferiore è areato sull'estradosso.
Nello specifico i solai sono strutturati nel seguente modo:
- finitura dell'intradosso in parquet;
- isolamento in fibra naturale;
- strato di barriera al vapore;
- massetto in calcestruzzo;
- solaio in latero-cemento;
- finitura dell'estradosso in intonaco in calce e gesso

I serramenti sono realizzati con telaio in legno e vetrocamera con intercapedine d'aria schermate all'esterno da frangisole con elementi orizzontali a sud ed elementi verticali ad est e ovest. I frangisole sono orientabili e non fissi.

Caratteristiche impiantistiche dell'edificio

L'impianto di riscaldamento è alimentato da gas metano con caldaia a condensazione. I terminali di erogazione sono costituiti da pannelli radianti a pavimento. Le colonne di distribuzione verticale sono ubicate su di una parete esterna isolata e il sistema di regolazione è modulato per singolo ambiente.

L'impianto di raffrescamento è alimentato ad energia elettrica con pompa di calore. I terminali di erogazione sono costituiti da pannelli radianti a pavimento.

L'impianto di produzione di Acqua Calda Sanitaria prevede un generatore di calore a gas di tipo istantaneo con serbatoio di accumulo. La produzione di ACS è integrata da un impianto solare termico collocato in copertura. I collettori solari sono di tipo vetrato.

L'impianto di erogazione e distribuzione dell' energia elettrica è allacciato alla rete elettrica e utilizza il gas metano come combustibile. L'impianto elettrico è integrato con impianto fotovoltaico collocato in copertura. I moduli dei pannelli fotovoltaici sono in silicio policristallino.

Nell'intervento è presente anche un impianto di recupero dell'acqua piovana che utilizza come superficie captante il tetto piano dell'edificio ed una cisterna di 9.000 l per lo stoccaggio e riutilizzo delle acque meteoriche interrata nel giardino esterno. Le acque piovane recuperate vengono interamente impiegate per l'irrigazione delle aree verdi, non viene quindi usata per questo scopo l'acqua potabile proveniente dall'acquedotto comunale; sono stati inoltre previsti sistemi di riduzione dei consumi di acqua per i WC e di recupero delle acque grigie che vengono stoccate e riutilizzate, grazie ad una cisterna di 1.000 l, per gli usi domestici non potabili.

Riepilogo delle caratteristiche principali dell'edificio

Dati di contesto	
Provincia	Bari
Comune	Bari
Latitudine	41°
Zona climatica	C
Tipologia di centro urbano:	Capoluogo di regione
Tipologia di trasporto pubblico più vicina	bus
Distanza dal trasporto pubblico più vicino (m)	75
Dati generali edificio	
Tipologia di edificio	Plurifamiliare isolato
Tipologia di struttura portante	Cemento Armato
Numero di piani climatizzati (riscaldamento e raffrescamento)	3
Altezza netta dei locali (m)	2,70
Superficie laterale lorda nord (m^2)	120
Superficie laterale lorda est (m^2)	300
Superficie laterale lorda sud (m^2)	120
Superficie laterale lorda ovest (m^2)	300
Superficie di copertura (m^2)	360
Superficie solaio inferiore (m^2)	360
Superficie totale finestre (m^2)	135
Superficie di pertinenza esterna (m^2)	1920
Ambienti climatizzati	
Destinazione d'uso	Edificio Residenziale
Superficie utile climatizzata (m^2)	1080
Volume netto climatizzato (m^3)	3600
Ventilazione meccanica	No
Ricambi orari (vol/h)	0,5
S/V	0.43
Involucro esterno e partizioni opache	
PARETE PERIMETRALE	
Descrizione	Parete in laterizio con rivestimento a cappotto
Superficie totale elemento (m^2)	705
Trasmittanza termica (W/m^2K)	0.35
Trasmittanza termica periodica (W/m^2K)	0.063
COPERTURA	
Descrizione	Copertura in latero-cemento piana
Superficie totale elemento (m^2)	360
Trasmittanza termica (W/m^2K)	0.23
Trasmittanza termica periodica (W/m^2K)	0.115
Albedo	0.13
SOLAIO INFERIORE	
Descrizione	Solaio in latero-cemento su vespaio
Superficie totale elemento (m^2)	360
Trasmittanza termica (W/m^2K)	0.23

SOLAIO INTERPIANO	
Descrizione	Solaio in latero-cemento
Superficie totale elemento (m^2)	360
Trasmittanza termica (W/m^2K)	0.23
SERRAMENTI	
Descrizione	Finestre verticali in legno con vetrocamera 4/12/4 con aria
Superficie totale elemento (m^2)	135
Trasmittanza termica (W/m^2K)	2.1
Sistemi di oscuramento	Frangisole esterni a lamelle orizzontali inclinabili (lato sud) Frangisole esterni a lamelle verticali inclinabili (lato est e ovest)
Impianto di riscaldamento	
Combustibile	Metano
Sistema di generazione	Caldaia a condensazione
Sistema di distribuzione	Tubazioni verticali in parete esterna isolata
Sistema di regolazione	Modulabile per singolo ambiente
Sistema di emissione	Pannelli radianti a pavimento
Impianto di raffrescamento	
Combustibile	Energia elettrica
Fluido termovettore	Acqua
Sistema di generazione	Pompa di calore
Efficienza del sistema di generazione (EER)	3.60
Sistema di emissione	Pannelli radianti a pavimento
Impianto di ACS – solare termico	
Tipologia collettore	Vetrato
Inclinazione (°)	30
Azimut da direzione sud (°)	20
Superficie captante dei collettori (m^2)	15
Impianto solare fotovoltaico	
Tipologia moduli	Silicio policristallino
Efficienza dei moduli (%)	14
Inclinazione (°)	30
Azimut da direzione sud (°)	20
Superficie captante dei collettori (m^2)	15
Impianto recupero acqua piovana	
Descrizione	Sistema di recupero acqua piovana dai tetti con cisterna di accumulo interrata nel giardino
Superficie captante 1 (m^2)	Coperture (360 m^2)
Materiale superficie captante 1	Tetto piano ghiaioso
Volume serbatoio di accumulo (m^3)	9 m^3

Spazi esterni			
SUPERFICIE ESTERNA 1			
Descrizione	Prato in terra piena	Superficie (m^2)	500
SUPERFICIE ESTERNA 2			
Descrizione	Materiale sciolto (pietrisco)	Superficie (m^2)	220
SUPERFICIE ESTERNA 3			
Descrizione	Elementi autobloccanti in cls su fondo in sabbia e sottofondo in ghiaia	Superficie (m^2)	400
SUPERFICIE ESTERNA 4			
Descrizione	Elementi grigliati/alveolari in cls posato a secco, con riempimento di terreno vegetale	Superficie (m^2)	500
SUPERFICIE ESTERNA 5			
Descrizione	Pavimentazioni continue scure posate su battuto di cemento	Superficie (m^2)	300
SUPERFICIE ESTERNA 6			
Descrizione	Specchio d'acqua	Superficie (m^2)	20

Criterio 1.1: Trasmittanza termica dell'involucro edilizio

La trasmittanza termica indica la capacità dell'involucro di resistere al passaggio del calore dall'interno all'esterno e viceversa.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Ridurre il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale
Indicatore di prestazione: Rapporto percentuale tra la trasmittanza media di progetto degli elementi di involucro (U_m) e la trasmittanza media corrispondente ai valori limite di legge (U_{lim})
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:

- Step 1. Calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro U_m (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate, pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno, chiusure trasparenti) secondo la procedura descritta di seguito (B):
  - calcolare la trasmittanza termica di ogni elemento di involucro (UNI EN 6946 e UNI EN ISO 10077-1);
  - verificare la trasmittanza termica delle pareti fittizie degli elementi di involucro opaco
  - calcolare la trasmittanza termica lineare dei ponti termici (UNI EN ISO 14683);
  - calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro con la seguente formula:

$$[\Sigma(A_{ci}*U_{ci}) + \Sigma(A_{fi}*U_{fi}) + \Sigma(L_i*\psi_i) + \Sigma(A_{wi}*U_{wi})] / [\Sigma(A_{ci}) + \Sigma(A_{fi}) + \Sigma(A_{wi})]$$

dove:
A_{ci} = area corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
U_{ci} = trasmittanza termica media della parete corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^2K)
A_{fi} = area fittizia dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
U_{fi} = trasmittanza termica media della parete fittizia dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^2K)
L_i = lunghezza del ponte termico i-esimo, dove esiste (m)
ψ_i = trasmittanza termica lineare del ponte termico i-esimo, dove esiste (W/mK)
A_{wi} = area dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (m^2)
U_{wi} = trasmittanza termica media dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (W/m^2K)

- Step 2. Calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge $U_{m,lim}$ secondo la procedura descritta di seguito:
  - verificare il valore limite di legge della trasmittanza termica di ogni elemento di involucro;
  - calcolare la trasmittanza termica media corrispondente ai valori limite di legge degli elementi di involucro (U_{lim}) con la seguente formula (A):

$$[\Sigma(A_{ci}*U_{c,lim}) + \Sigma(A_{fi}*U_{c,lim}*1.15) + \Sigma(A_{wi}*U_{w,lim})] / [\Sigma(A_{ci}) + \Sigma(A_{fi}) + \Sigma(A_{wi})]$$

dove:
A_{ci} = area corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
$U_{c,lim}$ = trasmittanza termica limite della parete corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^2K)
A_{fi} = area fittizia dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
A_{wi} = area dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (m^2)
$U_{w,lim}$ = trasmittanza termica limite dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (W/m^2K)

- Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra la trasmittanza termica media degli elementi di involucro (B) e la trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge (A): B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro Um (B)

- Calcolare la trasmittanza termica di tutti i componenti di involucro (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate, pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno, chiusure trasparenti) secondo la metodologia descritta nella norma UNI EN ISO 6946:2008 per i componenti opachi e secondo la metodologia descritta nella norma UNI EN ISO 10077-1:2007 per i componenti trasparenti e le porte.
- Verificare la seguente formula:

$$\frac{U_{fi}}{U_{ci}} \leq 1.15$$

dove:
U_{fi}= trasmittanza termica della parete fittizia (W/m^{2}K);
U_{ci}= trasmittanza termica della parete corrente (W/m^{2}K).

- Se la formula è verificata, considerare separatamente i contributi della parete corrente e della parete fittizia:

  $U_{ci} \cdot A_{ci}$ (parete corrente)
  $U_{fi} \cdot A_{fi}$ (parete fittizia)

- Se la formula non è verificata considerare separatamente i contributi della parete corrente e quelli dei ponti termici determinandone la lunghezza e il rispettivo coefficiente di trasmissione termica lineica Ψ secondo la metodologia descritta dalla norma UNI EN ISO 14683:2008:

  $A_{ci} \cdot U_{ci}$ (parete corrente)
  $\psi_i \cdot L_i$ (ponte termico)

  In questo caso non si considerano i contributi delle pareti fittizie.

- Calcolare la trasmittanza termica media dell'involucro secondo la formula seguente:

$$U_m = \frac{\sum(A_{ci} \cdot U_{ci}) + \sum(A_{fi} \cdot U_{fi}) + \sum(L_i \cdot \Psi_i) + \sum(A_{wi} \cdot U_{wi})}{\sum(A_{ci}) + \sum(A_{fi}) + \sum(A_{wi})}$$

dove:
A_{ci} = area corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
U_{ci} = trasmittanza termica della parete corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^{2}K)
A_{fi} = area fittizia dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
U_{fi} = trasmittanza termica della parete fittizia dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^{2}K)
L_i= lunghezza del ponte termico i-esimo, dove esiste (m)
ψ_i = trasmittanza termica lineare del ponte termico i-esimo, dove esiste (W/mK)
A_{wi} = area dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (m^2)
U_{wi} = trasmittanza termica dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (W/m^{2}K)

Esempio applicativo

Elemento	*U progetto* W/m^2K	*Area* m^2	*Ψ* *W/mK*	*L* *m*	*Prodotto*
Copertura	0.32	360	-	-	115.2
Pavimento	0.33	360	-	-	118.8
Chiusure verticali opache (parete corrente)	0.35	670	-	-	234.5
Chiusure verticali opache (parete fittizia)	0.43	35	-	-	Si considera nei ponti termici perché 0.43>(1.15*0.35)
Finestre	2.1	135	-	-	283.5
Ponti termici chiusure verticali opache	-	-	0.4	84	33.6
Totale		**1560**			**785.6**

$$U_m = \frac{785.6}{1560} = \mathbf{0.50\ W/m^2K}$$

Step 2. Calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge Um,lim (A)

- Selezionare, in relazione alla zona climatica e al tipo di componente, il valore di trasmittanza limite di legge dell'elemento considerato.
  Nella tabella seguente vengono riportati i valori limite di legge per componenti opache e trasparenti di involucro per ogni zona climatica previsti dal DLgs 311/06.

	Strutture opache verticali	Coperture Orizzontali o inclinate	Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno	Chiusure trasparenti comprensive di infissi
A	0.62	0.38	0.65	4.6
B	0.48	0.38	0.49	3.0
C	**0.40**	**0.38**	**0.42**	**2.6**
D	0.36	0.32	0.36	2.4
E	0.34	0.30	0.33	2.2
F	0.33	0.29	0.32	2.0

- Successivamente calcolare il valore di trasmittanza termica media dei componenti dell'involucro limite (U_{lim}) mediante la formula seguente:

$$U_{\lim} = \frac{\sum(A_{ci} \cdot U_{c\lim}) + \sum(A_{fi} \cdot U_{f\lim} \cdot 1.15) + \sum(A_{wi} \cdot U_{w\lim})}{\sum(A_{ci}) + \sum(A_{fi}) + \sum(A_{wi})}$$

dove:
A_{ci} = area corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
$U_{c,lim}$ = trasmittanza termica limite della parete corrente dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^2K)
A_{fi} = area fittizia dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
A_{wi} = area dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (m^2)
$U_{w,lim}$ = trasmittanza termica limite dell'elemento d'involucro trasparente (W/m^2K)

Esempio applicativo

Elemento	*U limite* W/m^2K	*Area* m^2	*Maggiorazione ponti termici*	*Prodotto*
Copertura	0.38	360	-	136.8
Pavimento	0.42	360	-	151.2
Chiusure verticali opache (parete corrente)	0.40	670	-	268
Chiusure verticali opache (parete fittizia)	0.40	35	1.15	16.1
Finestre	2.6	135	-	351
Totale		**1560**		**923.1**

$$U_{m,\lim} = \frac{923.1}{1560} = \mathbf{0.59\ W/m^2K}$$

Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra la trasmittanza termica media di progetto degli elementi di involucro (B) e la trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge (A)

- Calcolare il rapporto fra il valore U_m dell'edificio da valutare (ottenuto allo Step 1) e il valore $U_{m,lim}$ dell'edificio con valori di trasmittanza limite (ottenuto allo Step 2) ed esprimerlo in percentuale.

$$Indicatore = \frac{U_m}{U_{m,\lim}} \cdot 100$$

dove:
U_m = trasmittanza termica media dell'involucro dell'edificio da valutare [W/m^2K]
$U_{m,lim}$ = trasmittanza termica media dell'involucro di riferimento [W/m^2K].

Esempio applicativo

U_m = 0.50 W/m^2K
$U_{m.lim}$ = 0.59 W/m^2K

$$Indicatore = \frac{0.50}{0.59} \cdot 100 = \mathbf{84.7\ \%}$$

Strategie di riferimento

Riduzione della trasmittanza termica dei componenti di involucro

Il contenimento della trasmittanza termica dell'involucro edilizio può essere effettuata adottando componenti opachi e trasparenti a basso valore di trasmittanza U. Dal punto di vista legislativo, il DLgs 311/06 fissa i limiti massimi di trasmittanza termica U per tutte le tipologie di componente di involucro.
Per quanto riguarda i componenti di involucro opachi è raccomandabile:

- definire una strategia complessiva di isolamento termico (isolamento concentrato o ripartito, struttura leggera o pesante, facciata ventilata tradizionale, facciata ventilata "attiva", ecc.);
- scegliere il materiale isolante e il relativo spessore, tenendo conto delle caratteristiche di conduttività termica, permeabilità al vapore, comportamento meccanico (resistenza e deformazione sotto carico), compatibilità ambientale (in termini di emissioni di prodotti volatili e fibre, possibilità di smaltimento, ecc.);
- verificare la possibilità di condensa interstiziale e posizionare se necessario una barriera al vapore.

Per quanto riguarda i componenti vetrati è raccomandabile:

- non impiegare vetri semplici ma vetro camere se possibile basso-emissivi o speciali (con intercapedine d'aria multipla realizzata con pellicole, con intercapedine riempita con gas a bassa conduttività, con materiali isolanti trasparenti, ecc.);
- utilizzare telai in metallo con taglio termico, in PVC, in legno;
- isolare termicamente il cassonetto porta-avvolgibile.

Riduzione dei ponti termici.

