

Energy performance of buildings

Part 2: Evaluation of primary energy need and of system efficiencies for space heating, domestic hot water production, ventilation and lighting for non-residential buildings

La specifica tecnica fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria, nonché di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria. Essa fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione e le indicazioni e i dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione in accordo con la UNI EN 15193.

La specifica tecnica fornisce dati e metodi per il calcolo dei rendimenti e delle perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con combustibili fossili liquidi o gassosi. La specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti: per il solo riscaldamento, misti o combinati per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria, per sola produzione acqua calda per usi igienico-sanitari, per i sistemi di sola ventilazione, per i sistemi di ventilazione combinati alla climatizzazione invernale, per i sistemi di illuminazione negli edifici non residenziali.

TESTO ITALIANO

La presente norma sostituisce la UNI/TS 11300-2:2008.

ICS 17.200.10; 91.140.01

PREMESSA

La specifica tecnica viene riesaminata ogni tre anni.
Eventuali osservazioni sulla UNI/TS 11300-2 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	DEFINIZIONI	5
4	SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA	7
prospetto 4	Simboli fondamentali	7
prospetto 5	Pedici identificativi di sistema	7
prospetto 6	Pedici identificativi di sottosistema	7
prospetto 7	Pedici identificativi dei rendimenti	8
prospetto 8	Pedici identificativi delle quantità di energia	8
prospetto 9	Fabbisogni di energia termica utile per riscaldamento.....	8
prospetto 10	Pedici relativi ai componenti	8
prospetto 11	Pedici per le perdite percentuali	9
prospetto 12	Pedici per le potenze termiche.....	9
prospetto 13	Altri pedici	9
prospetto 14	Fattori adimensionali	9
5	PROCEDURA DI CALCOLO	10
5.1	Periodo di attivazione degli impianti e intervalli di calcolo.....	10
5.2	Destinazione e suddivisione del sistema fabbricato-impianto.....	10
5.3	Modalità di suddivisione degli impianti	11
figura 1	Esempio di suddivisione di un impianto per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria.....	11
5.4	Precisazioni sulla struttura di calcolo per gli impianti tecnici	12
figura 2	Suddivisione di un sistema di riscaldamento.....	13
figura 3	Suddivisione di sistema acqua calda sanitaria	14
figura 4	Suddivisione di un sistema di ventilazione.....	15
5.5	Bilancio termico dei sottosistemi	15
5.6	Metodi di calcolo e dati di ingresso in funzione del tipo di valutazione	17
prospetto 15	Metodi e dati di ingresso da adottare per i diversi tipi di valutazioni di calcolo (climatizzazione invernale).....	18
prospetto 16	Metodi e dati di ingresso da adottare per i diversi tipi di valutazioni di calcolo (produzione di acqua calda sanitaria).....	18
6	FABBISOGNI E PERDITE DI ENERGIA TERMICA DEI SOTTOSISTEMI DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	19
6.1	Fabbisogno di energia termica	19
6.2	Sottosistemi di emissione.....	20
prospetto 17	Rendimenti di emissione in locali con altezza fino a 4 m.....	21
prospetto 18	Rendimenti di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m.....	21
prospetto 19	Condizioni di corretta installazione per terminali di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m.....	22

6.3		Sottosistemi di regolazione	23
	prospetto 20	Rendimenti di regolazione	24
6.4		Sottosistemi di distribuzione	24
	figura 5	Esempi di rete utenza e circuito di generazione	25
	figura 6	Reti di utenza e circuito di distribuzione in impianto di riscaldamento centralizzato	26
	figura 7	Impianto con satelliti di utenza (riscaldamento/acqua calda sanitaria)	26
	figura 8	Sistema di generazione che alimenta più fabbricati	27
	prospetto 21	Impianti di riscaldamento autonomi	29
	prospetto 22	Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)	30
	prospetto 23	Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)	30
	prospetto 24	Fattori di correzione del rendimento di distribuzione	32
6.5		Sottosistema di accumulo	32
6.6		Sottosistema di generazione	32
	prospetto 25	Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)	34
	prospetto 26	Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)	34
	prospetto 27	Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)	34
	prospetto 28	Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)	34
	prospetto 29	Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off - Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off	35
7		FABBISOGNI E PERDITE DEI SOTTOSISTEMI DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA	35
7.1		Fabbisogni di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria	35
	prospetto 30	Valori dei parametri <i>a</i> e <i>b</i>	37
	prospetto 31	Valori dei parametri <i>a</i> ed N_U per gli edifici non residenziali	37
	prospetto 32	Temperature dell'acqua nella rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria	38
	prospetto 33	Temperatura dell'acqua nella rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria	38
7.2		Sottosistema di erogazione	38
7.3		Sottosistemi di distribuzione	38
	figura 9	Schema della distribuzione in impianto acqua calda sanitaria	40
	prospetto 34	Fattori di perdita e di recupero dalla rete di distribuzione dell'acs	41
7.4		Sottosistemi di generazione	43
	prospetto 35	Rendimenti convenzionali degli scalda-acqua con sorgente interna di calore	44
8		FABBISOGNI DEGLI AUSILIARI ELETTRICI DEI SOTTOSISTEMI DI RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA	45
8.1		Ausiliari dei sottosistemi di riscaldamento	45
	prospetto 36	Potenze elettriche dei terminali di emissione	46
	prospetto 37	Modelli per il calcolo di valori default dei rendimenti degli elettrocircolatori	47
8.2		Ausiliari dei sottosistemi di acqua calda sanitaria	48
APPENDICE	A	CALCOLO DELLE PERDITE DI DISTRIBUZIONE	49
(normativa)			
A.1		Generalità	49
A.2		Perdite di distribuzione di circuiti con fluido termovettore acqua	49
	prospetto A.1	Temperature ambiente	50
	prospetto A.2	Fattori di recuperabilità delle perdite di distribuzione	51
	figura A.1	Tubazione isolata corrente in aria	52
	prospetto A.3	Valori indicativi della conduttività di alcuni materiali	52

	figura	A.2	Tubazione isolata corrente in aria con più strati di isolante	52
	figura	A.3	Tubazione singola incassata nella muratura	53
	figura	A.4	Tubazioni in coppia, incassate nella muratura	54
A.3	prospetto	A.4	Lunghezze equivalenti	55
			Temperature nella rete di distribuzione	55
	figura	A.5	Esempio di impianto termico con reti di utenza a differente temperatura	56
	prospetto	A.5	Valori di default dell'esponente caratteristico n	57
	figura	A.6	Rete di utenza collegata a circuito di distribuzione mediante valvola miscelatrice	60
	figura	A.7	Circuito di generazione con portata nel generatore uguale a quella del circuito di generazione (il buffer è regolato e non gli è consentito svuotarsi completamente)	62
	figura	A.8	Rete di utenza indipendente dal circuito di generazione con compensatore idraulico	62
	figura	A.9	Sottosistema di generazione collegato a rete di utenza mediante scambiatore	63
A.4	figura	A.10	Circuito di generazione con generatori di calore in parallelo	64
			Perdite di distribuzione di circuiti con fluido termovettore aria in impianti per la climatizzazione invernale	64
	prospetto	A.6	Trasmittanze termiche lineari delle condotte	67
	prospetto	A.7	Velocità dell'aria canali nelle condotte	68
	prospetto	A.8	Velocità raccomandate sulle griglie di ripresa aria	68
	prospetto	A.9	Velocità frontale per griglie di presa aria e per griglie di espulsione aria	69
	figura	A.11	Diagramma per la scelta delle griglie	69
	prospetto	A.10	Velocità di attraversamento dei filtri	70
	prospetto	A.11	Velocità di attraversamento delle batterie	70
	prospetto	A.12	Velocità di attraversamento delle sezioni di umidificazione	70
	prospetto	A.13	Velocità massime di efflusso dell'aria da bocchette	70
APPENDICE	B		DETERMINAZIONE DELLE PERDITE DI GENERAZIONE	71
			(normativa)	
B.1			Generalità sui metodi di calcolo	71
B.2			Metodo di calcolo delle perdite di generazione basato sulla Direttiva 92/42/CEE	71
	prospetto	B.1	Coefficiente di correzione del rendimento a carico nominale $f_{cor,Pn}$	75
	prospetto	B.2	Fattore di correzione del rendimento a carico intermedio $f_{cor,Pint}$	75
	prospetto	B.3	Fattore di riduzione della temperatura θ_{gn} e valori convenzionali della temperatura interna del locale dove è installato il generatore $\theta_{a,gn}$	76
	prospetto	B.4	Parametri per il calcolo della potenza degli ausiliari	77
	prospetto	B.5	Frazione delle perdite a carico nullo attribuite al mantello - in funzione del tipo di bruciatore	78
	prospetto	B.6	Parametri per la determinazione delle perdite a carico nullo di default	79
	prospetto	B.7	Parametri per la determinazione dei rendimenti minimi	79
B.3			Metodo analitico di calcolo delle perdite di generazione	79
	figura	B.1	Schema di bilancio energetico del sottosistema di generazione	80
	prospetto	B.8	Valori di default per $P'_{ch,ON}$ e $\theta'_{gn,test}$	83
	prospetto	B.9	Valori di default dell'esponente n	83
	prospetto	B.10	Valori di default dei parametri c_2 e c_3	84
	prospetto	B.11	Valori di default del parametro $k_{gn,env}$ e delle temperature ambiente di prova ed effettive	84
	prospetto	B.12	Valori di default dei parametri m e ρ	84
	prospetto	B.13	Valori di default di $P'_{ch,off}$	85
	prospetto	B.14	Parametri per il calcolo della potenza degli ausiliari	86
	prospetto	B.15	Valori di default della potenza minima al focolare per generatori multistadio o modulanti	88
	prospetto	B.16	Valori di default di $P'_{ch,ON,min}$ e $\theta'_{gn,test}$ per generatori multistadio o modulanti	88
	prospetto	B.17	Valori di default delle potenze degli ausiliari alla potenza minima del focolare per generatori multistadio o modulanti	88
	prospetto	B.18	Dati di default per il calcolo del valore di R	90
	prospetto	B.19	Dati di riferimento relativi ai combustibili	91

