

Energy performance of buildings
Part 1: Evaluation of energy need for space heating and cooling

La specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

La specifica tecnica definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per umidificazione e per deumidificazione.

La specifica tecnica è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008: calcolo di progetto (design rating), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (asset rating) o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (tailored rating).

TESTO ITALIANO

La presente norma sostituisce la UNI/TS 11300-1:2008.

ICS 91.120.10

PREMESSA

La specifica tecnica viene riesaminata ogni 3 anni. Eventuali osservazioni sulla UNI/TS 11300-1 devono pervenire all'UNI entro ottobre 2016.

La presente specifica tecnica è stata elaborata sotto la competenza dell'ente federato all'UNI

CTI - Comitato Termotecnico Italiano

La Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha dato la sua approvazione l'8 aprile 2014.

La presente specifica tecnica è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 2 ottobre 2014.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

INDICE

	PREMESSA	1
prospetto 1	Classificazione dei servizi energetici, parametri di prestazione energetica e riferimenti per il calcolo.....	2
	INTRODUZIONE	3
prospetto 2	Classificazione tipologie di valutazione energetica per applicazioni omogenee all'intero edificio.....	3
prospetto 3	Classificazione tipologie di valutazione energetica e relative applicazioni.....	3
1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	TERMINI E DEFINIZIONI	6
4	SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA	8
prospetto 4	Simboli, grandezze ed unità di misura.....	8
prospetto 5	Pedici e apici.....	9
5	DESCRIZIONE SINTETICA DELLA PROCEDURA DI CALCOLO	10
5.1	Generalità.....	10
5.2	Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento e raffrescamento.....	10
5.3	Calcolo del fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione.....	14
6	DATI DI INGRESSO PER I CALCOLI	15
6.1	Dati relativi alle caratteristiche tipologiche dell'edificio.....	15
6.2	Dati relativi alle caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio.....	16
6.3	Dati relativi all'impianto di ventilazione meccanica.....	16
6.4	Dati climatici.....	16
6.5	Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio.....	16
7	ZONIZZAZIONE E ACCOPPIAMENTO TERMICO TRA ZONE	17
7.1	Individuazione dell'edificio.....	17
figura 1	Edificio costituito da più fabbricati serviti da un'unica centrale termica.....	17
figura 2	Edificio costituito da un unico fabbricato servito da un impianto centralizzato.....	17
figura 3	Edificio costituito da una porzione di fabbricato servita da un impianto termico autonomo.....	18
7.2	Regole di suddivisione dell'edificio.....	18
figura 4	Zone termiche aventi proprie caratteristiche di dispersione ed esposizione.....	18
7.3	Confini delle zone termiche.....	19
figura 5	Regole di suddivisione dei volumi.....	19
7.4	Dati geometrici delle zone.....	19
8	TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA INTERNA	19
8.1	Valutazione sul progetto o standard.....	19
8.2	Valutazione adattata all'utenza.....	20
9	DATI CLIMATICI	20
10	STAGIONE DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO	21
10.1	Climatizzazione invernale.....	21
prospetto 6	Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica.....	21
10.2	Climatizzazione estiva.....	21
10.3	Determinazione della durata della stagione di riscaldamento e raffrescamento.....	22

11		PARAMETRI DI TRASMISSIONE TERMICA	22
11.1		Caratterizzazione termica dei componenti d'involucro.....	22
11.2		Scambio di energia termica verso ambienti non climatizzati.....	24
	prospetto 7	Fattore di correzione $k_{r,U}$ (da UNI EN 12831:2006).....	24
11.3		Scambio di energia termica verso il terreno.....	24
11.4		Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste.....	25
12		VENTILAZIONE	25
12.1		Determinazione della portata di ventilazione media mensile.....	26
	prospetto 8	Quadro di riferimento per il calcolo delle portate di ventilazione.....	27
12.2		Portata di ventilazione in condizioni di riferimento.....	28
12.3		Portata di ventilazione effettiva.....	28
	prospetto 9	Tasso di ricambio d'aria caratteristico medio giornaliero per una differenza tra interno ed esterno di 50 Pa, n_{50} , in funzione della permeabilità dell'involucro.....	31
	prospetto 10	Coefficienti di esposizione al vento e ed f in funzione della schermatura e dell'esposizione dell'edificio nei confronti del vento (da UNI EN ISO 13789).....	31
	prospetto 11	Fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica, FC_{ve} , per destinazione d'uso in funzione della tipologia di sistema di rilevamento e di attuazione del controllo della portata d'aria di ventilazione.....	31
	prospetto 12	Ricambi d'aria medi giornalieri \bar{n} per ventilazione naturale in funzione della classe di schermatura e della permeabilità all'aria dell'edificio: edifici residenziali multifamiliari e altre destinazioni d'uso.....	32
	prospetto 13	Ricambi d'aria medi giornalieri \bar{n} per ventilazione naturale in funzione della classe di schermatura e della permeabilità all'aria dell'edificio: edifici residenziali monofamiliari.....	32
12.4		Ventilazione notturna (free-cooling).....	33
12.5		Valutazione adattata all'utenza.....	34
13		APPORTI TERMICI INTERNI	34
13.1		Apporti interni sensibili.....	34
	prospetto 14	Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali).....	35
	prospetto 15	Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici adibiti ad uffici).....	35
	prospetto 16	Apporti termici dagli occupanti; valori globali in funzione della densità di occupazione (edifici non residenziali).....	36
	prospetto 17	Apporti termici dalle apparecchiature; valori globali in funzione della categoria di edificio (edifici non residenziali).....	36
13.2		Apporti interni latenti.....	36
	prospetto 18	Valori medi della portata di vapore per persona $G_{wv,per}$ [g/h], dovuta alla presenza di persone.....	37
	prospetto 19	Valori medi della portata di vapore per apparecchiatura $G_{wv,p}$, [g/h], dovuti alla presenza di apparecchiature caratterizzate dalla potenza massima assorbita P_{max} [W].....	38
14		APPORTI TERMICI SOLARI	38
14.1		Apporti solari all'interno di ambienti non climatizzati.....	38
14.2		Apporti solari sui componenti opachi.....	38
14.3		Apporti solari sui componenti trasparenti.....	39
	prospetto 20	Fattore di esposizione, F_w	39
	prospetto 21	Fattore di riduzione per le schermature mobili, $f_{sh,with}$	40
14.4		Ombreggiatura.....	41
	figura 6	Angolo dell'orizzonte ombreggiato da un'ostruzione esterna.....	41
	figura 7	Aggetto orizzontale e verticale.....	41
	figura 8	Determinazione dell'angolo β che caratterizza un oggetto verticale su parete opaca.....	42
15		PARAMETRI DINAMICI	43
15.1		Fattori di utilizzazione.....	43

15.2		Capacità termica interna	44
	prospetto 22	Capacità termica per unità di superficie dell'involucro di tutti gli ambienti climatizzati (inclusi i divisori interni orizzontali) [kJ/(m ² ·K)]	44
15.3		Attenuazione	44
APPENDICE	A	SCAMBIO DI ENERGIA TERMICA VERSO AMBIENTI NON CLIMATIZZATI	46
(normativa)			
A.1		Ambiente non climatizzato confinante con diverse zone termiche	46
A.2		Calcolo dei coefficienti $H_{ve,iu}$ e $H_{ve,ue}$	47
	figura A.1	Modalità di ventilazione tra zona termica e ambiente non climatizzato	47
APPENDICE	B	DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DEI PARAMETRI TERMICI E SOLARI DEI COMPONENTI TRASPARENTI	48
(informativa)			
	prospetto B.1	Trasmittanza termica di vetrate verticali doppie e triple riempite con diversi gas [W/(m ² K)]	48
	prospetto B.2	Trasmittanza termica di telai per finestre, porte e porte finestre	49
	prospetto B.3	Trasmittanza termica di finestre con percentuale dell'area di telaio pari al 20% dell'area dell'intera finestra e in presenza di comuni distanziatori di vetrate	50
	prospetto B.4	Resistenza termica addizionale per finestre con chiusure oscuranti	50
	prospetto B.5	Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro	51
	prospetto B.6	Fattori di riduzione (g_{gl+sh}/g_{gl}) per alcuni tipi di tenda	51
APPENDICE	C	DETERMINAZIONE DETTAGLIATA DEL COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE SOLARE TOTALE	52
(informativa)			
APPENDICE	D	FATTORI DI OMBREGGIATURA	53
(informativa)			
D.1		Ostruzioni esterne	53
	prospetto D.1	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di GENNAIO	53
	prospetto D.2	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di FEBBRAIO	53
	prospetto D.3	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di MARZO	53
	prospetto D.4	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di APRILE	53
	prospetto D.5	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di MAGGIO	54
	prospetto D.6	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di GIUGNO	54
	prospetto D.7	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di LUGLIO	54
	prospetto D.8	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di AGOSTO	54
	prospetto D.9	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di SETTEMBRE	54
	prospetto D.10	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di OTTOBRE	55
	prospetto D.11	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di NOVEMBRE	55
	prospetto D.12	Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di DICEMBRE	55
	prospetto D.13	Fattore di ombreggiatura $F_{hor,d}$ relativo alla sola radiazione diffusa per ostruzioni esterne	55
D.2		Aggetti orizzontali	55
	prospetto D.14	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di GENNAIO	55
	prospetto D.15	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di FEBBRAIO	56
	prospetto D.16	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di MARZO	56
	prospetto D.17	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di APRILE	56
	prospetto D.18	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di MAGGIO	56
	prospetto D.19	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di GIUGNO	56
	prospetto D.20	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di LUGLIO	57
	prospetto D.21	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di AGOSTO	57
	prospetto D.22	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di SETTEMBRE	57
	prospetto D.23	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di OTTOBRE	57
	prospetto D.24	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di NOVEMBRE	57
	prospetto D.25	Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di DICEMBRE	58
	prospetto D.26	Fattore di ombreggiatura $F_{ov,d}$ relativo alla sola radiazione diffusa per aggetti orizzontali	58

D.3		Aggetti verticali	58
	prospetto D.27	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di GENNAIO	58
	prospetto D.28	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di FEBBRAIO	58
	prospetto D.29	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di MARZO	58
	prospetto D.30	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di APRILE	59
	prospetto D.31	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di MAGGIO	59
	prospetto D.32	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di GIUGNO	59
	prospetto D.33	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di LUGLIO	59
	prospetto D.34	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di AGOSTO	59
	prospetto D.35	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di SETTEMBRE	60
	prospetto D.36	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di OTTOBRE	60
	prospetto D.37	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di NOVEMBRE	60
	prospetto D.38	Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di DICEMBRE	60
	prospetto D.39	Fattore di ombreggiatura $F_{fin,d}$ relativo alla sola radiazione diffusa per aggetti verticali...	60
APPENDICE (normativa)	E	DATI RELATIVI ALL'UTENZA CONVENZIONALE	61
	prospetto E.1	Fattore di presenza medio giornaliero nei locali climatizzati, $f_{day,per}$	61
	prospetto E.2	Fattore di correzione per la ventilazione in condizioni di riferimento	61
	prospetto E.3	Apporti medi globali per unità di superficie di pavimento	63
APPENDICE (normativa)	F	EFFICIENZA DEL SISTEMA DI RECUPERO TERMICO DI VENTILAZIONE	64
	figura F.1	Schema di un sistema di recupero termico di ventilazione	64
	prospetto F.1	Coppie delle portate massiche per le quali viene definito il rendimento termico	65
APPENDICE (informativa)	G	ATTENUAZIONE	66
G. 1		Climatizzazione invernale	66
	figura G.1	Regime intermittente con regolazione locale	66
	figura G.2	Regime intermittente con regolazione centrale climatica	67
		BIBLIOGRAFIA	68

PREMESSA

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

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

I suddetti metodi di calcolo sono descritti nelle seguenti specifiche tecniche:

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

La serie UNI/TS 11300 considera i seguenti servizi energetici degli edifici:

- climatizzazione o riscaldamento invernale;
- acqua calda sanitaria;
- climatizzazione o raffrescamento estivo;
- ventilazione;
- illuminazione.

La serie UNI/TS 11300 fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia termica utile richiesti dai suddetti servizi, nonché di energia fornita e di energia primaria per i vettori energetici considerati.

Il documento è coerente con le norme elaborate dal CEN nell'ambito del mandato M/343 a supporto della Direttiva Europea 2002/91/CE sulle prestazioni energetiche degli edifici.

La presente specifica tecnica fornisce univocità di valori e di metodi per consentire la riproducibilità e confrontabilità dei risultati ed ottemperare alle condizioni richieste da documenti a supporto di disposizioni nazionali.

Gli indici di prestazione energetica dei vari servizi si calcolano sulla base dei fabbisogni determinati secondo la presente specifica tecnica (prospetto 1).

Servizio	Parametri correlati alla prestazione energetica	Simbolo	Unità di misura	Riferimenti per il calcolo
Climatizzazione invernale	Energia termica utile per il riscaldamento	$Q_{H,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.2
	Energia termica utile per l'umidificazione	$Q_{H,hum,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.3
	Rendimento medio stagionale	η_H	[-]	UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4
	Energia primaria	$E_{P,H}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4
Acqua calda sanitaria	Energia termica utile	$Q_{W,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2
	Rendimento medio annuo	η_W	[-]	UNI/TS 11300-2
	Energia primaria	$E_{P,W}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4
Ventilazione	Portata d'aria per ventilazione meccanica	$q_{ve} \cdot FC_{ve}$	[m ³ /s]	UNI/TS 11300-1 punto 12.3.2
	Temperatura d'immissione dell'aria	θ_{sup}	[°C]	UNI/TS 11300-1 punto 12.3.2
	Frazione temporale con ventilazione meccanica funzionante	β	[-]	UNI/TS 11300-1 punto 12.3.2
	Energia primaria	$E_{P,V}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2
Climatizzazione estiva	Energia termica utile per il raffrescamento	$Q_{C,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.2
	Energia termica utile per la deumidificazione	$Q_{C,dhum,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.3
	Rendimento medio stagionale	η_C	[-]	UNI/TS 11300-3
	Energia primaria	$E_{P,C}$	[kWh]	UNI/TS 11300-3
Illuminazione	Energia primaria	$E_{P,L}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2

INTRODUZIONE

La serie UNI/TS 11300 può essere utilizzata per le seguenti applicazioni:

- 1) valutare il rispetto di regolamenti espressi in termini di obiettivi energetici;
- 2) confrontare la prestazione energetica di varie alternative progettuali per un edificio in progetto;
- 3) indicare un livello convenzionale di prestazione energetica degli edifici esistenti;
- 4) stimare l'effetto di possibili interventi di risparmio energetico su un edificio esistente, calcolando il fabbisogno di energia prima e dopo ciascun intervento;
- 5) prevedere le esigenze future di risorse energetiche su scala nazionale o internazionale, calcolando i fabbisogni di energia di tipici edifici rappresentativi del parco edilizio.

Le suddette applicazioni trovano riscontro in diversi tipi di valutazione energetica di calcolo.

Nel caso di applicazione all'intero edificio in modo omogeneo (progetto di nuovi edifici o ristrutturazioni globali o diagnosi energetica dell'intero edificio) si fa riferimento al prospetto 2, ricavato dalla UNI EN 15603.

prospetto 2

Classificazione tipologie di valutazione energetica per applicazioni omogenee all'intero edificio

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

Nel caso di applicazione a edifici parzialmente ristrutturati e/o in casi di ampliamento di edifici esistenti, per una valutazione delle prestazioni energetiche globali di tali edifici i dati di ingresso sono in parte riferiti all'edificio reale e in parte sul progetto. In tal caso la valutazione energetica diviene mista (*design rating + asset rating*) e quindi per la classificazione delle tipologie di valutazione energetica si fa riferimento al prospetto 3.

prospetto 3

Classificazione tipologie di valutazione energetica e relative applicazioni

		Edificio		
		Progetto	Reale	Misto
Utenza	Standard	- Richiesta del permesso di costruire (nuova costruzione) - Certificazione energetica del progetto (nuova costruzione)	- Certificazione energetica dell'edificio - Qualificazione energetica dell'edificio	- Richiesta di titolo abilitativo (ristrutturazione) - Certificazione energetica del progetto (ristrutturazione)
	Reale	- Ottimizzazione del progetto (nuova costruzione)	- Diagnosi energetica (analisi dell'esistente) - Validazione modelli di calcolo (confronto con consumi reali)	- Ottimizzazione del progetto (ristrutturazione)

La valutazione energetica sul progetto (A1) o standard (A2) permette di determinare un fabbisogno convenzionale, utile per confrontare edifici indipendentemente dal loro reale utilizzo. La valutazione adattata all'utenza (A3) può consentire una stima realistica dei consumi energetici.

Nella definizione dei requisiti di prestazione energetica relativi alla climatizzazione si distingue tra:

- prestazione termica del fabbricato, riferita all'energia termica utile per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e per il raffrescamento ($Q_{C,nd}$);
- prestazione energetica dell'edificio, riferita all'energia primaria per la climatizzazione invernale ($E_{P,H}$) e per la climatizzazione estiva ($E_{P,C}$).

La UNI EN ISO 13790:2008 presenta una serie di metodi di calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento ambiente di un edificio e dell'influenza delle perdite degli impianti di riscaldamento e raffrescamento, del recupero termico e dell'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile.

I metodi forniti dalla UNI EN ISO 13790:2008 comprendono il calcolo dei seguenti termini:

- 1) lo scambio di energia termica per trasmissione e ventilazione dell'edificio quando esso è riscaldato o raffrescato ad una temperatura interna costante;
- 2) il contributo degli apporti termici interni e solari al bilancio termico dell'edificio;
- 3) i fabbisogni annuali di energia termica per riscaldamento e raffrescamento, al fine di mantenere le temperature prefissate di regolazione all'interno dell'edificio.

La determinazione dei fabbisogni di energia latente non rientra nello scopo della UNI EN ISO 13790:2008, ma viene presa in considerazione dalle norme che forniscono metodi per determinare l'efficienza dei sistemi di climatizzazione (UNI EN 15241, UNI EN 15243).

L'edificio può avere diverse zone termiche a differenti temperature di regolazione e può avere un riscaldamento intermittente.

I possibili intervalli di calcolo sono diversi: l'anno, il mese, l'ora.

Per dati di ingresso e per particolareggiati procedimenti di calcolo non forniti dalla UNI EN ISO 13790:2008, l'utente può fare riferimento ad altre norme internazionali o nazionali. In particolare questo vale per il calcolo dell'efficienza o delle perdite di calore degli impianti di riscaldamento.

La UNI EN ISO 13790:2008 prevede la possibilità di eseguire il calcolo dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio mediante metodi dettagliati di simulazione, che consentono di tenere adeguatamente conto dei fenomeni dinamici. L'utilizzo di tali metodi, opportunamente validati in conformità alla UNI EN 15265, è da ritenersi sempre possibile ed in alcuni casi preferibile, in alternativa al metodo mensile cui le presenti linee guida si riferiscono, una volta che siano disponibili dati climatici orari della località considerata.

1

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica tecnica definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e per raffrescamento ($Q_{C,nd}$).

La presente specifica tecnica definisce inoltre un metodo per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per umidificazione ($Q_{H,um,nd}$) e per deumidificazione ($Q_{C,dum,nd}$).

La presente specifica tecnica è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008: calcolo sul progetto ("design rating"), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard ("asset rating") o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio ("tailored rating").

2

RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente specifica tecnica rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente specifica tecnica come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 10339	Impianti aeraulici al fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI 10351	Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore
UNI 10355	Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo

UNI/TR 11328-1	Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
UNI/TR 11552	Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici
UNI/TS 11300-2	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione
UNI/TS 11300-3	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
UNI/TS 11300-4	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
UNI EN 308	Scambiatori di calore - Procedimenti di prova per stabilire le prestazioni dei recuperatori di calore aria/aria e aria/gas
UNI EN 410	Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate
UNI EN 1745	Muratura e prodotti per muratura – Metodi per determinare i valori termici di progetto
UNI EN 12792	Ventilazione degli edifici – Simboli, terminologia e simboli grafici
UNI EN 12831:2006	Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto
UNI EN 13363-1	Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate -Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato
UNI EN 13363-2	Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato
UNI EN 13829	Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione
UNI EN 13779	Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione
UNI EN 14351-1	Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali - Parte 1: Finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo
UNI EN 15242	Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni
UNI EN 15251	Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica
UNI EN ISO 6946	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 10077-1	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità
UNI EN ISO 10211	Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati
UNI EN ISO 10456	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto
UNI EN ISO 12631	Prestazione termica delle facciate continue – Calcolo della trasmittanza termica
UNI EN ISO 13370	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13786	Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13789:2008	Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 13790:2008	Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento
UNI EN ISO 13791	Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Criteri generali e procedure di validazione
UNI EN ISO 14683:2008	Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento
CEN/TR 14788	Ventilation for buildings - Design and dimensioning of residential ventilation systems

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente specifica tecnica si applicano i termini e le definizioni seguenti.

- 3.1 ambiente climatizzato:** Vano o spazio chiuso che, ai fini del calcolo, è considerato riscaldato o raffrescato con prefissate temperature (ed eventualmente umidità) di regolazione.
- 3.2 area climatizzata:** Area del pavimento degli ambienti climatizzati, comprendente l'area di tutti i piani se più di uno, esclusi piani interrati non abitabili o altri ambienti non abitabili. Ai fini del calcolo degli apporti termici interni, è intesa al netto delle pareti perimetrali e di tutti i divisori verticali.
- 3.3 certificazione energetica:** Procedura che permette di produrre un'attestazione della prestazione energetica dell'edificio mediante uno o più descrittori di fabbisogno energetico calcolati secondo metodologie normalizzate.
- 3.4 edificio:** Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi ad un intero fabbricato e relativi impianti ovvero a parti di fabbricato e relativi impianti progettate o ristrutturare per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.
- 3.5 edificio esistente:** Edificio costruito.
- 3.6 fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione:** Quantità di calore latente, sotto forma di vapore acqueo, che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere una specificata umidità minima o massima durante un dato periodo di tempo.
- 3.7 fabbisogno di energia termica (utile) per riscaldamento o raffrescamento:** Quantità di calore che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo di tempo.
- 3.8 fabbisogno ideale di energia termica (utile) per riscaldamento o raffrescamento:** Fabbisogno di energia termica riferito a condizioni di temperatura dell'aria uniforme in tutto l'ambiente climatizzato.
- 3.9 fabbricato:** Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito e dalle strutture interne che ripartiscono detto volume. Sono esclusi gli impianti e i dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno.