La presenza dei ponti termici è determinata dalla presenza di disomogeneità materiche e geometriche nell'involucro opaco. In particolare le disomogeneità di tipo materico sono relative all'interruzione localizzata dello strato isolante. Per quanto riguarda la limitazione dei ponti termici è raccomandabile:

- limitare l'utilizzo di elementi aggettanti (balconi, coperture, ecc.);
- posizionare le finestre a filo con lo strato isolante;
- evitare l'interruzione dell'isolamento in corrispondenza degli elementi strutturali.

Criterio 1.2: Energia netta per il riscaldamento

Il fabbisogno di energia netta per il riscaldamento rappresenta la quantità teorica minima necessaria per riscaldare l'edificio durante la stagione invernale.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro
Indicatore di prestazione: Rapporto percentuale tra il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento (Q_h) e il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento corrispondente alla tipica pratica costruttiva ($Q_{h,lim}$)
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:

- Step 1. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento (Q_h) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (B);
- Step 2. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento ($Q_{h,lim}$) corrispondente alla tipica pratica costruttiva (A);
- Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento dell'edificio da valutare (B) e il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento corrispondente alla tipica pratica costruttiva (A):
  - B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento (Qh) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (B)

- Calcolare il fabbisogno di energia netta per il riscaldamento sulla base della procedura descritta dalla norma UNI TS 11300:2008.
  Il fabbisogno di energia netta per il riscaldamento è dato dalla seguente formula:

$$Q_h = \frac{(Q_{htr} + Q_{hve}) - \eta_{Hgn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})}{S_{risc}}$$

dove:
Q_{htr} = scambio termico per trasmissione [kWh]
Q_{hve} = scambio termico per ventilazione [kWh]
η_{Hgn} = fattore di utilizzazione degli apporti termici [-]
Q_{int} = apporti termici interni [kWh]
Q_{sol} = apporti termici solari [kWh]
S_{risc} = superficie netta di pavimento riscaldata [m^2]

Per il calcolo dei singoli parametri che compongono la formula si rimanda alle indicazioni specifiche della norma UNI TS 11300:2008.

Esempio applicativo:

Superficie utile:	1080	m^2
Q_{htr}:	28745	kWh
Q_{hve}:	23567	kWh
η_{Hqe}:	0.79	
Q_{int}:	19976	kWh
Q_{sol}:	7128	kWh

Fabbisogno di energia netta per il riscaldamento:

$$Q_h = \frac{(28745 + 23567) - 0.79 \cdot (19976 + 7128)}{1080} = \mathbf{28.6\ kWh/m^2}$$

Step 2. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento (Qh,lim) corrispondente alla tipica pratica costruttiva (A)

Per calcolare il fabbisogno limite di energia netta per il riscaldamento occorre procedere come segue:

- Determinare il valore S/V di riferimento dell'edificio nel seguente modo:
  - Rapporto S/V: il valore V corrisponde al volume netto riscaldato dell'edificio, mentre il valore S corrisponde alla superficie che racchiude interamente il volume riscaldato;
- Determinare i valori limite di Qh_{lim} in relazione alla zona climatica di appartenenza e al valore effettivo di S/V dell'edificio secondo la seguente formula:

$$Q_{h,\lim} = \left[\frac{(Q_{h,0.9} - Q_{h,0.35})}{(0.9 - 0.35)} \cdot SV_{ed} \right] + Q_{h,0.35}$$

dove:
$Q_{h,lim}$ = fabbisogno di energia netta per il riscaldamento limite per l'edificio [kWh/m^2];
$Q_{h,0.9}$ = fabbisogno di energia netta per il riscaldamento limite per la zona climatica di appartenenza per edifici con S/V pari a 0.9 (da ricavarsi dalla scheda del criterio) [kWh/m^2];
$Q_{h,0.35}$ = fabbisogno di energia netta per il riscaldamento limite per la zona climatica di appartenenza per edifici con S/V pari a 0.35 [kWh/m^2];
SV_{ed} = rapporto S/V dell'edificio oggetto di valutazione [-].

Esempio applicativo

Provincia:	Bari
Zona climatica:	C
Rapporto S/V	0.43
$Qh_{0.9}$	34,9 kWh/m^2
$Qh_{0.35}$	10,1 kWh/m^2

Fabbisogno limite di energia netta per il riscaldamento

$$Q_{h,\lim} = \left[\frac{(34.9 - 10.1)}{(0.9 - 0.35)} \cdot 0.43 \right] + 10.1 = \mathbf{29.5\ kWh/m^2}$$

Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento dell'edificio (B) e il fabbisogno annuo di energia netta per il riscaldamento corrispondente alla tipica pratica costruttiva (A)

- Calcolare il rapporto fra il valore Q_h (ottenuto allo Step 2) dell'edificio da valutare e il valore $Q_{h,lim}$ (ottenuto allo Step 3) dell'edificio modello ed esprimerlo in percentuale.

$$Indicatore = \frac{Qh}{Qh_{lim}} \cdot 100$$

dove:
Q_h = fabbisogno di energia netta per il riscaldamento dell'edificio da valutare [kWh/m^2]
$Q_{h,lim}$ = fabbisogno di energia netta limite per il riscaldamento [kWh/m^2].

Esempio applicativo

Q_h = 28.6 kWh/m^2
$Q_{h.lim}$ = 29.5 kWh/m^2

$$Indicatore = \frac{28.6}{29.5} \cdot 100 = \mathbf{96.9\ \%}$$

Strategie di riferimento

Il fabbisogno di energia netta per il riscaldamento è determinato da 3 contributi principali:
- fabbisogno per trasmissione attraverso l'involucro
- fabbisogno per la ventilazione degli ambienti
- apporti gratuiti interni e solari

Le strategie di riferimento devono quindi mirare al contenimento delle quote di fabbisogno per trasmissione attraverso l'involucro e per ventilazione e alla massimizzazione degli apporti gratuiti interni e solari.

Riduzione del fabbisogno per trasmissione

La quota di fabbisogno attraverso l'involucro edilizio può essere ridotta adottando componenti opachi e vetrati a basso valore di trasmittanza termica U. Per questi elementi lo standard di riferimento minimo da rispettare è rappresentato dai valori limite di trasmittanza termica stabiliti dal DLgs 311/06, pertanto le strategie specifiche per queste tipologie di componenti sono le stesse illustrate nella scheda 1.1.

Riduzione del fabbisogno per ventilazione

La quota di fabbisogno di ventilazione è determinato in relazione alla tipologia di ventilazione adottata: naturale, meccanica. Per quanto riguarda la ventilazione naturale, il fabbisogno è determinato da un coefficiente standard di ricambio d'aria (0.34 vol.aria/h) secondo la norma UNI TS 11300, per cui non possono essere applicate strategie progettuali migliorative specifiche.
Per la ventilazione meccanica è possibile invece ottimizzare il dimensionamento dell'impianto e il numero di ricambi d'aria orari in funzione del volume dell'ambiente da ventilare: l'obiettivo è di minimizzare il numero di ricambi d'aria orari.
Quindi è consigliabile l'utilizzo della ventilazione meccanica qualora, a parità di qualità dell'aria fornita, il numero di ricambi di aria sia minore rispetto a quello previsto dalla normativa per la ventilazione naturale (0.34 vol.aria/h).

Massimizzazione degli apporti interni

Il contributo derivante da apporti gratuiti interni è determinato dal numero di persone presenti nell'edificio. In particolare il rapporto tra il numero di persone presenti nell'edificio e la relativa superficie, influenza in modo positivo gli apporti interni. Pertanto è consigliabile, qualora possibile, di ottimizzare l'estensione della superficie utile e del volume all'interno dell'involucro termico, evitando il sovradimensionamento degli ambienti sia in superficie che in altezza.

Massimizzazione degli apporti solari

Il contributo derivante da apporti gratuiti solari è connesso all'orientamento dell'edificio e all'irraggiamento incidente sulle superfici opache e trasparenti durante il periodo invernale, quando l'inclinazione dei raggi solari è minore (circa 25-28° sull'orizzonte). L'obiettivo principale è quello di intercettare la maggiore quantità di radiazione solare possibile, in particolare attraverso gli elementi trasparenti, al fine di massimizzare gli apporti solari. Pertanto è consigliabile:

- collocare la maggior parte delle superfici trasparenti il più possibile in direzione Sud;
- minimizzare gli aggetti orizzontali e verticali dell'edificio che possono creare ombreggiamento sugli elementi trasparenti durante il periodo invernale (in particolare balconi, logge, coperture, porticati);
- collocare l'edificio in modo tale da limitare le zone d'ombra causate da edifici adiacenti;
- evitare alberature sempreverdi che bloccano la radiazione solare anche d'inverno negli spazi aperti rivolti a sud;
- minimizzare la quota della superficie del telaio presente nei serramenti.

Anche gli elementi opachi contribuiscono allo sfruttamento degli apporti solari. In particolare il colore delle superfici esterne influenza la quantità di irradiazione solare assorbita perché determina il coefficiente di assorbimento della radiazione solare. La strategia principale è quindi quella di utilizzare finiture esterne di colore scuro che assicurano un coefficiente di assorbimento della radiazione solare maggiore.

Criterio 1.3: Energia primaria per il riscaldamento

L'energia primaria per il riscaldamento rappresenta l'energia globale, inclusa l'energia usata per generare l'energia fornita ed il suo trasporto fino all'edificio, per riscaldarlo durante la stagione invernale.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Ridurre i consumi di energia primaria per il riscaldamento.
Indicatore di prestazione: Rapporto tra energia primaria annua per il riscaldamento (EP_i) e energia primaria limite prevista dal DLgs 311/06 ($EP_{i,lim}$)
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:
- Step 1. Calcolare il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento (EP_i) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (B);
- Step 2. Calcolare il fabbisogno di energia primaria limite per il riscaldamento ($EP_{i,lim}$) prevista dal DLgs 311/06 sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (A);
- Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra energia primaria per il riscaldamento dell'edificio da valutare (B) ed energia primaria limite (A) prevista dal DLgs 311/06:
  - B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento (EPi) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008

- Calcolare il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento sulla base della procedura descritta dalla norma UNI TS 11300:2008.
  Il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento è dato dalla seguente formula:

$$E_{pi} = \frac{\sum (Q_{H,c,i} \cdot f_{p,i}) + [(Q_{H,aux} - Q_{el,\exp}) \cdot f_{p,el}]}{S_{risc}}$$

dove:
$Q_{H,c,i}$ = fabbisogno di energia utile per il riscaldamento ottenuto da ciascun vettore energetico utilizzato [kWh]
$f_{p,i}$ = fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico [-]
$Q_{H,aux}$ = fabbisogno di energia elettrica utile per ausiliari degli impianti di riscaldamento [kWh]
$Q_{el,exp}$ = energia elettrica utile esportata dal sistema (da solare fotovoltaico, cogenerazione) [kWh]
$f_{p,el}$ = fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica [2.60 kWh/kWh]
S_{risc} = superficie netta di pavimento riscaldata [m^2]

N.B. Il fabbisogno di energia utile di qualsiasi tipo di impianto (Q_H) si calcola mediante la formula seguente:

$$\sum Q_H = \sum \frac{Q_{hi}}{\eta_{Hgi} \cdot \eta_{Hdi} \cdot \eta_{Hri} \cdot \eta_{Hei}}$$

dove:
Q_{hi} = fabbisogno di energia netta per il riscaldamento ottenuto da ciascun vettore energetico utilizzato [kWh]
η_{Hgi} = rendimento di generazione dell'impianto di riscaldamento (o ausiliario di riscaldamento) i-esimo [-]
η_{Hdi} = rendimento di distribuzione dell'impianto di riscaldamento (o ausiliario di riscaldamento) i-esimo [-]
η_{Hri} = rendimento di regolazione dell'impianto di riscaldamento (o ausiliario di riscaldamento) i-esimo [-]
η_{Hei} = rendimento di emissione dell'impianto di riscaldamento (o ausiliario di riscaldamento) i-esimo [-]

Esempio applicativo

Fabbisogno energia netta per il riscaldamento:	30800 kWh
Rendimento di generazione:	0.93
Rendimento di distribuzione:	0.95
Rendimento di regolazione:	0.94
Rendimento di emissione:	0.92
Combustibile:	metano
Impianto fotovoltaico:	non presente
Sistema di cogenerazione:	non presente
Superficie netta riscaldata:	1080 m^2
Energia per ausiliari degli impianti di riscaldamento:	1000 kWh

Fabbisogno di energia utile dell'impianto di riscaldamento:

$$Q_h = \frac{30800}{0.93 \cdot 0.95 \cdot 0.94 \cdot 0.92} = 40311 \text{ kWh}$$

Fabbisogno di energia primaria dell'impianto di riscaldamento:

$$E_{pi} = \frac{(40311 \cdot 1) + [(1000 - 0) \cdot 2.60]}{1080} = \mathbf{39.73\ kWh/m^2}$$

Per ulteriori approfondimenti nel calcolo del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento si rimanda alle indicazioni specifiche della norma UNI TS 11300:2008.

Step 2. Calcolare il fabbisogno di energia primaria limite per il riscaldamento (EPi,lim) prevista dal DLgs 311/06 sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008

Per calcolare il fabbisogno limite di energia primaria per il riscaldamento occorre utilizzare le indicazioni contenute nell'Allegato C del DLgs 311/06.

- Determinare i valori S/V e il numero di Gradi Giorno (GG) di riferimento dell'edificio nel seguente modo:
  - Rapporto S/V: il valore V corrisponde al volume netto riscaldato dell'edificio, mentre il valore S corrisponde alla superficie che racchiude interamente il volume riscaldato;
  - Gradi Giorno (GG): valore dei gradi giorno del comune di ubicazione dell'edificio da ricavarsi dal DPR 412/93.
- Successivamente:
  - determinare i valori limite di EP_i (per rapporti S/V pari a 0.2 e 0.9) in relazione al valore effettivo di GG dell'edificio secondo la seguente formula:

$$E_{p,0.2} = \left[\left(\frac{E_{P,0.2,\max} - E_{P,0.2,\min}}{GG_{\max} - GG_{\min}} \right) \cdot (GG_{ed} - GG_{\min}) \right] + E_{P,0.2,\min}$$

dove:
$EP_{0.2max}$ = energia primaria massima per la zona climatica dell'edificio per rapporti S/V= 0.2 [kWh/m^2]
$EP_{0.2min}$ = energia primaria minima per la zona climatica dell'edificio per rapporti S/V= 0.2 [kWh/m^2]
GG_{max} = gradi giorno massimi per la zona climatica dell'edificio [°C]
GG_{min} = gradi giorno minimi per la zona climatica dell'edificio [°C]
GG_{ed} = gradi giorno effettivi per il comune di riferimento dell'edificio [°C]

$$EP_{0.9} = \left[\left(\frac{EP_{0.9,\max} - EP_{0.9,\min}}{GG_{\max} - GG_{\min}} \right) \cdot (GG_{ed} - GG_{\min}) \right] + EP_{0.9,\min}$$

dove:
$EP_{0.9max}$ = energia primaria massima per la zona climatica dell'edificio per rapporti S/V= 0.9 [kWh/m^2]

$EP_{0.9min}$ = energia primaria minima per la zona climatica dell'edificio per rapporti S/V= 0.9 [kWh/m^2]
GG_{max} = gradi giorno massimi per la zona climatica dell'edificio [°C]
GG_{min} = gradi giorno minimi per la zona climatica dell'edificio [°C]
GG_{ed} = gradi giorno effettivi per il comune di riferimento dell'edificio [°C]

- Determinare il valore limite di $EP_{i,lim}$ in relazione al rapporto S/V dell'edificio secondo la seguente formula:

$$EP_{l,im} = \left[\left(\frac{EP_{GG,0.9} - EP_{GG,0.2}}{0.9 - 0.2}\right) \cdot (SV_{ed} - 0.2)\right] + EP_{GG,0.2}$$

dove:
$EP_{GG,0.9}$ = energia primaria riferita al numero di gradi giorno dell'edificio, per rapporti S/V= 0.9 [-]
$EP_{GG,0.2}$ = energia primaria riferita al numero di gradi giorno dell'edificio, per rapporti S/V= 0.2 [-]
SV_{ed} = rapporto S/V dell'edificio [-]

N.B. Se l'edificio presenta un rapporto S/V minore di 0.2 si assume come valore S/V di calcolo 0.2, mentre se il rapporto S/V dell'edificio è maggiore di 0.9, si assume come valore S/V di calcolo 0.9.

Esempio applicativo

Zona climatica:	C
Rapporto S/V	0.43
Numero di gradi giorno	1185

Valore EP_{lim} minimo per numero di gradi giorno pari a 1185:

$$EP_{0.2} = \left[\left(\frac{21.3 - 12.8}{1400 - 901}\right) \cdot (1185 - 901)\right] + 12.8 = 17.6 \text{ kWh/m}^2$$

Valore EP_{lim} massimo per numero di gradi giorno pari a 1185:

$$EP_{0.9} = \left[\left(\frac{68 - 48}{1400 - 901}\right) \cdot (1185 - 901)\right] + 48 = 59.4 \text{ kWh/m}^2$$

Valore EP_{lim} per l'edificio:

$$EP_{i,im} = \left[\left(\frac{59.4 - 17.6}{0.9 - 0.2}\right) \cdot (0.43 - 0.2)\right] + 17.6 = \mathbf{31.4 \text{ kWh/m}^2}$$

Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra energia primaria per il riscaldamento dell'edificio da valutare (B) ed energia primaria limite (A) prevista dal DLgs 311/06

- Calcolare il rapporto fra il valore EP_i (ottenuto allo Step 1) dell'edificio da valutare e il valore $EP_{i,lim}$ (ottenuto allo Step 2) dell'edificio modello ed esprimerlo in percentuale:

$$Indicatore = \frac{EP_i}{EP_{i\,lim}} \cdot 100$$

dove:
EP_i = fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento dell'edificio da valutare [kWh/m^2]
$EP_{i,lim}$ = fabbisogno di energia primaria limite per il riscaldamento [kWh/m^2].