	prospetto B.20	Contenuto di vapor d'acqua alla saturazione in funzione della temperatura.....	91
APPENDICE (normativa)	C	FABBISOGNI DI ENERGIA PER LA VENTILAZIONE MECCANICA E PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE IN PRESENZA DI IMPIANTI AERAILICI	94
C.1		Premessa	94
C.2		Fabbisogni di energia primaria per la ventilazione meccanica	94
	prospetto C.1	Perdita d'aria per condotte rettangolari metalliche.....	95
	prospetto C.2	Perdita d'aria per condotte circolari metalliche	96
	prospetto C.3	Perdita d'aria per condotte non metalliche in materiale preisolato.....	96
	prospetto C.4	Classificazione della rete aerailica in funzione della pressione totale	96
C.3		Fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale con impianto aerailico	96
C.4		Classificazione impianti aerailici e indicazioni per il calcolo dei fabbisogni	100
APPENDICE (informativa)	D	FABBISOGNI DI ENERGIA PER L'ILLUMINAZIONE	102
D.1		Generalità	102
D.2		Calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria per illuminazione di ambienti interni	102
D.3		Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per dispositivi di controllo e di emergenza	102
D.4		Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale di una zona o di un ambiente	103
	prospetto D.1	Tempi di operatività dell'illuminazione artificiale diurna t_D e notturna t_N	103
	prospetto D.2	Fattore F_A	104
D.5		Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione delle zone esterne	105
APPENDICE (informativa)	E	CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DI EDIFICI NON DOTATI DI IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE E/O DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA	106
E.1		Premessa	106
E.2		Scopo	106
E.3		Modalità di calcolo	106
		BIBLIOGRAFIA	107

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;
- 8) la quota di energia rinnovabile utilizzata per il riscaldamento o climatizzazione invernale, raffrescamento o climatizzazione estiva, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione;
- 9) la conversione finale dei flussi di energia consegnata ed esportata in energia primaria, emissioni di CO₂, costi ed altri indicatori complementari.

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 riscaldamento di ambienti e produzione 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 specifica 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 e 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
	Energia termica utile per l'umidificazione	$Q_{H,hum,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1
	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
	Temperatura d'immissione dell'aria	θ_{sup}	[°C]	UNI/TS 11300-1
	Frazione temporale con ventilazione meccanica funzionante	β	[-]	UNI/TS 11300-1
	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
	Energia termica utile per la deumidificazione	$Q_{C,dhum,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1
	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 le prestazioni energetiche 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	Edificio	Clima
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
Condizioni climatiche e comportamento dell'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 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 ($E_{P,C}$).

1

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria, nonché di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria. L'appendice C fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione, mentre l'appendice D fornisce indicazioni e dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione in accordo con la UNI EN 15193.

La presente specifica tecnica fornisce dati e metodi per il calcolo dei rendimenti e delle perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con combustibili fossili liquidi o gassosi. Per vettori energetici diversi da quelli considerati dalla presente specifica tecnica si deve fare riferimento alla UNI/TS 11300-4.

La presente specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti per la sola climatizzazione invernale, misti o combinati per climatizzazione invernale e produzione acqua calda sanitaria, per sola produzione acqua calda, per i sistemi di sola ventilazione, per i sistemi di ventilazione combinati alla climatizzazione invernale, per i sistemi di illuminazione negli edifici non residenziali.

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/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 11300-3	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 215	Valvole termostatiche per radiatori - Requisiti e metodi di prova
UNI EN 297	Caldaie per riscaldamento centralizzato alimentate a combustibili gassosi - Caldaie di tipo B equipaggiate con bruciatore atmosferico, con portata termica nominale minore o uguale a 70 kW
UNI EN 303-1	Caldaie per riscaldamento - Parte 1: Caldaie con bruciatori ad aria soffiata - Terminologia, requisiti generali, prove e marcatura
UNI EN 442-2	Radiatori e convettori – Parte 2: Metodi di prova e valutazione
UNI EN 483	Caldaie per riscaldamento centralizzato alimentate a combustibili gassosi - Caldaie di tipo C con portata termica nominale non maggiore di 70 kW
UNI EN 1264-3	Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture - Parte 3: Dimensionamento
UNI EN 1264-4	Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture - Parte 4: Installazione
UNI EN 12464-2	Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in esterno
UNI EN 12831	Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto

UNI EN 13836	Caldaie a gas per riscaldamento centrale - Caldaie di tipo B di portata termica nominale maggiore di 300 kW, ma non maggiore di 1 000 kW
UNI EN 14037-1	Strisce radianti a soffitto alimentate con acqua a temperatura minore di 120 °C - Parte 1: Specifiche tecniche e requisiti
UNI EN 15193:2008	Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione
UNI EN 15316-2-1	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti
UNI EN 15316-2-3	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti
UNI EN 15316-4-8	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-8: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, riscaldamento ad aria e sistemi di riscaldamento radianti
UNI EN 15603	Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica
UNI CEN/TR 16355	Raccomandazioni per la prevenzione della crescita della legionella negli impianti all'interno degli edifici che convogliano acqua per il consumo umano
UNI EN ISO 6946	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 13790	Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento

3

DEFINIZIONI

Ai fini della presente specifica tecnica, si utilizzano i termini e le definizioni delle altre parti della UNI/TS 11300 unitamente ai termini e alle definizioni seguenti:

- 3.1 fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale:** Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per la climatizzazione invernale in condizioni climatiche e di uso standard dell'edificio.
- 3.2 fabbisogno annuo per la produzione di acqua calda sanitaria:** Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare la richiesta annua di acqua calda per usi igienico - sanitari determinata sulla base dei fabbisogni di acqua calda calcolati in base alla presente specifica.
- 3.3 rendimento globale medio stagionale:** Rapporto tra fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento. Ciascuno dei sottosistemi che compongono il sistema ha un proprio rendimento secondo quanto di seguito specificato.
- 3.4 coefficiente di utilizzazione (termico o elettrico):** Rapporto tra l'energia termica (o energia elettrica) uscente dal sistema o dal sottosistema e l'energia entrante. Tale definizione si applica a tutti i sottosistemi considerati nella presente specifica, salvo che al sottosistema di produzione, nel quale si attua la conversione da energia primaria in energia termica utile.
- 3.5 perdite di energia termica non recuperabili:** Parte delle perdite che aumentano il fabbisogno di energia termica.
- 3.6 perdite di energia termica recuperabili:** Parte delle perdite che possono essere utilizzate per diminuire il fabbisogno di energia termica.

-
- 3.7** **perdite di energia termica recuperate:** Parte delle perdite recuperabili effettivamente utilizzate per diminuire il fabbisogno di energia termica.
- 3.8** **corpo scaldante:** Unità terminale del sottosistema di emissione che provvede allo scambio tra fluido termovettore e ambiente (radiatori, termoconvettori, ventilconvettori, pannelli radianti e bocchette di emissione).
- 3.9** **perdite di emissione:** Perdite di energia termica che aumentano il fabbisogno delle unità terminali dovute a non omogenea distribuzione della temperatura dell'aria negli ambienti od a flussi di calore diretti verso l'esterno.
- 3.10** **perdite di regolazione:** Perdite di energia termica dovute alla regolazione imperfetta della temperatura degli ambienti riscaldati.
- 3.11** **perdite di distribuzione:** Perdite di energia termica della rete di distribuzione.
- 3.12** **perdite di produzione:** Perdite di energia termica del sottosistema di produzione, comprese le perdite in funzionamento ed in stand-by nonché le perdite dovute al controllo non ideale del sistema di generazione, comprese le perdite recuperabili.
- 3.13** **perdite totali del sistema:** Perdite di calore complessive del sistema di riscaldamento e/o del sistema di acqua calda sanitaria.
- 3.14** **perdite di erogazione:** Perdite di energia termica nei sistemi di acqua calda sanitaria dovute all'erogazione iniziale di acqua fredda ad ogni prelievo ovvero alla permanenza di acqua calda nelle tubazioni terminali alla fine dell'erogazione.
- 3.15** **perdite di accumulo:** Perdite di energia termica dovute alle dispersioni in ambiente dei serbatoi di accumulo di acqua calda sanitaria. Possono essere recuperabili o non recuperabili.
- 3.16** **plenum distribuzione aria:** Insieme delle condotte di distribuzione collegate alla medesima UTA.
- 3.17** **fabbisogno netto di energia termica utile:** Fabbisogno diminuito della quantità di perdite recuperate.
- 3.18** **sistemi centralizzati di produzione di acqua calda per usi igienico - sanitari:** Sistemi destinati a servire più unità immobiliari in un edificio, dedicati se destinati alla sola produzione di acqua calda sanitaria combinati se destinati ai due servizi.
- 3.19** **sistemi autonomi di produzione di acqua calda per usi igienico - sanitari:** Sistemi destinati a servire un'unica unità immobiliare, dedicati o combinati.
- 3.20** **generatore di calore:** Apparecchio nel quale si attua la conversione dell'energia chimica del combustibile in energia termica utile trasferita al fluido termovettore.
- 3.21** **unità terminale di erogazione:** Apparecchio mediante il quale l'energia termica utile del fluido termovettore viene trasferita all'ambiente.
- 3.22** **valori nominali delle potenze e dei rendimenti:** Valori massimi di potenza per servizio continuo e di rendimento di un apparecchio determinati e certificati secondo le norme pertinenti.

SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA

I prospetti seguenti riportano i simboli utilizzati nella presente specifica tecnica. Per simboli utilizzati solo in qualche caso particolare, fare riferimento alle indicazioni fornite con le singole formule.

prospetto 4

Simboli fondamentali

Grandezza	Simbolo	Unità di misura
Energia	E	Wh
Energia termica	Q	Wh
Potenza termica	Φ	W
Potenza elettrica	W	W
Rendimento	η	-
Energia primaria riferita alla superficie utile dell'edificio	E	kWh/m ² anno
Perdita termica percentuale	P	%
Periodo di tempo	t	s
Temperatura	θ	°C K
Volume di acqua	V	l/h - l/G
Massa volumica	ρ	kg/m ³
Calore specifico	C	Wh/kg K
Consumo energetico misurato	C_o	kWh
Quantità di combustibile allo stato liquido (con pedici specifici)	CQ	m ³
Superficie	S	m ²
Lunghezza o diametro	D	m
Conduttività	λ	W/mK
Ore	h	h
Secondi	s	s
Giorno	G	d

prospetto 5

Pedici identificativi di sistema

Sistema	Pedice
Riscaldamento	H
Acqua calda sanitaria	W
Ventilazione	V
Illuminazione	L

prospetto 6

Pedici identificativi di sottosistema

Sottosistema	Pedice
Emissione (riscaldamento)	e
Erogazione (acqua calda sanitaria)	er
Regolazione (solo per riscaldamento)	rg
Distribuzione	d
Distribuzione alle utenze	du
Distribuzione di ricircolo	dr
Distribuzione primaria	dp
Accumulo	s
Generazione/generatore	gn
Generico	x

Pedici identificativi dei rendimenti

Rendimento	Pedice
Termico utile	tu
Di combustione	c
Medio stagionale dell'impianto (o dei sottosistemi se con i relativi pedici)	g

Pedici identificativi delle quantità di energia

Energia	Pedice
Fabbisogno di energia termica utile ideale	nd
Fabbisogno di energia termica utile effettivo	hr
Energia primaria	P
Energia utile	u
Perdite di energia termica utile	l
Perdite di energia termica utile non recuperabili	lnr
Perdite di energia termica utile recuperabili	lrbl
Perdite di energia termica utile recuperate	lrh
Energia da combustibile ¹⁾	c
Energia elettrica	el
Energia elettrica (o potenza elettrica) per ausiliari di sistema	aux
Energia uscente da un sottosistema	out
Energia entrante in un sottosistema	in
1) Pari al prodotto tra la portata di combustibile e il potere calorifico inferiore, nel caso di combustibili fossili, o all'energia elettrica utilizzata per la produzione di energia termica utile.	

Fabbisogni di energia termica utile per riscaldamento

Fabbisogno	Simbolo
Fabbisogno energetico utile ideale richiesto da ciascuna zona in regime continuo	Q_h
Fabbisogno energetico utile effettivo richiesto da ciascuna zona in regime continuo (tiene conto delle perdite di emissione e di regolazione)	Q_{hr}

Pedici relativi ai componenti

Fabbisogno	Pedice
Pompa	PO
Ventilatore	vn
Brucciato	br
Ventilo - convettore o unità terminale con ventilatore di attivazione	v

prospetto 11

Pedici per le perdite percentuali

Perdita percentuale	Pedice
Perdite termiche al camino (calore sensibile) a bruciatore funzionante	ch,on
Perdite termiche al camino a bruciatore spento	ch,off
Perdite termiche dell'involucro del generatore	env

prospetto 12

Pedici per le potenze termiche

Potenza termica	Pedice
Potenza termica nominale del focolare del generatore	Pn
Potenza termica utile a carico intermedio del generatore	Pint
Potenza termica utile a carico nullo del generatore	Po
Potenza termica in condizioni di prova del generatore	test
Potenza termica corretta del generatore	cor
Acqua (temperature di caldaia)	w
Relativo all'ambiente della centrale termica (ad es. temperatura)	a

prospetto 13

Altri pedici

Temperature	Pedice
Ambiente	a
Totale	t
Massimo	max
Minimo	min
Di riferimento	ref
Medio	avg
Mandata	f
Ritorno	r
Fumi	fl
Primario	pr
Secondario	sc
Edificio	ed
Quartiere	q

prospetto 14

Fattori adimensionali

Potenza termica	Simbolo
Fattore di carico del focolare	FC
Fattore di carico utile	FCU
Indice di dimensionamento del generatore di calore	F1

Periodo di attivazione degli impianti e intervalli di calcolo

Il periodo di calcolo per il servizio di climatizzazione invernale è determinato, a seconda del tipo di valutazione, dal punto 10 della UNI/TS 11300-1:2014.

Il calcolo deve essere eseguito suddividendo il periodo totale di attivazione in intervalli elementari di durata mensile od, ove richiesto dalla parte 4 della presente specifica tecnica, di frazioni di mese (bin).

Nel caso di sistemi edificio-impianto a destinazione d'uso residenziale e non residenziale si considera attivazione continua degli impianti di climatizzazione.

Ai fini del calcolo dei fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda sanitaria, la durata del periodo di calcolo è data dall'intero anno con calcolo su base mensile. Per quanto riguarda gli impianti di ventilazione fare riferimento alla UNI/TS 11300-1:2014.

Destinazione e suddivisione del sistema fabbricato-impianto

Ai fini della presente specifica tecnica, il calcolo deve essere riferito ad uno o più fabbricati o porzioni di fabbricato per i quali gli scambi energetici con l'ambiente circostante siano esprimibili compiutamente in termini di flussi energetici. I risultati di calcolo devono essere espressi in termini di flussi energetici globali e ripartiti per ciascuna unità immobiliare e per ciascun servizio.

La dettagliata identificazione e suddivisione del sistema fabbricato-impianto è prerequisito fondamentale per una coordinata e corretta utilizzazione della presente specifica tecnica per le finalità del calcolo.

Per quanto attiene le destinazioni d'uso si deve identificare a quale dei seguenti gruppi appartiene il sistema edificio impianto:

- D1) sistema fabbricato-impianto per sola destinazione residenziale;
- D2) sistema fabbricato-impianto per unica tipologia di destinazione non residenziale;
- D3) sistema fabbricato-impianto comprendente porzioni di involucro a destinazioni residenziale e non residenziali;
- D4) sistema fabbricato-impianto comprendenti porzioni a destinazioni non residenziali di diversa tipologia.

Per ciascuna destinazione d'uso si applicano i pertinenti dati e metodi della presente specifica tecnica.

Si deve, inoltre, distinguere tra:

- unità immobiliare di fabbricato unifamiliare, di fabbricato o di porzione di fabbricato collettivo;
- zona termica ossia porzione di un involucro edilizio con caratteristiche che richiedano particolari condizioni di climatizzazione, di regolazione e di tassi di ventilazione (UNI/TS 11300-1).

Ai fini della determinazione dei fabbisogni di energia e degli altri parametri elencati al prospetto 1, le unità immobiliari sono considerate zone nelle quali è suddiviso l'edificio. Le unità immobiliari possono a loro volta essere suddivise in zone termiche, qualora ne sussistano i requisiti. Il calcolo del fabbisogno di energia termica utile di zona deve essere effettuato per ciascuna delle zone (da 1 a n) nelle quali è stato suddiviso il fabbricato o la porzione di fabbricato. Ciascuna zona può comprendere sottosistemi di emissione e di regolazione di diverso tipo e quindi, come indicato nella successiva figura 1, il fabbisogno di energia che deve essere fornito a ciascuna zona deve essere calcolato tenendo conto delle specifiche tipologie di unità terminali e di regolazione della zona.

L'impianto di generazione può alimentare:

- (a) un fabbricato o porzione di fabbricato costituente unità immobiliare;
- (b) un fabbricato o porzione di fabbricato suddiviso in più unità immobiliari;
- (c) due o più fabbricati ciascuno dei quali può costituire unica unità immobiliare od essere suddiviso in più unità immobiliari.

Nel caso (c) l'impianto di generazione alimenta i vari fabbricati mediante un circuito di distribuzione (circuito primario).