-
- 3.10** **infiltrazione:** Immissione incontrollata d'aria in uno spazio attraverso fessurazioni del suo involucro.
- 3.11** **involucro:** Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito.
- 3.12** **prestazione energetica di un edificio:** Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio: la climatizzazione invernale, la climatizzazione estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e l'illuminazione.
- 3.13** **stagione di raffrescamento:** Periodo dell'anno durante il quale vi è richiesta di energia per il raffrescamento ambiente.
- 3.14** **stagione di riscaldamento:** Periodo dell'anno durante il quale vi è richiesta di energia per il riscaldamento ambiente¹⁾.
- 3.15** **temperatura esterna:** Temperatura dell'aria esterna.
- 3.16** **temperatura interna:** Media aritmetica della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante al centro della zona considerata²⁾.
- 3.17** **temperatura interna di regolazione (set-point):** Temperatura interna minima fissata dal sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento e temperatura interna massima fissata dal sistema di regolazione dell'impianto di raffrescamento ai fini dei calcoli di fabbisogno energetico.
- 3.18** **unità immobiliare:** Edificio o parte di edificio con autonoma identificazione catastale.
- 3.19** **ventilazione:** Immissione e/o estrazione progettata di aria in e/o da uno spazio chiuso allo scopo di mantenerne condizioni di salubrità. Si suddivide in ventilazione naturale, ventilazione meccanica, ventilazione ibrida.
- 3.20** **ventilazione ibrida:** Ventilazione dove la ventilazione naturale può almeno per un certo periodo essere supportata o sostituita dalla ventilazione meccanica.
- 3.21** **ventilazione meccanica:** Ventilazione tramite l'ausilio di sistemi di movimentazione dell'aria che richiedano potenza. Si suddivide in ventilazione per immissione, ventilazione per estrazione, ventilazione bilanciata.
- 3.22** **ventilazione meccanica indipendente:** Ventilazione meccanica in zone climatizzate con impianto in tutto indipendente dall'impianto di climatizzazione, compresa la generazione per preriscaldamento dell'aria.
- 3.23** **ventilazione naturale:** Ventilazione dell'edificio che dipende dalle differenze di pressione e/o temperatura, senza l'ausilio di sistemi di movimentazione dell'aria che richiedano potenza. Si suddivide in aerazione, ventilazione termica, ventilazione trasversale.
- 3.24** **zona termica:** Parte dell'ambiente climatizzato mantenuto a temperatura (ed eventualmente umidità) uniforme attraverso lo stesso impianto di climatizzazione.

1) Al momento della pubblicazione della presente specifica tecnica è in vigore il DPR 74/2013 [4] che stabilisce la durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica (art. 4).

2) È un'approssimazione della temperatura operativa definita dalla UNI EN ISO 7726 e della temperatura risultante secca definita dalla UNI EN ISO 6946.

Simbolo	Grandezza	Unità di misura
A	Area	m^2
b	Fattore di correzione dello scambio di energia termica	-
c	Capacità termica specifica (o calore specifico)	$J/(kg \times K)$
d	Spessore	m
E	Energia	MJ
F	Fattore di riduzione del flusso solare, fattore di vista	-
FC	Fattore di efficienza della regolazione	-
G	Portata massica	g/h
g	Trasmittanza di energia solare totale	-
H	Coefficiente di scambio di energia termica	W/K
h	Coefficiente di scambio di energia termica	$W/(m^2 \times K)$
h	Entalpia specifica	J/g
I	Irradianza solare	W/m^2
l	Lunghezza	m
N	Durata della stagione (di riscaldamento, di raffrescamento)	d
n	Tasso di ricambio d'aria	h^{-1}
n	Indice di affollamento	m^{-2}
p	Pressione	Pa
Q	Energia termica	MJ
q	Fattore di scambio termico secondario (di una vetrata)	-
q	Portata volumica	m^3/s
$q_{0,s}$	Portata volumica per unità di superficie utile	$m^3/(s \times m^2)$
R	Resistenza termica	m^2K/W
t	Tempo	Ms
U	Trasmittanza termica	$W/(m^2 \times K)$
V	Volume interno	m^3
x	Umidità massica	g/kg
α	Fattore di assorbimento	-
α	Frazione di tempo in cui la climatizzazione è in funzione	-
β	Frazione di tempo in cui la ventilazione meccanica è in funzione	-
γ	Rapporto apporti/dispersioni	-
ε	Emissività relativa alla radiazione termica ad elevata lunghezza d'onda	-
ε	Efficienza di ventilazione del sistema di ventilazione	-
Φ	Flusso termico, potenza termica	W
η	Efficienza, fattore di utilizzazione, rendimento	-
θ	Temperatura	$^{\circ}C$
κ	Capacità termica areica	$kJ/(m^2 \times K)$
ρ	Massa volumica	kg/m^3
ρ	Riflettanza	-
Σ	Angolo d'inclinazione rispetto all'orizzonte	$^{\circ}$
τ	Costante di tempo	s
τ	Fattore di trasmissione	-
φ	Umidità relativa	$\%$
ψ	Trasmittanza termica lineare	$W/(m \times K)$

A	Apparecchiature, edifici adiacenti	ls	Dispersione termica
a	Aria	m	Medio
adj	Corretto per la differenza di temperatura int.-est.	mn	Media sul tempo
al	Intercapedine d'aria	n	Incidenza normale, netto, nominale
C	Raffrescamento	nd	Fabbisogno
c	Elemento costruttivo	night	Periodo notturno
cav	Cavità	ob	Ostacoli esterni
D	Trasmissione termica diretta verso l'esterno	Oc	Occupanti
d	Diffuso	op	Opaco
day	Giornaliero, diurno	ov	Aggetto orizzontale
des	Progetto	P	Primaria (energia)
dhum	Deumidificazione	p	Proiettato
e	Energia solare, esterno	per	Persona
eff	Effettivo	r	Radiazione infrarossa
eq	Equivalente	s	Superficiale, saturazione
ext	Estrazione	sd	Guadagno solare diretto (da una serra)
F	Telaio	set	Regolazione
f	Pavimento, ventilazione meccanica	sh	Ombreggiatura, schermatura
fin	Aggetto verticale	shut	Chiusura oscurante
e	Ambiente esterno	si	Guadagno solare indiretto (da una serra)
G	Lordo	sky	Volta celeste
g	Terreno	sol	Solare
gl	Vetro	sup	Immissione
gn	Apporti termici	tr	Trasmissione termica
H	Riscaldamento	U,u	Non climatizzato
h	Orizzontale	v	Vapore, ventilato
hor	Orizzonte	ve	Ventilazione
hru	Sistema di recupero termico	W	Acqua calda sanitaria
ht	Scambio di energia termica	w	Finestra
hum	Umidificazione	week	Settimanale
i	Ambiente interno	with	Presenza di schermatura
int	Interno	wv	Vapore acqueo
L	Illuminazione	50	Riferito a una differenza di pressione di 50 Pa

5 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

5.1 Generalità

La procedura di calcolo comprende i seguenti passi³⁾:

- 1) definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
- 2) definizione dei confini delle diverse zone di calcolo, se richiesta;
- 3) definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- 4) calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni ideali di energia termica per riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e raffrescamento ($Q_{C,nd}$);
- 5) calcolo della stagione di riscaldamento e di raffrescamento;
- 6) per i mesi estremi della stagione di riscaldamento e di raffrescamento, eventuale ricalcolo dei fabbisogni di energia sulle frazioni di mese comprese rispettivamente nelle stagioni di riscaldamento e di raffrescamento;
- 7) eventuale calcolo, per ogni mese o frazione di mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per umidificazione ($Q_{H,hum,nd}$) e per deumidificazione ($Q_{C,dhum,nd}$);
- 8) aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi e alle diverse zone servite dagli stessi impianti⁴⁾.

5.2 Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento e raffrescamento

Ai passi 4 e 6 della procedura sopra descritta, i fabbisogni ideali di energia termica per riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e raffrescamento ($Q_{C,nd}$) si calcolano, per ogni zona dell'edificio e per ogni mese o frazione di mese, come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol,w}) \quad (1)$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol,w}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve}) \quad (2)$$

dove:

- $Q_{H,ht}$ è lo scambio di energia termica totale nel caso di riscaldamento, espresso in MJ;
- $Q_{C,ht}$ è lo scambio di energia termica totale nel caso di raffrescamento, espresso in MJ;
- $Q_{H,tr}$ è lo scambio di energia termica per trasmissione nel caso di riscaldamento, espresso in MJ (vedere punto 5.2.1);
- $Q_{C,tr}$ è lo scambio di energia termica per trasmissione nel caso di raffrescamento, espresso in MJ (vedere punto 5.2.1);
- $Q_{H,ve}$ è lo scambio di energia termica per ventilazione nel caso di riscaldamento, espresso in MJ (vedere punto 5.2.1);
- $Q_{C,ve}$ è lo scambio di energia termica per ventilazione nel caso di raffrescamento, espresso in MJ (vedere punto 5.2.1);
- Q_{gn} sono gli apporti totali di energia termica, espressi in MJ;
- Q_{int} sono gli apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne, espressi in MJ (vedere punto 5.2.2);
- $Q_{sol,w}$ sono gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti vetrati, espressi in MJ (vedere punto 5.2.2);
- $\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica;
- $\eta_{C,ls}$ è il fattore di utilizzazione delle dispersioni di energia termica.

- 3) Come spiegato in dettaglio al punto 12, nella valutazione sul progetto e nella valutazione standard le condizioni di ventilazione sono distinte a seconda che si intenda calcolare la "prestazione termica del fabbricato" (in tal caso si considera la sola ventilazione naturale in condizioni di "riferimento"), oppure la "prestazione energetica dell'edificio" e i "rendimenti per la climatizzazione" (in tal caso si considera la ventilazione "effettiva" e l'eventuale presenza dell'impianto di ventilazione meccanica). Nel caso in cui siano effettuate entrambe le suddette valutazioni energetiche, la procedura descritta al punto 5 è applicata due volte per lo stesso edificio, con possibili variazioni di dati e risultati nei diversi passi elencati al punto 5.1.
- 4) Non è ammessa la compensazione tra fabbisogni termici positivi e negativi. Inoltre, i fabbisogni termici sensibili e latenti sono tenuti separati ai fini dei successivi calcoli impiantistici.

5.2.1

Calcolo degli scambi di energia termica

Per ogni zona termica dell'edificio e per ogni mese o frazione di mese, gli scambi di energia termica si calcolano con le seguenti equazioni⁵⁾:

- Nel caso di riscaldamento:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) F_{r,l} \Phi_{r,mn,u,l} \right\} \times t - Q_{sol,op} \quad (3)$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t \quad (4)$$

- Nel caso di raffrescamento:

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) F_{r,l} \Phi_{r,mn,u,l} \right\} \times t - Q_{sol,op} \quad (5)$$

$$Q_{C,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t \quad (6)$$

dove:

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno, determinato con l'equazione (7), espresso in W/K;

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno, determinato con l'equazione (8), espresso in W/K;

$\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata, espressa in °C;

$\theta_{int,set,C}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata, espressa in °C;

θ_e è la temperatura esterna media del mese considerato o della frazione di mese definita secondo quanto riportato al punto 10, espressa in °C;

$F_{r,k}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio k -esimo e la volta celeste;

$F_{r,l}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio l -esimo dell'ambiente non climatizzato e la volta celeste;

$\Phi_{r,mn,k}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k -esimo, mediato sul tempo, espresso in W⁶⁾;

$\Phi_{r,mn,u,l}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio l -esimo dell'ambiente non climatizzato, mediato sul tempo, espresso in W;

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione delle dispersioni per l'ambiente non climatizzato avente il componente l -esimo soggetto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste;

t è la durata del mese considerato o della frazione di mese definita secondo quanto riportato al punto 10, espressa in Ms;

$Q_{sol,op}$ sono gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi, espressi in MJ (vedere punto 5.2.2)⁷⁾.

5) Ai fini del calcolo dei fabbisogni di energia si ipotizza che la temperatura dell'aria interna e quella media radiante siano coincidenti.

6) Nella presente specifica tecnica, a differenza della UNI EN ISO 13790:2008, l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste è considerato come un incremento dello scambio di energia termica per trasmissione invece che come una riduzione degli apporti termici.

7) Nella presente specifica tecnica, a differenza della UNI EN ISO 13790:2008, gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi sono considerati come una riduzione dello scambio di energia termica per trasmissione invece che come apporti termici.

I coefficienti globali di scambio termico si ricavano come:

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

$$H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times \{\sum_k b_{ve,k} \times q_{ve,k,mn}\} \quad (8)$$

dove:

H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno, espresso in W/K;

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno, espresso in W/K;

H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati, espresso in W/K;

H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone climatizzate a temperatura diversa, espresso in W/K; in genere si considera solo lo scambio di energia termica verso zone climatizzate di altri edifici e non verso le zone termiche dell'edificio stesso (calcolo con zone termiche non accoppiate);

$\rho_a \times c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1 200 J/(m³ × K);

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo, espressa in m³/s;

$b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k -esimo in ventilazione naturale ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento o pre-raffrescamento dell'aria di ventilazione che attraversa ambienti non climatizzati; nel caso di ventilazione meccanica, nell'equazione (8) si pone $b_{ve,k} = 1$ perché la correzione della temperatura per il flusso d'aria è già considerata all'interno del termine $q_{ve,k,mn}$).

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione H_D , H_g , H_U , H_A è effettuato secondo le UNI EN ISO 13789:2008 e UNI EN ISO 13370, e secondo le indicazioni riportate al punto 11.

Il calcolo di $F_{r,k}$ e $\Phi_{r,mn,k}$ è effettuato secondo quanto riportato nella UNI EN ISO 13790:2008 e secondo le indicazioni del punto 11.4.

La determinazione di $b_{ve,k}$ e $q_{ve,k,mn}$ è effettuata secondo la UNI EN ISO 13790:2008 e secondo le indicazioni riportate al punto 12.

5.2.2

Calcolo degli apporti termici

Per ogni zona termica dell'edificio e per ogni mese o frazione di mese, gli apporti termici si calcolano con le seguenti equazioni:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \times \Phi_{int,mn,u,l} \right\} \times t \quad (9)$$

$$Q_{sol,w} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,w,mn,k} \right\} \times t + \sum_j Q_{sd,w,j} \quad (10)$$

$$Q_{sol,op} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,op,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \times \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} \times t + \sum_j (Q_{sd,op} + Q_{si})_j \quad (11)$$

dove le prime due sommatorie nelle equazioni (9) e (11) si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l -esima oppure il flusso termico l -esimo di origine solare (nel caso di ambiente non climatizzato confinante con diverse zone termiche si fa riferimento all'appendice A);

$\Phi_{int,mn,k}$ è il flusso termico prodotto dalla k -esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo, espresso in W;

$\Phi_{int,mn,u,l}$ è il flusso termico prodotto dalla l -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo, espresso in W;

$\Phi_{sol,mn,k}$ è il flusso termico k -esimo di origine solare, mediato sul tempo, espresso in W;

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ è il flusso termico l -esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo, espresso in W;

$Q_{sd,w,j}$ sono gli apporti di energia termica diretti attraverso le partizioni trasparenti, dovuti alla radiazione solare entranti nella zona climatizzata dalla serra j -esima, espressi in MJ, calcolati secondo quanto riportato al punto E.2.3.3 della UNI EN ISO 13790:2008;

$Q_{sd,op,j}$ sono gli apporti di energia termica diretti attraverso le partizioni opache, dovuti alla radiazione solare entranti nella zona climatizzata dalla serra j -esima, espressi in MJ, calcolati secondo quanto riportato al punto E.2.3.3 della UNI EN ISO 13790:2008;

$Q_{si,j}$ sono gli apporti di energia termica indiretti dovuti alla radiazione solare entranti nella zona climatizzata dalla serra j -esima, espressi in MJ, calcolati secondo quanto riportato al punto E.2.3.3 della UNI EN ISO 13790:2008.

Il flusso termico k -esimo di origine solare, $\Phi_{sol,k}$, espresso in W, si calcola con la seguente equazione:

$$\Phi_{sol,w/op,k} = F_{sh,ob,k} \times A_{sol,w/op,k} \times I_{sol,k} \quad (12)$$

dove:

$F_{sh,ob,k}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k -esima;

$A_{sol,w,k}$ è l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k -esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato, espressa in m^2 , determinata con l'equazione (13);

$A_{sol,op,k}$ è l'area di captazione solare effettiva della superficie opaca k -esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato, espressa in m^2 , determinata con l'equazione (14);

$I_{sol,k}$ è l'irradianza solare media del mese considerato o della frazione di mese, sulla superficie k -esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, espressa in W/m^2 .

L'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,w}$, di un componente vetrato dell'involucro (per esempio una finestra), espressa in m^2 , è calcolata con la seguente equazione:

$$A_{sol,w} = F_{sh,gl} \times g_{gl} \times (1 - F_F) \times A_{w,p} \quad (13)$$

dove:

$F_{sh,gl}$ è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

g_{gl} è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente;

F_F è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato (l'area del vano finestra).

L'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,op}$, di un componente opaco dell'involucro edilizio è calcolata con la seguente equazione:

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \times R_{se} \times U_{c,eq} \times A_c \quad (14)$$

dove:

$\alpha_{sol,c}$ è il fattore di assorbimento solare del componente opaco;

R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946, espressa in $m^2 \times K/W$;

A_c è l'area proiettata del componente opaco, espressa in m^2 ;

$U_{c,eq}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco, espressa in $W/(m^2 \times K)$, calcolata come segue.

- Componente senza intercapedine d'aria o con intercapedine chiusa.

La trasmittanza termica equivalente ($U_{c,eq}$) coincide con la trasmittanza termica ($U_{c,0}$) del componente, calcolata con l'eventuale intercapedine considerata chiusa.

- Componente con intercapedine d'aria aperta (aria esterna)

$$U_{c,eq} = f_v \times U_{c,0} + (1 - f_v) \times U_{c,v} \quad (15)$$

dove:

f_v è il coefficiente di ventilazione ricavato secondo quanto riportato al punto 14.2;

$U_{c,0}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco per intercapedine non ventilata, espressa in $W/(m^2 \times K)$,

$U_{c,v}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco per intercapedine fortemente ventilata, espressa in $W/(m^2 \times K)$, ricavata come:

$$U_{c,v} = \frac{U_{c,e} \times U_{c,i}}{U_{c,e} + U_{c,i} + h'} \quad (16)$$

dove:

$U_{c,e}$ è la trasmittanza termica tra l'ambiente esterno e l'intercapedine d'aria, espressa in $W/(m^2 \times K)$;

$U_{c,i}$ è la trasmittanza termica tra l'ambiente interno e l'intercapedine d'aria, espressa in $W/(m^2 \times K)$;

h' è assunto pari a $15 W/(m^2 \times K)$.

L'area di captazione solare effettiva, $A_{sol,op}$, di elementi speciali dell'involucro si calcola secondo quanto riportato nella UNI EN ISO 13790:2008, rispettivamente al punto E.3.2 per gli elementi opachi con isolamento trasparente, al punto E.4.2 per le pareti solari ventilate (muro Trombe) e al punto E.5.2 per gli elementi d'involucro ventilati.

5.3

Calcolo del fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione

Per ogni zona termica dell'edificio, se servita da un impianto di raffrescamento o di climatizzazione che controlla l'umidità dell'aria, e per ogni mese, i fabbisogni di energia termica latente per umidificazione, $Q_{H,hum,nd}$, e deumidificazione, $Q_{C,dhum,nd}$, si calcolano come:

$$Q_{H,hum,nd} = - \min [0 ; Q_{wv,int} - Q_{H,wv,ve}] \quad (17)$$

$$Q_{C,dhum,nd} = \max [0 ; Q_{wv,int} - Q_{C,wv,ve}] \quad (18)$$

dove:

$Q_{H,wv,ve}$ è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione nel periodo di riscaldamento, determinata con l'equazione (19), espressa in MJ;

$Q_{C,wv,ve}$ è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione nel periodo di raffrescamento, determinata con l'equazione (19), espressa in MJ;

$Q_{wv,int}$ è l'entalpia del vapore di acqua prodotto all'interno della zona da persone e processi e sorgenti varie (cottura, lavaggi, ecc.), determinata con l'equazione (23), espressa in MJ.

5.3.1

Calcolo degli scambi di vapore

L'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante, per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione naturale o meccanica, si calcola come:

$$Q_{H/C,wv,ve} = \rho_a \times h_{wv} \left\{ \sum_k q_{ve,k,mn} \times (x_{int} - x_k) \right\} \times t \quad (19)$$

dove:

ρ_a è la massa volumica dell'aria, pari a $1,2 \text{ kg/m}^3$;

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo, dovuta a ventilazione naturale o aerazione o infiltrazione o ventilazione meccanica, solo se distinta dalla portata d'aria di processo per il controllo dell'umidità dell'aria, espressa in m^3/s ;

x_k è l'umidità massica media del mese considerato del flusso d'aria k -esimo, espressa in g/kg;

x_{int} è l'umidità massica media dell'aria umida uscente con il ricambio d'aria k -esimo, che si assume pari al valore dell'umidità prefissata per l'aria della zona termica, espressa in g/kg;

h_{wv} è l'entalpia specifica del vapore di acqua, convenzionalmente posta pari a 2544 J/g;

t è la durata del mese considerato, espressa in Ms.

La determinazione di $q_{ve,k,mn}$ è effettuata secondo le indicazioni riportate al punto 12, ma fissando comunque $b_{ve} = 1$.

Nota L'umidità prefissata per l'aria della zona termica, x_{int} , si ricava dalla temperatura interna, θ_{int} , e dall'umidità relativa interna, φ_{int} , della zona termica:

$$x_{int} = 622 \times \frac{\rho_{wv,s,int} \times \varphi_{int}}{101325 - \rho_{wv,s,int} \times \varphi_{int}} \quad (20)$$

dove $\rho_{wv,s}$ è la pressione parziale del vapore di acqua, in condizioni di saturazione, ricavata come:

$$\rho_{wv,s,int} = 610,5 \times \exp\left[\frac{17,269 \times \theta_{int}}{\theta_{int} + 237,3}\right] \text{ per } \theta_{int} \geq 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (21)$$

$$\rho_{wv,s,int} = 610,5 \times \exp\left[\frac{-21,875 \times \theta_{int}}{\theta_{int} + 265,5}\right] \text{ per } \theta_{int} < 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (22)$$

Le equazioni (20), (21) e (22) si applicano anche per determinare x_k , a partire dai dati climatici medi mensili della località.