Esempio applicativo

EPi= 37.3 kWh/m^2
EPi$_{lim}$ = 30.4 kWh/m^2

$$Indicatore = \frac{37.3}{30.4} \cdot 100 = \mathbf{122.6\ \%}$$

Strategie di riferimento

Il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento dell'edificio è determinato da due fattori:
- fabbisogno di energia netta per il riscaldamento;
- rendimento globale medio stagionale dell'impianto di riscaldamento.

Riduzione del fabbisogno di energia netta per il riscaldamento.

Per le strategie inerenti al fabbisogno di energia netta per il riscaldamento si veda la scheda 1.2.

Ottimizzazione del rendimento dell'impianto di riscaldamento.

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto di riscaldamento è dato dal contributo dei sistemi di generazione, distribuzione, regolazione ed accumulo. In tutti i sistemi l'obiettivo è di massimizzare il rendimento specifico.
Per quanto riguarda i sistemi di generazione sono oggi disponibili sul mercato generatori di calore a combustione ad elevata efficienza, appartenenti alle seguenti categorie:
- generatori tradizionali ad alto rendimento (rendimento a massimo carico >0,9);
- generatori a temperatura scorrevole (in grado cioè di produrre acqua calda a temperatura variabile in funzione della domanda da parte delle utenza);
- generatori a condensazione (possono realizzare rendimenti di combustione, riferiti al p.c.i., superiori all'unità, grazie al recupero del calore latente di vaporizzazione dell'acqua contenuta nei fumi);
- pompe di calore elettriche (con rendimenti >3);
- pompe di calore a gas (con rendimenti >1.3).

L'incremento del rendimento di distribuzione, invece, si fonda su due presupposti:
- il contenimento delle dispersioni termiche, attraverso la coibentazione delle reti di distribuzione e la distribuzione di fluidi a temperatura contenuta;
- il contenimento dei consumi di pompaggio, attraverso il corretto dimensionamento delle reti e, dove tecnicamente raccomandabile, l'adozione di sistemi di pompaggio a portata variabile.

Per quanto riguarda il rendimento di emissione, esso dipende dal posizionamento e dal tipo di terminali nei locali riscaldati:
- per elementi diffusi (superfici radianti) è preferibile collocarle su una partizione interna all'involucro termico oppure, nel caso ciò non fosse possibile, di isolare termicamente i terminali dall'esterno;
- per elementi puntuali (radiatori, ventilconvettori, ecc.) è preferibile collocarli su una partizione interna all'involucro termico oppure, nel caso ciò non fosse possibile, di schermarli dall'esterno termicamente con uno strato riflettente.

Il rendimento di regolazione dipende dall'efficacia dei sistemi di controllo adottati. La gerarchia funzionale di tali sistemi prevede, in ordine crescente di efficienza:
- regolazione centrale di tipo climatico (modulazione della temperatura di mandata del fluido termovettore in funzione della temperatura esterna);
- regolazione di zona (possibile con sistemi di distribuzione del fluido del tipo monotubo o a collettori complanari);
- regolazione locale con valvole termostatiche sui terminali.

Si raccomanda inoltre, ove possibile, l'adozione di:
- sistemi centralizzati di telegestione o supervisione;
- contabilizzazione di consumi di energia termica per ciascuna unità immobiliare.
- l'adozione di impianti a bassa temperatura (ad es. impianti a pannelli radianti), che garantiscono ottime prestazioni dal punto di vista energetico e del comfort a condizione che l'edificio sia dotato di una

sufficiente coibentazione termica, permette di ottenere buona parte degli obiettivi sopra citati: si accoppia infatti in modo ottimale a generatori ad elevata efficienza energetica (caldaie a condensazione, pompe di calore, ecc.) e garantisce elevati rendimenti di distribuzione e di emissione.

Non è invece raccomandata l'adozione di sistemi di riscaldamento autonomo.

Criterio 1.4: Penetrazione diretta della radiazione solare

La penetrazione diretta della radiazione solare permette di valutare l'efficacia dell'orientamento per massimizzare, nel periodo invernale, gli apporti solari in ingresso dagli elementi di involucro trasparente.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno
Indicatore di prestazione: Rapporto percentuale tra l'area delle superfici soleggiate dalle ore 11 alle ore 13 del 21/12 e il totale delle superfici dell'edificio illuminate naturalmente
Unità di misura:-

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:

- Step 1: Verificare, per ogni ambiente, l'ingresso continuo della radiazione solare dalle ore 11 alle ore 13 del giorno 21/12 attraverso uno strumento specifico (simulazione dinamica, carte solari, maschere di ombreggiamento...) considerando l'eventuale ombreggiamento dovuto ad ostruzioni esterne all'edificio;
- Step 2: Calcolare l'area totale degli ambienti dell'edificio interessati dalla penetrazione diretta della radiazione solare dalle ore 11 alle ore 13 del giorno 21/12 (B);
- Step 3: Calcolare l'area totale degli ambienti dell'edificio illuminate naturalmente (A);
- Step 4: Calcolare il rapporto percentuale tra l'area delle superfici soleggiate dalle ore 11 alle ore 13 del 21/12 (B) e il totale delle superfici dell'edificio illuminate naturalmente (A):
  B/A *100

Guida alla verifica

Step 1. Verificare l'ingresso continuo della radiazione solare dalle ore 11 alle ore 13 del giorno 21/12

- Considerare gli ambienti principali[1] dell'edificio dotati di finestre e/o lucernai;
- Verificare, negli ambienti precedenti, la penetrazione della radiazione solare diretta.
  Perché vi sia l'ingresso continuo della radiazione solare dalle ore 11 alle ore 13 del giorno 21/12 occorre:
  - verificare che l'azimut misurato dalla direzione Sud delle superfici trasparenti dell'ambiente sia compreso tra –60° e +60°. Al contrario, l'ambiente non potrà mai ricevere irraggiamento solare diretto al 21/12;
  - verificare l'assenza di ombreggiamento totale delle superfici trasparenti dovute ad aggetti ed ostacoli esterni (edifici e vegetazione) nei seguenti orari del 21/12:
    - 11.00
    - 11.30
    - 12.00
    - 12.30
    - 13.00

[1] Si considerano ambienti principali quelli destinati alla presenza continuativa delle persone. Indicativamente possono essere assimilati a tali gli ambienti ritenuti "abitabili" (cucina, soggiorno, studio, camere da letto, ecc.) purchè caratterizzati dalla superficie utile minima indicata dalla legislazione vigente. Non vengono considerati ambienti principali: bagni, corridoi, ripostigli, lavanderie, garage anche se dotati di finestre e/o lucernai.

Esempio applicativo

Ambiente	*Azimut*	*Presenza di ombreggiamento dovuto all'azimut*	*Presenza di ombreggiamento totale delle finestre*					***Presenza di ombreggiamento totale delle finestre***
			11.00	*11.30*	*12.00*	*12.30*	*13.00*	
Soggiorno	30	No	No	No	No	No	No	**No**
Camera letto doppia	120	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**
Cucina	30	No	No	No	No	No	No	**No**
Camera letto singola	-120	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**
Studio	-150	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**

N.B. Nell'esempio sono stati omessi ambienti quali il bagno e la lavanderia in quanto, pur essendo dotati di finestre, non sono locali destinati alla presenza continuativa delle persone.

Step 2. Calcolare l'area totale degli ambienti dell'edificio interessati dalla penetrazione diretta della radiazione solare dalle ore 11 alle ore 13 del giorno 21/12

- Considerare le superfici degli ambienti principali interessati dalla penetrazione solare diretta della radiazione solare dalle 11 alle 13 del 21/12 nel seguente modo:
  - se l'ambiente soddisfa entrambe le condizioni di penetrazione della radiazione solare descritte nello Step 1, considerare, come superficie illuminata, l'intera superficie utile dell'ambiente;
  - se l'ambiente considerato non soddisfa entrambe le condizioni di penetrazione della radiazione solare descritte nello Step 1, considerare una superficie illuminata pari a 0.
- Sommare tutte le superfici dell'edificio irradiate direttamente dal Sole.

Esempio applicativo

Ambiente	*Superficie Utile* m^2	*Presenza di ombreggiamento totale delle finestre*	*Penetrazione Irradiazione solare*	***Superficie illuminata*** m^2
Soggiorno	20	No	Si	**20**
Camera letto doppia	15	Si	No	**0**
Cucina	14	No	Si	**14**
Camera letto singola	10	Si	No	**0**
Studio	12	Si	No	**0**

Superficie totale illuminata direttamente dal Sole al 21/12:

$B = 20 + 0 + 14 + 0 + 0 =$ **34 m²**

Step 3. Calcolare l'area totale degli ambienti dell'edificio illuminate naturalmente

- Considerare gli ambienti principali dotati di finestre e/o lucernai;
- Sommare tutte le superfici degli ambienti principali dell'edificio dotati di finestre e/o lucernai.

Esempio applicativo

Ambiente	*Superficie Utile* m^2
Soggiorno	20
Camera letto doppia	15
Cucina	14
Camera letto singola	10
Studio	12

Superficie totale degli ambienti principali dotati di finestre e/o lucernai:

$A = 20 + 15 + 14 + 10 + 12 = \mathbf{71\ m^2}$

Step 4. Calcolare il rapporto percentuale tra l'area delle superfici soleggiate dalle ore 11 alle ore 13 del 21/12 (B) e il totale delle superfici dell'edificio illuminate naturalmente (A)

- Calcolare il rapporto fra il valore B (ottenuto allo Step 2) e il valore A (ottenuto allo Step 3) ed esprimerlo in percentuale:

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100$$

dove:
B = superficie totale utile di pavimento degli ambienti principali illuminata direttamente dal Sole dalle ore 11 alle ore 13 del 21/12 [m^2]
A = superficie totale utile di pavimento degli ambienti principali dotata di finestre e/o lucernai [m^2].

Esempio applicativo

B= 34 m^2
A = 71 m^2

$$Indicatore = \frac{34}{71} \cdot 100 = \mathbf{47.9\ \%}$$

Strategie di Riferimento

Collocazione ottimale dell'edificio rispetto al contesto.

L'obiettivo di questa strategia è di limitare al massimo gli ombreggiamenti sull'edificio dovuti ad ostacoli esterni in direzione Sud.
Pertanto è raccomandabile:

- mantenere, ove possibile, una distanza dagli edifici confinanti rivolti a Sud maggiore di 2 volte l'altezza di questi ultimi;
- evitare il posizionamento di essenze sempreverdi di fronte alle finestre rivolte a Sud;
- evitare di collocare arredi esterni (gazebo, box auto, ecc) di fronte alle finestre rivolte a Sud.

Disposizione ottimale degli ambienti principali dotati di finestre e/o lucernai.

L'obiettivo di questa strategia è di collocare la maggior parte delle aperture in direzione Sud.
Pertanto è raccomandabile:

- orientare le finestre degli ambienti principali in direzione Sud con uno scarto massimo di 60° in azimut;
- collocare gli ambienti di servizio il più lontano possibile dalla direzione Sud.

Ottimizzazione degli aggetti dell'edificio.

L'obiettivo di questa strategia è di evitare l'ombreggiamento invernale delle finestre rivolte a Sud.

Pertanto è raccomandabile:
- sagomare i balconi e gli altri aggetti orizzontali degli ambienti principali in modo da avere un rapporto tra la distanza davanzale finestra-intradosso aggetto (misurata lungo la direzione Sud) e la sporgenza dell'aggetto, maggiore di 0.5;
- fare attenzione alle ombre portate dell'edificio se questo ha forma non rettangolare (in particolare ad "L" o a "T");
- sagomare i lucernai degli ambienti principali in modo tale da avere un rapporto tra lunghezza del serramento (misurata lungo la direzione Sud) e lo spessore totale del solaio che li sostiene, maggiore di 2.

Ottimizzazione degli elementi schermanti.

E' raccomandabile:
- prevedere elementi schermanti che permettano l'ingresso della luce naturale diretta nel periodo invernale e lo ostacolino nel periodo estivo per evitare problemi di surriscaldamento. A tal fine gli schermi devono essere posizionati all'esterno della superficie vetrata.

Inoltre:
- gli schermi mobili (veneziane, frangisole, tende…) rappresentano una valida soluzione ma sono più soggetti a problemi di manutenzione;
- gli schermi continui paralleli alla superficie vetrata (tende, veneziane…) dovrebbero consentire la vista verso l'esterno anche quando abbassati: sono adatte allo scopo veneziane microforate o tende a trama non troppo fitta.

Criterio 2.1: Controllo della radiazione solare

Il controllo della radiazione solare permette di valutare l'efficacia degli elementi di involucro trasparente dell'edificio e dei sistemi di controllo solare per la riduzione degli apporti solari nel periodo estivo.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Ridurre gli apporti solari nel periodo estivo.
Indicatore di prestazione: Trasmittanza solare totale effettiva del pacchetto finestra/schermo (gt').
Unità di misura: -.

Metodo e strumenti di verifica

Per la verifica del criterio seguire la seguente procedura:

- Step 1. Calcolare i pesi da attribuire alle esposizioni, compresa quella orizzontale, in funzione dei dati climatici riportati nella UNI 10349 e della provincia di appartenenza, mediante le seguenti formule:
  $peso_{esp,i} = Irr_{esp,i} / \Sigma(Irr_{esp,i})$
  dove:
  Irr = irradiazione solare globale di ciascuna esposizione (MJ/m²)
  NB 1) $Irr_{OR} = \Sigma(H_b+H_d)$
  dove:
  Irr_{OR}: irradiazione solare globale per l'esposizione orizzontale
  H_b: irradiazione solare diffusa sul piano orizzontale
  H_d: irradiazione solare diretta sul piano orizzontale
  L'irradiazione solare globale di ciascuna esposizione verticale va scelta in relazione all'angolo azimutale (α) che formano gli assi principali dell'edificio con l'asse NORD - SUD, misurato in senso orario, secondo la tabella seguente:

337,5<α<22,5	$Irr_{,N}$
22,5<α<67,5	$Irr_{,NE/NO}$
67,5<α<112,5	$Irr_{,E/O}$
112,5<α<157,5	$Irr_{,SE/SO}$
157,5<α<202,5	$Irr_{,S}$
202,5<α<257,5	$Irr_{,SE/SO}$
257,5<α<292,5	$Irr_{,E/O}$
292,5<α<337,5	$Irr_{,NE/NO}$;

- Step 2. Calcolare, per ciascuna esposizione verticale, i fattori di ombreggiamento medi delle finestre (F_{ov}, F_{fin}, F_{hor}) della stagione di raffrescamento* per le esposizioni verticali come descritto nella serie UNI TS 11300:2008. I fattori di ombreggiamento vanno scelti in relazione alla latitudine, all'esposizione di ciascuna superficie e all'angolo azimutale (α) che formano gli assi principali dell'edificio con l'asse NORD - SUD, misurato in senso orario, secondo la tabella seguente:

315<α<45	F_{ov}, F_{fin}, F_{hor}, N
45<α<135	F_{ov}, F_{fin}, F_{hor}, E/O
135<α<225	F_{ov}, F_{fin}, F_{hor}, S
225<α<315	F_{ov}, F_{fin}, F_{hor}, E/O;

  * Per stagione di raffrescamento si intende quella costituita dai mesi di giugno, luglio agosto e settembre.
- Step 3: Calcolare, per ciascun pacchetto finestra/schermo, il valore di trasmittanza solare totale (g_t) secondo la procedura descritta al punto 5.1 della norma UNI EN 13363-1;
- Step 4. Calcolare il fattore di riduzione per le schermature mobili ($f_{sh,with}$) medi della stagione di raffrescamento;
- Step 5. Calcolare, per ciascun pacchetto finestra/schermo, il valore di trasmittanza totale effettiva (gf) mediante la formula seguente:

  $$g_f = F_{ov}*F_{fin}*F_{hor}\ [(1-f_{sh,with})*g_g+f_{sh,\ with}*g_t]$$

dove:
F_{ov} = fattore di ombreggiamento relativo ad aggetti orizzontali;
F_{fin} = fattore di ombreggiamento relativo ad aggetti verticali;
F_{hor} = fattore ombreggiamento relativo ad ostruzioni esterne;
$f_{sh,with}$ = fattore di riduzione medio per le schermature mobili;
g_g = trasmittanza solare del vetro;
g_t= valore di trasmittanza solare totale del pacchetto finestra/schermo

- Step 6. Calcolare il valore gf medio per ciascuna esposizione mediante la seguente formula:

$$g_{f,esp}=\Sigma(g_{f,i}*A_i) / \Sigma(A_{i,esp})$$

dove:
$g_{f,i}$ = trasmittanza solare effettiva del pacchetto finestra/schermo i-esimo
A_i = area della superficie trasparente i-esima
$A_{i,esp}$ =superficie trasparente totale dell'esposizione considerata

- Step 7. Calcolare la trasmittanza solare totale effettiva dell'edificio (gf') come media dei valori calcolati per i diversi orientamenti, pesata sulle esposizioni, mediante la seguente formula:

$$gf'= \Sigma(g_{f,esp}*peso_{,esp}*A_{t,esp}) / \Sigma(A_{t,esp}*peso_{,esp})$$

dove:
$g_{f,esp}$ = trasmittanza solare effettiva per ciascuna esposizione;
$peso_{,esp}$ = peso attribuito a ciascuna esposizione;
$A_{t,esp}$ = superficie trasparente totale di ciascuna esposizione.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare i pesi da attribuire alle esposizioni, compresa quella orizzontale, in funzione dei dati climatici riportati nella UNI 10349 e della provincia di appartenenza

Il peso di ciascuna esposizione viene determinato sulla base dei dati climatici della norma UNI 10349 secondo la procedura seguente:

- Calcolare, per ogni esposizione compresa quella orizzontale, l'irradiazione solare annuale incidente secondo la formula seguente:

$$H_{tot_exp} = \sum_{giugno}^{settembre}(H_{dh} + \cdot H_{bh})$$

dove:
H_{dh} = irradiazione solare diretta mensile per l'esposizione considerata [MJ/m^2]
H_{bh} = irradiazione solare diffusa mensile per l'esposizione considerata [MJ/m^2]

- Calcolare il peso dell'esposizione considerata secondo la formula seguente:

$$peso_{,esp,i} = \frac{Irr_{esp,i}}{\sum Irr_{esp,n}}$$

dove:
$Irr_{esp,i}$ = irradiazione solare annuale incidente per l'esposizione considerata [MJ/m^2]

Esempio applicativo

Località di riferimento = Bari
Esposizioni verticali presenti nell'edificio = Nord, Sud, Est, Ovest.