5.3

Modalità di suddivisione degli impianti

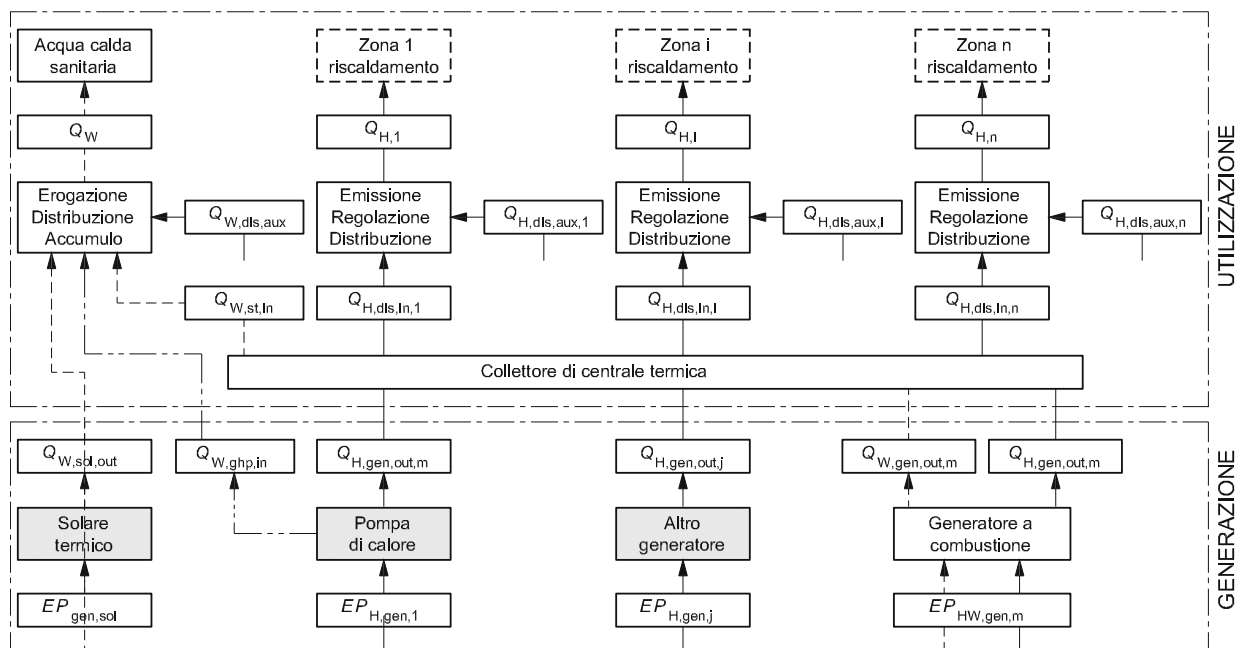
Sul piano generale gli impianti di climatizzazione invernale, di produzione l'acqua calda sanitaria e di ventilazione si considerano suddivisi in due parti principali:

- parte **“utilizzo”**: dal punto di consegna alla rete di distribuzione al punto di emissione dell'energia termica utile negli ambienti climatizzati;
- parte **“generazione”**: dal punto di consegna dell'energia al confine dell'edificio al punto di consegna dell'energia termica utile alla rete di distribuzione dell'edificio.

La generazione può alimentare un solo circuito di zona o più circuiti di zona. In questi casi la ripartizione dei carichi è attuata mediante un distributore del fluido termovettore acqua per gli impianti ad acqua o del fluido termovettore aria negli impianti ad aria.

A titolo esemplificativo si consideri la figura 1 rappresentante un impianto per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria destinato a servire n zone termiche di riscaldamento ed una zona acqua calda sanitaria con energia termica utile proveniente da m sottosistemi di generazione utilizzando vettori energetici diversi (impianto polivalente e plurienergetico). La ripartizione dei carichi tra i circuiti di zona è ottenuta mediante un collettore, mentre la ripartizione dei carichi tra riscaldamento e acqua calda sanitaria è tramite serbatoio di accumulo.

figura 1 Esempio di suddivisione di un impianto per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria



La parte “generazione” comprende tutti i sottosistemi atti alla trasformazione dell'energia contenuta nei diversi vettori energetici in energia termica utile che viene fornita alla parte “utilizzo” al fine di soddisfare i servizi di riscaldamento degli ambienti, produzione di acqua calda sanitaria e ventilazione. Le modalità e la misura con cui ciascun sottosistema di generazione concorre al soddisfacimento dei fabbisogni dell'utilizzazione dipendono dalla configurazione dell'intero sistema di riscaldamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria.

5.3.1

Sottosistemi di utilizzazione

Ai fini della presente specifica tecnica, per la climatizzazione invernale degli ambienti, si considerano i seguenti sottosistemi di utilizzazione:

- emissione;
- regolazione;
- distribuzione (comprendente circuiti primari e secondari);
- accumulo esterno a componenti d'impianto.

Per la produzione di acqua calda sanitaria si considerano i seguenti sottosistemi di utilizzazione:

- erogazione;
- distribuzione (suddivisa in distribuzione finale e rete di ricircolo ove presente);
- accumulo (esterno a componenti d'impianto);
- distribuzione primaria (circuito generatore/accumulo).

Per la ventilazione si considerano i seguenti sottosistemi:

- emissione;
- distribuzione;
- generazione (nel caso di impianto di ventilazione indipendente).

5.3.2

Sottosistemi di generazione

Ai fini della presente specifica tecnica, per riscaldamento, ventilazione e produzione di acqua calda sanitaria, si considerano:

- generatori di energia termica con combustibili fossili non rinnovabili liquidi o gassosi tramite combustione a fiamma (caldaie a gas o gasolio con bruciatore a fiamma);
- generatori di energia termica con energia elettrica tramite effetto Joule (caldaie elettriche o dispositivi di riscaldamento alimentati da energia elettrica installati in ambiente);
- impianti solari termici;
- generatori alimentati da biomasse;
- pompe di calore;
- sistemi cogenerativi;
- teleriscaldamento.

Nel caso di edificio servito da rete di teleriscaldamento la generazione dell'energia termica da vettore energetico primario avviene al di fuori dei confini dell'edificio, perciò si consideri l'energia termica fornita direttamente disponibile per la parte utilizzazione, ovvero in ingresso al sottosistema di distribuzione primario.

L'appendice E della presente specifica tecnica fornisce inoltre indicazioni nel caso di edifici privi di impianti termici per i quali sia richiesto da disposizioni legislative il calcolo di un presunto fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e/o acqua calda sanitaria.

5.4

Precisazioni sulla struttura di calcolo per gli impianti tecnici

La definizione della struttura di calcolo in sistemi complessi richiede una serie di precisazioni di carattere generale qui fornite ad integrazione di quanto specificato nell'appendice A.

Si considerano i tre sistemi: riscaldamento, acqua calda sanitaria e ventilazione.

5.4.1

Riscaldamento

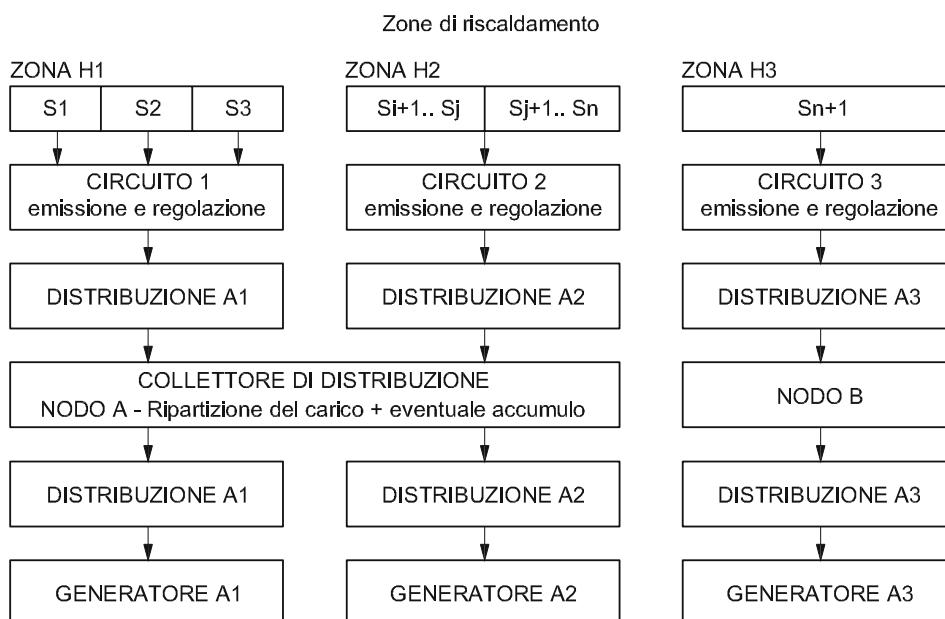
La struttura come risulta dalla figura 2 è:

- a) spazi elementari dell'edificio;
- b) zone di riscaldamento e relativo circuito;
- c) emissione e regolazione;

- d) circuito di distribuzione;
- e) collettore di distribuzione (ripartizione dei carichi ed eventuale accumulo);
- f) collettore generazione/distribuzione;
- g) generazione.

I circuiti di zona alimentano le rispettive zone, ciascuna delle quali può comprendere uno o più spazi dell'edificio. I rendimenti e le perdite di ciascun circuito di zona (emissione, regolazione, distribuzione, accumulo) si calcolano in base a quanto specificato per i singoli sottosistemi. Per le modalità di calcolo analitico dei circuiti di distribuzione in base alle specifiche caratteristiche si veda l'appendice A.

figura 2 **Suddivisione di un sistema di riscaldamento**



5.4.2

Acqua calda sanitaria

Le zone di utilizzo di acqua calda sanitaria sono gruppi di spazi dell'edificio rispondenti alle seguenti caratteristiche:

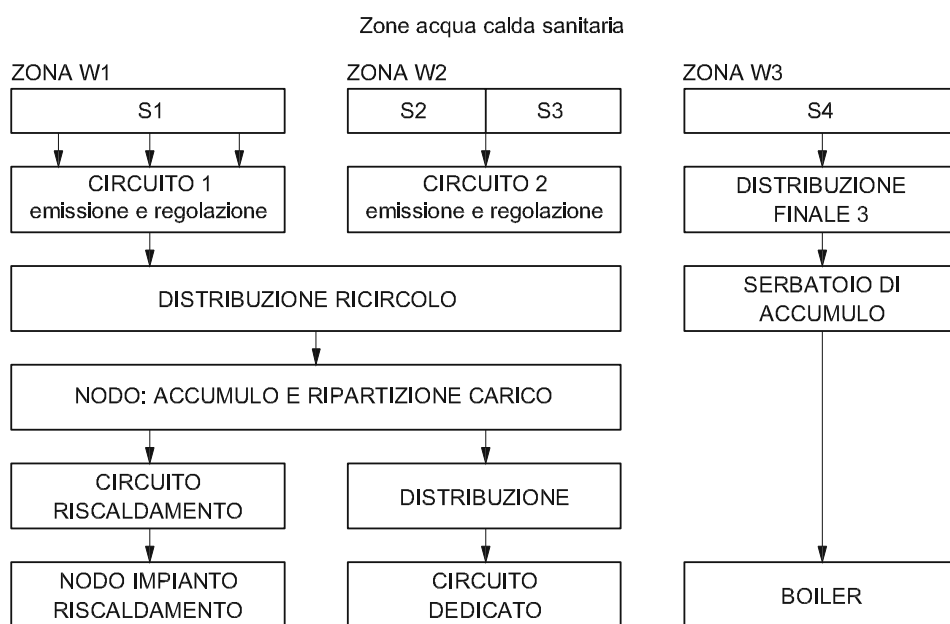
- a) hanno la stessa categoria;
- b) appartengono alla stessa unità immobiliare;
- c) sono collegate allo stesso sistema di acqua calda sanitaria.