5.3.2

Calcolo degli apporti interni di vapore

L'entalpia del vapore d'acqua prodotto dagli occupanti, da processi e sorgenti varie (cotture, lavaggi, ecc.) nella zona termica si calcola, sia per il periodo di riscaldamento sia per quello di raffrescamento, come:

$$Q_{wv,int} = h_{wv} \times (G_{wv,Oc} + G_{wv,A}) \times t / 3\,600 \quad (23)$$

dove:

$G_{wv,Oc}$ è la portata massica di vapore d'acqua dovuta alla presenza di persone, mediata sul tempo, come determinata al punto 13.2, espressa in g/h;

$G_{wv,A}$ è la portata massica di vapore d'acqua dovuta alla presenza di apparecchiature, mediata sul tempo, come determinata al punto 13.2, espressa in g/h.

6

DATI DI INGRESSO PER I CALCOLI

6.1

Dati relativi alle caratteristiche tipologiche dell'edificio

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

- il volume interno (o netto) dell'ambiente climatizzato (V), espresso in m^3 ;
- la superficie lorda dell'ambiente climatizzato ($A_{f,G}$), espressa in m^2 ;
- la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato (A_f), espressa in m^2 ;
- le superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia (A), espresse in m^2 ⁸⁾;
- le tipologie e le dimensioni dei ponti termici lineari (l), espresse in metri;
- gli orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio;
- le caratteristiche geometriche di tutti elementi esterni (altri edifici, aggetti, ecc.) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio;
- la riflettanza solare dell'ambiente esterno (ρ_{sol}).

8) Per i serramenti (porte e finestre) si assume come area disperdente l'area del serramento, comprensivo di telaio fisso e mobile, così come previsto dalla UNI EN ISO 10077-1 e dalla UNI EN ISO 13789. Eventuali discordanze, in funzione delle effettive modalità di posa del serramento, tra apertura nel vano murario (UNI 8369-5) e dimensione del serramento devono essere tenute in considerazione in qualità di ponte termico secondo la UNI EN ISO 10211.

6.2

Dati relativi alle caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio

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

- le trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio (U), espresse in $W/(m^2 \times K)$ ⁹⁾;
- le capacità termiche areiche dei componenti della struttura dell'edificio (κ), espresse in $kJ/(m^2 \times K)$;

Nota Questo dato può essere omesso nei casi in cui è consentita una valutazione semplificata della capacità termica interna dell'edificio (vedere punto 15.2).

- le trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio (g);
- i fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio ($\alpha_{sol,c}$);
- le emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio (ε);
- i fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili (F_{sh});
- i fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio ($1-F_F$);
- i coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici (ψ), espressi in $W/(m \times K)$.

6.3

Dati relativi all'impianto di ventilazione meccanica

I dati relativi all'impianto di ventilazione meccanica comprendono:

- la tipologia di impianto di ventilazione (singolo condotto/doppio condotto, ventilatore in estrazione/ventilatore premente, recupero termico, pre-riscaldamento o pre-raffreddamento);
- le tipologie di terminale e di regolazione;
- la portata dell'impianto di condizioni di progetto ($q_{ve,des}$), espressa in m^3/s .

6.4

Dati climatici

I dati climatici comprendono:

- le medie mensili della temperatura esterna media giornaliera (θ_e), espressa in $^{\circ}C$;
- le medie mensili dell'umidità massica media giornaliera (x_e), espressa in g/kg ;
- l'irradianza solare totale media mensile sul piano orizzontale ($I_{sol,h}$), espressa in W/m^2 ;
- l'irradianza solare totale media mensile per ciascun orientamento (I_{sol}), espressa in W/m^2 .

6.5

Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio

I dati relativi all'utenza comprendono:

- la destinazione d'uso ¹⁰⁾;
- la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento ($\theta_{int,set,H}$), espressa in $^{\circ}C$;
- la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento ($\theta_{int,set,C}$), espressa in $^{\circ}C$;
- l'umidità relativa interna di regolazione ($\varphi_{int,set,H}$) nel periodo di riscaldamento;
- l'umidità relativa interna di regolazione ($\varphi_{int,set,C}$) nel periodo di raffrescamento;
- il tipo di ventilazione (ventilazione naturale, ventilazione meccanica, ventilazione ibrida);
- il regime di funzionamento dell'impianto di ventilazione (periodi di attivazione);
- il tasso di ricambio d'aria (n), espresso in h^{-1} , o la portata minima di progetto ($q_{ve,0}$), espressa in m^3/s ;

9) Per i serramenti (porte e finestre) la trasmittanza termica è riferita all'area dell'apertura nella parete. Per le finestre dotate di chiusure oscuranti, occorre conoscere i valori della trasmittanza termica nelle due configurazioni: chiusura oscurante aperta e chiusura oscurante chiusa.

10) Al momento della pubblicazione della presente specifica tecnica è in vigore il DPR 412/93 [3], che definisce, nell'articolo 3, le categorie degli edifici in base alla loro destinazione d'uso.

- la durata del periodo di raffrescamento (N_C);
- la durata del periodo di riscaldamento (N_H);
- il regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione (continuo, intermittente, attenuato);
- le modalità di gestione delle chiusure oscuranti;
- le modalità di gestione delle schermature mobili;
- gli apporti di energia termica interni (Q_{int}), espressi in MJ;
- le portate di vapore acqueo (G_{wv}), espresse in g/h.

Nella valutazione sul progetto o nella valutazione standard, i dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio si riferiscono ad un'utenza convenzionale.

7

ZONIZZAZIONE E ACCOPPIAMENTO TERMICO TRA ZONE

7.1

Individuazione dell'edificio

Ai fini dell'applicazione della presente specifica tecnica, l'edificio è costituito da uno o più fabbricati (involucri edilizi) o da porzioni di un fabbricato, climatizzati attraverso un unico sistema di generazione (figure 1, 2 e 3).

Il volume climatizzato comprende gli spazi che si considerano riscaldati e/o raffrescati a date temperature di regolazione.

figura 1 Edificio costituito da più fabbricati serviti da un'unica centrale termica

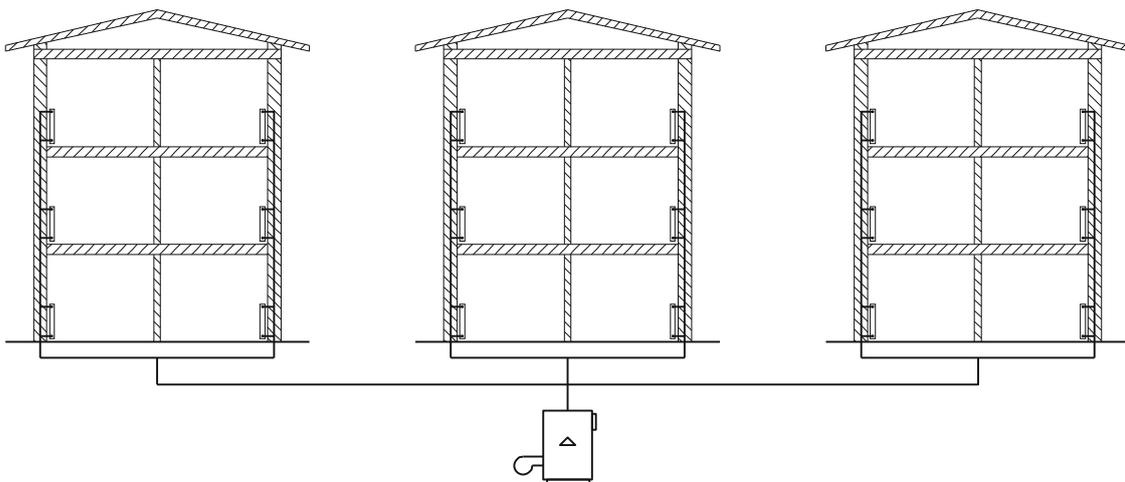
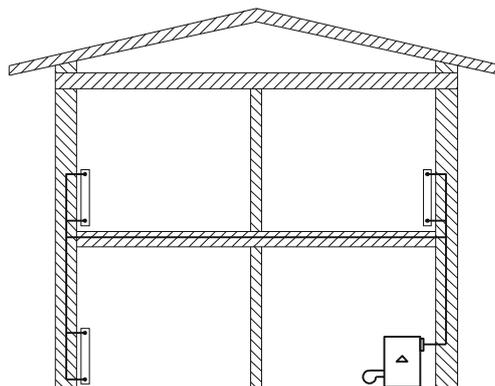
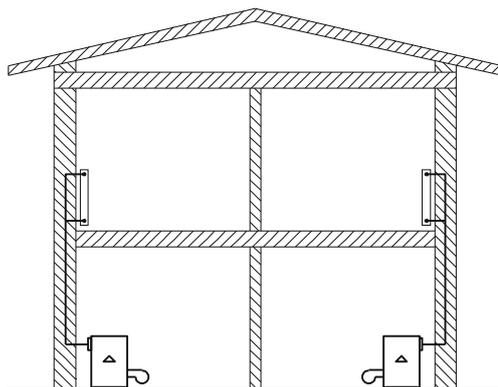


figura 2 Edificio costituito da un unico fabbricato servito da un impianto centralizzato





7.2

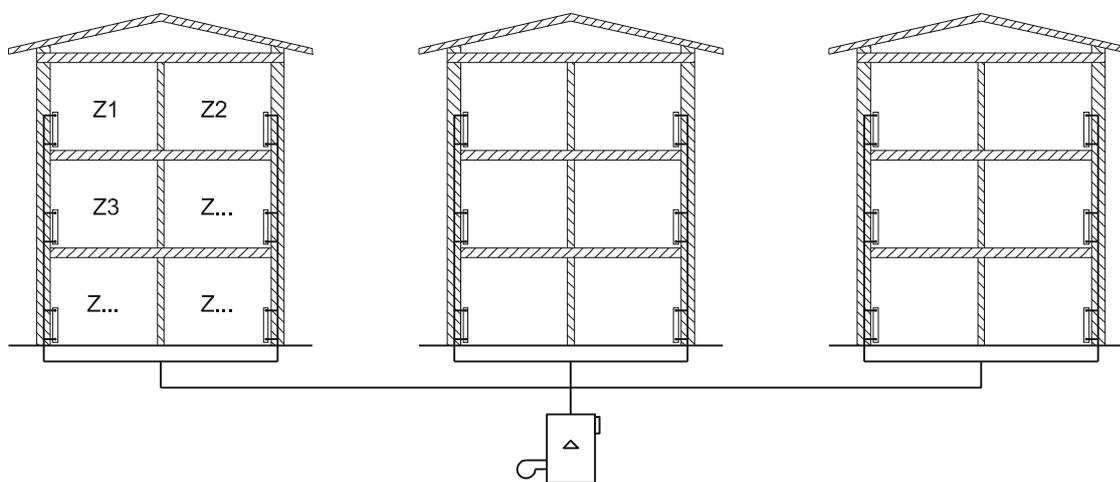
Regole di suddivisione dell'edificio

In linea generale ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica. Nel caso di prescrizione legislativa è possibile la suddivisione in funzione della destinazione d'uso e per unità immobiliare.

La zonizzazione non è richiesta se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4 K;
- gli ambienti non sono raffrescati o comunque le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4 K;
- gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di climatizzazione;
- se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4;
- se vi è il controllo dell'umidità, le umidità relative interne di regolazione differiscono di non oltre 20 punti percentuali.

È possibile che la zonizzazione relativa al riscaldamento differisca da quella relativa al raffrescamento.



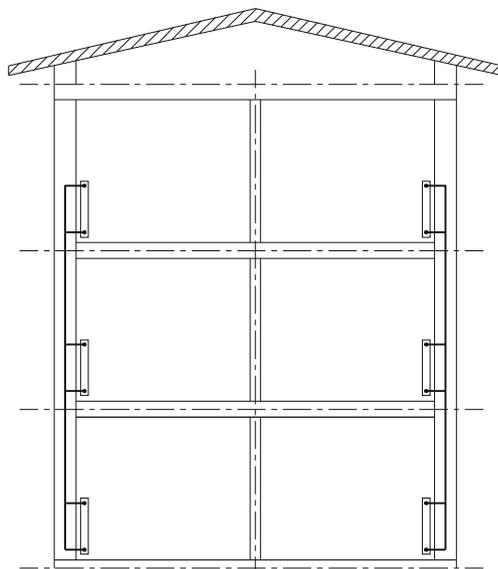
7.3

Confini delle zone termiche

Ai fini dell'applicazione della presente specifica tecnica, per definire i confini delle zone termiche si considerano le superfici esterne dell'involucro del volume climatizzato e le superfici di mezzeria degli elementi che dividono zone termiche adiacenti (vedere figura 5).

figura 5

Regole di suddivisione dei volumi



7.4

Dati geometrici delle zone

7.4.1

Area climatizzata

Per gli edifici esistenti, in assenza di informazioni sull'area netta di pavimento, al fine di determinare gli apporti termici interni, l'area climatizzata (netta) di ciascuna zona termica (A_f) può essere ottenuta moltiplicando la corrispondente area lorda ($A_{f,G}$) per un fattore f_n , ricavabile in funzione dello spessore medio delle pareti esterne, d_m :

$$f_n = 0,9761 - 0,3055 \times d_m \quad (24)$$

7.4.2

Volume netto dell'ambiente climatizzato

Per gli edifici esistenti, in assenza di informazioni sul volume netto dell'ambiente climatizzato, al fine di determinare lo scambio di energia termica per ventilazione, il volume interno di ciascuna zona termica può essere ottenuto moltiplicando l'area climatizzata determinata secondo il punto 7.4.1 per l'altezza netta dei locali.

8

TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA INTERNA

8.1

Valutazione sul progetto o standard

8.1.1

Climatizzazione invernale

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1), E.6(2) e E.8¹¹⁾, si assume una temperatura interna costante pari a 20 °C.

Per gli edifici di categoria E.6(1) si assume una temperatura interna costante pari a 28 °C.

Per gli edifici di categoria E.6(2) e E.8 si assume una temperatura interna costante pari a 18 °C.

11) Vedere nota 10).

Per tutte le categorie di edificio si assume una umidità relativa interna pari al 50%.

Per gli edifici confinanti, in condizioni standard di calcolo, si assume:

- temperatura dipendente dalla destinazione d'uso, se nota, per edifici confinanti e per singole unità immobiliari dotati di impianto di climatizzazione invernale;
- temperatura pari a 20 °C, se la destinazione d'uso non è nota, per edifici confinanti e per singole unità immobiliari dotati di impianto di climatizzazione invernale;
- temperatura conforme all'appendice A della UNI EN ISO 13789:2008, per edifici o ambienti confinanti non climatizzati (magazzini, autorimesse, cantinati, vano scale, ecc.), ovvero secondo quanto riportato al punto 11.2.

8.1.2

Climatizzazione estiva

Per tutte le categorie di edifici¹²⁾ ad esclusione delle categorie E.6(1) e E.6(2) si assume una temperatura interna costante pari a 26 °C.

Per gli edifici di categoria E.6(1) si assume una temperatura interna costante pari a 28 °C.

Per gli edifici di categoria E.6(2) si assume una temperatura interna costante pari a 24 °C.

Per tutte le categorie di edificio si assume una umidità relativa interna pari al 50%.

Per gli edifici confinanti, in condizioni standard di calcolo si assume:

- temperatura dipendente dalla destinazione d'uso, se nota, se l'edificio adiacente è climatizzato;
- temperatura pari a 26 °C, se la destinazione d'uso non è nota, se l'edificio adiacente è climatizzato;
- temperatura conforme all'appendice A della UNI EN ISO 13789:2008, per edifici o ambienti confinanti non climatizzati (magazzini, autorimesse, cantinati, vano scale, ecc.), ovvero secondo quanto riportato al punto 11.2.

8.2

Valutazione adattata all'utenza

Per calcoli aventi scopi differenti da quello standard la temperatura interna e l'umidità relativa possono essere considerate costanti per l'intero periodo di funzionamento oppure può essere specificata e giustificata una variazione di tali parametri in relazione ai profili di utilizzo dell'edificio.

Il tipo di valutazione ed i parametri utilizzati devono essere specificati con evidenza nel rapporto di calcolo.

9

DATI CLIMATICI

I dati climatici devono essere conformi a quanto riportato nella UNI 10349.

I valori di irradianza solare totale media mensile sono ricavati dai valori di irradiazione solare giornaliera media mensile forniti dalla UNI 10349. Per orientamenti intermedi tra quelli ivi indicati e per i valori della riflettanza solare dell'ambiente esterno si procede secondo la UNI/TR 11328-1.

I valori medi mensili della temperatura esterna media giornaliera e della pressione media giornaliera del vapore sono forniti dalla UNI 10349. Per le località non comprese nella UNI 10349 si assumono gli stessi valori di umidità relativa di quelli delle località di riferimento individuate.

Al fini del calcolo del fabbisogno di energia, nel caso in cui non si disponga di dati giornalieri normati, per le frazioni di mese i valori di temperatura e di irradianza solare si ricavano con riferimento al giorno centrale di ciascuna frazione, per interpolazione lineare tra i valori medi mensili adiacenti, attribuendo i valori medi mensili di temperatura e irraggiamento solare riportati nella UNI 10349 al giorno centrale di ciascun mese.

12) Vedere nota 10).

Climatizzazione invernale

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

Per ciascuna zona termica, il primo e l'ultimo giorno del periodo di riscaldamento reale sono calcolati, secondo il metodo *b* riportato al punto 7.4.1.1 della UNI EN ISO 13790:2008, come i giorni in cui il rapporto adimensionale apporti – dispersioni per la modalità di riscaldamento, χ_H , è uguale al suo valore limite:

$$\chi_{H,\text{day}} = \chi_{H,\text{lim}} = (a_H + 1) / a_H \quad (25)$$

dove a_H è un parametro numerico adimensionale che dipende dalla costante di tempo della zona termica, determinato con l'equazione (56).

La stagione di riscaldamento è estesa a tutti i giorni per i quali risulta $\chi_{H,\text{day}} < \chi_{H,\text{lim}}$. Nel caso in cui per tutti i mesi dell'anno risulti $\chi_H < \chi_{H,\text{lim}}$, la durata della stagione di riscaldamento è estesa a tutto l'anno.

Nel caso di valutazione sul progetto o standard, la durata della stagione di calcolo è comunque limitata in funzione della zona climatica¹³⁾ in relazione ai gradi giorno della località, secondo il prospetto 6.

prospetto 6

Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

Al fini dell'individuazione del periodo di riscaldamento, nel caso in cui non si disponga di dati giornalieri normati, i valori giornalieri di χ_H sono ricavati per interpolazione lineare tra i valori medi mensili adiacenti, attribuendo i valori medi mensili di temperatura e irraggiamento solare riportati nella UNI 10349 al giorno centrale di ciascun mese.

Climatizzazione estiva

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

Per ciascuna zona termica, il primo e l'ultimo giorno del periodo di raffrescamento reale sono calcolati, secondo il metodo *b* riportato ai punti 7.4.1.2 della UNI EN ISO 13790:2008, come i giorni in cui il rapporto adimensionale dispersioni – apporti per la modalità di raffrescamento, $1/\gamma_C$, è uguale al suo valore limite:

$$(1/\gamma_{C,\text{day}}) = (1/\gamma_C)_{\text{lim}} = (a_C + 1) / a_C \quad (26)$$

dove a_C è un parametro numerico adimensionale che dipende dalla costante di tempo della zona termica, determinato con l'equazione (61).

La stagione di raffrescamento è estesa a tutti i giorni per i quali risulta $1/\gamma_{C,\text{day}} < (1/\gamma_C)_{\text{lim}}$. Nel caso in cui per tutti i mesi dell'anno risulti $1/\gamma_C < (1/\gamma_C)_{\text{lim}}$, la durata della stagione di raffrescamento è estesa a tutto l'anno.

Al fini dell'individuazione del periodo di raffrescamento, nel caso in cui non si disponga di dati giornalieri normati, i valori giornalieri di γ_C sono ricavati per interpolazione lineare tra i valori medi mensili adiacenti, attribuendo i valori medi mensili di temperatura e irraggiamento solare riportati nella UNI 10349 al giorno centrale di ciascun mese.

13) Vedere nota 1.

10.3

Determinazione della durata della stagione di riscaldamento e raffrescamento

La procedura per la determinazione della durata della stagione di riscaldamento e raffrescamento comprende i seguenti passi:

- 1) calcolo del rapporto adimensionale apporti – dispersioni ($\chi_{H/C}$) su base mensile;
- 2) calcolo del rapporto adimensionale limite apporti – dispersioni ($\chi_{H/C,lim}$) per il riscaldamento e il raffrescamento, rispettivamente attraverso le equazioni (25) e (26);
- 3) individuazione dei giorni di inizio e fine riscaldamento/raffrescamento, definiti dalle equazioni (25) e (26), per interpolazione lineare tra i valori medi mensili adiacenti secondo quanto riportato ai punti 10.1 e 10.2;
- 4) eventuale troncamento della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica in relazione ai gradi giorno della località;
- 5) ricalcolo dei dati climatici con riferimento alle frazioni dei mesi estremi della stagione di riscaldamento e di raffrescamento.

11

PARAMETRI DI TRASMISSIONE TERMICA

11.1

Caratterizzazione termica dei componenti d'involucro

11.1.1

Componenti opachi

Per il calcolo della trasmittanza termica dei componenti opachi, occorre che:

- le proprietà termofisiche dei materiali siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile), opportunamente corretti per tenere conto delle condizioni in cui si opera mediante il metodo descritto nella UNI EN ISO 10456, oppure da dati di progetto forniti dalla UNI EN ISO 10456 o dalla UNI 10351 o dalla UNI EN 1745;
- le resistenze termiche di murature e solai siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile) oppure dalla UNI 10355 o dalla UNI EN 1745;
- i coefficienti superficiali di scambio termico e le resistenze termiche delle intercapedini d'aria siano conformi ai valori stabiliti dalla UNI EN ISO 6946.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori dei parametri termici dei componenti edilizi di edifici esistenti possono essere ricavati dalla UNI/TR 11552 o da letteratura tecnica in funzione della tipologia edilizia e del periodo di costruzione.