Calcolo dell'irradiazione solare incidente annuale per ogni esposizione

$Irr_{,OR}$ = 204.8 MJ/m^2
Irr_{N} = 62.4 MJ/m^2
$Irr_{,S}$ = 149.0 MJ/m^2
$Irr_{,E}$ = 141.3 MJ/m^2
$Irr_{,W}$ = 141.3 MJ/m^2

Calcolo peso esposizione orizzontale:

$$peso_{OR} = \frac{204.8}{204.8+62.4+149+141.3+141.3} = 0.293 = \mathbf{29.3\%}$$

Calcolo peso esposizione nord:

$$peso_{N} = \frac{62.4}{204.8+62.4+149+141.3+141.3} = 0.089 = \mathbf{8.9\%}$$

Calcolo peso esposizioni sud:

$$peso_{S} = \frac{149}{204.8+62.4+149+141.3+141.3} = 0.213 = \mathbf{21.3\%}$$

Calcolo peso esposizione est :

$$peso_{E} = \frac{141.3}{204.8+62.4+149+141.3+141.3} = 0.202 = \mathbf{20.2\%}$$

Calcolo peso esposizione ovest :

$$peso_{W} = \frac{141.3}{204.8+62.4+149+141.3+141.3} = 0.202 = \mathbf{20.2\%}$$

L'esposizione di riferimento per il calcolo dell'irradiazione solare globale di ciascuna superficie verticale va scelta in relazione all'angolo azimutale (α) che formano gli assi principali dell'edificio con la direzione NORD, misurato in senso orario, secondo la figura riportata di seguito.

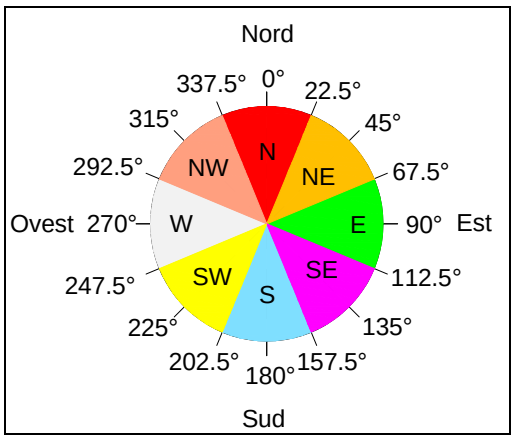


Figura 1: Schema di riferimento per la scelta dell'esposizione da considerare nel calcolo degli irraggiamenti in relazione all'angolo azimutale α (°)

Step 2. Calcolare, per ciascuna esposizione verticale, i fattori di ombreggiamento medi delle finestre (Fov, Ffin, Fhor) della stagione di raffrescamento per le esposizioni verticali come descritto nella serie UNI TS 11300:2008

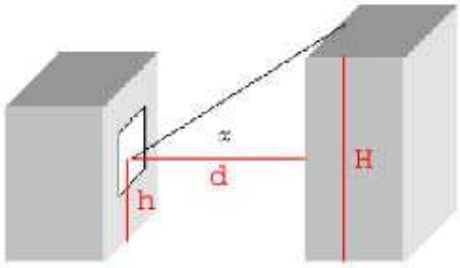
I fattori di ombreggiamento medi vanno calcolati partendo dai fattori di ombreggiamento mensili calcolati per le principali latitudini nazionali.

Ai fini del calcolo per stagione di raffrescamento si considera il periodo dell'anno solare compreso tra il 01/06 e il 30/09.

L'operazione preliminare da eseguire è la verifica della latitudine del luogo di ubicazione dell'edificio, in modo da scegliere i fattori di ombreggiamento corretti all'interno della norma UNI TS 11300-1.

Per calcolare i fattori di ombreggiamento medi occorre seguire la seguente procedura:

- Calcolare il fattore di ostruzione esterna, per ogni finestra considerata, eseguendo le seguenti operazioni:
  - verificare la presenza di ostacoli fissi frontali rispetto alla finestra considerata che non fanno parte dell'edificio (alberi, altri edifici, recinzioni,ecc.);
  - calcolare l'angolo di ostruzione esterna (α), misurato dal centro della finestra, rappresentato nella figura seguente



$$\alpha = arctg\left(\frac{H-h}{d}\right)$$

dove:
H = altezza dell'ostruzione esterna [m^2]
h = distanza tra il centro della finestra considerata e il terreno [-]
d = distanza tra il bordo esterno della finestra e l'ostruzione esterna

  - confrontare l'angolo di ostruzione esterna calcolato, con quelli corrispondenti (cioè riferiti alla stessa latitudine e alla stessa tipologia di esposizione) riportati nella norma UNI TS 11300-1. Nel caso in cui l'angolo calcolato corrisponda ad uno di quelli riportati nella norma citata, utilizzare il valore corrispondente, altrimenti calcolare il valore esatto per interpolazione lineare:

$$F_{hor,\alpha} = \left[\left(\frac{F_{hor,\alpha+1} - F_{hor,\alpha-1}}{\alpha_{+1} - \alpha_{-1}}\right)\cdot(\alpha - \alpha_{-1})\right] + F_{hor,\alpha-1}$$

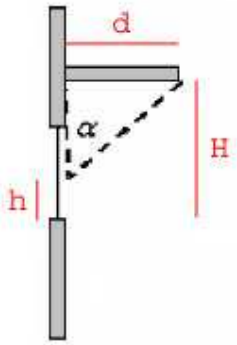
dove:
$F_{hor,\alpha+1}$ = fattore di ostruzione esterna medio della stagione di raffrescamento dell'angolo immediatamente superiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [-]
$F_{hor,\alpha-1}$ = fattore di ostruzione esterna medio della stagione di raffrescamento dell'angolo immediatamente inferiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [-]
α_{+1} = angolo immediatamente superiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [°]
α_{-1} = angolo immediatamente inferiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [°]
α = angolo di ostruzione esterna della finestra considerata [°]

- Calcolare il fattore di ostruzione esterna medio della stagione di raffrescamento secondo la formula seguente:

$$F_{hor,m,\exp} = \frac{\sum (F_{hor,m} \cdot N_i)}{\sum N_i}$$

dove:
N_i = numero di giorni del mese i-esimo [-]
$F_{hor,i}$ = fattore di ostruzione esterna della finestra considerata dell'angolo α riferito al mese i-esimo [-]

- Calcolare il fattore di ostruzione dovuto ad aggetti orizzontali, per ogni finestra considerata, eseguendo le seguenti operazioni:
  - verificare la presenza di aggetti orizzontali rispetto alla finestra considerata che creano ombreggiamento sulla parte trasparente;
  - calcolare l'angolo di aggetto orizzontale (α), misurato dal centro della finestra, rappresentato nella figura seguente:



$$\alpha = arctg\left(\frac{d}{H-h}\right)$$

dove:
H = distanza tra il bordo inferiore dell'aggetto orizzontale e il bordo inferiore della finestra considerata [m]
h = distanza tra il centro e il bordo inferiore della finestra considerata [m]
d = lunghezza dell'aggetto rispetto al bordo esterno della finestra [m]

  - Confrontare l'angolo di aggetto orizzontale calcolato con quelli corrispondenti (cioè riferiti alla stessa tipologia di esposizione) riportati nella norma UNI TS 11300-1. Nel caso in cui l'angolo calcolato corrisponda ad uno di quelli riportati nella norma citata, utilizzare i valori Fov corrispondenti, altrimenti calcolare i valore esatti per interpolazione lineare:

$$F_{ov,\alpha} = \left[\left(\frac{F_{ov,\alpha+1} - F_{ov,\alpha-1}}{\alpha_{+1} - \alpha_{-1}}\right) \cdot (\alpha - \alpha_{-1})\right] + F_{ov,\alpha-1}$$

dove:
$F_{ov,\alpha+1}$ = fattore di ostruzione dovuto ad aggetto orizzontale medio della stagione di raffrescamento dell'angolo immediatamente superiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [-]
$F_{ov,\alpha-1}$ = fattore di ostruzione dovuto ad aggetto orizzontale medio della stagione di raffrescamento dell'angolo immediatamente inferiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [-]
α_{+1} = angolo immediatamente superiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [°]

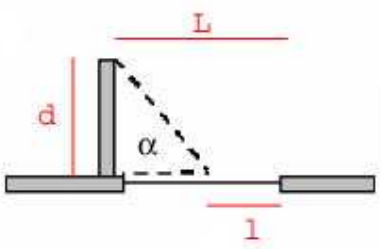
α_{-1} = angolo immediatamente inferiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [°]
α = angolo di ostruzione dovuto ad aggetto orizzontale della finestra considerata [°]

- Calcolare il fattore di ostruzione dovuto ad aggetto orizzontale medio della stagione di raffrescamento secondo la formula seguente:

$$F_{ov,m,\exp} = \frac{\sum (F_{ov,i} \cdot N_i)}{\sum N_i}$$

dove:
N_i = numero di giorni del mese i-esimo [-]
$F_{ov,i}$ = fattore di aggetto orizzontale della finestra considerata dell'angolo α riferito al mese i-esimo [-]

- Calcolare il fattore di aggetto verticale, per ogni finestra considerata, secondo il seguente modo:
  - verificare la presenza di aggetti verticali rispetto alla finestra considerata che creano ombreggiamento sulla parte trasparente;
  - calcolare l'angolo di aggetto orizzontale (α), misurato dal centro della finestra, rappresentato nella figura seguente secondo la formula illustrata successivamente:



$$\alpha = arctg\left(\frac{d}{L-l}\right)$$

dove:
d = lunghezza dell'aggetto rispetto al bordo esterno della finestra [m]
L = distanza tra il bordo interno dell'aggetto e il bordo più lontano dall'aggetto della finestra considerata [m]
l = distanza tra il centro e il bordo più lontano dall'aggetto della finestra considerata [m]

  - confrontare l'angolo di aggetto verticale calcolato con quelli corrispondenti (cioè riferiti alla stessa tipologia di esposizione) riportati nella norma UNI TS 11300-1. Nel caso in cui l'angolo calcolato corrisponda ad uno di quelli riportati nella norma citata, utilizzare il valori F_{fin} corrispondenti, altrimenti calcolare il valore esatto per interpolazione lineare:

$$F_{fin,\alpha} = \left[\left(\frac{F_{fin,\alpha+1} - F_{fin,\alpha-1}}{\alpha_{+1} - \alpha_{-1}}\right) \cdot (\alpha - \alpha_{-1})\right] + F_{fin,\alpha-1}$$

dove:
$F_{fin,\alpha+1}$ = fattore di ostruzione dovuto ad aggetto verticale medio della stagione di raffrescamento dell'angolo immediatamente superiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [-]
$F_{fin,\alpha-1}$ = fattore di ostruzione dovuto ad aggetto verticale medio della stagione di raffrescamento dell'angolo immediatamente inferiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [-]
α_{+1} = angolo immediatamente superiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [°]

α_{-1} = angolo immediatamente inferiore rispetto a quello calcolato tra quelli riportati nella norma UNI TS 11300-1 [°]
α = angolo di ostruzione dovuto ad aggetto verticale della finestra considerata [°].

- calcolare il fattore di ostruzione dovuto ad aggetto verticale medio della stagione di raffrescamento secondo la formula seguente:

$$F_{fin,m,\exp} = \frac{\sum (F_{fin,i} \cdot N_i)}{\sum N_i}$$

dove:
N_i = numero di giorni del mese i-esimo [-]
$F_{fin,i}$ = fattore di aggetto verticale della finestra considerata dell'angolo α riferito al mese i-esimo [-].

N.B. Per gli aggetti su elementi trasparenti orizzontali non vi sono fattori di riduzione dovuti ad ombreggiamento e quindi si considerano F_{hor}, F_{ov} e F_{fin} tutti pari a 1. Tuttavia, qualora fossero presenti particolari accorgimenti utili a creare ombreggiamento anche su elementi orizzontali, si possono utilizzare valori diversi da 1 purchè adeguatamente documentati.
L'esposizione di riferimento per fattori di ombreggiamento vanno scelti in relazione alla latitudine, all'inclinazione e all'angolo azimutale (α) che forma la superficie considerata con la direzione NORD, misurato in senso orario, secondo la figura riportata di seguito.

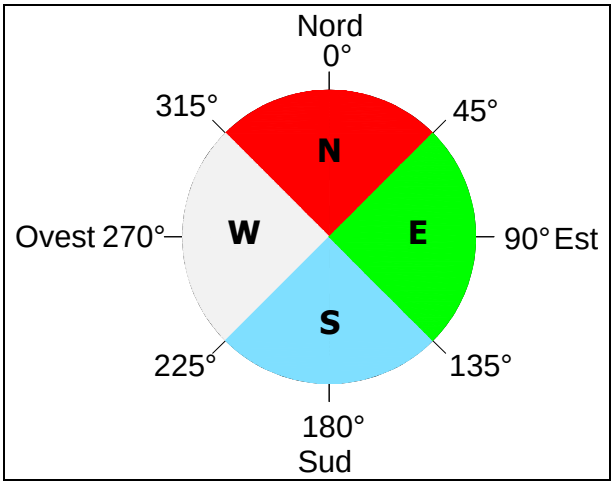


Figura 2: Schema di riferimento per la scelta dell'esposizione da considerare nel calcolo dei fattori di ombreggiamento in relazione all'angolo azimutale α (°)

Esempio applicativo

Calcolo fattore di ostruzione esterna

	α °	$\alpha+1$ –	$\alpha-1$ –	$F_{hor,\alpha+1}$	$F_{hor,\alpha-1}$
Finestra 1	8	10	0	0.917	1.000

$$F_{hor,S} = \left[\frac{(0.917 - 1.000)}{(10 - 0)} \cdot (8 - 0)\right] + 1.000 = \mathbf{0.934}$$

Calcolo fattore di ostruzione dovuto ad aggetto orizzontale

	α °	$\alpha+1$ -	$\alpha-1$ -	$F_{ov,\alpha+1}$	$F_{ov,\alpha-1}$
Finestra 1	35	45	30	0.554	0.660

$$F_{ov,S} = \left[\frac{(0.554 - 0.660)}{(45 - 30)} \cdot (35 - 30)\right] + 0.660 = \mathbf{0.625}$$

Calcolo fattore di ostruzione dovuto ad aggetto verticale

	α °	$\alpha+1$ -	$\alpha-1$ -	$F_{fin,\alpha+1}$	$F_{fin,\alpha-1}$
Finestra 1	47	60	45	0.813	0.843

$$F_{fin,S} = \left[\frac{(0.813 - 0.843)}{(60 - 45)} \cdot (47 - 45)\right] + 0.843 = \mathbf{0.839}$$

N.B. Ripetere la procedura per tutte le finestre dell'edificio.