L'eventuale anello di ricircolo è collegato a serbatoio di accumulo o a generatore di calore.

Il serbatoio di accumulo può essere collegato direttamente a scaldacqua oppure a circuito di riscaldamento direttamente o tramite scambiatore. Nel serbatoio di accumulo possono essere presenti scambiatori collegati a circuiti per il recupero di calore da altri servizi (recupero da pompe di calore con motore endotermico).

La struttura risultante è:

- a) spazi dell'edificio;
- b) zone di utilizzo;
- c) distribuzione finale;
- d) ricircolo (eventuale);
- e) accumulo (eventuale);
- f) nodo;
- g) generazione.



5.4.3

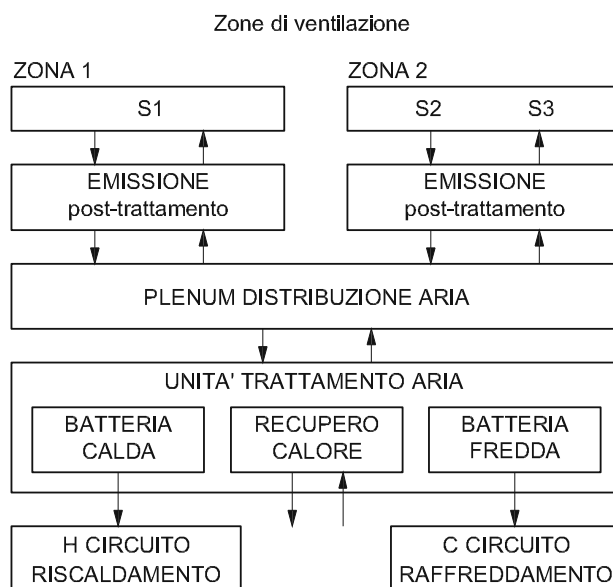
Ventilazione

Gli spazi elementari dell'edificio sono raggruppati in zone, in ciascuna delle quali si ha una regolazione di zona dei parametri di emissione e della portata, come indicato nella figura 4.

Le due (o più) zone di ventilazione sono alimentate da proprio circuito collegato a collettore (plenum) di distribuzione. Ciascuna delle zone può essere dotata di batteria di post-trattamento con circuito locale collegato a generazione centrale o a generazione locale.

La struttura di calcolo risultante è:

- a) spazi elementari dell'edificio;
- b) zona di ventilazione;
- c) emissione, regolazione e post-trattamento locale;
- d) distribuzione;
- e) unità di trattamento aria;
- f) recupero di calore.



5.5 Bilancio termico dei sottosistemi

5.5.1 Generalità

Secondo la metodologia di calcolo della presente specifica tecnica per ciascun sottosistema, conoscendo il fabbisogno di energia termica in uscita, si deve determinare il fabbisogno di energia termica in ingresso. Nel computo dei fabbisogni energetici di ciascun sottosistema si considerano i consumi degli ausiliari elettrici e l'energia termica recuperata da questi ultimi (ossia l'energia elettrica dissipata sotto forma di calore). L'energia termica recuperata dagli ausiliari elettrici di un sottosistema si considera nel bilancio termico del sottosistema stesso, essendo valutata in deduzione al fabbisogno di energia termica che deve essere soddisfatto dal sottosistema a monte di quello considerato.

In termini generali, ai fini di una completa identificazione e di una ripartizione tra i fabbisogni energetici, ciascun sottosistema può essere caratterizzato, oltre che da una sigla che lo identifica, da una sigla che definisce il servizio al quale è dedicato (per esempio sottosistema di distribuzione dedicato al servizio riscaldamento o alla produzione di acqua calda sanitaria).

Tale notazione con due sigle, per esempio X ed Y, risulta utile nei casi in cui si consideri il recupero di perdite termiche da un sottosistema Y dedicato al servizio X in altro sottosistema dedicato al servizio Z (per esempio recupero da sottosistema per servizio acqua calda sanitaria in sottosistema per servizio riscaldamento).

Per ciascun sottosistema Y dedicato al servizio X, si devono determinare:

- il fabbisogno di energia richiesto in ingresso del sottosistema $Q_{X,Y,in}$;
- l'energia ausiliaria totale richiesta $E_{X,Y,aux}$;
- le perdite $Q_{X,Y,l}$;
- le perdite recuperate $Q_{X,Y,lrh}$.

Sulla base di:

- energia utile da fornire in uscita $Q_{out,x}$;
- caratteristiche del sottosistema e condizioni di funzionamento dell'impianto.

Per ciascun sottosistema vale la seguente equazione di bilancio termico:

$$Q_{X,Y,in} = Q_{X,Y,out} + Q_{X,Y,l} - (Q_{X,Y,lrh} + Q_{X,Y,l,rh,Z} + Q_{X,Y,aux,rh}) \text{ [kWh]} \quad (1)$$

La formula 1 è riferita al caso più generale in cui tutte le perdite sono calcolate in modo analitico ed è espressa in termini di perdite totali e perdite recuperate.

Nel caso di utilizzo di valori precalcolati si considerano solo le perdite non recuperate e la (1) diviene quindi:

$$Q_{X,Y,in} = Q_{X,Y,out} + Q_{X,Y,l,nrh} - Q_{X,Y,aux,rh} \quad [\text{kWh}] \quad (2)$$

dove:

$Q_{X,Y,in}$ è l'energia termica in ingresso al sottosistema Y dedicato al servizio X;

$Q_{X,Y,out}$ è l'energia termica in uscita al sottosistema Y dedicato al servizio X;

$Q_{X,Y,l}$ sono le perdite di energia termica nel sottosistema Y dedicato al servizio X;

$Q_{X,Y,l,rh,X}$ sono le perdite di energia termica recuperate nel sottosistema Y e caricate nel sottosistema X;

$Q_{X,Y,l,nrh,X}$ sono le perdite di energia termica non recuperate nel sottosistema Y.

Nota $Q_{X,Y,l,nrh,X} = Q_{X,Y,ls} - Q_{X,Y,aux,rh,X}$

$Q_{X,Y,aux,rh,X}$ è l'energia termica recuperata dall'energia elettrica dissipata sotto forma di calore dagli ausiliari del sottosistema Y;

$Q_{X,Y,l,rh,Z}$ le eventuali perdite recuperate da caricare sul servizio generico Z.

Secondo l'equazione (2) l'energia termica in ingresso al sottosistema X è pari all'energia termica necessaria a soddisfare il fabbisogno in uscita maggiorata delle perdite al netto dei recuperi.

Si presti attenzione al fatto che, per ciascun sottosistema, il bilancio energetico è espresso in energia termica e non in energia primaria. L'opportuna conversione in energia primaria è effettuata solo sui fabbisogni all'ingresso dei confini dell'edificio¹⁾, in funzione dei vettori energetici utilizzati per soddisfarne i fabbisogni.

5.5.2

Perdite termiche

Le perdite termiche totali di ciascun sottosistema si suddividono in:

- non recuperabili: energia termica non recuperabile (ad es. tubazioni correnti all'esterno dell'edificio);
- recuperabili: energia termica che può essere recuperata (ad es. tubazioni correnti all'interno dello spazio riscaldato);
- recuperate: frazione delle perdite di energia termica recuperabile che effettivamente viene recuperata e che quindi può essere detratta dal fabbisogno di energia termica utile.

Nella presente specifica tecnica si tiene conto delle perdite recuperate dai sottosistemi di riscaldamento riducendo le perdite di ciascun sottosistema; tutte le perdite recuperate in un sottosistema devono essere considerate e portate in detrazione nel bilancio termico del sottosistema stesso.

In generale, qualora vengano calcolate delle perdite totali $Q_{X,Y,ls}$, le corrispondenti perdite del sottosistema Y dedicato al servizio X e recuperabili per il servizio Z $Q_{X,Y,ls,rbl,Z}$, sono date da:

$$Q_{X,Y,l,rbl,Z} = Q_{X,Y,l} \times k_{X,Y,l,rbl,Z} \quad [\text{kWh}] \quad (3)$$

dove:

$k_{X,Y,l,rbl,Z}$ è il fattore di recuperabilità delle perdite totali per il servizio Z del sottosistema Y, dedicato al servizio X. Se Z ed X coincidono, Z può essere omesso.

Nella presente specifica tecnica si adotta il metodo semplificato per cui le perdite del sottosistema Y dedicato al servizio X recuperate per il servizio Z, $Q_{X,Y,l,rh,Z}$, sono date da:

$$Q_{X,Y,l,rh,Z} = Q_{X,Y,l,rbl,Z} \times k_{X,Y,l,rh,Z} \quad [\text{kWh}] \quad (4)$$

dove:

$k_{X,Y,l,rh,Z}$ è il fattore di recupero delle perdite recuperabili per il servizio Z del sottosistema Y, dedicato al servizio X. Se Z ed X coincidono, Z può essere omesso.

1) Vedere il punto 5.3 della UNI/TS 11300-4:2012.