Nel caso vengano utilizzati dati ricavati da letteratura tecnica l'origine dei dati deve essere riportata nel rapporto finale di calcolo.

Per i cassonetti isolati si assume una trasmittanza termica di $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$, per i cassonetti non isolati una trasmittanza termica di $6 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.

11.1.2

Componenti trasparenti

La trasmittanza termica dei componenti trasparenti si calcola secondo la UNI EN ISO 10077-1, o si assume il valore dichiarato dal fabbricante in base alla UNI EN 14351-1.

La trasmittanza termica delle facciate continue trasparenti si calcola secondo la UNI EN ISO 12631.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di trasmittanza termica delle vetrate possono essere ricavati dal prospetto B.1.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di trasmittanza termica dei telai possono essere ricavati dal prospetto B.2.

Nel prospetto B.3 sono forniti valori di trasmittanza termica per componenti trasparenti aventi dimensioni di 1,20 m × 1,50 m, l'area del telaio pari al 20% dell'area dell'intera finestra e distanziatori tra i vetri di tipo comune. I valori del prospetto B.3 possono essere utilizzati per componenti trasparenti aventi dimensioni totali che si discostano di ±10% dalle suddette dimensioni.

11.1.2.1

Effetto di chiusure oscuranti

L'effetto dell'isolamento notturno, quale quello dovuto alla presenza di una chiusura oscurante, deve essere tenuto in conto mediante la frazione adimensionale della differenza cumulata di temperatura, derivante dal modello orario di utilizzo, calcolata mediante l'equazione:

$$U_{w,corr} = U_{w+shut} \times f_{shut} + U_w \times (1 - f_{shut}) \quad (27)$$

dove:

U_w è la trasmittanza termica del componente trasparente senza chiusura oscurante, espressa in $W/(m^2 \times K)$;

$U_{w,corr}$ è la trasmittanza termica ridotta del componente trasparente e della chiusura oscurante, espressa in $W/(m^2 \times K)$;

U_{w+shut} è la trasmittanza termica del componente trasparente e della chiusura oscurante insieme, espressa in $W/(m^2 \times K)$;

f_{shut} è la frazione adimensionale della differenza cumulata di temperatura, derivante dal profilo orario di utilizzo della chiusura oscurante e dal profilo orario della differenza tra temperatura interna ed esterna.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, valori di resistenza termica addizionale, ΔR , della chiusura oscurante possono essere ricavati dal prospetto B.4.

Nella valutazione sul progetto o nella valutazione standard si considera un periodo giornaliero di chiusura di 12 h dalle ore 20:00 alle ore 8:00¹⁴⁾. In mancanza di dati precisi sui profili giornalieri della temperatura esterna si assuma $f_{shut} = 0,6$.

11.1.3

Ponti termici

Lo scambio di energia termica per trasmissione attraverso i ponti termici deve essere calcolato secondo il punto 5 della UNI EN ISO 14683:2008.

Nella valutazione sul progetto i valori di trasmittanza termica lineare devono essere determinati esclusivamente attraverso il calcolo numerico in accordo alla UNI EN ISO 10211 oppure attraverso l'uso di atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683.

Per gli edifici esistenti è ammesso in aggiunta l'uso di metodi di calcolo manuali conformi alla UNI EN ISO 14683. È sempre da escludersi l'utilizzo dei valori di progetto della trasmittanza termica lineare riportati nell'allegato A della UNI EN ISO 14683:2008.

Nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse, il valore della trasmittanza termica lineare, dedotto dalla UNI EN ISO 14683, deve essere ripartito in parti uguali tra le due zone interessate¹⁵⁾.

14) Dato il profilo giornaliero di temperatura esterna ($\theta_{e,\tau}$ per $\tau=1, \dots, 24$), si ha $f_{shut} = \frac{\sum_{\tau=1}^8 (\theta_{int} - \theta_{e,\tau}) + \sum_{\tau=21}^{24} (\theta_{int} - \theta_{e,\tau})}{\sum_{\tau=1}^{24} (\theta_{int} - \theta_{e,\tau})}$.

15) Nel caso in cui si effettui il calcolo analitico del ponte termico in base alla UNI EN ISO 10211, anche la suddivisione dei flussi lineari attribuiti alle due zone termiche può derivare dal calcolo analitico.

11.2

Scambio di energia termica verso ambienti non climatizzati

Il coefficiente di scambio termico per trasmissione, H_U , tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente esterno attraverso gli ambienti non climatizzati si ottiene come:

$$H_U = H_{tr,iu} \times b_{tr,U} \quad (28)$$

dove:

$H_{tr,iu}$ è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato, determinato secondo la UNI EN ISO 13789, espresso in W/K;

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

$$b_{tr,U} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (29)$$

dove:

H_{iu} è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato, determinato secondo la UNI EN ISO 13789, espresso in W/K;

H_{ue} è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno, determinato secondo la UNI EN ISO 13789, espresso in W/K¹⁶⁾.

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori del fattore $b_{tr,U}$ si possono assumere dal prospetto 7. In tale caso non viene determinato l'extra flusso verso la volta celeste degli ambienti non climatizzati e si pone uguale a 0 il termine $\Phi_{r,mn,u,l}$ nelle equazioni (3) e (5).

prospetto 7

Fattore di correzione $b_{tr,U}$ (da UNI EN 12831:2006)

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

11.3

Scambio di energia termica verso il terreno

Lo scambio di energia termica verso il terreno deve essere calcolato secondo la UNI EN ISO 13370.

Per edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, lo scambio di energia termica attraverso solette sospese sopra vespaio può essere calcolato come per lo scambio di energia termica verso ambienti non climatizzati (punto 11.2), ricavando il valore di $b_{tr,U}$ dal prospetto 7.

16) A differenza di quanto riportato nella UNI EN ISO 13789, il termine H_{ue} tiene conto anche dello scambio di energia termica dell'ambiente non climatizzato verso il terreno.

Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Il calcolo dell'extraflusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste riguarda tutti i componenti, sia opachi sia trasparenti, esposti direttamente verso l'ambiente esterno ed è effettuato secondo quanto riportato nei punti 11.3.5 e 11.4.6 della UNI EN ISO 13790:2008, adottando le seguenti ipotesi:

- la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo vale $\Delta\theta_{er} = \theta_e - \theta_{sky}$, dove:

$$\theta_{sky} = 18 - 51,6 \times e^{-p_{v,e}/1000} \quad (30)$$

dove:

$p_{v,e}$ è la pressione parziale del vapore d'acqua media del mese considerato, espressa in pascal;

- il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento, espresso in $W/(m^2 \times K)$, è determinato con l'equazione:

$$h_r = \varepsilon \sigma \frac{(\theta_e + 273)^4 - (\theta_{sky} + 273)^4}{\theta_e - \theta_{sky}} \quad (31)$$

dove:

ε è l'emissività della superficie esterna del componente¹⁷⁾;

σ è la costante di Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$;

θ_{sky} è la temperatura equivalente di corpo nero della volta celeste, espressa in °C;

- il fattore di forma tra un componente edilizio e la volta celeste è determinato con l'equazione:

$$F_r = F_{sh,ob,d} (1 + \cos \Sigma) / 2 \quad (32)$$

dove:

Σ è l'angolo d'inclinazione del componente sull'orizzonte, espresso in gradi;

$F_{sh,ob,d}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, pari a 1 in assenza di ombreggiature.

I fattori di riduzione per ombreggiatura relativi alla sola radiazione diffusa possono essere determinati secondo la procedura descritta al punto 14.4, attraverso l'interpolazione lineare dei valori riportati nei prospetti D.13, D.26 e D.39 dell'appendice D.

VENTILAZIONE

Le caratteristiche delle diverse tipologie dei sistemi di ventilazione sono descritte nelle norme UNI 10339 e UNI EN 13779, e nel CEN/TR 14788. Ulteriori definizioni riguardo alla ventilazione ed all'aerazione sono fornite nella UNI EN 12792.

Nella valutazione sul progetto e nella valutazione standard, si distingue tra:

- calcolo della prestazione termica del fabbricato;
- calcolo della prestazione energetica dell'edificio.

Nel primo caso, indipendentemente dalla eventuale presenza di un impianto di ventilazione meccanica, si fa convenzionalmente riferimento alla semplice aerazione naturale in condizioni standard (ventilazione di "riferimento").

Nel secondo caso si considera la ventilazione effettiva e l'eventuale presenza dell'impianto di ventilazione meccanica (ventilazione "effettiva").

Nel caso in cui non vi sia alcun impianto di ventilazione, la ventilazione "effettiva" coincide con la ventilazione di "riferimento".

17) Il valore tipico di ε per i materiali da costruzione è 0,90. Per i vetri senza deposito superficiale $\varepsilon = 0,837$.

Determinazione della portata di ventilazione media mensile

Qualunque sia il tipo di valutazione, ad esclusione della valutazione adattata all'utenza, e solo quando le portate di aria esterna di rinnovo effettive siano state misurate, la portata media giornaliera media mensile da utilizzare nell'equazione (8) si calcola a partire dai valori della portata di ventilazione necessari per garantire le condizioni di qualità dell'aria in ambiente, indipendentemente dal tipo di ventilazione adottata (naturale o meccanica).

A tale scopo si fa riferimento alla UNI 10339. In particolare si utilizza come dato di ingresso la "portata minima di progetto di aria esterna", $q_{ve,0}$, funzione della destinazione d'uso dell'edificio o zona considerata, calcolata come¹⁸⁾¹⁹⁾:

$$q_{ve,0} = \left(\sum_k n_{per,k} \times q_{ve,o,p,k} + \sum_k A_{f,k} \times q_{ve,o,s,k} \right) \times \frac{0,8}{\varepsilon_{ve,c}} \times (C_1 \times C_2) \quad (33)$$

dove:

$q_{ve,o,p,k}$ è la portata specifica di aria esterna per persona nella sub-zona k -esima, come definita e riportata nella UNI 10339, espressa in m^3/s ;

$q_{ve,o,s,k}$ è la portata specifica di aria esterna per unità di superficie utile servita dalla ventilazione nella sub-zona k -esima, come definita e riportata nella UNI 10339, espressa in $m^3/(s \times m^2)$;

$n_{per,k}$ numero di persone nella sub-zona k -esima, previste a progetto o calcolato mediante l'affollamento convenzionale come $n_{per,k} = (n_{s,k} \times A_{f,k})$, riportato nella UNI 10339;

$n_{s,k}$ è l'indice di affollamento convenzionale per unità di superficie nella sub-zona k -esima, riferito alle condizioni di progetto, come definito e riportato nella UNI 10339, espresso in m^{-2} ;

$A_{f,k}$ è l'area della superficie utile della sub-zona k -esima servita dalla ventilazione, espressa in m^2 ;

$\varepsilon_{ve,c}$ efficienza convenzionale di ventilazione, che dipende dalla tipologia dei terminali del sistema di ventilazione; in assenza di dati provenienti da norme specifiche si assume convenzionalmente pari a 0.8;

C_1 è il coefficiente correttivo per impianti misti, che è determinato in relazione con il tipo di terminale ad acqua; in assenza di dati provenienti da norme specifiche si assume convenzionalmente pari a 1;

C_2 è il coefficiente correttivo in funzione dell'altitudine riportato in specifica tabella della UNI 10339.

In alternativa all'applicazione dell'equazione (33), negli edifici residenziali (categoria E.1) e negli edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili (categoria E.8) la "portata minima di progetto di aria esterna", $q_{ve,0}$, è espressa come:

$$q_{ve,0} = n \times V/3600 \quad (34)$$

dove n è il tasso di ricambio d'aria, espresso in h^{-1} ; V è il volume netto della zona termica considerata, espresso in m^3 , comprensivo di cucine, bagni, corridoi e locali di servizio.

L'equazione (34) è in genere applicata anche per determinare il ricambio d'aria nei servizi igienici (locali con estrazione) indipendentemente dalla destinazione d'uso dell'edificio.

18) La UNI 10339:1995, a seconda della destinazione d'uso, fornisce in alternativa il valore di $q_{0,p}$ o quello di $q_{0,s}$, ponendone di volta in volta uno dei due implicitamente uguale a zero. Nel caso in cui per una destinazione d'uso siano forniti più valori di portata corrispondenti a diverse categorie di qualità dell'aria interna, si assume il valore intermedio.

19) La portata $q_{ve,0}$ va calcolata tenendo conto del numero nominale di occupanti e dell'area della superficie netta di tutti i locali, esclusi cucine, bagni, corridoi e locali di servizio. La portata totale va suddivisa tra gli ambienti al netto delle esclusioni in base alle condizioni specifiche che devono essere valutate in fase di progettazione. Nel caso che questa portata risulti inferiore alla somma delle portate continue di estrazione si adotta come portata di aria esterna almeno il valore della somma delle portate continue di estrazione e comunque tale da garantire i requisiti minimi di sovrappressione, definiti in fase di progettazione.

La portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo in generale si calcola come:

$$q_{ve,k,mn} = (\overline{q_{ve,0}} + \overline{q'_{ve,x}})_k \times (1 - \beta_k) + (q_{ve,f} \times b_{ve} \times FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}})_k \times \beta_k \quad (35)$$

dove:

$\overline{q_{ve,0}}$ è la portata d'aria media giornaliera per ventilazione naturale, inclusa quella che si attua attraverso i condotti della ventilazione meccanica, durante il periodo di non funzionamento della ventilazione meccanica, espressa in m^3/s ;

$\overline{q'_{ve,x}}$ è la portata d'aria media giornaliera addizionale dovuta agli effetti del vento, nel periodo in cui non è funzionante la ventilazione meccanica, espressa in m^3/s ;

$q_{ve,f}$ è la portata di nominale della ventilazione meccanica, espressa in m^3/s ;

$\overline{q_{ve,x}}$ è la portata d'aria media giornaliera addizionale con ventilazione meccanica funzionante dovuta a infiltrazioni per ventilazione naturale termica e trasversale;

b_{ve} è il fattore di correzione della temperatura dipende dalla tipologia di ventilazione adottata ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione);

FC_{ve} è il fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica, ricavato dal prospetto 11;

β_k è la frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica funzionante per il flusso d'aria k -esimo.

Nel prospetto 8 sono indicati i riferimenti ai punti della presente specifica tecnica nei quali si descrivono i calcoli delle portate di ventilazione in funzione del tipo di ventilazione e di utenza.

prospetto 8

Quadro di riferimento per il calcolo delle portate di ventilazione

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento ^{a)}	Ventilazione effettiva ^{b)}	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto			Punto 12.3.1	
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida ^{c)}	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.2	Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica)	Punto 12.5
		Immissione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione	Punto 12.3.4			
Immissione ed estrazione						
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione ^{d)}	Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"				

- a) Condizione per il calcolo della prestazione termica del fabbricato (si considera la sola ventilazione naturale).
 b) Condizione per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio (si considera l'eventuale presenza dell'impianto di ventilazione meccanica).
 c) Ventilazione meccanica indipendente.
 d) Nella ventilazione meccanica mediante l'impianto di climatizzazione con impianto misto "aria/acqua" il circuito aria primaria è considerato parte dell'impianto di climatizzazione e l'energia per il preriscaldamento dell'aria è fornita dall'unico sottosistema di generazione.

12.2

Portata di ventilazione in condizioni di riferimento

Nelle condizioni di riferimento, cioè di ventilazione per sola aerazione ($\beta_k = 0$), la portata media giornaliera media mensile, $q_{ve,k,mn}$, si calcola con la seguente equazione:

$$q_{ve,k,mn} = q_{ve,0,k} \times f_{ve,t,k} \quad (36)$$

dove:

$q_{ve,0,k}$ è la portata minima di progetto di aria esterna, espressa in m^3/s ;

$f_{ve,t,k}$ fattore di correzione che rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il flusso d'aria k -esimo e che tiene conto dell'effettivo profilo di utilizzo e delle infiltrazioni che si hanno quando non si opera l'aerazione. I valori del fattore di correzione $f_{ve,t,k}$ sono riportati nel prospetto E.2 in funzione della destinazione d'uso.

Per destinazioni d'uso diverse dalle abitazioni e dagli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali, la portata minima di progetto di aria esterna, $q_{ve,0}$, si calcola secondo l'equazione (33).

Per le abitazioni civili (E.1) la portata minima di progetto di aria esterna, $q_{ve,0}$, si calcola secondo l'equazione (34), assumendo un tasso di ricambio d'aria di progetto pari a $0,5 h^{-1}$, così come riportato al punto D.5.1 della UNI EN 12831:2006.

Per gli edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili (E.8) la portata minima di progetto di aria esterna, $q_{ve,0}$, si calcola secondo l'equazione (34), assumendo un tasso di ricambio d'aria di progetto pari a $0,5 h^{-1}$.

12.3

Portata di ventilazione effettiva

Nelle condizioni effettive, cioè quando si prende in considerazione la modalità di ventilazione effettivamente esistente o definita nel progetto, la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo nelle condizioni effettive, $q_{ve,k,mn}$ si calcola secondo l'equazione (35) in funzione della tipologia di ventilazione considerata.

Ai fini della applicazione della presente specifica tecnica, per gli edifici residenziali gli estrattori dai bagni e dalle cucine con funzionamento saltuario non vengono considerati impianti di ventilazione, e quindi non si considera la relativa portata d'aria e conseguente carico termico di ventilazione.

12.3.1

Edifici nei quali si ha solo ventilazione naturale

La portata media effettiva coincide con la portata di ventilazione in condizioni di riferimento, calcolata mediante l'equazione (36).

12.3.2

Edifici nei quali si ha solo ventilazione meccanica

La portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo in generale, $q_{ve,k,mn}$, data dall'equazione (35) si riduce a:

$$q_{ve,k,mn} = (\overline{q'_{ve,x}})_k \times (1 - \beta_k) + (q_{ve,f} \times b_{ve} \times FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}})_k \times \beta_k \quad (37)$$

dove:

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

$$\overline{q'_{ve,x}} = (V \times n_{50} \times \varepsilon / 3600) \quad (38)$$

dove:

V è il volume netto del locale o zona considerata, espresso in m^3 ;

n_{50} è il tasso di ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno, inclusi gli effetti delle aperture di immissione dell'aria, espresso in h^{-1} ;

ε coefficiente di esposizione al vento, riportato nel prospetto 10;

In assenza di valori misurati secondo la UNI EN 13829, i valori caratteristici di n_{50} da applicare nei casi di valutazione sul progetto o standard sono riportati nel prospetto 9 in funzione della permeabilità dell'involucro.

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

$$q_{ve,f} = \max [q_{ve,des}; q_{ve,0}] \quad (39)$$

dove:

$q_{ve,des}$ è la portata di esercizio dell'impianto di ventilazione meccanica in condizioni di progetto, espressa in m^3/s ;

$q_{ve,0}$ è la portata minima di progetto di aria esterna, calcolata secondo l'equazione (33) o (34) secondo quanto riportato al punto 12.1, espressa in m^3/s .

La portata di progetto della ventilazione meccanica, $q_{ve,des}$, coincide con:

- nel caso di ventilazione meccanica per estrazione, la portata di estrazione $q_{ve,ext}$, espressa in m^3/s ;
- nel caso di ventilazione meccanica per immissione, la portata di immissione $q_{ve,sup}$, espressa in m^3/s ;
- nel caso ventilazione meccanica bilanciata, con la massima tra la portata di immissione e quella di estrazione:

$$q_{ve,des} = \max [q_{ve,sup}; q_{ve,ext}] \quad (40)$$

Nel caso di valutazione adattata all'utenza la portata di progetto della ventilazione meccanica, $q_{ve,des}$, coincide con il valore effettivo misurato in condizioni nominali di esercizio.

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

$$\overline{q_{ve,x}} = \frac{\overline{q'_{ve,x}}}{1 + \frac{f [q_{ve,sup} - q_{ve,ext}]^2}{e [V \times n_{50} / 3600]}} \quad (41)$$

dove:

$q_{ve,sup}$ è la portata di progetto del sistema di immissione (ventilatore, eiettore, ecc.), espressa in m^3/s , pari a $q_{ve,f}$ solo nel caso di ventilazione meccanica per immissione; in tal caso si ha anche $q_{ve,ext} = 0$;

$q_{ve,ext}$ è la portata minima di progetto del sistema di estrazione (ventilatore, eiettore, ecc.), espressa in m^3/s , pari a $q_{ve,f}$ solo nel caso di ventilazione meccanica per estrazione; in tal caso si ha anche $q_{ve,sup} = 0$;

V è il volume netto del locale o zona considerata, espresso in m^3 ;

n_{50} è il tasso di ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno, inclusi gli effetti delle aperture di immissione dell'aria, espresso in h^{-1} ;

e coefficiente di esposizione al vento riportato nel prospetto 10;

f coefficiente di esposizione al vento riportato nel prospetto 10.

- il fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica, FC_{ve} , riportato nel prospetto 11, per tipo di locale in funzione della tipologia di sistema di rilevamento e di attuazione del controllo della portata d'aria di ventilazione.

Tale fattore tiene conto della riduzione della portata media giornaliera rispetto al valore nominale, conseguenza della retroazione dei sistemi di controllo che modulano la portata effettiva in funzione del tasso di occupazione. Sistemi di regolazioni diversi hanno capacità diverse nel seguire la richiesta e quindi valori diversi della portata media giornaliera erogata a parità di profilo di occupazione. Se il sistema di ventilazione è a portata costante (assenza di sistema di regolazione) il valore del fattore di efficienza della regolazione è unitario;

- la frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica funzionante per il flusso d'aria k -esimo, β_k , è pari a:
 - per valutazioni sul progetto e standard:
 - le ore cumulate giornaliere (valore medio mensile) di presenza di persone corrispondente al profilo di occupazione relativo alla destinazione d'uso considerata rapportate alle 24 ore, desumibili dal prospetto E.1,
 - per valutazioni adattate all'utenza:
 - le ore cumulate nel periodo di calcolo di funzionamento come attuato nella gestione dell'impianto di ventilazione rapportate al periodo di calcolo;
- il fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel k -esimo flusso d'aria, $b_{ve,k}$, è pari a:

- per ventilatore in estrazione o ventilatore premente senza alcun trattamento dell'aria

$$b_{ve,k} = 1$$
- per ventilatore premente con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento

$$b_{ve,k} = \frac{\theta_{int,set} - \theta_{sup}}{\theta_{int,set} - \theta_e} \quad (42)$$

dove:

θ_{sup} è il valore della temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre-raffreddamento, espressa in °C;

$\theta_{int,set}$ è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, espressa in °C;

θ_e è il valore medio mensile della temperatura esterna, espressa in °C.