Step 3. Calcolare, per ciascun pacchetto finestra/schermo, il valore di trasmittanza solare totale (gt)

- Verificare la posizione degli elementi schermanti rispetto all'edificio (interni o esterni).
- Calcolare il valore di trasmittanza solare totale del pacchetto finestra/schermo g_t secondo la norma UNI EN 13363-1.
  I dati del pacchetto finestra/schermo necessari per il calcolo del valore g_t sono:
  - trasmissione solare g_g del vetro;
  - trasmittanza termica U_{gl} del vetro;
  - posizione dell'elemento schermante;
  - coefficiente di trasmissione solare dello schermo τ_{eB};
  - coefficiente di riflessione solare dello schermo ρ_{eB};
  - coefficiente di assorbimento solare dello schermo α_{eB}.

  Se l'elemento schermante è interno il valore g_t si considera uguale a g_{gl}.

Esempio applicativo

Calcolo del valore g_t delle finestre esposte a Sud

	g_g	U_{gl}	*Posizione*	τ_{eB}	ρ_{eB}	α_{eB}	g_t
Finestra 1	0.75	2.1	Esterno	0.2	0.1	0.7	**0.170**
Finestra 2	0.75	2.1	Esterno	0.0	0.1	0.9	**0.072**
Finestra 3	0.75	2.1	Interno	0.2	0.4	0.4	**0.750**

N.B Effettuare il calcolo per tutte le esposizioni dell'edificio, compresa quella orizzontale.

Step 4. Calcolare il fattore di riduzione per le schermature mobili (fsh,with) medio della stagione di raffrescamento

- Verificare la tipologia di schermatura presente nella finestra considerata: schermatura mobile o schermatura fissa.
- Calcolare il fattore di riduzione per le schermature mobili nel seguente modo:
    - Nel caso di schermatura mobile, calcolare la media pesata dei fattori di riduzione fsh,with per l'esposizione considerata durante il periodo di raffrescamento:

$$f_{sh,with,i} = \frac{\sum (f_{sh,with,i} \cdot N_i)}{\sum N_i}$$

dove:

N_i = numero di giorni del mese i-esimo [-]

$f_{sh,with,i}$ = fattore di riduzione per schermature mobili della finestra considerata dell'angolo α riferito al mese i-esimo [-]

I fattori sono riportati nel prospetto 15 della norma UNI TS 11300-1.

Nel caso di schermatura fissa, il fattore di riduzione $f_{sh,with}$ del periodo di raffrescamento è sempre uguale a 1.

In alternativa, il fattore di riduzione $f_{sh,with}$ può essere calcolato più accuratamente in relazione all'irradianza incidente sull'elemento vetrato (cap. 14.3.4 della norma UNI TS 11300-1).

Esempio applicativo

Calcolo fattore di riduzione per schermature mobili
Esposizione: Sud

	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
Finestra 1	0.560	0.620	0.760	0.820

$$f_{sh,with,S} = \frac{(0.56 \cdot 30) + (0.62 \cdot 31) + (0.76 \cdot 31) + (0.82 \cdot 30)}{30 + 31 + 31 + 30} = \mathbf{0.690}$$

N.B. Ripetere la procedura per tutte le finestre dell'edificio.

Step 5. Calcolare, per ciascun pacchetto finestra/schermo, il valore di trasmittanza totale effettiva (gf)

- Verificare, per ogni finestra la posizione dell'elemento schermante rispetto all'ambiente considerato: interno allo spazio a temperatura controllata oppure esterno all'ambiente a temperatura controllata.
- Calcolare il valore g_f di ciascuna finestra secondo la seguente formula:

$$g_f = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin} \cdot \left[\left(1 - f_{sh,with}\right) \cdot g_g + f_{sh,with} \cdot g_t \right]$$

dove:
F_{hor}= fattore di ombreggiamento dovuto ad ostruzioni esterne [-];
F_{ov}= fattore di ombreggiamento dovuto ad aggetti orizzontali [-];
F_{fin}= fattore di ombreggiamento dovuto ad aggetti verticali [-];
$f_{sh,with}$= fattore di riduzione per schermature mobili [-];
g_g= valore di trasmissione solare del vetro utilizzato [-];
g_t= valore di trasmissione solare totale del pacchetto finestra schermo calcolato secondo la norma UNI EN 13363-1 [-].

Esempio applicativo

Calcolo del valore g_f delle finestre esposte a Sud

	g_t	$f_{sh.with}$	F_{hor}	F_{ov}	F_{fin}	g_g	g_f
Finestra 1	0.170	0.69	0.934	0.625	0.839	0.75	**0.171**
Finestra 2	0.072	0.69	1.000	0.554	1.000	0.75	**0.156**
Finestra 3	0.750	0.69	0.917	0.554	1.000	0.75	**0.381**

N.B Effettuare il calcolo per tutte le esposizioni dell'edificio, compresa quella orizzontale.

Step 6. Calcolare il valore gf medio per ciascuna esposizione

- Calcolare il valore g_f medio di ciascuna esposizione secondo la seguente formula:

$$g_{f,esp} = \frac{\sum (g_{f,i} \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

dove:
$g_{f,i}$= valore di trasmittanza solare effettiva della finestra i-esima [-];
A_i= superficie lorda totale della finestra i-esima per l'esposizione considerata [m^2]

Esempio applicativo

Report dei valore gf_m delle finestre esposte a Sud

	$g_{f,i}$	A_i	$g_{f,i}*A_i$
Finestra 1	0.171	2.50	0.428
Finestra 2	0.156	3.40	0.530
Finestra 3	0.381	1.00	0.381
		6.9	**1.339**

Calcolo del valore $g_{f.m}$ dell'esposizione Sud

$$g_{f,m} = \frac{1.339}{6.9} = \mathbf{0.194}$$

N.B Effettuare il calcolo per tutte le esposizioni dell'edificio, compresa quella orizzontale.

Step 7. Calcolare la trasmittanza solare totale effettiva dell'edificio (gf')

- Calcolare il valore gf' medio dell'edificio secondo la seguente formula:

$$g_{f'} = \frac{\sum(g_{f,m,i} \cdot peso_i \cdot A_i)}{\sum(peso_i \cdot A_i)}$$

dove:
$g_{f,m,i}$ = valore di trasmittanza solare effettiva della finestra i-esima [-];
$peso_i$ = peso dell'esposizione i-esima [-];
Ai = area totale delle finestre dell'esposizione i-esima [-].

Esempio applicativo

Report dei valore gf_m delle esposizioni dell'edificio

	gf'	*peso$_i$*	*A$_i$*	peso$_i$ *A$_i$*	*gf$_i$** peso$_i$ *A$_i$*
Nord	0.500	0.089	1.5	0.133	0.067
Est	0.246	0.202	10.3	2.080	0.512
Sud	0.194	0.213	6.9	1.469	0.285
Ovest	0.332	0.202	8.4	1.696	0.563
Orizzontale	0.000	0.293	0	0.000	0.000
Totale				**5.380**	**1.427**

Calcolo del valore $g_{f'}$ dell'edificio

$$g_{f'} = \frac{1.427}{5.380} = \mathbf{0.265}$$

Strategie di Riferimento

Utilizzo di vetri a bassa trasmissione solare

L'abbassamento del valore g_g (fattore solare) dei vetri contribuisce al miglioramento del valore $g_{f'}$.
Si riportano di seguito alcune caratteristiche prestazionali relative ai principali tipi di vetro utilizzabili per ottimizzare il controllo solare.

- Vetri colorati (assorbenti) - i tipi convenzionali di vetro colorato possono rappresentare un problema, in relazione al loro elevato coefficiente di assorbimento della radiazione solare incidente (35÷75 %), che produce temperature elevate del vetro e, quindi, alta emissività (onde lunghe).
- Vetri colorati (riflettenti) - il tipo di vetro colorato con superficie esterna riflettente a specchio riduce di molto la radiazione in ingresso (soprattutto quella luminosa) e non è, quindi, consigliabile per ambienti che richiedano elevata illuminazione o apporti solari invernali; tale tipo di vetro, inoltre, produce un impatto ambientale negativo verso l'esterno, per effetto di possibili fenomeni di abbagliamento.
- Vetri con pellicole a bassa emissività - sono i più efficaci nel ridurre la trasmissione solare termica, a parità di quella luminosa.
- Componenti vetrati multistrato - tra le configurazioni a doppio strato più efficaci vi è quella con vetro assorbente all'esterno, camera d'aria ventilata e pellicola a bassa emissività sul lato esterno del vetro interno.
- Materiale translucido e isolante trasparente - indicati quando la visibilità non è un requisito essenziale, come nel caso dei lucernari; i materiali isolanti trasparenti (TIM) hanno il più basso coefficiente di dispersione termica di tutti i componenti di chiusura trasparente e sono quindi particolarmente adatti laddove il carico termico annuale prevalente è di riscaldamento (edifici residenziali, zone montane).
- Materiali trasparenti a trasmissione variabile - sono materiali di tipo elettrocromico, fotocromico o termocromico; il più promettente è quello elettrocromico, le cui prestazioni possono variare: dal 10 al 50% e dal 20 al 70% della trasmissione incidente, rispettivamente, luminosa e totale; dal 10-20% al 70% della trasmissione di radiazione nel range dell'infrarosso vicino (quella maggiormente incidente sul coefficiente di trasmissione solare).

N.B. E' opportuno ricordare che a livello legislativo l'utilizzo di vetri con fattore solare <0.5 consente l'omissione dei sistemi schermanti (D.P.R. 59/09).

Ottimizzazione dei sistemi schermanti

L'utilizzo di sistemi schermanti contribuisce a diminuire il valore gt del pacchetto finestra/schermo.
In questo ambito sono utili le seguenti strategie:

- collocare l'elemento schermante all'esterno. Questa posizione permette allo schermo di respingere la radiazione solare prima che raggiunga la superficie del vetro, evitando che questo si riscaldi e che si inneschi un micro effetto serra tra superficie dello schermo e il vetro;
- utilizzare schermi mobili orientabili (frangisole) in quanto, se abbinati ad un sistema di gestione automatizzato, possono migliorare il fattore $f_{sh,with}$ e assicurare un valore $g_{f'}$ più basso.

N.B. E' opportuno ricordare che a livello legislativo l'utilizzo di elementi schermanti è obbligatorio se i vetri installati hanno fattore solare >0.5 (D.P.R. 59/09).

Ottimizzazione degli ombreggiamenti estivi

L'ottimizzazione degli ombreggiamenti estivi contribuisce a diminuire il valori F_{hor}, F_{ov} e F_{fin} delle finestre e di conseguenza, il valore g_f del pacchetto finestra/schermo.
In questo ambito sono utili le seguenti strategie:

- ottimizzare la sporgenza dei balconi e degli altri aggetti orizzontali, in modo che l'angolo αF_{ov} sia il più alto possibile. in particolare le schermature in aggetto orizzontale sono maggiormente efficaci se collocate sulla facciata Sud dell'edificio, impedendo la penetrazione della radiazione diretta nelle ore centrali delle giornate estive e consentendo l'apporto solare invernale;
- ottimizzare la sporgenza degli aggetti verticali, in modo che l'angolo αF_{fin} sia il più alto possibile. In particolare le schermature in aggetto verticale sono maggiormente efficaci se collocate ad almeno 60° di azimut dalla direzione Sud impedendo la penetrazione della radiazione diretta nelle ore centrali delle giornate estive, e consentendo l'apporto solare invernale;
- Sfruttare la presenza di ostacoli naturali e di edifici preesistenti situati nell'immediato contesto, in modo da ottimizzare l'angolo αF_{hor} e utilizzare gli ombreggiamenti dovuti ad ostruzioni esterne.

Per quanto riguarda gli ombreggiamenti, in generale, occorre evitare il sovradimensionamento delle schermature al fine di evitare le zone d'ombra durante il periodo invernale per sfruttare completamente gli apporti solari per il fabbisogno di energia per il riscaldamento (criteri 1.2 e 1.4).

Criterio 2.2: Inerzia termica dell'edifico

L'inerzia termica dell'edificio è la capacità dell'involucro di limitare le oscillazioni di temperatura di un ambiente interno dovute alla variazione di temperatura dell'ambiente esterno.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Consumo di risorse
Esigenza: Mantenere buone condizioni di comfort termico negli ambienti interni nel periodo estivo, evitando il surriscaldamento dell'aria
Indicatore di prestazione: Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})
Unità di misura: W/m^2K

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:

- Step1. Calcolare la trasmittanza termica periodica per ciascun componente di involucro opaco verticale e orizzontale secondo il procedimento descritto nella norma EN ISO 13786;
- Step 2. Calcolare la trasmittanza termica periodica media di progetto degli elementi di involucro Yie_m (B) (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali e inclinate) secondo la seguente formula:

  $\Sigma(A_i*Yie_i)/\Sigma(A_i)$

  dove
  Ai = area dell'elemento d'involucro i-esimo (m^2)
  Yie_i = trasmittanza termica periodica dell'elemento d'involucro i-esimo (W/m^2K)

- Step3. Calcolare la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge Yiem,lim (A) secondo la procedura descritta di seguito:
  - verificare il valore limite di legge della trasmittanza termica periodica di ogni elemento di involucro;
  - calcolare la trasmittanza termica periodica media corrispondente ai valori limite di legge degli elementi di involucro con la seguente formula:

    $\Sigma(A_i*Yie_{lim})/\Sigma(A_i)$

    dove
    Ai = area dell'elemento d'involucro i-esimo (m^2)
    Yie_i = trasmittanza termica periodica limite dell'elemento d'involucro i-esimo (W/m^2K)
    NB. Relativamente a tutte le pareti verticali opache non considerare quelle comprese nel quadrante NO - N – NE.
- Step 4. Calcolare il rapporto percentuale tra la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro e la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge:
  B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare la trasmittanza termica periodica per ciascun componente di involucro secondo il procedimento descritto nella norma EN ISO 13786

- Calcolare la trasmittanza termica periodica di tutti i componenti di involucro opaco (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate, pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno) secondo le metodologie descritte nella norma UNI EN ISO 13786.
  I dati necessari per il calcolo della trasmittanza termica periodica del singolo componente sono:
  - Superficie esterna per ogni esposizione
  - Resistenza termica superficiale interna (da norma UNI EN ISO 6946)
  - Resistenza termica superficiale esterna (da norma UNI EN ISO 6946)
  - Per ogni strato del componente le seguenti informazioni:
    - Spessore
    - Conduttività (λ)

- Massa volumica (ρ)
- Calore specifico (c)

N.B. Il DLgs 311/06 impone un valore minimo di massa superficiale di 230 kg/m^2. Accertarsi, durante i calcoli, di soddisfare il requisito.

Esempio applicativo

Stratigrafia parete esterna
Superficie:
Est: 112.5 m^2
Sud : 112.5 m^2
Ovest : 285 m^2

Tipo materiale	*Conduttività termica λ*	*Calore specifico c*	*Densità ρ*	*Spessore s*
[Descrizione]	*W/mK*	*J/kgK*	*kg/m^3*	*cm*
Intonaco di cemento e sabbia	0.900	910	1800	1.0
Blocchi in laterizio forato	0.300	840	800	25.0
Isolante termico in fibra naturale	0.033	2100	80	6.0
Finitura superficiale esterna su rete di supporto	1.400	670	2000	1.0
Trasmittanza termica periodica	**0.065**	**W/m^{2}K**		

Stratigrafia copertura
Superficie:
Copertura : 360 m^2

Tipo materiale	*Conduttività termica λ*	*Calore specifico c*	*Densità ρ*	*Spessore s*
[Descrizione]	*W/mK*	*J/kgK*	*kg/m^3*	*cm*
Impermeabilizzante	220	837	2100	0.5
Isolante termico in fibra naturale	0.033	2100	100	7.0
Barriera al vapore	-	-	1200	0.5
Massetto in cls	0.220	837	500	6
Solaio latero-cemento 20+4 cm	0.74	850	1030	24
Intonaco interno	0.90	837	1400	2.0
Trasmittanza termica periodica	**0.054**	**W/m^{2}K**		

Stratigrafia chiusura inferiore
Superficie:
Pavimento: 360 m^2

Tipo materiale	*Conduttività termica λ*	*Calore specifico c*	*Densità ρ*	*Spessore s*
[Descrizione]	*W/mK*	*J/kgK*	*kg/m^3*	*cm*
Parquet	0.18	2700	450	2
Isolante termico in fibra naturale	0.033	2100	100	7.0
Barriera al vapore	-	-	1200	0.5
Massetto in cls	0.220	837	500	6
Solaio latero-cemento 20+4 cm	0.74	850	1030	24
Intonaco interno	0.90	837	1400	2.0
Trasmittanza termica periodica	**0.050**	**W/m^{2}K**		

Step 2. Calcolare la trasmittanza termica periodica media di progetto degli elementi di involucro Yiem (B)

- Calcolare la trasmittanza termica periodica media dell'involucro secondo la formula seguente:

$$Yie_m = \frac{\sum (A_i \cdot Yie_i)}{\sum (A_i)}$$

dove:
A_i = area totale dell'elemento d'involucro i-esimo [m^2]
Yie_i = trasmittanza termica periodica media di progetto dell'elemento [W/m^2K]

Esempio applicativo

Trasmittanza termica periodica di ogni elemento di involucro opaco

Elemento	*Yie* W/m^2K	*Area* m^2	*Prodotto*
Copertura	0.054	360	19.44
Pavimento	0.050	360	18.00
Chiusure verticali opache	0.065	420	27.30
Totale		**1140**	**64.74**

Calcolo trasmittanza termica periodica media dell'edificio:

$$Yie_m = \frac{64.74}{1140} = \mathbf{0.057\ W/m^2K}$$

Step 3. Calcolare la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge Yiem,lim (A)

- Selezionare, in relazione al tipo di componente, il valore di trasmittanza termica periodica limite di legge dell'elemento considerato.
  Nella tabella seguente vengono riportati i valori limite di legge per i componenti opachi di involucro per ogni zona climatica previsti dal D.P.R. 59/09.