Nel caso di metodi analitici, come quello riportato in appendice A, i fattori di recuperabilità e di recupero sono riferiti ai singoli elementi di perdita e non al totale. Le perdite recuperabili totali sono la somma delle perdite recuperabili dei singoli elementi del sottosistema.

5.5.3

Ausiliari elettrici

L'energia ausiliaria, generalmente sotto forma di energia elettrica, è utilizzata per l'azionamento di pompe, valvole, ventilatori e sistemi di regolazione e controllo. I metodi di calcolo dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari per i vari sottosistemi sono indicati nei pertinenti punti della presente specifica tecnica.

Una quota dell'energia ausiliaria può essere recuperata come energia termica utile, apportando una corrispondente riduzione al fabbisogno di energia termica. Per esempio, l'energia meccanica fornita all'asse di un circolatore si trasforma in energia termica nel fluido termovettore, riducendo il fabbisogno della distribuzione.

5.5.4

Rendimenti dei sottosistemi

I rendimenti medi dei sottosistemi possono essere ricavati a partire dall'equazione di bilancio termico di un sottosistema e considerando anche i fabbisogni degli ausiliari.

Per il generico sottosistema Y il rendimento in termini di energia primaria nel periodo di calcolo considerato è pari a:

$$\eta_{Y,P} = \sum_i Q_{Y,out,i} / (\sum_j E_{Y,in,j} \times f_{P,j} + \sum_j E_{Y,aux,j} \times f_{P,el}) \quad [-] \quad (5)$$

dove:

$Q_{Y,out,i}$ rappresenta l'energia sotto forma dell'i-esimo vettore energetico in uscita o prodotta dal sottosistema Y;

$E_{Y,in,j}$ rappresenta l'energia sotto forma del j-esimo vettore energetico in entrata o fornita al sottosistema Y;

$E_{Y,aux,j}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema Y;

$f_{P,j}$ è il fattore di conversione in energia primaria dipendente dal vettore energetico utilizzato.

$f_{P,el}$ è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

La formula (5) è di carattere generale ed esprime il rendimento come il rapporto fra l'energia in uscita o prodotta e l'energia in ingresso o fornita al sottosistema espressa in energia primaria.

Il rendimento di ogni sottosistema può essere calcolato sia su base mensile, considerando i fabbisogni in ingresso e in uscita al sottosistema, unitamente al fabbisogno degli ausiliari, per ciascun mese, sia su base stagionale, ovvero relativo all'intero periodo di attivazione della stagione di riscaldamento, considerando la sommatoria dei fabbisogni mensili nel periodo di attivazione.

Qualora sia richiesto il rendimento medio relativo a più intervalli di calcolo, questo è dato dalle seguenti formule riferite rispettivamente ai due servizi riscaldamento ed acqua calda sanitaria:

$$\eta_H = \sum_i Q_{H,nd,i} / \sum_j E_{p,H} \quad [-] \quad (6)$$

$$\eta_W = \sum_i Q_{W,nd,i} / \sum_j E_{p,W} \quad [-] \quad (7)$$

Le stesse formule possono essere applicate all'energia termica utile ed alle rispettive quote di energia primaria delle singole zone.

5.6

Metodi di calcolo e dati di ingresso in funzione del tipo di valutazione

Per ciascun sottosistema vengono forniti uno o più metodi per il calcolo delle perdite di energia termica e dei rendimenti. Per rispettare il requisito di univocità di metodi, nel prospetto 15 si indica quale metodo o dati di ingresso si devono utilizzare in relazione al tipo di valutazione da effettuare. Nel caso si rinvii a prospetti con dati precalcolati il loro uso è consentito solo qualora si rientri nelle condizioni al contorno specificate per i relativi prospetti.

Metodi e dati di ingresso da adottare per i diversi tipi di valutazioni di calcolo (climatizzazione invernale)

	Sottosistema	Valutazioni di calcolo			
		A1 e A2		A3	
	Utilizzazione UNI/TS 11300-2	Emissione	H ≤ 4 m	H > 4 m	H ≤ 4 m
Valori da prospetto 17			Valori da prospetto 18 ove siano verificate le condizioni al contorno. Negli altri casi: calcolo in base alla stratificazione	Valori da prospetto 17	Valori da prospetto 18 oppure calcolo e misure in campo
Regolazione		Valori secondo il punto 6.3			
Distribuzione		A1	A2	A3	
		Valori determinati secondo il punto 6.4.3 o calcolo secondo appendice A, specificando nella relazione tecnica il metodo utilizzato. I valori precalcolati possono essere utilizzati in tutti i casi quando siano rispettate le condizioni al contorno ivi specificate. In caso diverso si deve effettuare il calcolo secondo l'appendice A.			
Accumulo	Calcolo secondo il punto 6.5				
Generazione UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4	Mediante combustione a fiamma di combustibili fossili	In tutti i tipi di valutazioni calcolo secondo appendice B della UNI/TS 11300-2. Per valutazioni di tipo A1 si deve effettuare il calcolo secondo appendice B. Per valutazioni di tipo A2 è possibile utilizzare i valori precalcolati in assenza di dati per effettuare il calcolo secondo appendice B e solo nelle condizioni specificate nel punto 6.6. Nel caso di valutazioni A3 si raccomanda di effettuare il calcolo secondo appendice B.			
	Mediante altri metodi di generazione	In tutti i tipi di valutazioni calcolo secondo UNI/TS 11300-4			
	Combustione di biomasse	Calcolo secondo UNI/TS 11300-4 con possibilità di utilizzare valori precalcolati in tutti i tipi di valutazioni quando siano rispettate le condizioni al contorno			
	Solare termico	In tutti i tipi di valutazioni calcolo secondo UNI/TS 11300-4			
	Elettrico (effetto Joule e/o radiante)	Secondo il punto 6.6.4.			

Metodi e dati di ingresso da adottare per i diversi tipi di valutazioni di calcolo (produzione di acqua calda sanitaria)

	Sottosistema	Valutazioni di calcolo		
		A1 e A2		A3
Utilizzazione UNI/TS 11300-2	Erogazione	Secondo punto 7.2		Secondo punto 7.2 o sulla base di dati forniti dai fabbricanti per particolari sistemi di erogazione.
	Distribuzione	A1	A2	A3
		Secondo il punto 7.3 distinguendo tra: - Distribuzione alle utenze - Rete di ricircolo - Circuito primario		Secondo appendice A
	Accumulo	Secondo punto 7.3.5		
Generazione UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4	Mediante combustione a fiamma di combustibili fossili o bollitori elettrici	Secondo il punto 7.4		
	Mediante altri metodi di generazione	In tutti i tipi di valutazioni calcolo secondo UNI/TS 11300-4		
	Combustione di biomasse	Calcolo secondo UNI/TS 11300-4 con possibilità di utilizzare valori precalcolati in tutti i tipi di valutazioni		
	Solare termico	In tutti i tipi di valutazioni calcolo secondo UNI/TS 11300-4		

6 FABBISOGNI E PERDITE DI ENERGIA TERMICA DEI SOTTOSISTEMI DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

6.1 Fabbisogno di energia termica

Il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale è articolato in:

- fabbisogno ideale;
- fabbisogno ideale netto;
- fabbisogno effettivo.

6.1.1 Fabbisogno ideale

Il fabbisogno ideale di energia termica utile²⁾ $Q_{H,nd}$ è il dato fondamentale di ingresso per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento. Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato e si calcola secondo la UNI/TS 11300-1 in esercizio continuo o intermittente a seconda della destinazione d'uso.

6.1.2 Fabbisogno ideale netto

Dal fabbisogno ideale di energia termica utile $Q_{H,nd}$ devono dedurre eventuali perdite recuperate $Q_{W,lrh}$ dal servizio acqua calda sanitaria³⁾.

Si ha quindi il fabbisogno ideale netto Q'_{H} :

$$Q'_{H} = Q_{H,nd} - Q_{lrh,W} \quad [\text{kWh}] \quad (8)$$

dove:

$Q_{H,nd}$ è il fabbisogno ideale di energia termica utile

$Q_{W,lrh}$ sono le perdite recuperate dal sistema di acqua calda sanitaria, calcolate con la seguente formula:

$$Q_{lrh,W} = Q_{lrh,W,d} + Q_{lrh,W,s} \quad [\text{kWh}] \quad (9)$$

dove:

$Q_{W,lrh,d}$ sono le perdite recuperate dal sottosistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria calcolate come somma delle perdite recuperate dalla distribuzione finale alle utenze, dalla rete di ricircolo e dal circuito primario;

$Q_{W,lrh,s}$ sono le perdite recuperate dal serbatoio di accumulo esterno nell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria.

Ai fini del calcolo del fabbisogno ideale netto, le perdite recuperate da sistema di produzione di acqua calda sanitaria sono solamente quelle riferite alla durata del periodo di attivazione del riscaldamento. Qualora secondo il calcolo con UNI/TS 11300-1:2014 si abbiano mesi con un numero di giorni di attivazione inferiore rispetto alla durata del mese, le perdite recuperate si attribuiscono proporzionalmente al numero di giorni di attivazione.

6.1.3 Fabbisogno effettivo

Il fabbisogno ideale netto non tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nella zona considerata.

Per calcolare infatti il fabbisogno effettivo dell'edificio Q_{hr} , ossia la quantità di energia termica utile che deve essere effettivamente immessa negli ambienti riscaldati dalla rete di distribuzione, si deve tenere conto di fattori negativi, quali:

- maggiori perdite verso l'esterno dovute ad una distribuzione non uniforme di temperatura dell'aria all'interno degli ambienti riscaldati (stratificazione) e perdite verso l'esterno dei terminali di emissione per conduzione e/o irraggiamento;

2) Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento è comprensivo dell'energia termica utile per ventilazione.