Nel caso di recuperatori di calore la temperatura θ_{sup} è calcolato come riportato in appendice F.

La temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre-raffreddamento, θ_{sup} , la cui definizione è necessaria solo per la ventilazione per immissione a singolo condotto o per quella bilanciata a doppio condotto, è determinata come segue:

- per valutazioni sul progetto:
 - posta pari al valore di progetto $\theta_{sup,des}$, sempre inferiore o uguale alla temperatura di progetto interna, $\theta_{int,set}$,
- per valutazioni standard:
 - se è definita una temperatura di progetto, sempre inferiore o uguale alla temperatura di progetto interna, $\theta_{int,set}$, θ_{sup} è posta pari al valore di progetto $\theta_{sup,des}$; altrimenti θ_{sup} è posta pari alla temperatura di progetto interna, $\theta_{int,set}$ (aria neutra),
- per valutazioni adattate all'utenza:
 - valori medi di temperatura, misurabili all'emissione in ambiente/zona, così come attuato nella gestione dell'impianto di ventilazione.

Tasso di ricambio d'aria caratteristico medio giornaliero per una differenza tra interno ed esterno di 50 Pa, n_{50} , in funzione della permeabilità dell'involucro

Permeabilità dell'involucro ^{a)}	Tasso di ricambio d'aria a 50 Pa n_{50} [h ⁻¹]	
	Edificio residenziale multifamiliare o altra destinazione d'uso	Edificio residenziale monofamiliare
Bassa	1	2
Media	4	7
Alta	8	14

a) In assenza di informazioni sulla permeabilità dei serramenti in riferimento alla normativa tecnica vigente (UNI EN 12207) si assume "permeabilità media".

Coefficienti di esposizione al vento e ed f in funzione della schermatura e dell'esposizione dell'edificio nei confronti del vento (da UNI EN ISO 13789)

Coefficiente	Schermatura		Esposizione	
	Classe	Descrizione	Più di una facciata esposta	Solo una facciata esposta
e	Nessuna schermatura	Edifici in aperta campagna, grattacieli nel centro città	0,10	0,03
	Media schermatura	Edifici in campagna con alberi o con altri edifici nelle vicinanze, periferie	0,07	0,02
	Fortemente schermato	Edifici di media altezza nei centri cittadini, edifici in mezzo a foreste	0,04	0,01
f	Tutte le classi di schermatura	Tutti gli edifici	15	20

Fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica, FC_{ve} , per destinazione d'uso in funzione della tipologia di sistema di rilevamento e di attuazione del controllo della portata d'aria di ventilazione

Destinazione d'uso dell'edificio	Tipo di sensore							
	Presenza ^{a)}			Movimento ^{a)}		CO ₂ ^{b)}		Umidità relativa
	Bocchetta con rilevatore di presenza integrato	Modulo di regolazione della portata	Ventilatore a velocità variabile	Modulo di regolazione della portata	Ventilatore a velocità variabile	Modulo di regolazione della portata	Ventilatore a velocità variabile	
E.1 - Residenze	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,60
E.1 (3) - Camere d'albergo	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,60
E.2 - Uffici singoli	0,68	0,64	0,64	0,67	0,70	0,57	0,61	-
E.2 - Open space	0,80	0,80	0,80	0,53	0,59	0,45	0,50	-
E.2 - Sala riunioni	0,55	0,55	0,60	0,34	0,43	0,29	0,37	-
E.3	-	-	-	-	-	-	-	-
E.4 - Ristorazione	0,8	0,8	0,8	0,58	0,63	0,49	0,53	-
E.4 - Cinema, teatri, sale per congressi	-	-	-	-	-	0,33	0,40	-
E.5	-	-	-	-	-	0,33	0,40	-
E.6	-	-	-	-	-	-	-	-
E.7 - Edificio scolastico primario	0,64	0,64	0,68	0,67	0,70	0,57	0,61	-
E7. - Edificio scolastico secondario	0,8	0,8	0,8	0,48	0,54	0,41	0,47	-
E.8	-	-	-	-	-	-	-	-

a) I tipi di sensore "Presenza" e "Movimento" corrispondono alla funzione 2 "Presence control" riportata al punto 4.1 del prospetto 2 della UNI EN 15232:2012.
b) Il tipo di sensore CO₂, corrisponde alla funzione 3 "Demand control" riportata al punto 4.1 del prospetto 2 della UNI EN 15232:2012.

12.3.3

Edifici nei quali si ha ventilazione ibrida

Le portate d'aria medie giornaliere di ventilazione per il flusso k -esimo in presenza di ventilazione ibrida (copresenza di ventilazione meccanica e ventilazione naturale) vengono calcolate secondo l'equazione (35).

La portata aria per ventilazione naturale che si ha nel periodo di non funzionamento della ventilazione meccanica, $q_{ve,0}$, che si ottiene tramite sistemi di aperture che vengono attivate quando si arresta la ventilazione meccanica, si calcola come:

$$\overline{q_{ve,0}} = V \times \bar{n} / 3600 \quad (43)$$

dove:

V è il volume netto del locale o zona considerata, espresso in m^3 ;

\bar{n} è il tasso di ricambio d'aria medio giornaliero per ventilazione naturale, espresso in h^{-1} , che si assume pari a:

- per valutazioni sul progetto e standard:
 - valori riportati nel prospetto 12 e nel prospetto 13;
- per valutazioni adattate all'utenza:
 - valori misurati secondo la normativa tecnica vigente oppure calcolati secondo la UNI EN 15242.

prospetto 12

Ricambi d'aria medi giornalieri \bar{n} per ventilazione naturale in funzione della classe di schermatura e della permeabilità all'aria dell'edificio: edifici residenziali multifamiliari e altre destinazioni d'uso

Classe di schermatura ^{a)}	Tasso di ricambio d'aria \bar{n} [h^{-1}]					
	Più di una facciata esposta			Una sola facciata esposta		
	Permeabilità dell'edificio ^{b)}			Permeabilità dell'edificio ^{b)}		
	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta
Nessuna schermatura	0,5	0,7	1,2	0,5	0,6	1,0
Media schermatura	0,5	0,6	0,9	0,5	0,5	0,7
Forte schermatura	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5

a) Le classi di schermatura sono definite nel prospetto 10.
 b) In assenza di informazioni sulla permeabilità dei serramenti in riferimento alla normativa tecnica vigente (UNI EN 12207) si assume "permeabilità media".

prospetto 13

Ricambi d'aria medi giornalieri \bar{n} per ventilazione naturale in funzione della classe di schermatura e della permeabilità all'aria dell'edificio: edifici residenziali monofamiliari

Classe di schermatura ^{a)}	Ricambi d'aria \bar{n} [h^{-1}]		
	Permeabilità dell'edificio ^{b)}		
	Bassa	Media	Alta
Nessuna schermatura	0,5	0,7	1,2
Media schermatura	0,5	0,6	0,9
Fortemente schermato	0,5	0,5	0,6

a) Le classi di schermatura sono definite nel prospetto 10.
 b) In assenza di informazioni sulla permeabilità dei serramenti in riferimento alla normativa tecnica vigente (UNI EN 12207) si assume "permeabilità media".

Per tutto il resto i calcoli seguono esattamente quanto definito per gli edifici con ventilazione solo meccanica.

12.3.4

Edifici nei quali la ventilazione meccanica è assicurata dall'impianto di climatizzazione

La portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo si determina come per il caso con ventilazione meccanica a o ibrida, ma solo per i periodi di non attivazione della climatizzazione, definiti secondo quanto riportato al punto 10, nei quali l'unità ventilante viene mantenuta funzionante solo per lo scopo di assicurare la ventilazione meccanica²⁰⁾.

Tali periodi si identificano con:

- le ore giornaliere di spegnimento delle centrali termiche e/o frigorifere:
in tal caso l'equazione base per il calcolo delle portate d'aria medie giornaliere di ventilazione per il flusso k -esimo (35) diventa:

$$q_{ve,k,mn} = (\overline{q_{ve,0}} + \overline{q'_{ve,x}})_k \times (1 - \alpha_k - \beta'_k) + (q_{ve,f} \times b_{ve} \times FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}})_k \times \beta'_k \quad (44)$$

dove:

α_k è la frazione di ore settimanali in cui l'impianto di climatizzazione è in funzione come tale, calcolata come:

$$\alpha_k = \frac{n_{clim,week}}{168} \quad (45)$$

β'_k è la frazione di ore settimanali in cui l'impianto di climatizzazione funziona solo come sistema per la ventilazione meccanica, calcolata come:

$$\beta'_k = \frac{n_{ov,week}}{168} \quad (46)$$

dove:

$n_{clim,week}$ ore settimanali in cui l'impianto di climatizzazione è in funzione come tale,

$n_{ov,week}$ ore settimanali in cui l'impianto di climatizzazione funziona solo come sistema per la ventilazione meccanica.

Nel caso di valutazione sul progetto o standard si ha:

$$\alpha_k = 1 \text{ e } \beta'_k = 0$$

e dunque

$$q_{ve,k,mn} = 0$$

- i periodi (mesi o frazioni di mesi) di spegnimento delle centrali termiche e/o frigorifere, cioè assenza di climatizzazione invernale o estiva:

in tal caso l'impianto di climatizzazione viene equiparato in tutto e per tutto ad un impianto di ventilazione meccanica o ibrida.

12.4

Ventilazione notturna (free-cooling)

Nel caso in cui si intenda utilizzare un impianto di ventilazione meccanica anche per la ventilazione notturna a scopo di raffrescamento estivo delle strutture dell'edificio²¹⁾, l'equazione base per il calcolo della portata effettiva media giornaliera per il flusso k -esimo (35) diventa:

$$q_{ve,k,mn} = (\overline{q'_{ve,x}})_k \times (1 - \beta_k^{night} - \beta_k^{day}) + (q_{ve,night} \times b_{ve,night} + \overline{q_{ve,x}})_k^{night} \times \beta_k^{night} + (q_{ve,f} \times b_{ve} \times FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}})_k^{day} \times \beta_k^{day} \quad (47)$$

dove i significati dei vari termini restano quelli in precedenza definiti, salvo che i termini *day* sono determinati come riportato ai paragrafi precedenti in funzione delle esigenze di qualità dell'aria, mentre i termini *night*, sono determinati in funzione dell'obiettivo del raffrescamento notturno. In particolare:

$q_{ve,night}$ è la portata d'aria esterna per raffrescamento notturno, espressa in m³/s.

20) Nelle ore di attivazione della climatizzazione, ai fini della ventilazione si considera $\theta_{sup} = \theta_{int,set}$ e di conseguenza $b_{ve,k} = 0$.

21) Il *free cooling* con ventilazione notturna, corrisponde alla funzione 1 "Night cooling" riportata al punto 4.5 del prospetto 2 della UNI EN 15232:2012.

Ai fini della valutazione sul progetto o della valutazione standard, l'opzione della ventilazione notturna può essere considerata solo in presenza di ventilazione meccanica, assumendo una ventilazione notturna (dalle ore 23:00 alle ore 7:00) per tutti i giorni del periodo di raffrescamento. In questo caso:

- la portata di progetto dell'impianto di ventilazione è attribuita al periodo dalle ore 23:00 alle ore 7:00 ($\beta_k^{\text{night}} = 0,33$);
- la portata specificata al punto 12.3.2. è attribuita al periodo dalle ore 7:00 alle ore 23:00:
 - se $\beta_k \leq 0,67$ si assume $\beta_k^{\text{day}} = \beta_k$
 - se $\beta_k > 0,67$ si assume $\beta_k^{\text{day}} = 0,67$
- i valori di correzione della temperatura, b_{ve} e $b_{ve,\text{night}}$, tengono conto della diversa differenza di temperatura tra ambienti interno ed esterno nelle due frazioni del periodo di calcolo (dalle ore 7:00 alle ore 23:00 e dalle ore 23:00 alle ore 7:00). In mancanza di dati precisi sui profili giornalieri della temperatura esterna e nel caso in cui sia $\theta_{\text{int,set,C}} > \theta_e$, si assuma $b_{ve,\text{night}} = 1,5 \cdot b_{ve}$.

12.5 Valutazione adattata all'utenza

Per calcoli aventi scopi differenti da quello di progetto o standard è possibile fare riferimento alle indicazioni riportate ai punti 12.3 e 12.4, ma è anche possibile effettuare una determinazione più accurata della portata di ventilazione, tenendo conto anche dei requisiti relativi alla qualità dell'aria interna.

Nel caso di aerazione e di ventilazione naturale non è possibile determinare con certezza le portate di rinnovo. Il tasso di ricambio d'aria di un edificio dipende dalle condizioni climatiche al contorno (velocità e direzione del vento e differenza di temperatura tra esterno ed interno), dalla permeabilità dell'involucro e dal comportamento dell'utenza. I valori reali di ricambio d'aria reali possono quindi essere notevolmente diversi da quelli indicati per la valutazione sul progetto o standard.

Ai fini della determinazione della portata di ventilazione richiesta per soddisfare l'esigenza di qualità dell'aria interna si fa riferimento alle UNI EN 13779 e UNI EN 15251.

Ai fini di un calcolo dettagliato della portata di ventilazione si fa riferimento alla UNI EN 15242.

13 APPORTI TERMICI INTERNI

13.1 Apporti interni sensibili

13.1.1 Valutazione sul progetto o standard

Nei casi di valutazione sul progetto o di valutazione standard gli apporti termici interni sono espressi, per gli edifici diversi dalle abitazioni, in funzione della destinazione d'uso secondo quanto riportato nel prospetto E.3.

Per le abitazioni di categoria E.1 (1) e E.1 (2), aventi superficie utile di pavimento, A_f , minore o uguale a 120 m^2 , il valore globale degli apporti interni sensibili, espresso in W, è ricavato come:

$$\Phi_{\text{int}} = 7,987 A_f - 0,0353 \times A_f^2 \quad (48)$$

Per superficie utile di pavimento maggiore di 120 m^2 il valore di Φ_{int} è pari a 450 W.

13.1.2 Valutazione adattata all'utenza

13.1.2.1 Generalità

Per calcoli aventi scopi differenti da quello standard possono essere utilizzati dati diversi a seconda dello scopo del calcolo. Nei punti che seguono vengono forniti valori tipici degli apporti interni medi per diverse destinazioni d'uso, applicabili sia in condizioni invernali che estive, distinguendo tra:

- apporti globali;
- apporti dagli occupanti;
- apporti dalle apparecchiature.

13.1.2.2 Apporti globali

Le sorgenti di energia termica presenti all'interno di uno spazio chiuso sono in genere dovute a occupanti, acqua sanitaria reflua, apparecchiature elettriche, di illuminazione e di cottura.

Gli apporti interni di calore derivanti dalla presenza di queste sorgenti possono essere ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nel prospetto 14 e nel prospetto 15.

prospetto 14

Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali)

Giorni	Ore	Soggiorno e cucina ($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}$) / A_f [W/m ²]	Altre aree climatizzate (per esempio stanza da letto) ($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}$) / A_f [W/m ²]
Lunedì – Venerdì	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	8,0	1,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	20,0	1,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	6,0
	Media	9,0	2,67
Sabato – Domenica	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	8,0	2,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	20,0	4,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	6,0
	Media	9,0	3,83
Media		9,0	3,0

($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}$) è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

prospetto 15

Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici adibiti ad uffici)

Giorni	Ore	Ambienti ufficio (60% della superficie utile di pavimento) ($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}$) / A_f [W/m ²]	Altre stanze, atri, corridoi (40% della superficie utile di pavimento) ($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}$) / A_f [W/m ²]
Lunedì – Venerdì	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	20,0	8,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	2,0	1,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	1,0
	Media	9,50	3,92
Sabato – Domenica	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	2,0	1,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	2,0	1,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	1,0
	Media	2,0	1,0
Media		7,4	3,1

($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}$) è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

13.1.2.3

Apporti medi dagli occupanti

Gli apporti interni medi di calore derivanti dalla presenza degli occupanti possono essere ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nel prospetto 16.

prospetto 16

Apporti termici dagli occupanti; valori globali in funzione della densità di occupazione (edifici non residenziali)

Classe di densità di occupazione	Superficie utile di pavimento per persona m ²	Fattore di simultaneità f_A	Apporto termico medio degli occupanti $\Phi_{int,Oc} / A_f$ [W/m ²]
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2

$\Phi_{int,Oc}$ è il flusso termico dalle persone, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

13.1.2.4

Apporti interni medi dalle apparecchiature

Gli apporti interni medi di calore derivanti dal funzionamento delle apparecchiature possono essere ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nel prospetto 17.

prospetto 17

Apporti termici dalle apparecchiature; valori globali in funzione della categoria di edificio (edifici non residenziali)

Categoria di edificio	Apporto termico delle apparecchiature durante il periodo di funzionamento $\Phi_{int,A} / A_f$ [W/m ²]	Fattore di simultaneità f_A	Apporto termico medio dalle apparecchiature $\Phi_{int,A} / A_f$ [W/m ²]
Uffici	15	0,20	3
Attività scolastiche	5	0,15	1
Cura della salute, attività clinica	8	0,50	4
Cura della salute, attività non clinica	15	0,20	3
Servizi di approvvigionamento	10	0,25	3
Esercizi commerciali	10	0,25	3
Luoghi di riunione	5	0,20	1
Alberghi e pensioni	4	0,50	2
Penitenziari	4	0,50	2
Attività sportive	4	0,25	1

$\Phi_{int,A}$ è il flusso termico dalle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

13.1.3

Apporti all'interno di ambienti non climatizzati

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

13.2 Apporti interni latenti

13.2.1 Valutazione sul progetto o standard

Nei casi di valutazione sul progetto o di valutazione standard la portata massica di vapore acqueo dovuta alla presenza di persone e di apparecchiature per unità di superficie utile di pavimento $(G_{wv,Oc} + G_{wv,A})/A_f$, mediata sul tempo, è espressa in funzione della destinazione d'uso secondo quanto riportato nel prospetto E.3.

Per le abitazioni di categoria E.1 (1) e E.1 (2), $(G_{wv,Oc} + G_{wv,A})$ è pari a 250 g/h.

13.2.2 Valutazione adattata all'utenza

Il valore della portata massica media giornaliera di vapore d'acqua dovuta alla presenza di persone, $G_{wv,Oc}$ [g/h]; si ricava con la seguente relazione:

$$G_{wv,Oc} = G_{wv,per} \times n_s \times A_f \times f_{day,per} \quad (49)$$

dove:

$G_{wv,per}$ è la portata massica specifica di progetto ricavabile dal prospetto 18, espressa in g/h;

n_s è l'indice di affollamento specifico ricavato da dati reali d'utenza o, in assenza degli stessi, ricavabile dalla UNI 10339, espresso in m⁻²;

A_f è la superficie utile di pavimento, espressa in m²;

$f_{day,per}$ è il fattore di presenza medio giornaliero (valore compreso tra 0 e 1), ricavato da dati reali d'utenza o, in assenza degli stessi, ricavabile dal prospetto E.1.

prospetto 18

Valori medi della portata di vapore per persona $G_{wv,per}$ [g/h], dovuta alla presenza di persone

Categoria di edificio	Tipo di ambiente	Attività	$G_{wv,per}$ [g/h]
E.1	Ufficio, appartamento	Seduto in attività leggera	65
E.2	Ufficio, appartamento	Seduto in attività media	80
E.4.1	Teatro	Seduto a riposo	45
E.4.3	Ristorante	Seduto al ristorante	115
	Sala da ballo	Danza moderata	230
	Discoteca	Attività atletica	450
E.5	Negozi	In piedi, lavoro leggero	80
E.5	Banca	In movimento	100
E.6.2	Palestra	Attività atletica	450
E.8	Officina	In piedi, lavoro medio	200
	Officina, cantiere	In piedi, lavoro pesante	410
Varie	Corridoi	In cammino a 1,3 m/s	265

Il valore della portata massica media giornaliera dovuta alle altre sorgenti si ricava con la seguente relazione:

$$G_{wv,A} = \sum_i G_{wv,p,i} \times N_i \times f_{day,i} \quad (50)$$

dove:

$G_{wv,p,i}$ è la portata massica specifica di progetto per singola sorgente i -esima, ricavabile dal prospetto 19, espressa in g/h;

N_i è il numero di sorgenti di tipo i -esimo presenti;

$f_{day,i}$ è il fattore di utilizzo medio giornaliero della sorgente i -esima, ricavato da dati reali d'utenza.

Valori medi della portata di vapore per apparecchiatura $G_{wv,p}$, [g/h], dovuti alla presenza di apparecchiature caratterizzate dalla potenza massima assorbita P_{max} [W]

Destinazione d'uso	Tipo di apparecchiature	Tipo di apparecchio	P_{max}	$G_{wv,p}$
			[W]	[g/h]
Uffici		Macchine del caffè	1500	650
Ospedali		Bagni	750-1800	350-850
Ristoranti	Apparecchiature elettriche senza cappa	Caffettiera (per litro)		300
		Lavastoviglie (per 100 piatti/h)		150
		Riscaldatore a immersione (per litro)	50	10
		Griglia (per metro quadro)	29000	1600
		Piatto riscaldatore	4900	2300
		Carrello servizio cibi caldi (per litro)	50	5
		Tostatrice	5300	3500
	Apparecchiature a gas, senza cappa	Griglia (per metro quadro)	50000	13000
		Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	400	50
		Forno per pizza (per metro quadro)	15000	1000
	Apparecchiature a gas, con cappa	Friggitrice (per chilogrammo olio)	1500	100
	Apparecchiature a vapore, senza cappa	Riscaldatore (per chilogrammo all'ora di cibo)	200	15
		Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	900	150
Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)		350	150	
Negozi e supermercati	Banchi frigoriferi aperti	Surgelati, ad un piano (per metro di banco)	200	-50
		Surgelati, a due piani (per metro di banco)	550	-200
		Surgelati, a tre piani (per metro di banco)	1250	-450
		Surgelati, a 4 o 5 piani (per metro di banco)	1550	-550
		Gelati (per metro di banco)	350	-100
		Carni, ad un piano (per metro di banco)	300	-100
		Carni, a più piani (per metro di banco)	850	-300
		Latticini, a più piani (per metro di banco)	750	-250
		Altri prodotti, ad un piano	200	-50
		Altri prodotti, a più piani	750	-250

14

APPORTI TERMICI SOLARI

Lo scambio per radiazione infrarossa verso la volta celeste deve essere considerato come un incremento dello scambio di energia termica per trasmissione dell'involucro edilizio e non come una riduzione degli apporti di energia solare.