	Strutture opache verticali	Coperture Orizzontali o inclinate	Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno
Yie_{lim}	0.12	0.20	0.20

- Successivamente calcolare il valore di trasmittanza termica periodica media limite dei componenti dell'involucro (Yie_{lim}) mediante la formula seguente:

$$Yie_{m,lim} = \frac{\sum (A_i \cdot Yie_{lim})}{\sum (A_i)}$$

dove:
A_i = area dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
Yie_{lim} = trasmittanza termica periodica limite dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^2K)

Esempio applicativo

Trasmittanza termica periodica di ogni elemento di involucro opaco

Elemento	*Yie_{lim} W/m^2K*	*Area m^2*	*Prodotto*
Copertura	0.20	360	72.00
Pavimento	0.20	360	72.00
Chiusure verticali opache	0.12	420	50.40
Totale		**1140**	**194.40**

Calcolo trasmittanza termica periodica media limite dell'edificio:

$$Yie_{m,\lim} = \frac{194.4}{1140} = \mathbf{0.170\ W/m^2K}$$

Step 4. Calcolare il rapporto percentuale tra la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro e la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge

- Calcolare il rapporto fra il valore Yie_m (ottenuto allo Step 2) dell'edificio da valutare e il valore $Yie_{m,lim}$ (ottenuto allo Step 3) dell'edificio modello ed esprimerlo in percentuale.

$$Indicatore = \frac{Yiem}{Yiem_{\lim}} \cdot 100$$

dove:
Yie_m = trasmittanza termica periodica media dell'involucro dell'edificio da valutare [W/m^2K]
$Yie_{m,lim}$ = trasmittanza termica periodica limite media dell'involucro di riferimento [W/m^2K].

Esempio applicativo

Yie_m = 0.057 W/m^2K
$Yie_{m,lim}$ = 0.170 W/m^2K

$$Indicatore = \frac{0.057}{0.170} \cdot 100 = \mathbf{33.5\ \%}$$

Strategie di Riferimento

Le strategie migliorative delle prestazioni relative all'inerzia termica riguardano le principali proprietà fisiche dei materiali:
- spessore
- conduttività
- densità
- calore specifico.

Aumento dello spessore delle stratigrafie

L'aumento dello spessore delle stratigrafie consente di contenere la trasmittanza termica periodica in quanto contribuisce ad aumentare la massa superficiale dell'involucro.
Questa strategia è applicabile con buoni risultati sugli strati che contribuiscono maggiormente alla definizione delle proprietà termiche dell'involucro ovvero lo strato isolante e quello resistente (in caso di elementi pieni e non a telaio).
Utilizzo di materiali a bassa conduttività

La riduzione della conduttività λ dei materiali impiegati consente di diminuire la trasmittanza termica periodica in quanto contribuisce a contenere il valore U dell'involucro. Infatti il valore Yie è direttamente proporzionale al fattore di attenuazione f (determinato dalla massa superficiale dell'elemento) e alla trasmittanza termica U, influenzata principalmente dalla conduttività dei materiali.
Questa strategia è applicabile con buoni risultati:

- sugli strati isolanti: i materiali sintetici (polistirene espanso-estruso, poliuretano, ecc.) sono caratterizzati da una conduttività minore rispetto alla maggior parte degli isolanti naturali e minerali ($\lambda \leq$ 0.04 W/mK rispetto a 0.045 W/mK della lana di vetro);
- sugli strati resistenti: i termo-laterizi (laterizi forati con isolante pre-iniettato) anziché i laterizi semipieni sono caratterizzati da una conduttività minore (es. termo-laterizi hanno un valore $\lambda \leq$ 0.2 W/mK, mentre i blocchi in laterizio tradizionale hanno un valore λ= 0.25-0.30 W/mK);
- sugli strati di finitura: le finiture in legno assicurano valore λ minore rispetto all'intonaco (0.2 invece di 0.9).

Utilizzo di materiali ad alta densità

L'utilizzo di materiali ad alta densità ρ consente di contenere la trasmittanza termica periodica in quanto contribuisce ad aumentare la massa superficiale dell'involucro grazie alla diminuzione del fattore di attenuazione f.
Questa strategia è applicabile con buoni risultati:

- sugli strati isolanti: si possono usare pannelli rigidi (ad esempio legno-cemento) con densità anche di 140 kg/m^3, rispetto ai 40 kg/m^3 di un isolante sintetico tradizionale;
- sugli strati resistenti: si possono usare laterizi pieni anziché forati (es. il mattone pieno ha densità di 2000 kg/m^3, mentre il blocco doppio UNI ha ρ= 1300 kg/m^3);
- sugli strati di finitura: le finiture in lastre di pietra in laterizi a vista assicurano una massa superficiale maggiore rispetto all'intonaco.

Utilizzando questo tipo di strategia occorre fare attenzione a non causare sovraccarichi eccessivi sulle strutture portanti, soprattutto in caso di ristrutturazione. Per questi motivi è utile applicare questa strategia su una sola tipologia di stratigrafia (strato isolante, strato resistente o strato di finitura).

Utilizzo di materiali ad alto calore specifico

L'utilizzo di materiali ad alto calore specifico c consente di contenere la trasmittanza termica periodica in quanto contribuisce ad aumentare il fattore di attenuazione f.
Questa strategia è applicabile principalmente sui seguenti materiali:

- materiali isolanti: i materiali sintetici, ad esempio, presentano valori di calore specifico c molto elevati;
- materiali di riempimento: la ghiaia (utilizzabile sia in coperture piane che per i pavimenti a terra) possiede un valore altissimo di calore specifico c.

Criterio 2.3: Energia netta per il raffrescamento

Il fabbisogno di energia netta per il raffrescamento rappresenta la quantità teorica minima necessaria per raffrescare l'edificio durante la stagione estiva.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro
Indicatore di prestazione: Rapporto percentuale tra il fabbisogno annuo di energia netta per il raffrescamento (Q_e) e il fabbisogno annuo di energia netta per il raffrescamento corrispondente alla tipica pratica costruttiva ($Q_{e,lim}$)
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:
- Step 1. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il raffrescamento (Q_e) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (B);
- Step 2. Calcolare il fabbisogno di energia netta per il raffrescamento limite ($Q_{e,lim}$) (A) (DPR 59/09);
- Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia netta per il raffrescamento (Q_e) dell'edificio da valutare e il fabbisogno limite ($Q_{e,lim}$):
  - B/A x 100

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il raffrescamento (Qe) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (B)

- Il fabbisogno di energia netta per il raffrescamento è dato dalla seguente formula:

$$Q_e = \frac{(Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})}{S_{raff}}$$

dove:
Q_{int} = apporti termici interni [kWh]
Q_{sol} = apporti termici solari [kWh]
$Q_{C,tr}$ = scambio termico per trasmissione in caso di raffrescamento [kWh]
$Q_{C,tr}$ = scambio termico per ventilazione in caso di raffrescamento [kWh]
$\eta_{C,ls}$ = fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche [-]
S_{raff} = superficie netta di pavimento raffrescata [m^2]
Per il calcolo dei singoli parametri che compongono la formula si rimanda alle indicazioni specifiche della norma UNI TS 11300:2008.

Esempio applicativo

Superficie utile:	1080	m^2
Apporti termici interni:	22000	kWh
Apporti termici solari:	25000	kWh
Scambio termico per trasmissione:	17960	kWh
Scambio termico per ventilazione:	16500	kWh
Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche	0.65	

Fabbisogno di energia netta per il raffrescamento:

$$Q_e = \frac{(22000 + 25000\ ) - 0.65 \cdot (17960 + 16500\ )}{1080} = \mathbf{22.8\ kWh/m^2}$$

Step 2. Calcolare il fabbisogno annuo di energia netta per il raffrescamento limite (Qc,lim) sulla base della procedura descritta nella serie UNI TS 11300:2008 (A)

- Selezionare, in relazione alla zona climatica di appartenenza, il valore di fabbisogno di raffrescamento limite di legge di riferimento.
  Nella tabella seguente vengono riportati i valori limite di legge per edifici residenziali per ogni zona climatica previsti dal D.P.R. 59/09.

	Zone climatiche					
	A	*B*	***C***	*D*	*E*	*F*
$Q_{e,lim}$ (kWh/m^2)	40	40	**30**	30	30	30

Esempio applicativo

Località = Bari
Gradi giorno = 1185
Zona climatica = C (da 901 a 1400 Gradi Giorno)

Calcolo del fabbisogno di energia netta limite per il raffrescamento

$Q_{e,lim}$ = **30 kWh/m²**

Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra il fabbisogno annuo di energia netta per il raffrescamento (B) dell'edificio da valutare e il fabbisogno annuo limite (A)

- Calcolare il rapporto fra il valore Q_e (ottenuto allo Step 1) dell'edificio da valutare e il valore $Q_{e,lim}$ (ottenuto allo Step 2) dell'edificio modello ed esprimerlo in percentuale.

$$Indicatore = \frac{Q_e}{Q_{e,lim}} \cdot 100$$

dove:
Q_e = fabbisogno di energia netta per il raffrescamento dell'edificio da valutare [kWh/m^2]
$Q_{e,lim}$ = fabbisogno di energia netta limite per il raffrescamento [kWh/m^2].

Esempio applicativo

Q_e = 22.8 kWh/m^2
$Q_{e.lim}$ = 30.0 kWh/m^2

$$Indicatore = \frac{22.8}{30.0} \cdot 100 = \mathbf{76.0\ \%}$$

Strategie di Riferimento

Il fabbisogno di energia netta per il raffrescamento è determinato dal contributo dei seguenti fattori:
- fabbisogno dovuto ai carichi interni
- fabbisogno dovuto ai carichi solari
- fabbisogno per trasmissione dell'involucro
- fabbisogno per ventilazione

Riduzione dei carichi interni

Il contributo derivante dai carichi interni è determinato dalla superficie raffrescata dell'edificio e dal tipo di apparecchiature presenti. Trattandosi di dati convenzionali da normativa tecnica, non si possono suggerire strategie utili allo scopo.

Riduzione dei carichi solari

Il contributo derivante dai carichi solari è connesso all'orientamento dell'edificio e all'irraggiamento incidente sulle superfici opache e trasparenti durante il periodo estivo, quando l'inclinazione dei raggi solari è massima (circa 70° sull'orizzonte). L'obiettivo principale è quello di intercettare la minore quantità di radiazione solare possibile, in particolare attraverso gli elementi trasparenti, al fine di contenere i carichi solari. Pertanto le strategie consigliabili sono le stesse descritte per il criterio 2.1 – Controllo della radiazione solare.

Riduzione del fabbisogno per trasmissione

La quota di fabbisogno per trasmissione attraverso l'involucro edilizio può essere ridotta adottando componenti opachi e vetrati a basso valore di trasmittanza termica U. Per questi elementi lo standard di riferimento minimo da rispettare è rappresentato dai valori limite di trasmittanza termica stabiliti dal DLgs 311/06, pertanto le strategie specifiche per queste tipologie di componenti sono le stesse illustrate al criterio 1.1 - Trasmittanza termica dell'involucro edilizio.

Riduzione del fabbisogno per ventilazione

La quota di fabbisogno di ventilazione è determinato in relazione alla tipologia di ventilazione adottata: naturale, meccanica. Per quanto riguarda la ventilazione naturale, il fabbisogno è determinato da un coefficiente standard di ricambio d'aria (0.34 vol.aria/h) secondo la norma UNI TS 11300, per cui non possono essere applicate strategie progettuali migliorative specifiche.
Per la ventilazione meccanica è possibile invece ottimizzare il dimensionamento dell'impianto e il numero di ricambi d'aria orari in funzione del volume dell'ambiente da ventilare: l'obiettivo è di minimizzare il numero di ricambi d'aria orari.
Utilizzando la ventilazione meccanica è possibile beneficiare del contributo della ventilazione naturale notturna (free cooling) che consente una riduzione della portata d'aria che l'impianto di ventilazione deve fornire
Quindi è consigliabile l'utilizzo della ventilazione meccanica qualora, a parità di qualità dell'aria fornita, il numero di ricambi di aria sia minore rispetto a quello previsto dalla normativa per la ventilazione naturale (0.34 vol.aria/h).

Criterio 2.4: Energia primaria per il raffrescamento

L'energia primaria per il raffrescamento rappresenta l'energia globale, inclusa l'energia usata per generare l'energia fornita ed il suo trasporto fino all'edificio per raffrescarlo durante la stagione estiva.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Consumo di risorse
Esigenza: Ridurre il fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento
Indicatore di prestazione: Rapporto percentuale tra l'energia primaria annua per il raffrescamento (EP_e) e l'energia primaria annua per il raffrescamento ($_{EPe,lim}$)corrispondente ai valori limite di legge
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:

- Step 1. Calcolare l'energia primaria dovuta al raffrescamento (EPe) partendo dal calcolo del fabbisogno di energia netta per il raffrescamento (Q_e - vedi criterio 2.3) sulla base della procedura descritta nel capitolo 5 della norma UNI TS 11300:2008 - 1 (B)
  NB. Il calcolo dell'indice di prestazione energetica (EER - Energy Efficiency Ratio) deve essere conforme alle condizioni di temperatura dell'ambiente interno ed esterno, in base alla tipologia di impianto, descritte nella norma UNI EN 14511:2007.
- Step 2. Calcolare l'energia primaria dovuta al raffrescamento limite ($EP_{e,lim}$) mediante la seguente formula (A):

  $EP_{e,lim} = (Q_{e,lim}/EER_{lim})*fp_{el} = 22{,}94$ kWh/m²

  dove:
  $Q_{e,lim}$ = fabbisogno di energia netta per il raffrescamento limite (vedi criterio 3.1 - DM 59/09)
  EER_{lim} = valore minimo dell'indice di efficienza energetica per l'impianto di raffrescamento (=3,4 - DM 07/04/2008)
  fp_{el} = fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica (=2,60 kWh/kWh)
- Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra l'energia primaria per il raffrescamento dell'edificio da valutare (EPe) e il valore limite ($EP_{e,lim}$):
  B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare l'energia primaria dovuta al raffrescamento (EPe) (B)

- Calcolare il fabbisogno di energia netta per il raffrescamento sulla base della procedura descritta al criterio 2.3.
- Calcolare il fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento secondo la seguente formula:

$$EP_e = \frac{\left(\frac{Q_e}{\eta^*}\right) \cdot fp}{S_{raff}}$$

dove:
Q_e = fabbisogno di energia netta per il raffrescamento (da criterio 2.3) [kWh]
η = efficienza dell'impianto di raffrescamento[2] , calcolata secondo la norma UNI EN 14511:2007 [-]
fp = fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico (1 per i combustibili fossili) [-]
S_{raff} = superficie netta di pavimento raffrescata [m^2]

[2] L'efficienza dell'impianto di raffrescamento è data dal valore EER (Energy Efficiency Ratio) per apparecchiature elettriche e dal valore COP (Coefficient Of Performance) per le pompe di calore.

Esempio applicativo:

Fabbisogno energia netta per il raffrescamento:	24624 kWh
Combustibile dell'apparecchio installato:	elettrico
Valore EER:	3.5
fattore di conversione in energia primaria	2.6
Superficie netta raffrescata:	1080 m^2

Fabbisogno di energia primaria dell'impianto di raffrescamento:

$$EP_e = \frac{\left(\frac{24624}{3.5}\right) \cdot 2.60}{1080} = \mathbf{16.94\ kWh/m^2}$$

Step 2. Calcolare l'energia primaria dovuta al raffrescamento limite (EPe,lim) (A)

- Calcolare l'energia primaria dovuta al raffrescamento limite ($EP_{e,lim}$) mediante la seguente formula:

$$EP_{e,\text{lim}} = \left(\frac{Q_{e,\text{lim}}}{EER_{\text{lim}}}\right) \cdot fp_{el}$$

dove:
$Q_{e,lim}$ = fabbisogno di energia netta per il raffrescamento limite (vedi criterio 2.3)
EER_{lim} = valore minimo dell'indice di efficienza energetica per l'impianto di raffrescamento (3,4)
fp_{el} = fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica (2,60 kWh/kWh)

Esempio applicativo:

Fabbisogno energia netta per il riscaldamento:	30 kWh/m^2
Combustibile dell'apparecchio installato:	elettrico
Valore EER_{lim}:	3.4
fattore di conversione in energia primaria	2.6

Fabbisogno di energia primaria limite dell'impianto di raffrescamento:

$$EP_{e,\text{lim}} = \left(\frac{30}{3.4}\right) \cdot 2.6 = \mathbf{22.94\ kWh/m^2}$$

Step 3. Calcolare il rapporto percentuale tra l'energia primaria annua per il raffrescamento dell'edificio da valutare (B) e il valore limite (A)

- Calcolare il rapporto fra il valore EP_e (ottenuto allo Step 1) dell'edificio da valutare e il valore $EP_{e,lim}$ (ottenuto allo Step 2) dell'edificio modello ed esprimerlo in percentuale.

$$Indicatore = \frac{EP_e}{EP_{le,im}} \cdot 100$$

dove:
EP_e = fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento dell'edificio da valutare [kWh/m^2]
$EP_{e,lim}$ = fabbisogno di energia primaria limite per il raffrescamento [kWh/m^2].