3) Si veda il punto 5.5 in relazione al bilancio termico dei sottosistemi

- maggiori perdite dovute ad una imperfetta regolazione e all'eventuale mancato sfruttamento di apporti gratuiti conteggiati nel calcolo del $Q_{H,nd}$, che si traducono in maggiori temperature ambiente anziché riduzioni dell'emissione di calore e di fattori positivi, quali la trasformazione in calore dell'energia elettrica impiegata nelle unità terminali⁴⁾,

L'espressione generale per il calcolo dell'energia termica utile effettiva $Q_{hr,i}$ che deve essere fornita all'*i-esima* zona termica è:

$$Q_{hr,i} = Q'_{H,i} + Q_{l,e,i} + Q_{l,rg,i} \quad [\text{kWh}] \quad (10)$$

dove:

$Q_{l,e,i}$ sono le perdite del sottosistema di emissione calcolate secondo il punto 6.2;

$Q_{l,rg,i}$ sono le perdite del sottosistema di regolazione calcolate secondo il punto 6.3.

Nota Limitatamente nel caso di valutazioni di tipo A3 (diagnosi energetica) qualora sia installato un sistema di contabilizzazione dell'energia termica utile fornita alle singole unità immobiliari di un edificio si può tenere conto di un fattore di riduzione di Q_{hr} pari a 0,9, con il quale si considera la riduzione di consumo determinata dall'intervento degli utenti.

6.2 Sottosistemi di emissione

6.2.1 Calcolo delle perdite di emissione

Le perdite di emissione dipendono in varia misura da diversi fattori, quali la tipologia e le modalità di installazione dei terminali di emissione, le caratteristiche dimensionali e termo-fisiche dell'ambiente riscaldato, i carichi termici. Le perdite di emissione sono particolarmente influenzate da perdite per scambio diretto di energia tra i terminali e l'esterno, come nel caso di radiatori installati su pareti esterne non adeguatamente isolati e dal gradiente verticale di temperatura dell'aria nell'ambiente. Quest'ultima condizione può essere particolarmente rilevante negli ambienti di notevole altezza e/o mal coibentati.

Le perdite del sottosistema di emissione, per ciascuna zona termica considerata, sono calcolate con la seguente espressione:

$$Q_{l,e} = Q'_{H} \times \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \quad [\text{kWh}] \quad (11)$$

dove:

η_e è il rendimento del sottosistema di emissione, ricavato dal prospetto 17 o dal prospetto 18, eventualmente corretto secondo le indicazioni che seguono;

Q'_{h} è il fabbisogno ideale netto di energia termica utile.

I prospetti seguenti forniscono valori di rendimento di emissione nei due casi: locali di altezza non maggiore di 4 m e grandi ambienti di altezza compresa tra 4 m e 14 m.

4) Nella presente specifica tecnica non si considerano le maggiori perdite per lo sbilanciamento dell'impianto dovuto al non congruo dimensionamento dei terminali di emissione e/o alla distribuzione del fluido termovettore.

prospetto 17 **Rendimenti di emissione in locali con altezza fino a 4 m**

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	<= 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata ¹⁾	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori ²⁾ (valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C)	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda ³⁾	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

a) Il carico termico medio annuo espresso in W/m³ è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI/TS 11300-1, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

¹⁾ Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente.
Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.
In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8$ W/m² K) si riduce il rendimento di 0,04.

²⁾ I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

³⁾ Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:
- bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.
La distribuzione con bocchette di mandata in locali di altezza maggiore di 4m non è raccomandata. In presenza di tale situazione e qualora le griglie di ripresa dell'aria siano posizionate ad un'altezza non maggiore di 2 metri rispetto al livello del pavimento è opportuno un controllo della stratificazione.

prospetto 18 **Rendimenti di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m**

Descrizione	Carico termico (W/m ³)								
	<4			4 - 10			>10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
Radiatori su parete esterna isolata ¹⁾	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,91	0,93	0,91	0,89
Radiatori su parete interna	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,90	0,88	0,86
Ventilconvettori ²⁾ (valori riferiti a temperatura media acqua = 45 °C)	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,92	0,90	0,88
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Aerotermini ad acqua	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95
Riscaldatori ad infrarossi	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94
Pannelli a pavimento annegati ³⁾	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli a pavimento (isolati)	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

¹⁾ Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente.
Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.
In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8$ W/m² K) si riduce il rendimento di 0,04.

²⁾ I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

³⁾ I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite devono essere calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.

Il prospetto 18 fornisce valori indicativi del rendimento di emissione per le tipologie di terminali utilizzati nei locali di altezza maggiore di 4 m. Radiatori e ventilconvettori non sono terminali comunemente utilizzati nei locali di notevole altezza, tuttavia si forniscono, a titolo indicativo, dei valori di rendimenti di emissione.

I valori del prospetto 18 si riferiscono ad installazione a perfetta regola d'arte. Le condizioni di corretta installazione per alcune tipologie di sistema sono fornite dal prospetto 19.

prospetto 19

Condizioni di corretta installazione per terminali di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m

Tipologia di sistema	Condizioni di corretta installazione
Generatori aria calda	<ul style="list-style-type: none"> - salto termico <30 K in condizioni di progetto; - regolazione modulante o alta bassa fiamma, con ventilatore funzionante in continuo; - generatori pensili installati ad un'altezza non maggiore di 4 m; - per impianti canalizzati, bocchette di ripresa dell'aria in posizione non superiore a 1 m rispetto al livello del pavimento; - buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura (in particolare) dello spazio riscaldato.
Strisce radianti	<ul style="list-style-type: none"> - apparecchi rispondenti alla UNI EN 14037-1; - buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura (in particolare) dello spazio riscaldato.
Pannelli radianti	<ul style="list-style-type: none"> - sistemi dimensionati e installati secondo la UNI EN 1264-3 UNI EN 1264-4.

6.2.2

Verifica della stratificazione per i locali di altezza superiore ai 4 m

Nel caso locali di altezza superiore ai 4 metri,

- in presenza di radiatori o ventilconvettori,
- in tutti i casi in cui non sono soddisfatte le condizioni del prospetto 19,
- ed in tutti i casi dubbi,

si deve verificare la presenza di stratificazione. Nel caso si riscontrino differenze nel gradiente verticale di temperatura tra soffitto e pavimento maggiori di 5 °C, si deve ricorrere al calcolo analitico definito nella UNI EN 15316-2-1, con o senza misure in campo, per esempio procedendo come segue:

- dividere lo spazio riscaldato in strisce orizzontali di medesima altezza;
- misurare la temperatura dell'aria ambiente al centro di ogni striscia;
- utilizzare la procedura riportata nella UNI EN ISO 13790 per il calcolo dell'energia dispersa da ogni singola striscia alla temperatura reale rilevata e sommare i contributi delle singole strisce per ottenere la perdita totale Q_{ha} dello spazio riscaldato nelle condizioni reali.

Utilizzando la medesima procedura di cui al punto precedente calcolare l'energia dispersa Q_{ht} per trasmissione dello spazio riscaldato ad una temperatura uniforme di 20 °C.

Il rapporto Q_{ht}/Q_{ha} fornisce il valore del rendimento di emissione per quella particolare condizione.

6.2.3

Correzione del rendimento di emissione per i pannelli radianti

I rendimenti forniti per pannelli a pavimento, a parete o a soffitto, annegati nelle strutture disperdenti (verso ambiente esterno, non climatizzato, climatizzato a temperatura differente e terreno) devono essere corretti come segue:

Per ogni pannello radiante j annegato nelle strutture si calcola il fattore correttivo f_j come segue:

$$f_j = \frac{U_{int}}{U_{int} + U_{est}} \quad [-] \quad (12)$$

dove:

U_{int} è la trasmittanza termica della parte di struttura dal lato interno rispetto all'asse dei tubi;

U_{est} è la trasmittanza termica della parte di struttura dal lato esterno rispetto all'asse dei tubi.

Il fattore correttivo del rendimento di emissione f_{emb} , in presenza di pannelli radianti annegati in strutture disperdenti diverse, si calcola come segue:

$$f_{emb} = \frac{\sum_j f_j \times \Phi_j}{\sum_j \Phi_j} \quad [-] \quad (13)$$

dove:

Φ_j è la potenza nominale del pannello radiante o gruppo di pannelli radianti j annegati nella stessa struttura disperdente.

La correzione del rendimento si effettua moltiplicando il valore di rendimento per il fattore correttivo f_{emb} .

6.3

Sottosistemi di regolazione

Le perdite del sottosistema di regolazione, per ciascuna zona termica considerata, sono calcolate con la seguente espressione:

$$Q_{l,rg} = (Q'_H + Q_{l,e}) \times (1 - \eta_{rg}) / \eta_{rg} \quad [\text{kWh}] \quad (14)$$

dove:

η_{rg} è il rendimento del sottosistema di regolazione.

Il termine $(Q'_H + Q_{l,e})$ rappresenta il fabbisogno di energia termica in entrata al sottosistema di emissione.

Per valutazioni di tipo A1 e A2 si devono utilizzare i valori di rendimento del prospetto 20. Per valutazioni di tipo A3 o altre tipologie di valutazioni possono essere utilizzati valori di rendimento diversi per tener conto delle effettive condizioni di esercizio.

Nei riguardi della regolazione centrale climatica con sonda esterna, si deve considerare che tale tipo di regolazione non è sufficiente per garantire, se applicato da solo, un elevato rendimento di regolazione, non consentendo un adeguato recupero degli apporti gratuiti (solari e interni). Il modello del prospetto è basato su una quota fissa di riferimento di perdita degli apporti gratuiti, che presuppone una regolazione in funzione del locale più sfavorito.