14.1

Apporti solari all'interno di ambienti non climatizzati

In assenza di informazioni che ne dimostrino la trascurabilità, è necessario considerare l'effetto degli apporti termici solari all'interno di ambienti non climatizzati (per esempio serre).

14.2

Apporti solari sui componenti opachi

Nel calcolo del fabbisogno di calore occorre tenere conto anche degli apporti termici dovuti alla radiazione solare incidente sulle chiusure opache.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il fattore di assorbimento solare di un componente opaco può essere assunto pari a: 0,3 per colore chiaro della superficie esterna; 0,6 per colore medio; 0,9 per colore scuro, come riportato nella UNI EN ISO 13791.

Il coefficiente di ventilazione (f_v) utilizzato nell'equazione (15) è ricavato in funzione del rapporto tra l'area dell'intercapedine e l'area del componente (A_{al}/A_c):

- se $A_{al}/A_c \leq 0,005$ si assume $f_v = 0,8$
- se $0,005 < A_{al}/A_c \leq 0,10$ si assume $f_v = 0,5$
- se $0,10 < A_{al}/A_c$ si assume $f_v = 0,2$

14.3 Apporti solari sui componenti trasparenti

14.3.1 Trasmittanza di energia solare totale

I valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati (g_{gl}) possono essere ricavati moltiplicando i valori di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale ($g_{gl,n}$) per un fattore di esposizione (F_w) che considera la variazione della trasmittanza di energia solare totale in funzione dell'angolo d'incidenza della radiazione solare.

I valori di F_w sono ricavati dal prospetto 20 in funzione del mese e dell'orientamento. Nel caso di doppio serramento si assumono i valori relativi al vetro triplo. Per orientamenti non considerati nel prospetto 20, si procede per interpolazione lineare.

prospetto 20 **Fattore di esposizione, F_w**

Mese	Vetro singolo				Doppio vetri				Triplo vetro			
	S	E/O	N	Orizz.	S	E/O	N	Orizz.	S	E/O	N	Orizz.
Gen.	0,984	0,902	0,932	0,876	0,978	0,861	0,901	0,812	0,972	0,833	0,880	0,770
Feb.	0,967	0,923	0,932	0,902	0,950	0,890	0,901	0,851	0,937	0,868	0,880	0,817
Mar.	0,933	0,932	0,931	0,931	0,897	0,904	0,901	0,895	0,872	0,884	0,879	0,871
Apr.	0,888	0,938	0,921	0,949	0,833	0,912	0,890	0,923	0,796	0,894	0,868	0,906
Mag.	0,852	0,941	0,895	0,955	0,787	0,916	0,854	0,933	0,747	0,898	0,828	0,918
Giu.	0,838	0,941	0,877	0,955	0,770	0,915	0,831	0,934	0,731	0,898	0,802	0,920
Lug.	0,835	0,941	0,877	0,956	0,766	0,915	0,831	0,935	0,724	0,898	0,801	0,921
Ago.	0,861	0,940	0,905	0,952	0,797	0,915	0,870	0,928	0,756	0,898	0,846	0,912
Set.	0,911	0,935	0,930	0,940	0,865	0,907	0,899	0,909	0,833	0,888	0,877	0,887
Ott.	0,957	0,925	0,931	0,912	0,933	0,894	0,900	0,865	0,915	0,872	0,878	0,833
Nov.	0,981	0,912	0,931	0,880	0,971	0,876	0,901	0,818	0,964	0,851	0,879	0,776
Dic.	0,987	0,903	0,932	0,858	0,982	0,862	0,901	0,789	0,977	0,834	0,880	0,744

I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati possono essere determinati attraverso la UNI EN 410. In assenza di dati documentati, si usa il prospetto B.5.

Nel caso di valutazione adattata all'utenza, per ambienti il cui rapporto tra superficie vetrata ed opaca è maggiore di 0,04, nell'equazione (13) la trasmittanza di energia solare totale g_{gl} può essere sostituita da una trasmittanza di energia solare totale effettiva $g_{gl,eff}$ che tiene conto della quota di energia solare entrante in ambiente, riflessa all'interno dell'ambiente e ritrasmessa all'esterno attraverso la superficie vetrata. Il calcolo di $g_{gl,eff}$ può essere effettuato secondo l'appendice C.

14.3.2 Fattore telaio

Il fattore di correzione dovuto al telaio ($1-F_F$) è pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale del serramento.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere un valore convenzionale del fattore telaio pari a 0,8.

14.3.3

Effetto di schermature mobili

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, l'effetto di schermature mobili può essere valutato attraverso le norme UNI EN 13363-1 e UNI EN 13363-2 o, se applicabili, attraverso i fattori di riduzione riportati al prospetto B.6, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}).

Nella valutazione sul progetto o nella valutazione standard si prende in considerazione solo l'effetto delle schermature mobili applicate in modo solidale con l'involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall'utente.

14.3.4

Gestione delle schermature mobili

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili, $F_{sh,gl}$, è ricavato dalla seguente espressione:

$$F_{sh,gl} = [(1 - f_{sh,with}) \times g_{gl} + f_{sh,with} \times g_{gl+sh}] / g_{gl} \quad (51)$$

dove:

g_{gl} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata;

g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;

$f_{sh,with}$ è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente; essa dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione.

Per ciascun mese e per ciascuna esposizione il valore di $f_{sh,with}$ può essere ricavato come rapporto tra la somma dei valori orari di irradianza maggiori di 300 W/m² e la somma di tutti i valori orari di irradianza del mese considerato.

Nella valutazione sul progetto o nella valutazione standard i valori di $f_{sh,with}$ sono ricavati dal prospetto 21 in funzione del mese e dell'orientamento. Per orientamenti non considerati nel prospetto 21, si procede per interpolazione lineare.

prospetto 21

Fattore di riduzione per le schermature mobili, $f_{sh,with}$

Mese	Nord	Est	Sud	Ovest
Gen.	0,00	0,52	0,81	0,39
Feb.	0,00	0,48	0,82	0,55
Mar.	0,00	0,66	0,81	0,63
Apr.	0,00	0,71	0,74	0,62
Mag.	0,00	0,71	0,62	0,64
Giu.	0,00	0,75	0,56	0,68
Lug.	0,00	0,74	0,62	0,73
Ago.	0,00	0,75	0,76	0,72
Set.	0,00	0,73	0,82	0,67
Ott.	0,00	0,72	0,86	0,60
Nov.	0,00	0,62	0,84	0,30
Dic.	0,00	0,50	0,86	0,42

Ombreggiatura

Il fattore di riduzione per ombreggiatura²²⁾ ($F_{sh,ob}$) può essere calcolato in funzione dei fattori di ombreggiatura relativi ad ostruzioni esterne (F_{hor}), ad aggetti orizzontali (F_{ov}) e verticali (F_{fin}).

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \times \min(F_{ov}, F_{fin}) \quad (52)$$

I valori dei fattori di ombreggiatura dipendono dalla latitudine, dall'orientamento dell'elemento ombreggiato, dal clima, dal periodo considerato e dalle caratteristiche geometriche degli elementi ombreggianti. Tali caratteristiche sono descritte da un parametro angolare, come evidenziato nelle figure 6 e 7.

figura 6

Angolo dell'orizzonte ombreggiato da un'ostruzione esterna

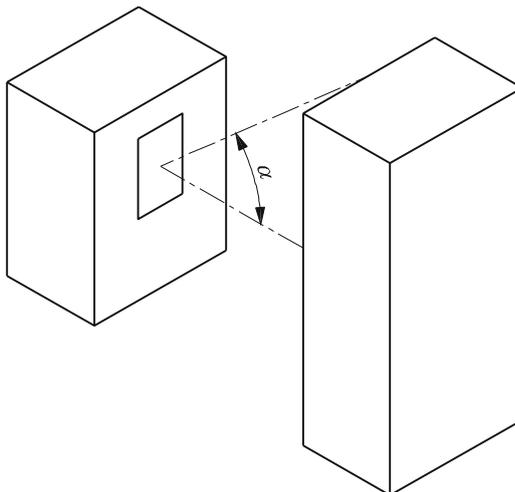
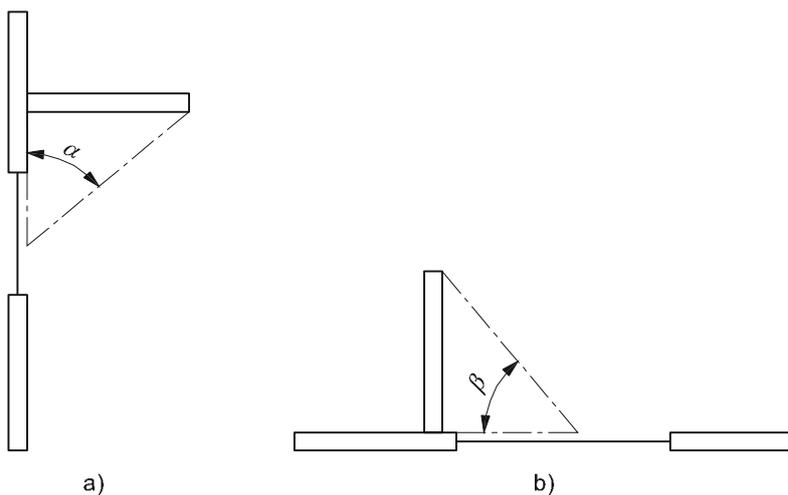


figura 7

Aggetto orizzontale e verticale

Legenda

- a) Sezione verticale
- b) Sezione orizzontale



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

Con riferimento ai vari mesi dell'anno i fattori di ombreggiatura possono essere determinati attraverso l'interpolazione lineare dei valori riportati nei prospetti dell'appendice D, in relazione all'effettivo angolo di ostruzione, all'orientamento dell'edificio e alla latitudine della località.

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

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

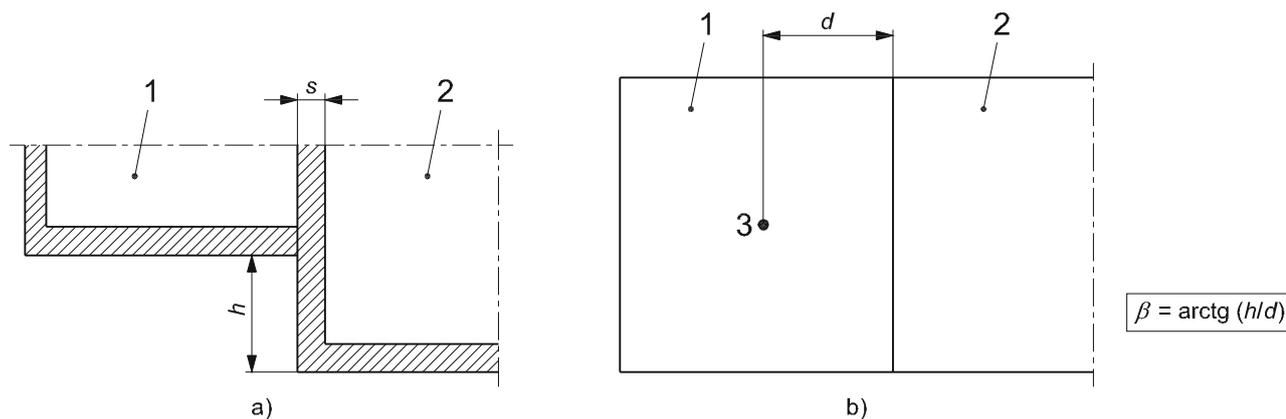
Sia per i componenti vetrati sia per quelli opachi, in caso di presenza di più oggetti od ostruzioni della stessa tipologia, si considera solo quello che determina l'angolo maggiore o comunque quello che per esposizione incide maggiormente.

figura 8

Determinazione dell'angolo β che caratterizza un oggetto verticale su parete opaca

Legenda

- a) Pianta
- b) Prospetto
- 1 Edificio oggetto del calcolo
- 2 Altro edificio
- 3 Baricentro della parete
- h Profondità dell'oggetto
- d Distanza dal baricentro della parete



15 PARAMETRI DINAMICI

15.1 Fattori di utilizzazione

15.1.1 Riscaldamento

Il fattore di utilizzazione degli apporti termici per il calcolo del fabbisogno di riscaldamento si calcola come:

$$\text{se } \gamma_H > 0 \text{ e } \gamma_H \neq 1: \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad (53)$$

$$\text{se } \gamma_H = 1: \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad (54)$$

dove:

$$\gamma_H = \frac{Q_{gn}}{Q_{H,ht}} \quad (55)$$

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (56)$$

dove τ è la costante di tempo termica della zona termica, espressa in ore, calcolata come rapporto tra la capacità termica interna della zona termica considerata (C_m) e il suo coefficiente globale di scambio termico, corretto (vedere punto 12.2.1.3 della UNI EN ISO 13790:2008)²³.

Con riferimento al periodo di calcolo mensile si può assumere $a_{H,0} = 1$ e $\tau_{H,0} = 15$ h.

15.1.2 Raffrescamento

Il fattore di utilizzazione dello scambio di energia termica per il calcolo del fabbisogno di raffrescamento si calcola come:

$$\text{se } \gamma_C > 0 \text{ e } \gamma_C \neq 1: \eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C + 1)}} \quad (57)$$

$$\text{se } \gamma_C = 1: \eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C + 1} \quad (58)$$

$$\text{se } \gamma_C < 0: \eta_{C,ls} = 1 \quad (59)$$

dove:

$$\gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{C,ht}} \quad (60)$$

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} - k \frac{A_w}{A_f} \quad (61)$$

dove:

A_w è l'area finestrata, espressa in m²;

A_f è l'area climatizzata, espressa in m².

Con riferimento al periodo di calcolo mensile si può assumere $a_{C,0} = 8,1$, $\tau_{C,0} = 17$ h e $k = 13$.

Nel caso in cui l'equazione (61) dia un risultato negativo, si assuma $a_C = 0$.

23) Nell'applicazione dell'equazione (62) della UNI EN ISO 13790:2008, qualora il valore di ($H_{tr,adj} + H_{ve,adj}$) sia minore di zero, il valore di τ è preso in valore assoluto.

15.2

Capacità termica interna

La capacità termica interna dell'edificio deve essere determinata preliminarmente per calcolare la costante di tempo dell'edificio ed i fattori di utilizzazione, secondo quanto riportato al punto 15.1.

Il calcolo della capacità termica interna dei componenti della struttura edilizia deve essere effettuato secondo la UNI EN ISO 13786.

Limitatamente agli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise sulla reale costituzione delle strutture edilizie, ove non si possa di conseguenza determinare con sufficiente approssimazione la capacità termica areica dei componenti della struttura edilizia, la capacità termica interna della zona termica può essere stimata in modo semplificato sulla base del prospetto 22.

prospetto 22

Capacità termica per unità di superficie dell'involucro di tutti gli ambienti climatizzati (inclusi i divisori interni orizzontali) [kJ/(m²×K)]

Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi				Numero di piani		
Intonaci	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥3
				Capacità termica areica		
Gesso	interno ^{a)}	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno ^{a)}	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	115	115	115
	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	115	125	135
	assente/esterno	medie/pesanti	piastrelle	125	135	135
Malta	interno ^{a)}	qualsiasi	tessile	105	105	105
	interno ^{a)}	qualsiasi	legno	115	125	135
	interno ^{a)}	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	125	125	115
	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	145	145	145
	assente/esterno	medie	legno	155	155	155
	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	145	155	155
	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

a) Isolamento interno = posto sul lato interno del componente.

15.3

Attenuazione

15.3.1

Valutazione sul progetto o standard

Il regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione è considerato continuo (senza attenuazione o spegnimento).

15.3.2**Valutazione adattata all'utenza**

15.3.2.1

Climatizzazione invernale

Occorre fare riferimento al punto 13.2 della UNI EN ISO 13790:2008.

Alcuni casi particolari sono rappresentati in appendice G.

15.3.2.2

Climatizzazione estiva

Occorre fare riferimento al punto 13.2 della UNI EN ISO 13790:2008.

A.1 Ambiente non climatizzato confinante con diverse zone termiche

A.1.1 Calcolo dei coefficienti di scambio termico

Si definisce un coefficiente di scambio termico $H_{iu,z}$ tra l'ambiente non climatizzato e la generica zona termica z -esima e un coefficiente di scambio termico H_{ue} tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno. Ciascuno dei suddetti coefficiente comprende due contributi legati rispettivamente allo scambio di energia termica per trasmissione e per ventilazione:

$$H_{iu,z} = H_{tr,iu,z} + H_{ve,iu,z} \quad (A.1)$$

$$H_{ue} = H_{tr,ue} + H_{ve,ue} \quad (A.2)$$

dove:

$H_{tr,iu,z}$ è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra l'ambiente non climatizzato e la zona termica z -esima, espresso in W/K;

$H_{ve,iu,z}$ è il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra l'ambiente non climatizzato e la zona termica z -esima, espresso in W/K;

$H_{tr,ue}$ è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno, espresso in W/K;

$H_{ve,ue}$ è il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno, espresso in W/K.

Il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e il volume climatizzato, H_{iu} , si calcola come:

$$H_{iu} = \sum_z H_{iu,z} \quad (A.3)$$

Per ciascuna zona termica, il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona termica z -esima e l'ambiente esterno attraverso l'ambiente non climatizzato si calcola con la seguente equazione che sostituisce l'equazione (28):

$$H_{U,z} = H_{tr,iu,z} \times b_{tr,U} \quad (A.4)$$

dove $b_{tr,U}$ è il fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato.

Nel calcolo degli scambi di energia termica, per ciascuna zona termica le equazioni (3) e (5) si modificano come segue:

$$Q_{H/C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H/C} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l b'_{tr,l,z} F_{r,l} \Phi_{r,mn,u,l} \right\} \times t \quad (A.5)$$

Nel calcolo degli apporti termici, per ciascuna zona termica le equazioni (9) e (11) si modificano come segue:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l b'_{tr,l,z} \times \Phi_{int,mn,u,l} \right\} \times t \quad (A.6)$$

$$Q_{sol,op} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,op,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l b'_{tr,l,z} \times \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} \times t + \sum_j (Q_{sd,op} + Q_{si})_j \quad (A.7)$$

Nelle equazioni (A.5), (A.6) e (A.7), $b'_{tr,l,z}$ è il fattore di riduzione delle dispersioni tra la zona termica z -esima e l'ambiente non climatizzato avente il componente l -esimo soggetto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste (equazione A.5), la sorgente di calore interna l -esima (equazione A.6) oppure il flusso termico l -esimo di origine solare (equazione A.7).

A.1.2

Calcolo dei fattori $b_{tr,U}$ e $b'_{tr,l,z}$

Nel calcolo si considerano tutte le zone termiche alla medesima temperatura e si trascura lo scambio di energia termica tra ambienti non climatizzati adiacenti. Il fattore $b_{tr,U}$ si calcola come segue:

$$b_{tr,U} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (A.8)$$

mentre il fattore $b'_{tr,l,z}$ per la zona z-esima vale:

$$b'_{tr,l,z} = \frac{H_{iu,z}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (A.9)$$

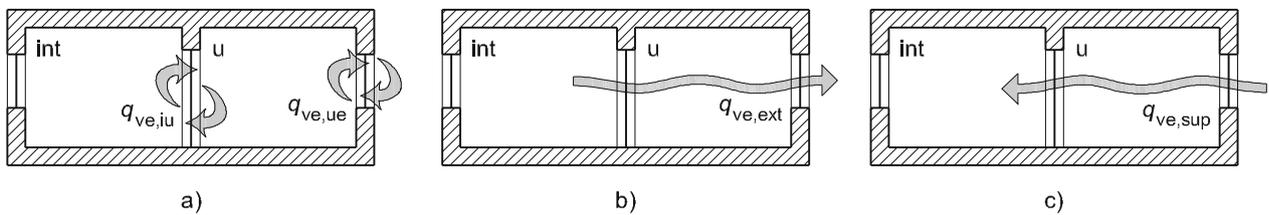
A.2

Calcolo dei coefficienti $H_{ve,iu}$ e $H_{ve,ue}$

Si prendono in considerazione tre diverse condizioni di ventilazione, come rappresentato nella figura A.1.

figura A.1

Modalità di ventilazione tra zona termica e ambiente non climatizzato



Applicando le equazioni (A.1) e (A.2), i coefficienti di scambio termico per ventilazione si calcolano come segue:

Caso a)

$$H_{ve,iu} = \rho_a \times c_a \times q_{ve,iu} \quad (A.10)$$

$$H_{ve,ue} = \rho_a \times c_a \times q_{ve,ue} \quad (A.11)$$

Caso b)

$$H_{ve,iu} = \rho_a \times c_a \times q_{ve,ext} \quad (A.12)$$

$$H_{ve,ue} = 0 \quad (A.13)$$

Caso c)

$$H_{ve,iu} = 0 \quad (A.14)$$

$$H_{ve,ue} = \rho_a \times c_a \times q_{ve,sup} \quad (A.15)$$

dove: $\rho_a \times c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1 200 J/(m³K); le portate di ventilazione $q_{ve,iu}$, $q_{ve,ue}$, $q_{ve,ext}$ e $q_{ve,sup}$ sono espresse in m³/s.