Esempio applicativo

EP_e = 16.94 kWh/m^2
$EP_{e.lim}$ = 22.94 kWh/m^2

$$Indicatore = \frac{16.94}{22.94} \cdot 100 = \mathbf{73.8\ \%}$$

Strategie di Riferimento

Il fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento dell'edificio è determinato da due fattori:
- fabbisogno di energia netta per il raffrescamento;
- rendimento globale dell'impianto di raffrescamento.

Riduzione del fabbisogno di energia netta per il raffrescamento.

Per le strategie inerenti al fabbisogno di energia netta per il raffrescamento si veda il criterio 2.3 – Energia netta per il raffrescamento.

Ottimizzazione del rendimento dell'impianto di raffrescamento.

L'obiettivo di questa strategia è di massimizzare il rendimento specifico dell'impianto.
Per quanto riguarda i sistemi di raffrescamento sono oggi disponibili sul mercato sistemi di generazione del freddo ad elevata efficienza, appartenenti alle seguenti categorie:
- sistemi "split system": questi sistemi rappresentano la soluzione attualmente più diffusa nell'ambito della climatizzazione estiva. Il sistema prevede l'utilizzo di uno o più diffusori (split) nell'unità abitativa alimentati dalla rete elettrica. Nel caso di utilizzo di questa tecnologia è importante verificare che la classe di efficienza energetica dell'apparecchio utilizzato sia almeno di livello "A": in sostanza è preferibile l'utilizzo di apparecchi del tipo "Inverter" anziché del tipo "On-Off";
- sistemi a pompe di calore: questi sistemi utilizzano un generatore del freddo a pompa di calore (elettrica o a gas) e un apparecchi di distribuzione mediante diffusori localizzati (split o bocchette). Le pompe di calore elettriche assicurano un indice di resa elettrica EER (Energy Efficiency Ratio) > 3 mentre le pompe di calore a gas assicurano un coefficiente di prestazione COP> 1.3.
  La scelta della pompa di calore più appropriata dipende dalle condizioni di temperatura e umidità di esercizio, tuttavia le pompe acqua-aria sono quelle che garantiscono rese più elevate.
  La maggiore resa delle pompe di calore elettriche rispetto a quelle a gas è compensata da un fattore di conversione in energia primaria più sfavorevole (2.6 rispetto ad 1). A titolo di esempio, relativamente al calcolo dell'energia primaria, l'incidenza di impianto a pompa di calore elettrica con EER=3 è equivalente a quello di un impianto a pompa di calore a gas con COP=1.3.

Criterio 2.5: Efficienza della ventilazione naturale

Per ventilazione si intende quell'insieme di operazioni volte a sostituire, in tutto o in parte, l'aria "viziata" di uno spazio confinato con aria pulita. Tale insieme di operazioni, comprendente l'immissione, l'eventuale filtraggio, la movimentazione e l'espulsione dell'aria, ha come scopo primario quello di garantire la qualità dell'aria nell'ambiente. La ventilazione naturale è una tecnica di ricambio dell'aria viziata, attuata senza l'ausilio di ventilatori, per mezzo di "motori naturali", quali il vento e l'effetto camino.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Favorire nel periodo estivo lo sfruttamento delle correnti d'aria per ridurre il fabbisogno di energia per il raffrescamento.
Indicatore di prestazione: Strategie utilizzate per massimizzare lo sfruttamento delle correnti d'aria.
Unità di misura: -.

Metodo e strumenti di verifica

Per la verifica del criterio seguire la seguente procedura:

- Step 1. Individuare la direzione prevalente del vento della stagione estiva per la località considerata (considerare la stazione metereologica più vicina);
- Step 2. Per ogni ambiente ventilato naturalmente dell'edificio:
  - i. individuare il lato esposto al vento;
  - ii. definire la posizione delle aperture rispetto al lato esposto al vento;
  - iii.scegliere tra i seguenti scenari quello che meglio descrive le caratteristiche dell'intervento in oggetto ed assegnare il punteggio:
    - livello 0: L'ambiente considerato presenta aperture per la ventilazione naturale collocate su un unico lato
    - livello 1: L'ambiente considerato presenta un'apertura per la ventilazione naturale sul lato sottovento e una apertura sul lato parallelo alla direzione prevalente del vento
    - livello 2: L'ambiente considerato presenta due aperture per la ventilazione naturale opposte e collocate sui lati paralleli alla direzione prevalente del vento
    - livello 3: L'ambiente considerato presenta un'apertura per la ventilazione naturale collocata sul lato esposto al vento e una apertura collocata sul lato parallelo alla direzione prevalente del vento
    - livello 4: L'ambiente considerato presenta una apertura per la ventilazione naturale collocata sul lato esposto al vento e una apertura collocata sul lato sottovento. Il sistema di apertura è a battente
    - livello 5: L'ambiente considerato presenta una apertura per la ventilazione naturale collocata sul lato esposto al vento e una apertura collocata sul lato sottovento. Il sistema di apertura è a vasistas sul lato esposto al vento e ad anta ribalta sul lato sottoventoStep 3.
- Step 3. Calcolare il punteggio medio dell'edificio secondo la seguente formula:

$$I = \Sigma(P_i * A_i)/\Sigma A_i$$

dove:
P_i = punteggio dell'ambiente i-esimo considerato
A_i = superficie utile dell'ambiente n-esimo considerato

Guida alla verifica

Step 1. Individuare la direzione prevalente del vento della stagione estiva per la località considerata

Per individuare la direzione prevalente del vento della stagione estiva occorre eseguire le seguenti operazioni:

- Identificare la stazione metereologica più vicina[3] all'edificio
- Consultare i dati relativi alla direzione prevalente del vento durante il periodo estivo.
- Assegnare l'angolo di azimut della direzione prevalente del vento

[3] Solitamente le stazioni metereologiche che effettuano misurazioni sul vento si trovano in prossimità degli aeroporti civili o militari.

Nel caso non siano presenti dati relativi alla stagione estiva si possono utilizzare i dati annuali.
Nel caso non vi siano né dati significativi estivi né dati significativi annuali, utilizzare la direzione prevalente del vento annuale della provincia di appartenenza riportata all'interno della norma UNI 10349.
L'angolo di azimut della direzione prevalente del vento si ricava dalla figura sottostante.

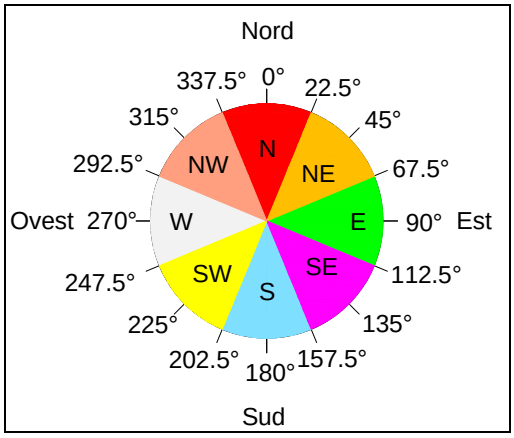


Figura 3: Schema per la determinazione dell'azimut della direzione prevalente del vento

Esempio applicativo

Località = Bari

Direzione prevalente del vento (annuale) secondo la norma UNI 10349: W

Angolo di azimut della direzione prevalente del vento: **270°**

Step 2. Determinare il punteggio dei singoli ambienti dell'edificio in merito agli scenari presenti nel criterio

Per ogni ambiente dell'edificio:

- Individuare il lato esposto al vento, ovvero quello che riceve per primo il vento e la cui normale alla superficie è parallela alla direzione del vento con uno scarto di ±45°;
- Definire la posizione delle aperture rispetto al lato esposto al vento, secondo la figura riportata di seguito.

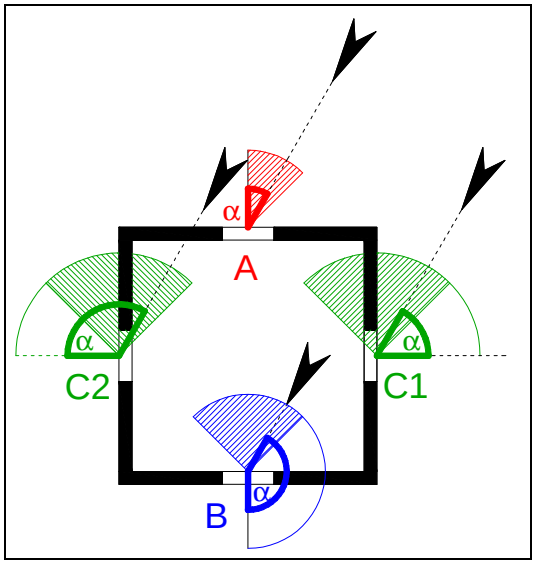


Figura 4: schema della posizione delle aperture in relazione alla direzione del vento

Nella figura:
- il lato A è quello *esposto al vento*, ovvero il lato che riceve per primo il vento e la cui normale alla superficie è parallela alla direzione del vento con uno scarto di ±45°;
- il lato B è quello *sottovento*, ovvero quello opposto al lato A;
- i lati C1 e C2 sono quelli *paralleli alla direzione del vento* ovvero quelli che ricevono il vento con un angolo compreso tra 45° e 135° rispetto alla normale alla superficie.

- Scegliere tra gli scenari quello che meglio descrive le caratteristiche dell'intervento in oggetto ed assegnare il punteggio.
  Gli scenari e i relativi punteggi, riportati sulla scheda 2.5 del framework, sono riassunti schematicamente nella tabella sottostante:

Punteggio	***Lati con finestre dell'ambiente considerato***
0	una sola finestra nell'ambiente
1	B+C1, B+C2
2	C1+C2
3	A+C1, A+C2, B +C1+C2
4	A+B, A+B+C1, A+B+C2
5	A con apertura a Vasistas in basso + B con apertura a vasistas in Alto

Esempio applicativo

Ambiente	*Superficie utile (m^2)*	*Finestra A*	*Finestra B*	*Finestra C1*	*Finestra C2*	*Caso*	***Punteggio***
Soggiorno	20	No	No	Si	Si	C1+C2	**2**
Camera letto doppia	15	Si	No	Si	No	A+C1	**3**
Cucina	14	No	No	Si	No	0	**0**
Camera letto singola	10	No	Si	No	No	0	**0**
Studio	12	No	Si	No	Si	B+C2	**1**
Bagno	5	Si	No	No	No	0	**0**
Lavanderia	7	Si	No	No	No	0	**0**

Step 3. Calcolare il punteggio medio dell'edificio

- Calcolare il punteggio medio dell'edificio secondo la seguente formula:

$$Indicatore = \frac{\sum (P_i \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

dove:
P_i = punteggio dell'ambiente i-esimo considerato
A_i = superficie utile dell'ambiente n-esimo considerato

Esempio applicativo

Ambiente	*Superficie utile (m^2)*	*Punteggio*	*Pi*Ai*
Soggiorno	20	2	40
Camera letto doppia	15	3	45
Cucina	14	0	0
Camera letto singola	10	0	0
Studio	12	1	12
Bagno	5	0	0
Lavanderia	7	0	0
Totale	**83**		**97**

Calcolo dell'indicatore:

$$Indicatore = \frac{97}{83} = \mathbf{1.17}$$

Strategie di Riferimento

L'efficienza della ventilazione naturale è legata al numero e alla posizione delle finestre rispetto alla direzione prevalente del vento. Essendo la direzione prevalente del vento costante, le strategie saranno rivolte ad un'efficace collocazione delle finestre e degli ambienti dell'edificio.

Ottimizzazione della distribuzione interna delle unità abitative

La corretta distribuzione degli ambienti dell'edificio è mirata a definire ambienti con un doppio affaccio verso l'esterno in modo da poter collocare le finestre su più di un lato esterno. In merito a questo tipo di strategia è consigliabile:

- Limitare l'utilizzo di divisori interni a tutta altezza nella zona giorno, se questa può avere un doppio affaccio;
- utilizzare, se consentito, bagni a ventilazione forzata senza affacci esterni, per lasciare più superficie esterna agli ambienti principali;
- collocare gli ambienti più ampi agli angoli dell'edificio in modo da poter avere un doppio affaccio esterno;
- collocare i ripostigli e gli altri locali di servizio verso l'interno dell'edificio o dell'unità abitativa.

Ottimizzazione della posizione delle finestre

La posizione delle finestre incide direttamente nel calcolo dell'indicatore. Per questo tipo di strategia è consigliabile:

- collocare più finestre di ridotte dimensioni, rispetto ad un'unica finestra;
- nel caso siano presenti almeno 2 finestre, collocarle su lati opposti;
- nel caso siano presenti almeno 2 finestre, collocarle la finestra più vicina al lato esposto al vento in posizione più bassa rispetto a quella opposta;
- nel caso siano presenti almeno 2 finestre, utilizzare, per la finestra esposta al vento un'apertura dal basso verso l'alto, mentre per la finestra sottovento un'apertura dall'alto verso il basso.

Criterio 3.1: Energia termica per ACS

Il criterio quantifica il contributo di energia termica da fonti rinnovabili prodotta rispetto al fabbisogno di energia per ACS (Acqua Calda Sanitaria).

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Incoraggiare l'uso di energia prodotta da fonti rinnovabili per la produzione di ACS.
Indicatore di prestazione: Percentuale di energia termica per ACS coperta da fonti rinnovabili.
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:
Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

- Step 1. Calcolare il fabbisogno standard di ACS (Q_w) in accordo con la procedura descritta nel punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2;
- Step 2. Calcolare il fabbisogno teorico di energia primaria per ACS (EP_w) (A);
- Step 3. Calcolare il contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile (solare termico, geotermia, cogenerazione) in relazione alle scelte progettuali e costruttive del sistema stesso ($Q_{g,w}$) (B);
- Step 4. Calcolare il rapporto percentuale tra energia primaria per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile e il fabbisogno teorico di energia primaria per ACS :
  - B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare il fabbisogno standard di ACS (Q_w) in accordo con la procedura descritta nel punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2

- Calcolare il fabbisogno di energia per ACS sulla base della procedura descritta nel punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2:

$$Q_w = \frac{\sum \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er} - \theta_0) \cdot G}{S_{risc}} \cdot a$$

dove:
Q_W = fabbisogno di energia per ACS [kWh]
ρ = massa volumica dell'acqua [1000 kg/m^3]
c = calore specifico dell'acqua [1.162 Wh/Kg °C]
V_w = volume di acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m^3]
θ_{er} = temperatura di erogazione dell'acqua [°C]
θ_0 = temperatura di ingresso dell'acqua fredda [°C]
G = numero dei giorni del periodo di calcolo [-]
S_{risc} = superficie riscaldata [m^2]
a = coefficiente dimensionale in relazione alla superficie utile servita dall'impianto [-]

Per ulteriori precisazioni in merito al calcolo del fabbisogno di energia per ACS si rimanda alle indicazioni specifiche della norma UNI TS 11300 – 2.

Esempio applicativo:

Volume di acqua richiesto (giornaliero): 1.4 m^3G
Temperatura di erogazione: 40 °C
Temperatura di ingresso dell'acqua fredda: 15 °C
Numero di giorni del periodo di calcolo: 365 (1 anno)
Coefficiente a 1.30

Fabbisogno di energia per ACS:

$$Q_w = \frac{1000 \cdot \left(\frac{1.162}{1000}\right) \cdot 1.4 \cdot (40 - 15) \cdot 365}{1080} \cdot 1.3 = \mathbf{17.87\ kWh/m^2}$$

Step 2. Calcolare il fabbisogno teorico di energia primaria per ACS (EPw) (A)

- Calcolare il fabbisogno teorico di energia primaria per ACS (EP_w) secondo la procedura descritta nella norma UNI TS 11300-2, senza considerare il contributo degli impianti a fonti energetiche rinnovabili presenti.

Esempio applicativo:

Fabbisogno di energia per ACS: 17.87 kWh/m^2
Rendimento globale medio stagionale dell'impianto: 0.70 kWh/m^2
Combustibile dell'impianto di ACS: gas
Fattore di energia primaria del combustibile utilizzato: 1

Fabbisogno teorico di energia primaria per ACS:

EP_w= **25.53 kWh/m^2**

Step 3. Calcolare il contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile

- Calcolare il contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile (solare termico, geotermia, biomasse, cogenerazione) in relazione alle scelte progettuali e costruttive del sistema stesso ($Q_{g,w}$) (B)

Gli impianti che utilizzano fonti rinnovabili sono:

- Gli impianti solari termici;
- Gli impianti geotermici;
- Gli impianti a biomasse;
- Gli impianti a cogenerazione.