APPENDICE B DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DEI PARAMETRI TERMICI E SOLARI DEI COMPONENTI TRASPARENTI
(informativa)

prospetto B.1 **Trasmittanza termica di vetrate verticali doppie e triple riempite con diversi gas [W/(m²K)]**

Vetrata				Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione del gas ≥ 90%)				
Tipo	Vetro	Emissività normale	Dimensioni mm	Aria	Argon	Krypton	SF ₆	Xenon
Vetrata doppia	Vetro normale	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,20	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
			4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,15	4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
			4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
			4-20-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,10	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
			4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
			4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4
Una lastra con trattamento superficiale	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2	
		4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1	
		4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2	
		4-16-4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2	
		4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2	
Vetrata tripla	Vetro normale	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	1,9	1,7
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0	1,6
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,20	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,15	4-6-4-6-4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,10	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,1	0,8
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6
Due lastre con trattamento superficiale	≤0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7	
		4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,5	
		4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	0,5	

Trasmittanza termica di telai per finestre, porte e porte finestre

Materiale	Tipo	Trasmittanza termica U_f [W/(m ² ·K)]
Poliuretano	con anima di metallo e spessore di PUR ≥5 mm	2,8
PVC - profilo vuoto	con due camere cave	2,2
	con tre camere cave	2,0
	con cinque camere cave	1,2
	con sei camere cave	1,0
Legno duro (rovere, mogano, iroko)	spessore 50 mm	2,2
	spessore 60 mm	2,0
	spessore 70 mm	1,9
	spessore 90 mm	1,6
Legno tenero (pino, abete, larice, douglas, hemlock)	spessore 50 mm	2,0
	spessore 60 mm	1,8
	spessore 70 mm	1,6
	spessore 90 mm	1,3
Metallo	senza taglio termico	7,0
Metallo con taglio termico	dimensioni sezione: 45-55 mm lunghezza barrette taglio termico: 14-16 mm	2,8
	dimensioni sezione: 60-70 mm lunghezza barrette taglio termico: 22-28 mm	2,5
	dimensioni sezione: 70-75 mm lunghezza barrette taglio termico: 30-36 mm	2,2
	dimensioni sezione: 70-75 mm lunghezza barrette taglio termico: 36-42 mm riempimento della cavità tramite schiuma	1,6
	dimensioni sezione: 90 mm lunghezza barrette taglio termico: 52-58 mm riempimento della cavità tramite schiuma	1,1

Trasmittanza termica di finestre con percentuale dell'area di telaio pari al 20% dell'area dell'intera finestra e in presenza di comuni distanziatori di vetrate

Tipo di vetrata	U_g [W/(m ² ×K)]	U_f [W/(m ² ×K)]													
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	
Singola	5,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	6,0	
Doppia o tripla	3,3	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1	
	3,2	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	4,0	
	3,1	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,9	
	3,0	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9	
	2,9	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,8	
	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,7	
	2,7	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,6	
	2,6	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,5	
	2,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,5	
	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,4	
	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	3,3	
	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,2	
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,1	
	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,1	
	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1	
	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	3,0	
	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,9	
	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,8	
	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,7	
	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,7	
1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6		
1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,5		
1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,4		
1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3		
0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3		
0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2,2		
0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	2,1		
0,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	2,0		
0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,9		

Resistenza termica aggiuntiva per finestre con chiusure oscuranti

Tipo di chiusura	Resistenza termica caratteristica della chiusura R_{shut} m ² ×K/W	Resistenze termiche aggiuntive per una specifica permeabilità all'aria delle chiusure ^{a)} ΔR m ² ×K/W		
		Alta permeabilità all'aria	Media permeabilità all'aria	Bassa permeabilità all'aria
Chiusure avvolgibili in alluminio	0,01	0,09	0,12	0,15
Chiusure avvolgibili in legno e plastica senza riempimento in schiuma	0,10	0,12	0,16	0,22
Chiusure avvolgibili in plastica con riempimento in schiuma	0,15	0,13	0,19	0,26
Chiusure in legno da 25 mm a 30 mm di spessore	0,20	0,14	0,22	0,30

a) Per la definizione di permeabilità si fa riferimento alla UNI EN ISO 10077-1.

prospetto B.5

Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro

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

prospetto B.6

Fattori di riduzione (g_{gl+sh}/g_{gl}) per alcuni tipi di tenda

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

La trasmittanza di energia solare totale effettiva $g_{gl,eff}$ tiene conto della quota di energia solare entrante in ambiente, riflessa all'interno dell'ambiente e ritrasmessa all'esterno attraverso la superficie vetrata.

Si ricava come

$$g_{gl,eff} = \tau_{e,n} \times \alpha_{cav} + q_i + \tau_{e,n} \times (1 - \alpha_{cav}) \times q_e \quad (C.1)$$

dove:

q_i e q_e si desumono dalla UNI EN 410,

$\tau_{e,n}$ è il coefficiente di trasmissione per incidenza normale

α_{cav} è il coefficiente di assorbimento effettivo dell'ambiente, ricavato come

$$\alpha_{cav} = 1 - a \times \exp \left[-b \times \left(\frac{\alpha_m}{\psi} \right)^c \right] \quad (C.2)$$

nella quale:

α_m è il coefficiente di assorbimento medio nella banda solare delle superfici interne opache dell'ambiente:

$$\alpha_m = \frac{\sum_k \alpha_k \times A_{op,k}}{\sum_k A_{op,k}} \quad (C.3)$$

ψ è la frazione vetrata dell'ambiente, rapporto tra l'area vetrata e quella opaca della cavità, calcolata come:

$$\psi = \frac{\sum_j A_{gl,j}}{\sum_k A_{op,k}} \quad (C.4)$$

a, b, c sono funzioni quadratiche del fattore di trasmissione della radiazione solare diffusa del sistema vetrato τ_d , calcolabili con le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} a &= 3,500 - 5,453 \times \tau_d + 4,516 \times \tau_d^2 \\ b &= 3,700 - 5,388 \times \tau_d + 3,462 \times \tau_d^2 \\ c &= 0,124 + 0,545 \times \tau_d - 0,355 \times \tau_d^2 \end{aligned} \quad (C.5)$$

APPENDICE D FATTORI DI OMBREGGIATURA (informativa)

I fattori di ombreggiatura riportati si applicano alle configurazioni riportate nelle figure 6 e 7.

D.1 Ostruzioni esterne

prospetto D.1 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di GENNAIO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,86	0,83	0,95	0,85	0,83	0,94	0,83	0,83	0,93	0,81	0,83	0,91	0,80	0,83	0,88	0,76	0,83
20°	0,85	0,67	0,67	0,82	0,65	0,67	0,77	0,63	0,67	0,70	0,60	0,67	0,59	0,58	0,67	0,47	0,54	0,67
30°	0,46	0,47	0,52	0,34	0,45	0,52	0,25	0,44	0,52	0,15	0,44	0,52	0,09	0,44	0,52	0,05	0,39	0,52
40°	0,05	0,37	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,05	0,23	0,38	0,04	0,21	0,38

prospetto D.2 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di FEBBRAIO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,90	0,80	0,83	0,90	0,79	0,83	0,90	0,78	0,83	0,90	0,77	0,83	0,90	0,78	0,83	0,93	0,83	0,83
20°	0,79	0,62	0,67	0,81	0,61	0,67	0,80	0,60	0,67	0,80	0,60	0,67	0,80	0,59	0,67	0,80	0,63	0,67
30°	0,67	0,47	0,52	0,64	0,46	0,52	0,62	0,44	0,52	0,55	0,43	0,52	0,47	0,43	0,52	0,40	0,45	0,52
40°	0,33	0,33	0,38	0,25	0,32	0,38	0,18	0,32	0,38	0,14	0,32	0,38	0,14	0,31	0,38	0,14	0,32	0,38

prospetto D.3 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di MARZO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,96	0,87	0,83	0,95	0,87	0,83	0,95	0,86	0,83	0,95	0,86	0,83	0,96	0,86	0,83	0,96	0,85	0,83
20°	0,91	0,69	0,67	0,91	0,69	0,67	0,91	0,68	0,67	0,91	0,68	0,67	0,91	0,67	0,67	0,92	0,66	0,67
30°	0,87	0,52	0,52	0,87	0,52	0,52	0,86	0,53	0,52	0,87	0,52	0,52	0,87	0,50	0,52	0,87	0,49	0,52
40°	0,83	0,36	0,38	0,82	0,35	0,38	0,80	0,34	0,38	0,78	0,33	0,38	0,64	0,33	0,38	0,49	0,33	0,38

prospetto D.4 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di APRILE**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84
20°	0,86	0,69	0,69	0,87	0,69	0,69	0,86	0,70	0,69	0,86	0,70	0,68	0,87	0,69	0,68	0,87	0,69	0,68
30°	0,80	0,53	0,55	0,81	0,53	0,55	0,80	0,53	0,54	0,79	0,53	0,54	0,80	0,52	0,54	0,81	0,52	0,54
40°	0,74	0,40	0,36	0,75	0,39	0,37	0,74	0,39	0,38	0,73	0,38	0,39	0,75	0,37	0,40	0,75	0,37	0,40

prospetto D.5 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di MAGGIO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,90	0,89	0,86	0,90	0,75	0,65	0,90	0,81	0,74	0,90	0,83	0,78	0,90	0,84	0,79	0,90	0,84	0,81
20°	0,80	0,73	0,73	0,81	0,61	0,54	0,81	0,66	0,62	0,81	0,67	0,63	0,81	0,68	0,63	0,81	0,69	0,64
30°	0,71	0,57	0,60	0,73	0,48	0,45	0,72	0,52	0,50	0,72	0,52	0,51	0,73	0,53	0,51	0,73	0,53	0,51
40°	0,63	0,40	0,38	0,65	0,34	0,30	0,64	0,36	0,36	0,64	0,37	0,38	0,65	0,37	0,39	0,65	0,38	0,39

prospetto D.6 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di GIUGNO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,88	0,84	0,79	0,89	0,85	0,80	0,89	0,86	0,81	0,89	0,86	0,83	0,89	0,87	0,84	0,89	0,87	0,85
20°	0,77	0,70	0,65	0,78	0,71	0,64	0,79	0,71	0,64	0,78	0,72	0,64	0,79	0,72	0,65	0,79	0,72	0,66
30°	0,66	0,55	0,55	0,69	0,55	0,54	0,69	0,55	0,53	0,68	0,56	0,53	0,69	0,56	0,52	0,69	0,56	0,52
40°	0,56	0,39	0,36	0,59	0,39	0,37	0,60	0,39	0,38	0,59	0,39	0,40	0,61	0,39	0,41	0,60	0,39	0,41

prospetto D.7 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di LUGLIO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,89	0,85	0,79	0,90	0,85	0,78	0,90	0,85	0,79	0,90	0,86	0,81	0,91	0,86	0,82	0,91	0,87	0,83
20°	0,79	0,71	0,67	0,80	0,70	0,65	0,81	0,70	0,64	0,81	0,71	0,64	0,82	0,71	0,63	0,82	0,71	0,64
30°	0,69	0,56	0,56	0,71	0,55	0,54	0,72	0,55	0,53	0,73	0,55	0,53	0,74	0,55	0,52	0,73	0,55	0,52
40°	0,60	0,40	0,37	0,63	0,39	0,37	0,64	0,39	0,38	0,65	0,39	0,40	0,66	0,38	0,41	0,65	0,38	0,41

prospetto D.8 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di AGOSTO**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,92	0,88	0,85	0,93	0,88	0,85	0,93	0,88	0,85	0,93	0,88	0,85	0,93	0,88	0,84	0,93	0,88	0,84
20°	0,85	0,71	0,71	0,86	0,71	0,71	0,86	0,71	0,70	0,86	0,71	0,70	0,86	0,71	0,69	0,86	0,71	0,69
30°	0,78	0,55	0,58	0,80	0,55	0,57	0,80	0,55	0,57	0,79	0,55	0,56	0,80	0,54	0,55	0,79	0,54	0,55
40°	0,72	0,41	0,37	0,74	0,41	0,38	0,74	0,41	0,40	0,73	0,41	0,41	0,74	0,40	0,42	0,73	0,39	0,42

prospetto D.9 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di SETTEMBRE**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,95	0,80	0,83	0,95	0,81	0,83	0,95	0,81	0,83	0,95	0,81	0,83	0,95	0,79	0,83	0,95	0,81	0,83
20°	0,90	0,66	0,66	0,91	0,65	0,66	0,91	0,65	0,67	0,91	0,65	0,67	0,91	0,64	0,67	0,91	0,64	0,67
30°	0,86	0,49	0,51	0,87	0,49	0,51	0,86	0,49	0,51	0,87	0,49	0,51	0,87	0,48	0,51	0,87	0,48	0,51
40°	0,82	0,35	0,37	0,83	0,35	0,37	0,83	0,34	0,37	0,83	0,33	0,37	0,83	0,32	0,37	0,83	0,32	0,37

prospetto D.10 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di OTTOBRE**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,85	0,83	0,97	0,84	0,83	0,97	0,84	0,83	0,96	0,83	0,83	0,96	0,82	0,83	0,96	0,81	0,83
20°	0,92	0,66	0,67	0,91	0,66	0,67	0,91	0,65	0,67	0,91	0,64	0,67	0,91	0,64	0,67	0,90	0,63	0,67
30°	0,87	0,51	0,52	0,85	0,50	0,52	0,84	0,48	0,52	0,81	0,47	0,52	0,76	0,46	0,52	0,64	0,44	0,52
40°	0,64	0,33	0,38	0,49	0,33	0,38	0,35	0,33	0,38	0,22	0,34	0,38	0,11	0,34	0,38	0,06	0,33	0,38

prospetto D.11 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di NOVEMBRE**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,94	0,79	0,83	0,97	0,87	0,83	0,96	0,85	0,83	0,95	0,84	0,83	0,94	0,82	0,83	0,93	0,81	0,83
20°	0,86	0,62	0,67	0,87	0,67	0,67	0,83	0,65	0,67	0,79	0,63	0,67	0,72	0,61	0,67	0,61	0,58	0,67
30°	0,58	0,44	0,52	0,48	0,47	0,52	0,36	0,45	0,52	0,26	0,44	0,52	0,17	0,44	0,52	0,09	0,43	0,52
40°	0,05	0,34	0,38	0,05	0,36	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,04	0,23	0,38

prospetto D.12 **Fattore di ombreggiatura F_{hor} per ostruzioni esterne - Mese di DICEMBRE**

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,95	0,84	0,83	0,93	0,83	0,83	0,92	0,81	0,83	0,90	0,80	0,83	0,87	0,76	0,83	0,84	0,71	0,83
20°	0,80	0,65	0,67	0,76	0,63	0,67	0,68	0,60	0,67	0,57	0,58	0,67	0,46	0,55	0,67	0,35	0,51	0,67
30°	0,33	0,45	0,52	0,23	0,44	0,52	0,14	0,44	0,52	0,08	0,44	0,52	0,05	0,40	0,52	0,04	0,35	0,52
40°	0,05	0,34	0,38	0,05	0,30	0,38	0,04	0,27	0,38	0,04	0,23	0,38	0,04	0,22	0,38	0,03	0,21	0,38

prospetto D.13 **Fattore di ombreggiatura $F_{hor,d}$ relativo alla sola radiazione diffusa per ostruzioni esterne**

Angolo	$F_{hor,d}$
0°	1,00
10°	0,83
20°	0,67
30°	0,52
40°	0,38

D.2 Aggetti orizzontali

prospetto D.14 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80
45°	0,77	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,80	0,81	0,72	0,81	0,83	0,72	0,82	0,83	0,72	0,84	0,85	0,72
60°	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,83	0,65

prospetto D.15 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di FEBBRAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,81	0,83	0,80	0,82	0,83	0,80	0,83	0,84	0,80	0,84	0,84	0,80	0,84	0,84	0,80	0,84	0,83	0,80
45°	0,73	0,76	0,72	0,74	0,77	0,72	0,75	0,78	0,72	0,76	0,78	0,72	0,77	0,78	0,72	0,77	0,77	0,72
60°	0,63	0,70	0,65	0,64	0,71	0,65	0,66	0,72	0,65	0,67	0,73	0,65	0,68	0,73	0,65	0,68	0,72	0,65

prospetto D.16 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di MARZO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,74	0,81	0,80	0,76	0,81	0,80	0,77	0,81	0,80	0,78	0,82	0,80	0,79	0,82	0,80	0,80	0,83	0,80
45°	0,62	0,73	0,72	0,64	0,74	0,72	0,65	0,74	0,72	0,67	0,75	0,72	0,68	0,76	0,72	0,70	0,76	0,72
60°	0,50	0,66	0,65	0,50	0,67	0,65	0,53	0,68	0,65	0,54	0,68	0,65	0,56	0,70	0,65	0,58	0,71	0,65

prospetto D.17 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di APRILE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,65	0,79	0,81	0,67	0,79	0,81	0,69	0,79	0,81	0,70	0,80	0,80	0,71	0,80	0,81	0,72	0,80	0,80
45°	0,51	0,69	0,73	0,52	0,70	0,73	0,55	0,70	0,73	0,57	0,71	0,73	0,58	0,71	0,73	0,60	0,72	0,73
60°	0,48	0,59	0,67	0,48	0,60	0,66	0,49	0,61	0,66	0,49	0,62	0,66	0,49	0,63	0,66	0,49	0,63	0,66

prospetto D.18 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di MAGGIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,59	0,76	0,81	0,60	0,80	0,86	0,63	0,79	0,84	0,65	0,79	0,83	0,67	0,79	0,82	0,68	0,79	0,82
45°	0,54	0,65	0,75	0,53	0,71	0,81	0,53	0,69	0,77	0,54	0,69	0,76	0,54	0,69	0,76	0,55	0,70	0,75
60°	0,49	0,53	0,69	0,49	0,61	0,76	0,49	0,58	0,72	0,50	0,59	0,71	0,50	0,59	0,70	0,50	0,60	0,69

prospetto D.19 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di GIUGNO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,63	0,77	0,83	0,60	0,77	0,83	0,61	0,77	0,83	0,63	0,77	0,82	0,64	0,78	0,82	0,66	0,78	0,82
45°	0,57	0,65	0,78	0,55	0,66	0,78	0,55	0,66	0,77	0,56	0,67	0,76	0,55	0,67	0,76	0,56	0,68	0,75
60°	0,52	0,54	0,73	0,50	0,54	0,73	0,50	0,54	0,72	0,51	0,55	0,71	0,51	0,56	0,70	0,51	0,57	0,69

prospetto D.20 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per oggetti orizzontali - Mese di LUGLIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,60	0,76	0,83	0,58	0,77	0,83	0,59	0,77	0,83	0,61	0,78	0,83	0,63	0,78	0,83	0,65	0,78	0,82
45°	0,55	0,65	0,77	0,53	0,66	0,78	0,52	0,66	0,77	0,53	0,67	0,77	0,52	0,68	0,77	0,53	0,68	0,76
60°	0,50	0,53	0,72	0,49	0,54	0,73	0,48	0,55	0,72	0,49	0,55	0,71	0,48	0,56	0,71	0,49	0,57	0,70

prospetto D.21 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per oggetti orizzontali - Mese di AGOSTO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,61	0,77	0,81	0,62	0,78	0,81	0,64	0,78	0,81	0,66	0,78	0,81	0,68	0,79	0,81	0,69	0,79	0,81
45°	0,50	0,67	0,74	0,49	0,67	0,74	0,50	0,68	0,74	0,51	0,69	0,74	0,53	0,69	0,73	0,56	0,70	0,73
60°	0,47	0,55	0,68	0,46	0,56	0,68	0,46	0,57	0,67	0,47	0,58	0,67	0,47	0,59	0,67	0,48	0,60	0,66

prospetto D.22 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per oggetti orizzontali - Mese di SETTEMBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,70	0,81	0,80	0,72	0,81	0,80	0,73	0,82	0,80	0,74	0,82	0,80	0,75	0,82	0,80	0,77	0,83	0,80
45°	0,57	0,73	0,72	0,59	0,74	0,72	0,60	0,74	0,72	0,62	0,75	0,72	0,64	0,75	0,72	0,65	0,76	0,72
60°	0,48	0,65	0,65	0,48	0,66	0,65	0,49	0,67	0,65	0,49	0,68	0,65	0,50	0,69	0,65	0,52	0,69	0,65

prospetto D.23 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per oggetti orizzontali - Mese di OTTOBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,79	0,83	0,80	0,80	0,83	0,80	0,81	0,84	0,80	0,82	0,84	0,80	0,83	0,85	0,80	0,84	0,85	0,80
45°	0,68	0,77	0,72	0,70	0,77	0,72	0,71	0,78	0,72	0,72	0,79	0,72	0,74	0,79	0,72	0,75	0,80	0,72
60°	0,55	0,71	0,65	0,57	0,72	0,65	0,59	0,73	0,65	0,61	0,74	0,65	0,63	0,75	0,65	0,65	0,76	0,65

prospetto D.24 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per oggetti orizzontali - Mese di NOVEMBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,85	0,86	0,80	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,86	0,80	0,89	0,87	0,80
45°	0,76	0,81	0,72	0,77	0,80	0,72	0,78	0,80	0,72	0,79	0,81	0,72	0,81	0,82	0,72	0,82	0,83	0,72
60°	0,65	0,78	0,65	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,79	0,65	0,74	0,81	0,65

prospetto D.25 **Fattore di ombreggiatura F_{ov} per aggetti orizzontali - Mese di DICEMBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80	0,91	0,90	0,80
45°	0,78	0,81	0,72	0,80	0,82	0,72	0,81	0,83	0,72	0,83	0,84	0,72	0,84	0,85	0,72	0,86	0,87	0,72
60°	0,68	0,78	0,65	0,70	0,79	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,82	0,65	0,79	0,85	0,65

prospetto D.26 **Fattore di ombreggiatura $F_{ov,d}$ relativo alla sola radiazione diffusa per aggetti orizzontali**

Angolo	$F_{ov,d}$
0°	1,00
30°	0,80
45°	0,72
60°	0,65

D.3 Aggetti verticali

prospetto D.27 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di GENNAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,68	0,89
45°	0,86	0,60	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,54	0,85
60°	0,79	0,46	0,80	0,79	0,46	0,80	0,80	0,45	0,80	0,80	0,43	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,38	0,80

prospetto D.28 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di FEBBRAIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,88	0,85	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,83	0,89	0,89	0,83	0,89	0,90	0,82	0,89
45°	0,82	0,78	0,85	0,82	0,77	0,85	0,82	0,76	0,85	0,82	0,75	0,85	0,83	0,74	0,85	0,84	0,73	0,85
60°	0,77	0,69	0,80	0,77	0,68	0,80	0,76	0,66	0,80	0,76	0,65	0,80	0,77	0,64	0,80	0,78	0,63	0,80

prospetto D.29 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di MARZO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,87	0,85	0,89	0,87	0,85	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,83	0,89	0,88	0,83	0,89
45°	0,82	0,78	0,85	0,82	0,77	0,85	0,83	0,77	0,85	0,83	0,76	0,85	0,83	0,75	0,85	0,83	0,74	0,85
60°	0,78	0,70	0,80	0,78	0,69	0,80	0,78	0,68	0,80	0,78	0,67	0,80	0,78	0,66	0,80	0,78	0,65	0,80

prospetto D.30 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di APRILE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,87	0,91	0,87	0,87	0,90	0,87	0,88	0,90	0,88	0,88	0,89	0,88	0,88	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88
45°	0,83	0,87	0,83	0,83	0,86	0,83	0,83	0,85	0,83	0,83	0,84	0,83	0,83	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83
60°	0,81	0,83	0,78	0,81	0,82	0,78	0,81	0,81	0,78	0,81	0,80	0,79	0,80	0,79	0,79	0,80	0,78	0,79

prospetto D.31 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di MAGGIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,88	0,93	0,84	0,88	0,94	0,80	0,88	0,93	0,83	0,88	0,92	0,84	0,88	0,92	0,84	0,88	0,91	0,85
45°	0,85	0,90	0,80	0,85	0,91	0,73	0,85	0,90	0,77	0,85	0,89	0,78	0,85	0,88	0,79	0,85	0,87	0,80
60°	0,83	0,88	0,76	0,82	0,89	0,69	0,82	0,87	0,73	0,82	0,86	0,74	0,82	0,85	0,75	0,82	0,84	0,75

prospetto D.32 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di GIUGNO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,89	0,94	0,82	0,89	0,94	0,82	0,89	0,94	0,83	0,89	0,93	0,84	0,89	0,92	0,84	0,89	0,92	0,85
45°	0,86	0,92	0,75	0,86	0,92	0,75	0,86	0,91	0,76	0,85	0,90	0,78	0,85	0,89	0,78	0,85	0,89	0,79
60°	0,82	0,90	0,72	0,83	0,90	0,72	0,83	0,88	0,73	0,82	0,87	0,74	0,82	0,86	0,74	0,82	0,85	0,75

prospetto D.33 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di LUGLIO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,89	0,94	0,82	0,89	0,94	0,82	0,89	0,93	0,82	0,88	0,93	0,83	0,88	0,92	0,83	0,88	0,92	0,84
45°	0,86	0,92	0,76	0,86	0,91	0,76	0,86	0,91	0,76	0,85	0,90	0,77	0,85	0,89	0,77	0,85	0,88	0,78
60°	0,83	0,89	0,73	0,83	0,89	0,72	0,83	0,88	0,73	0,82	0,87	0,73	0,82	0,87	0,73	0,82	0,85	0,74

prospetto D.34 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per aggetti verticali - Mese di AGOSTO**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,87	0,92	0,85	0,87	0,92	0,85	0,88	0,91	0,86	0,88	0,91	0,86	0,88	0,90	0,87	0,88	0,90	0,87
45°	0,84	0,89	0,81	0,84	0,88	0,81	0,84	0,87	0,81	0,84	0,87	0,82	0,84	0,86	0,82	0,84	0,85	0,83
60°	0,82	0,86	0,77	0,82	0,85	0,77	0,82	0,84	0,77	0,82	0,83	0,78	0,81	0,82	0,78	0,81	0,81	0,78

prospetto D.35 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per oggetti verticali - Mese di SETTEMBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,87	0,88	0,89	0,87	0,88	0,89	0,87	0,87	0,89	0,88	0,87	0,89	0,88	0,86	0,89	0,88	0,86	0,89
45°	0,82	0,83	0,84	0,82	0,82	0,84	0,83	0,81	0,84	0,83	0,81	0,84	0,83	0,80	0,84	0,83	0,79	0,84
60°	0,79	0,77	0,79	0,79	0,76	0,79	0,79	0,75	0,79	0,79	0,74	0,79	0,79	0,73	0,79	0,79	0,72	0,79

prospetto D.36 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per oggetti verticali - Mese di OTTOBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,88	0,81	0,89	0,88	0,81	0,89	0,89	0,80	0,89	0,89	0,79	0,89	0,89	0,79	0,89	0,89	0,78	0,89
45°	0,82	0,72	0,85	0,83	0,71	0,85	0,83	0,71	0,85	0,83	0,70	0,85	0,83	0,69	0,85	0,84	0,68	0,85
60°	0,78	0,61	0,80	0,78	0,60	0,80	0,78	0,59	0,80	0,78	0,58	0,80	0,78	0,57	0,80	0,78	0,56	0,80

prospetto D.37 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per oggetti verticali - Mese di NOVEMBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,75	0,89	0,91	0,73	0,89	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89
45°	0,84	0,63	0,85	0,86	0,61	0,85	0,86	0,61	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,58	0,85	0,87	0,56	0,85
60°	0,78	0,49	0,80	0,79	0,47	0,80	0,79	0,47	0,80	0,79	0,45	0,80	0,80	0,44	0,80	0,80	0,42	0,80

prospetto D.38 **Fattore di ombreggiatura F_{fin} per oggetti verticali - Mese di DICEMBRE**

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,69	0,89	0,92	0,68	0,89	0,92	0,66	0,89
45°	0,87	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,55	0,85	0,87	0,53	0,85	0,87	0,50	0,85
60°	0,80	0,44	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,41	0,80	0,80	0,40	0,80	0,80	0,38	0,80	0,80	0,34	0,80

prospetto D.39 **Fattore di ombreggiatura $F_{fin,d}$ relativo alla sola radiazione diffusa per oggetti verticali**

Angolo	$F_{fin,d}$
0°	1,00
30°	0,89
45°	0,85
60°	0,80

I prospetti D.27-D.39 si riferiscono ad un solo oggetto verticale ed in particolare, per le esposizioni est/ovest, al solo oggetto disposto a sud.

Per le esposizioni a sud, con un azimut compreso tra $\pm 15^\circ$, in caso di doppio oggetto verticale si utilizza la seguente equazione:

$$F_{fin} = F_{fin,E} + F_{fin,O} - 1 \quad (D.1)$$

dove i due termini $F_{fin,E}$ e $F_{fin,O}$ rappresentano i fattori di ombreggiatura calcolati rispettivamente con l'oggetto posto ad est e ad ovest.

APPENDICE E DATI RELATIVI ALL'UTENZA CONVENZIONALE (normativa)

prospetto E.1

Fattore di presenza medio giornaliero nei locali climatizzati, $f_{day,per}$

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	$f_{day,per}$
E.1 (1); E.1 (2)	Abitazioni	24/24
E.1	Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	24/24
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	8/24
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	8/24
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	24/24
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	8/24
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	8/24
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive	8/24
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	8/24
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	8/24

prospetto E.2

Fattore di correzione per la ventilazione in condizioni di riferimento

Categoria di edificio	Sottocategoria di edificio	Destinazione d'uso	$f_{ve,t}$
E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili	E.1.1 Residenze a carattere continuativo	Abitazioni civili ^{a)}	0,60
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	
		Sale riunioni	0,51
		Dormitorio/camera	1,00
		Servizi igienici con estrazione	0,08
	E.1.2 Residenze occupate saltuariamente	Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo	0,60
	E.1.3 Alberghi pensioni e attività similari	Ingresso, soggiorni	1,00
		Sale conferenze/auditori (piccoli)	0,47
		Sale da pranzo	0,34
		Camere da letto	0,26
E.2 Edifici per uffici e assimilabili		Uffici singoli	0,59
		Uffici open space	0,59
		Call-Center/centro inserimento	0,59
		Locali riunione	0,51
E.3 Ospedali cliniche, case di cura e assimilabili		Degenze (2 -3 letti)	1,00
		Corsie	1,00
		Camere per infettivi	1,00
		Camere per immunodepressi	1,00
		Sale mediche	1,00
		Soggiorni	0,68
		Terapie fisiche	0,51
Diagnostiche	0,51		

Categoria di edificio	Sottocategoria di edificio	Destinazione d'uso	$f_{ve,t}$
E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative, di culto e assimilabili	E.4.1 Cinema, teatri, sale per congressi	Atri, sale attesa, zona bar annessa	0,51
		Platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni	0,51
		Sala scommesse	0,43
	E.4.2 Mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto	Sale mostre pinacoteche, musei	1,00
		Sale lettura biblioteche	0,51
		Luoghi di culto	0,34
	E.4.3 Bar, ristoranti, sale da ballo	Bar	0,55
		Pasticcerie	0,47
		Self-service	0,34
		Sale da ballo, discoteche	0,43
E.5 Edifici adibiti ad attività commerciale e assimilabili		Grandi magazzini - piano interrato	0,47
		Negozi o reparti di grandi magazzini:	0,51
		Barbieri, saloni bellezza	0,51
		Abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,51
		Alimentari, lavasecco, farmacie	0,51
		Zone pubblico banche, quartieri fieristici	0,55
E.6 Edifici adibiti ad attività sportiva	E.6.1 Piscine, saune e assimilabili	Piscine (sala vasca)	0,34
		Spogliatoi	0,34
	E.6.2 Palestre e assimilabili	Palazzetti sportivi (campi da gioco)	0,18
		Zone spettatori in piedi	0,18
		Zone spettatori seduti	0,18
	E.6.3 Servizi di supporto alle attività sportive	Spogliatoi atleti	0,43
E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili		Asili nido e scuole materne	0,47
		Aule scuole elementari	0,47
		Aule scuole medie inferiori	0,47
		Aule scuole medie superiori	0,47
		Aule universitarie	0,51
		Servizi	0,51
		Biblioteche, sale lettura	0,43
		Aule musica e lingue	0,43
		Laboratori chimici/biologici	0,43
		Laboratori	0,43
		Sale insegnanti	0,47
E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili			0,51
a) Comprende l'eventuale estrazione meccanica dei bagni.			

prospetto E.3 **Apporti medi globali per unità di superficie di pavimento**

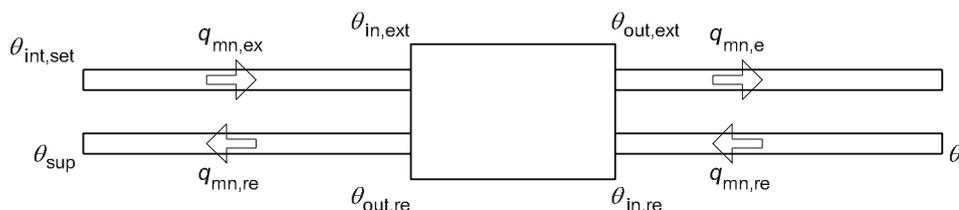
Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti termici sensibili Φ_{int} / A_f W/m ²	Portata di vapore acqueo $(G_{wv,0c} + G_{wv,A}) / A_f$ 10 ⁻³ ·g/(h·m ²)
E.1(1) – E.1(2)	Abitazioni	a)	b)
E.1(1)	Collegi, caserme, case di pena, conventi	6	6
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6	5
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili	8	14
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8	27
E.4 (2)	Mostre, musei	8	16
	Biblioteche,	8	12
	Luoghi di culto	8	16
E.4 (3)	Bar	10	31
	Ristoranti	10	26
	Sale da ballo	10	31
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8	9
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	10	c)
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	5	11
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4	8
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	4	16
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	6	c)
a)	Dipende dalla superficie utile dell'appartamento come riportato al punto 13.1.1.		
b)	Dipende dalla superficie utile dell'appartamento come riportato al punto 13.2.1.		
c)	Attività di processo indipendente dalla presenza di persone: di conseguenza deve essere valutata in funzione della tipologia di processo e non è possibile determinare un valore univoco.		

APPENDICE F EFFICIENZA DEL SISTEMA DI RECUPERO TERMICO DI VENTILAZIONE (normativa)

L'efficienza del sistema di recupero è diversa da quella nominale del recuperatore in quanto tiene conto e delle perdite del sistema di distribuzione e dell'efficienza effettiva del recuperatore in funzione delle portate d'aria medie giornaliere circolanti nei due rami.

In figura F.1 è riportato lo schema di un sistema di recupero termico di ventilazione, con l'indicazione delle portate e delle temperature dei fluidi.

figura F.1 Schema di un sistema di recupero termico di ventilazione



Con riferimento allo schema di figura F.1, la temperatura dell'aria di rinnovo immessa nella zona a valle del sistema di ventilazione con recuperatore termico è data da:

$$\theta_{sup} = \theta_{out,re} + \Delta\theta_{out,re}^{sup} \quad (F.1)$$

$$\theta_{out,re} = \theta_{in,re} + \eta_{hru,eff} \times (\theta_{in,ext} - \theta_{in,re}) \quad (F.2)$$

$$\theta_{in,ext} = \theta_{int,set} + \Delta\theta_{int,set}^{in,ext} \quad (F.3)$$

$$\theta_{in,re} = \theta_e + \Delta\theta_e^{in,re} \quad (F.4)$$

dove:

θ_{sup} è la temperatura dell'aria a valle sistema recuperatore-condotti fornita alla zona termica, espressa in °C;

$\theta_{int,set}$ è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, espressa in °C;

θ_e è la temperatura media mensile dell'aria esterna, espressa in °C;

$\eta_{hru,eff}$ è l'efficienza termica effettiva del recuperatore termico;

$\Delta\theta_{out,re}^{sup}$ è la differenza di temperatura tra l'immissione in zona e la mandata del recuperatore alla zona, dovuta agli scambi termici del condotto con l'ambiente circostante, espressa in °C;

$\Delta\theta_{int,set}^{in,ext}$ è la differenza di temperatura tra l'ingresso nel recuperatore e l'estrazione dalla zona, dovuta agli scambi termici del condotto con l'ambiente circostante, espressa in °C;

$\Delta\theta_e^{in,re}$ è la differenza di temperatura tra l'ingresso nel recuperatore e la griglia di aspirazione dell'aria esterna, dovuta agli scambi termici del condotto con l'ambiente circostante, espressa in °C;

$q_{mn,ext}$ è la portata volumica dell'aria circolante nel condotto di estrazione-espulsione dell'aria interna, espressa in m³/s;

$q_{mn,e}$ è la portata volumica dell'aria circolante nel condotto di aspirazione-immissione dell'aria esterna, espressa in m³/s.

L'efficienza termica di un recuperatore, $\eta_{hru,eff}$, dipende dalla portata d'aria circolante. La UNI EN 308 prevede che siano misurati i rendimenti termici per le sette condizioni di funzionamento riportate nel prospetto F.1.

Coppie delle portate massiche per le quali viene definito il rendimento termico

Lato	Valore relativo della portata rispetto al valore nominale						
	Portate bilanciate			Portate sbilanciate			
Immissione	$\rho_a \times q_n$	$0,67 \rho_a \times q_n$	$1,5 \rho_a \times q_n$	$0,67 \rho_a \times q_n$	$\rho_a \times q_n$	$\rho_a \times q_n$	$1,5 \rho_a \times q_n$
Espulsione	$\rho_a \times q_n$	$0,67 \rho_a \times q_n$	$1,5 \rho_a \times q_n$	$\rho_a \times q_n$	$0,67 \rho_a \times q_n$	$1,5 \rho_a \times q_n$	$\rho_a \times q_n$

dove $\rho_a \times q_n$ è la portata in massa nominale del recuperatore in kg/s.

Se la portata d'aria circolante nel recuperatore non corrisponde alla portata d'aria nominale dello stesso, occorre calcolare l'efficienza termica effettiva interpolando linearmente tra il suo valore alla portata nominale e quello che si ha per una portata o subito maggiore o subito minore.

In assenza di altri valori di efficienza termica del recuperatore per portate diverse da quella nominale e quando la portata circolante è diversa da quella nominale, si assume come rendimento termico effettivo quello alla portata nominale ridotto di dieci punti percentuali.

In caso di recuperatore termodinamico $\eta_{hrv,eff}$ è ricavata dalla UNI/TS 11300-2, punto C.4.1. Per il calcolo delle differenze di temperatura tra ingresso e uscita dei condotti si impiegano le relazioni riportate nella UNI/TS 11300-2 nell'appendice A al punto A.4.2.3.

Ai fini dell'applicazione al caso di verifica in condizioni di progetto e standard e solo per applicazione di sistemi di ventilazione a doppio condotto con recuperatore a singole unità immobiliari, le differenze di temperatura tra recuperatore e i punti di immissione, estrazione e aspirazione possono essere considerate trascurabili e poste uguali a zero.

G. 1 Climatizzazione invernale

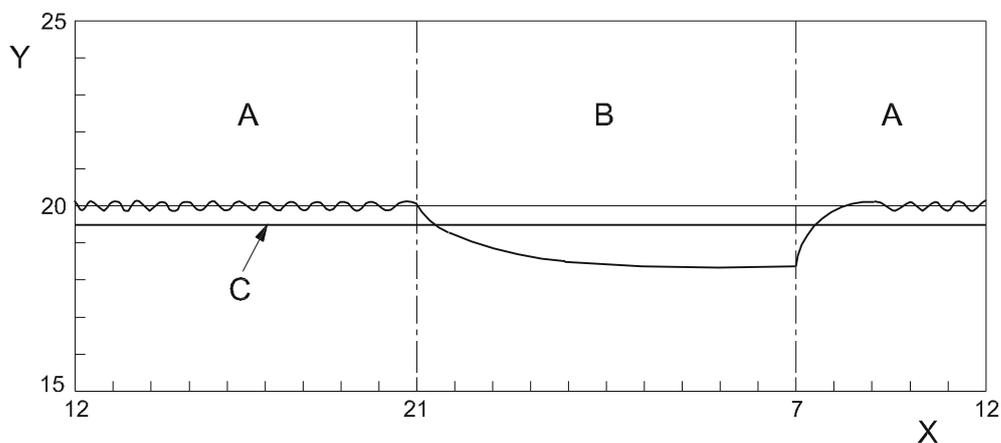
Quando l'intermittenza è periodica nell'arco delle 24 h (abbassamento notturno, spegnimento) occorre distinguere tra due casi:

CASO 1: Temperatura interna controllata da un termostato ambiente a doppia temperatura di regolazione (vedere figura G.1).

figura G.1 **Regime intermittente con regolazione locale**

Legenda

- X Orario
- Y Temperatura ambiente (°C)
- A Attività
- B Interruzione
- C Temperatura risultante



In questo caso il calcolo viene condotto, anziché a 20 °C, adottando la temperatura interna media risultante nelle 24 h.

CASO 2: L'intermittenza è effettuata attraverso la centralina climatica (vedere figura G.2).

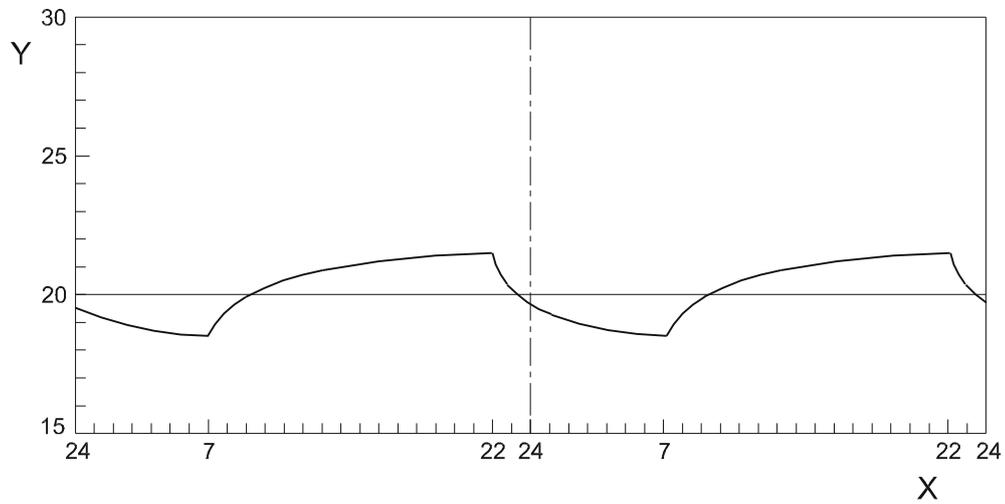
figura G.2

Regime intermittente con regolazione centrale climatica

Legenda

X Orario

Y Temperatura ambiente (°C)



L'effetto sul fabbisogno di calore utile dell'involucro è trascurabile.

Entrambi i criteri di funzionamento influenzano il calcolo dei rendimenti in funzione della modalità di funzionamento del generatore e ne va tenuto conto nelle sede opportuna.

Per spegnimenti maggiori di 24 h in edifici molto disperdenti o caratterizzati da masse non elevate, riferirsi alla UNI EN ISO 13790:2008.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia
- [2] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia
- [3] Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, N° 10. (DPR 412/1993)
- [4] Decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013 n. 74, Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192. (DPR 74/2013)
- [5] Ballarini, I., Corrado, V., Determinazione dei fattori di ombreggiatura per l'applicazione della metodologia di calcolo del fabbisogno termico annuale degli edifici. In: Atti del 63° Congresso Nazionale ATI. Palermo, 23-26 Settembre 2008
- [6] Corrado, V., Fabrizio E, Assessment of building cooling energy need through a quasi-steady state model: Simplified correlation for gain-loss mismatch, Energy and Buildings 39 (2007) 569–579
- [7] Oliveti, G., Arcuri, N., Bruno, R., De Simone, M., An accurate calculation model of solar heat gain through glazed surfaces, Energy and Buildings 43 (2011) 269–274
- [8] UNI 8369-5 Edilizia - Chiusure verticali - Giunto tra pareti perimetrali verticali ed infissi esterni - Terminologia e simboli per le dimensioni
- [9] UNI EN 673 Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) – Metodo di calcolo
- [10] UNI EN 12207 Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione.
- [11] UNI EN 15232 Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici
- [12] UNI EN 15241 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali
- [13] UNI EN 15243 Ventilazione degli edifici - Calcolo delle temperature dei locali, del carico termico e dell'energia per edifici dotati di impianto di climatizzazione degli ambienti
- [14] UNI EN 15265 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici - Criteri generali e procedimenti di validazione
- [15] UNI EN ISO 7345 Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni
- [16] UNI EN ISO 7726 Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
- [17] UNI EN ISO 7730 Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale
- [18] UNI EN ISO 13792 Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Metodi semplificati
- [19] UNI EN ISO 15927-1 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Medie mensili dei singoli elementi meteorologici

-
- [20] UNI EN ISO 15927-6 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 6: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno)
- [21] UNI EN 15603 Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica
- [22] UNI CEN/TR 15615 Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD) - Documento riassuntivo
- [23] UNI EN 15316-4-1 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-1: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, sistemi a combustione (caldaie)