La metodologia di calcolo della quantità di energia rinnovabile prodotta è variabile in relazione al tipo di impianto utilizzato.

- Calcolare l'energia termica totale da fonte rinnovabile considerando i contributi di tutti gli impianti a fonte rinnovabile presenti secondo la seguente formula:

$$Q_{g,w} = \frac{Q_{w,st} + Q_{w,geo} + Q_{w,bm} + Q_{w,cg}}{S_u}$$

dove:
$Q_{w,st}$= energia termica per ACS prodotta dall'impianto solare termico [kWh];
$Q_{w,geo}$= energia termica per ACS prodotta dall'impianto geotermico [kWh];
$Q_{w,bm}$= energia termica per ACS prodotta dall'impianto a biomasse [kWh];
$Q_{w,cg}$= energia termica per ACS prodotta dall'impianto a cogenerazione (energia termica) [kWh];
S_u= superficie utile riscaldata dell'edificio [m^2]

Esempio applicativo

Provincia: Bari
Impianto solare termico: presente
Energia termica da impianto solare termico: 10950 kWh
Impianto geotermico: non presente
Impianto a biomasse: non presente
Impianto a cogenerazione: non presente

Energia termica totale da fonti rinnovabili

$$Q_{w,rinn} = \frac{10950 + 0 + 0 + 0}{1080} = \mathbf{10.10\ kWh/m^2}$$

Step 4. Calcolare il rapporto percentuale tra energia primaria per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile e il fabbisogno teorico di energia primaria per ACS

- Calcolare il rapporto percentuale tra energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile e il fabbisogno teorico di energia primaria per ACS, secondo la seguente formula:

$$Indicatore = \frac{Q_{g,w}}{EP_w} \cdot 100$$

dove:
$Q_{g,w}$ = quantità di energia termica per ACS prodotta dall'impianto solare termico [kWh/m^2]
EP_w = fabbisogno di energia termica primaria per ACS [kWh/m^2].

Esempio applicativo

$Q_{a.w}$ = 10.10 kWh/m^2
EP_w = 25.73 kWh/m^2

$$Indicatore = \frac{10.10}{25.73} \cdot 100 = \mathbf{39.25\ \%}$$

Strategie di Riferimento

Le strategie utili al miglioramento delle prestazioni dell'edificio in merito a questo criterio sono orientate sia all'aumento della produzione di energia per ACS da fonti rinnovabili, sia alla riduzione del fabbisogno di energia primaria dell'impianto a fonte energetica non rinnovabile.

<u>Aumento dell'energia primaria per ACS prodotta da fonti rinnovabili.</u>

Relativamente alla produzione di energia da fonti rinnovabili le strategie cambiano in relazione al tipo di impianto considerato. In particolare per l'impianto solare termico le principali strategie utili alla produzione di energia da fonti rinnovabili sono:

- utilizzo di pannelli ad alta efficienza (sotto vuoto);
- orientamento dei pannelli a sud;
- inclinazione del pannello pari alla latitudine del luogo;
- coibentazione del serbatoio di accumulo.

<u>Riduzione del fabbisogno di energia primaria per ACS.</u>

Relativamente alla riduzione del fabbisogno di energia per ACS dell'impianto a fonte energetica non rinnovabile le strategie sono rivolte essenzialmente all'ottimizzazione dell'impianto di produzione di ACS, in quanto il fabbisogno non può essere modificato da strategie progettuali mirate. Le strategie più utili al miglioramento del rendimento dell'impianto sono:

- Sistema di generazione:

  - utilizzare impianti a pompa di calore;
  - dimensionare il generatore per un utilizzo a pieno carico.
- Sistema di accumulo (se presente):
  - coibentare il serbatoio di accumulo;
  - dimensionare adeguatamente il serbatoio in relazione al fabbisogno.
- Sistema di distribuzione:
  - prevedere un sistema di ricircolo.

Criterio 3.2: Energia elettrica

Il criterio quantifica il contributo di energia elettrica da fonti rinnovabili prodotta rispetto al fabbisogno.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualificazione energetica
Esigenza: Incoraggiare l'uso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.
Indicatore di prestazione: Percentuale di energia elettrica coperta da fonti rinnovabili.
Unità di misura: %

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:

- Step 1. Calcolare il consumo standard da prospetto G.12 della norma UNI 13790:2008 in relazione alla tipologia di edificio (A);
- Step 2. Calcolare il contributo di energia elettrica prodotta dal sistema solare fotovoltaico in relazione alle scelte progettuali e costruttive del sistema stesso (B);
- Step 3. Quantificare la percentuale totale di energia elettrica da solare fotovoltaico calcolata sul totale dei consumi elettrici stimati:
  - B/A x 100.

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare il consumo standard da prospetto G.12 della norma UNI 13790:2008 (A)

- Calcolare il fabbisogno di energia elettrica sulla base delle indicazioni del prospetto G.12 della norma UNI 13790:2008. Il dato di ingresso necessario per la determinazione del consumo standard è la tipologia di edificio:
  - edificio unifamiliare;
  - edificio per appartamenti.

Esempio applicativo

Tipologia di edificio: edificio per appartamenti

Consumo standard di energia elettrica:

Q_{el} = **30 kWh/ m²**

Step 2. Calcolare il contributo di energia elettrica prodotta dal sistema solare fotovoltaico in relazione alle scelte progettuali e costruttive del sistema stesso (B)

Gli impianti che utilizzano fonti rinnovabili sono:

- impianti solari fotovoltaici;
- impianti eolici;
- impianti a cogenerazione.

La metodologia di calcolo della quantità di energia rinnovabile prodotta è variabile in relazione al tipo di impianto utilizzato.

- Calcolare l'energia primaria totale da fonte rinnovabile considerando i contributi di tutti gli impianti a fonte rinnovabile presenti secondo la seguente formula:

$$Q_{el,rinn} = \frac{Q_{el,fv} + Q_{el,eol} + Q_{el,cg}}{S_u}$$

dove:
$Q_{el,fv}$= energia elettrica prodotta dall'impianto solare fotovoltaico [kWh];
$Q_{el,eol}$= energia elettrica prodotta dall'impianto eolico [kWh];
$Q_{el,cg}$= energia elettrica prodotta dall'impianto a cogenerazione (energia elettrica) [kWh];
S_u= superficie utile riscaldata dell'edificio [m^2]

Esempio applicativo

Provincia: Bari
Impianto solare termico: presente
Energia elettrica da impianto solare fotovoltaico: 9230 kWh
Impianto eolico: non presente
Impianto a cogenerazione: non presente

Energia elettrica totale da fonti rinnovabili

$$Q_{el,rinn} = \frac{9230 + 0 + 0}{1080} = \mathbf{8.6\ kWh/m^2}$$

Step 3. Quantificare la percentuale totale di energia elettrica da solare fotovoltaico calcolata sul totale dei consumi elettrici stimati

- Calcolare il rapporto fra il valore Q_{el} (ottenuto allo Step 1) dell'edificio da valutare e il valore $Q_{el,rinn}$ (ottenuto allo Step 2) dell'edificio modello ed esprimerlo in percentuale.

$$Indicatore = \frac{Q_{el,rinn}}{Q_{el}} \cdot 100$$

dove:
$Q_{el,rinn}$ = quantità di energia elettrica totale prodotta dagli impianti a fonti rinnovabili [kWh/m^2]
Q_{el} = consumo standard di energia elettrica [kWh/m^2].

Esempio applicativo

$Q_{el,rinn}$ = 8.6 kWh/m^2
Q_{el} = 30.0 kWh/m^2

$$Indicatore = \frac{8.6}{30.0} \cdot 100 = \mathbf{28.6\ \%}$$

Strategie di Riferimento

<u>Aumento dell'energia elettrica prodotta da impianti solari fotovoltaici.</u>

Per l'impianto solare fotovoltaico le principali strategie utili alla produzione di energia da fonti rinnovabili sono:

- utilizzo di pannelli ad alta efficienza;
- orientamento dei pannelli a sud;
- inclinazione del pannello pari alla latitudine del luogo;
- capacità dell'inverter leggermente superiore alla potenza di picco installata;
- utilizzo di inverter ad alta efficienza

I sistemi FV si raggruppano in due categorie:

- sistemi *stand alone*, cioè in grado di fornire elettricità con continuità in assenza di connessioni di rete, tramite batterie d'accumulo. Tale sistema è consigliato solo in mancanza di rete elettrica nelle vicinanze del sito, oppure se l'estensione dei pannelli copre tutto il fabbisogno;
- sistemi *grid connected*, cioè collegati alla rete elettrica di distribuzione a bassa tensione, senza necessità di sistemi d'accumulo. In quest'ultimo caso, l'energia prodotta in eccesso rispetto al fabbisogno è distribuita alla rete. Questo sistema è consigliabile in presenza di rete elettrica nelle vicinanze. Da un punto di vista esclusivamente economico è consigliabile, per questa tipologia di impianti, avere i moduli

integrati architettonicamente con l'edificio, in modo da beneficiare dei massimi incentivi economici previsti a livello nazionale (Conto Energia).

Aumento dell'energia elettrica prodotta da impianti a cogenerazione.

I sistemi di cogenerazione sono costituiti da motori termici accoppiati a generatori di potenza elettrica e da sistemi di recupero di energia termica, che costituisce il sottoprodotto del ciclo termodinamico operato dal motore, che andrebbe altrimenti dispersa in ambiente.
La scelta di realizzare sistemi di cogenerazione a scala locale è fortemente legata alle dimensioni e destinazioni d'uso dell'insediamento, e quindi alla taglia di impianto richiesta e all'andamento nel tempo della domanda di energia termica ed elettrica da parte delle utenze. Una decisione in merito richiede quindi un'accurata analisi di fattibilità energetico - economica, che non può prescindere dai vincoli tecnici connessi con la localizzazione dell'impianto e con la realizzazione della rete di distribuzione del fluido termovettore, nonché dal quadro tariffario del mercato dell'energia applicabile nello specifico contesto esaminato.
Sicuramente consigliato è invece l'allacciamento a reti di teleriscaldamento esistenti, qualora la rete sia nelle condizioni di far fronte all'incremento di prelievo di energia termica o possa essere adeguatamente potenziata.

Criterio 4.1: Energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS)

L'energia primaria per ACS rappresenta l'energia globale, inclusa l'energia usata per generare l'energia fornita ed il suo trasporto fino all'edificio per produrre l'acqua calda per usi igienici e sanitari.

Descrizione sintetica

Area di valutazione: Qualità energetica
Esigenza: Ridurre i consumi di energia primaria per la produzione di ACS.
Indicatore di prestazione: Indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS).
Unità di misura: kWh/m^2

Metodo e strumenti di verifica

La verifica del criterio comporta la seguente procedura:
Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

- Step 1. Calcolare il fabbisogno standard di ACS (Q_w) in accordo con la procedura descritta al punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2;
- Step 2. Calcolare le perdite dell'impianto per ACS ($Q_{l,w}$) e l'energia ausiliaria elettrica ($Q_{aux,w}$) in accordo con la procedura descritta al punto 6.9 della norma UNI TS 11300-2;
- Step 3. Calcolare il contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile ($Q_{g,w}$) (vedi criterio 3.1);
- Step 4. Calcolare il fabbisogno di energia primaria per ACS (EP_{acs}) con la seguente formula:

$$EP_{acs} = (Q_w + Q_{l,w} - Q_{g,w}) * fp + Q_{aux,w} * fp_{el}$$

dove:
fp: fattore di conversione dell'energia primaria del combustibile utilizzato
fp_{el}: fattore di conversione dell'energia primaria dell' energia elettrica (= 2.6)

Guida alla verifica

Step 1. Calcolare il fabbisogno standard di ACS (Qw) in accordo con la procedura descritta al punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2

- Calcolare il fabbisogno di energia per ACS sulla base della procedura descritta dal capitolo 5.2 della norma UNI TS 11300-2:

$$Q_w = \sum \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er} - \theta_0) \cdot G \cdot a$$

dove:
Q_W = fabbisogno di energia per ACS [kWh]
ρ = massa volumica dell'acqua [1000 kg/m^3]
c = calore specifico dell'acqua [1.162 Wh/Kg °C]
V_w = volume di acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m^3]
θ_{er} = temperatura di erogazione dell'acqua [°C]
θ_0 = temperatura di ingresso dell'acqua fredda [°C]
G = numero dei giorni del periodo di calcolo [-]
a = coefficiente dimensionale in relazione alla superficie utile servita dall'impianto [-]

Per ulteriori precisazioni in merito al calcolo del fabbisogno di energia per ACS si rimanda alle indicazioni specifiche della norma UNI TS 11300 – 2.

Esempio applicativo

Volume di acqua richiesto (giornaliero):	1.4 m^3G
Temperatura di erogazione:	40 °C
Temperatura di ingresso dell'acqua fredda:	15 °C
Numero di giorni del periodo di calcolo:	365 (1 anno)
Coefficiente a	1.30

Fabbisogno di energia per ACS:

$$Q_w = 1000 \cdot \left(\frac{1.162}{1000}\right) \cdot 1.4 \cdot (40 - 15) \cdot 365 \cdot 1.3 = \mathbf{14880\ kWh}$$

Fabbisogno di energia per ACS per superficie utile riscaldata:

Q_w= **13.8 kWh/m²**

Step 2. Calcolare le perdite dell'impianto per ACS ($Q_{l,w}$) e l'energia ausiliaria elettrica ($Q_{aux,w}$) in accordo con la procedura descritta al punto 6.9 della norma UNI TS 11300-2

- Calcolare le perdite dell'impianto di ACS ($Q_{l,w}$) secondo la procedura descritta al punto 6.9 della norma UNI TS 11300-2.
- Calcolare il consumo di energia elettrica dei sistemi ausiliari elettrici dell'impianto di ACS secondo la procedura descritta al punto 6.9 della norma UNI TS 11300-2.

Nel caso l'impianto di riferimento per la produzione di ACS sia destinato anche alla produzione del riscaldamento, seguire le modalità di calcolo delle perdite e dei rendimenti previste dalla norma UNI TS 11300-2.

Esempio applicativo

Provincia: Bari
Superficie utile riscaldata: 1080 m^2
Perdite totali dell'impianto di ACS: 4940 kWh
Energia ausiliaria elettrica totale dell'impianto di ACS: 0 kWh

Perdite dell'impianto di ACS per superficie utile riscaldata

$Q_{l,w}$= **4.6 kWh/m²**

Energia ausiliaria elettrica totale dell'impianto di ACS per superficie utile riscaldata

$Q_{aux,w}$= **0 kWh/m²**

Step 3. Calcolare il contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile ($Q_{g,w}$)

- Calcolare il contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte rinnovabile secondo la procedura descritta alla scheda 3.1, Step 2.

Esempio applicativo

Provincia: Bari
Impianto solare termico: presente
Energia primaria da impianto solare termico: 10950 kWh
Impianto geotermico: non presente
Impianto a biomasse: non presente
Impianto a cogenerazione: non presente

Energia termica totale da fonti rinnovabili

$$Q_{g,w} = \frac{10950 + 0 + 0 + 0}{1080} = \mathbf{10.1\ kWh/m^2}$$

Step 4. Calcolare il fabbisogno di energia primaria per ACS (EP_{acs})

- Calcolare il fabbisogno di energia primaria per ACS secondo la seguente formula:

$$EP_{acs} = (Q_w + Q_{l,w} - Q_{g,w}) \cdot fp + Q_{aux,w} \cdot fp_{el}$$

dove:
Q_w= fabbisogno di energia per ACS [kWh/m^2];
$Q_{l,w}$= perdite di energia totali dell'impianto di ACS [kWh/m^2];
$Q_{g,w}$= contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte rinnovabile [kWh/m^2];
$Q_{aux,w}$= energia ausiliaria elettrica dell'impianto di ACS [kWh/m^2];
fp= fattore di conversione dell'energia primaria del combustibile utilizzato;
fp_{el}= fattore di conversione dell'energia primaria dell' energia elettrica (= 2.6).

Esempio applicativo

Provincia: Bari
Fabbisogno di energia per ACS: 13.8 kWh/m^2
Perdite totali dell'impianto di ACS: 4.6 kWh/m^2
Energia termica totale da fonti rinnovabili: 10.1 kWh/m^2
Energia ausiliaria totale dell'impianto di ACS: 0.0 kWh/m^2
Combustibile impianto a fonte energetica non rinnovabile: gas
Fattore di energia primaria: 1

Fabbisogno di energia primaria per ACS

$$EP_{acs} = (13.8 + 4.6 - 10.1) \cdot 1 + 0 \cdot 2.6 = \mathbf{8.3\ kWh/m^2}$$

Strategie di Riferimento

Le strategie utili al miglioramento delle prestazioni dell'edificio in merito a questo criterio sono orientate all'aumento della produzione di energia per ACS da fonti rinnovabili e alla riduzione del fabbisogno di energia primaria dell'impianto a fonte energetica non rinnovabile. Pertanto le strategie di riferimento sono le stesse riportate al criterio 3.1 – Energia termica per ACS.