Per valutazioni di tipo A3, tuttavia, è possibile considerare che, mediante frequenti interventi nell'esercizio dell'impianto è possibile migliorare tale rendimento, mediando tra locali più favoriti e locali più sfavoriti, con conseguente innalzamento del rendimento di regolazione.

Rendimenti di regolazione

Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annessi alle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0,6 \eta_u \gamma)^a$		K = 1	K = 0,98	K = 0,94
Solo di zona	On-off	0,93	0,91	0,87
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Solo per singolo ambiente	On off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Zona + climatica	On off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
Per singolo ambiente + climatica	On off	0,97	0,95	0,93
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
<p>a) γ rapporto tra apporti e dispersioni definito nella UNI/TS 11300-1; η_u fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.</p> <p>Nota 1 Nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia), ai soli fini di valutazione dei miglioramenti dell'efficienza energetica, si possono utilizzare i valori della regolazione "solo climatica" con una penalizzazione di 0,05 sul rendimento.</p> <p>Nota 2 Per quanto riguarda le funzioni di regolazione contenute nella UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.1, il tipo di regolazione "solo climatica" (compensazione con sonda esterna), nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia) corrisponde alla funzione 0 "No automatic control", mentre nel caso di presenza della compensazione con sonda esterna corrisponde alla funzione 1 "central automatic control". Le funzioni 2,3,4 contenute nello stesso punto "Individual room control", "Individual room control with communication" e "Individual room control with communication and presence control" fanno riferimento alle tipologie di regolazione di zona e singolo ambiente, così come previsto dalla stessa UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.5.</p> <p>Nota 3 La norma UNI EN 215 sulle valvole termostatiche fornisce indicazioni sulle definizioni di banda proporzionale indicate nel prospetto.</p>				

6.4

Sottosistemi di distribuzione

6.4.1

Generalità

Ai fini della determinazione delle perdite di distribuzione secondo la presente specifica tecnica, è necessario effettuare un'analisi preliminare della rete in base a quanto di seguito descritto.

Sul piano generale, una rete di distribuzione può articolarsi in tutti i seguenti livelli o in uno o due di essi:

- 1) Distribuzione interna di seguito definita “di utenza” alle singole unità immobiliari;
- 2) Distribuzione comune a più unità immobiliari di seguito definita “circuito di distribuzione”;
- 3) Circuito primario, circuito che alimenta più reti di utenza circuiti di distribuzione o fabbricati;
- 4) Circuito di generazione ossia quello nel quale è inserito il sottosistema di generazione.

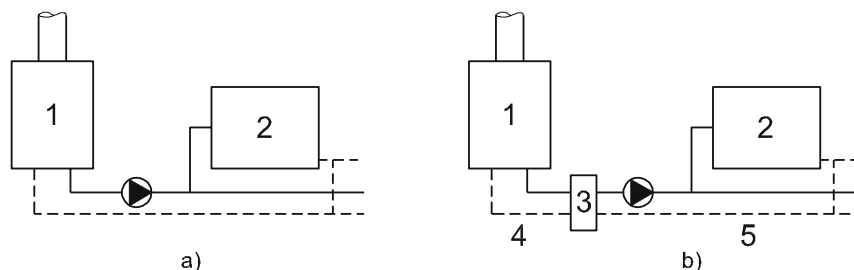
I livelli elencati si riferiscono a reti di distribuzione per solo servizio riscaldamento come illustrati negli schemi delle figure seguenti o a distribuzione per servizio misto riscaldamento e acqua calda sanitaria.

La figura 5a) è relativa a impianto di riscaldamento con distribuzione unica generazione - unità terminali. Nel caso 5b) il circuito generazione è reso indipendente dalla rete utenza mediante interposizione di un compensatore idraulico e si hanno quindi portate e temperature differenti nella rete utenza e nel circuito generazione.

figura 5 **Esempi di rete utenza e circuito di generazione**

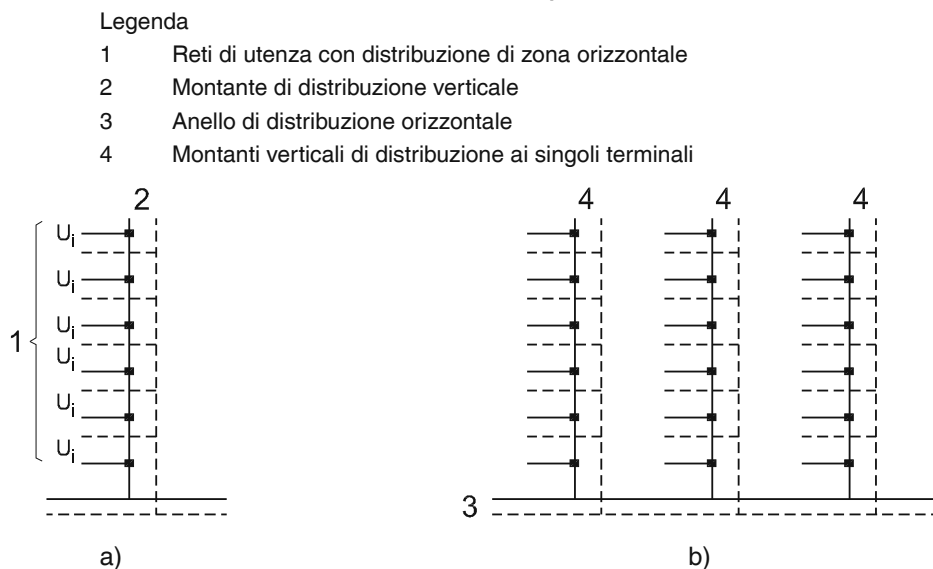
Legenda

- a) Rete unica generazione - utenza
- b) Rete utenza distinta dal circuito di generazione
- 1 Generatore
- 2 Unità terminali
- 3 Compensatore idraulico
- 4 Circuito generatore
- 5 Rete utenza



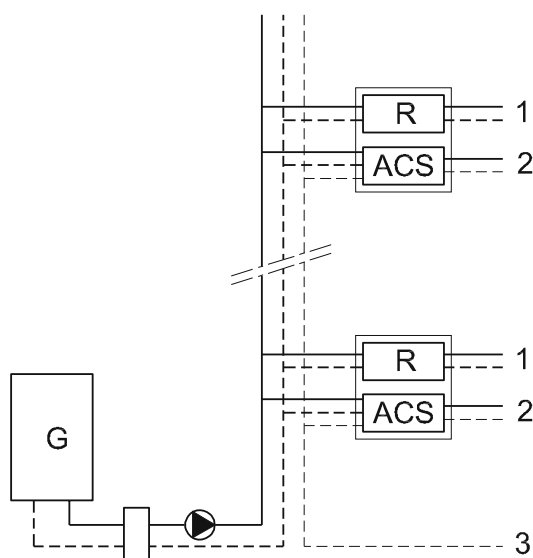
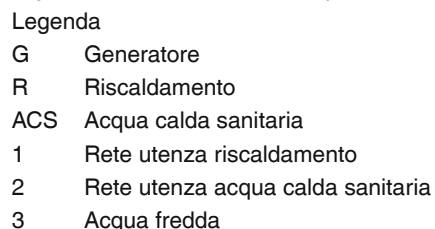
La figura 6 è relativa alla distribuzione a più zone (o unità immobiliari in edifici collettivi). Nella figura 6a) il montante di distribuzione alimenta più reti di utenza orizzontali; è questa la configurazione oggi normalmente adottata. La figura 6b) riguarda principalmente impianti esistenti nei quali l'anello di distribuzione orizzontale nel cantinato serve più montanti, ciascuno dei quali alimenta singoli unità terminali o gruppi di unità terminali senza riguardo alla zona o all'unità immobiliare.

figura 6 **Reti di utenza e circuito di distribuzione in impianto di riscaldamento centralizzato**



Le figura 7 è relativa a un circuito primario che alimenta satelliti di utenza con scambiatori di calore locali. In questo caso le perdite termiche del circuito di distribuzione ai satelliti (circuito di distribuzione primario) si calcolano in modo analitico secondo l'appendice A e si considera attivazione continua nella circolazione primaria ai satelliti per tutti i tipi di valutazione. Nel periodo di attivazione del riscaldamento le perdite si attribuiscono mensilmente in proporzione ai fabbisogni per riscaldamento e per acqua calda sanitaria, tenendo conto delle perdite recuperate e di quelle non recuperabili. Nel periodo di non attivazione del riscaldamento le perdite si attribuiscono al servizio acqua calda sanitaria. Analogamente per i fabbisogni elettrici.

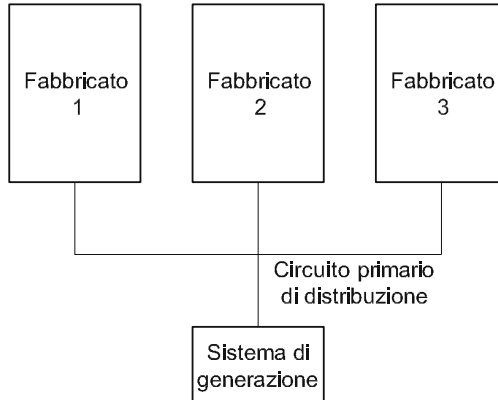
figura 7 **Impianto con satelliti di utenza (riscaldamento/acqua calda sanitaria)**



La figura 8 è relativa ad un edificio nel quale il sistema di generazione alimenta più fabbricati. In questo caso la distribuzione all'interno dei fabbricati è trattata come nel caso di unico fabbricato, ossia con valori precalcolati o con calcolo analitico a seconda delle condizioni al contorno, mentre il circuito primario di distribuzione deve essere calcolato in modo analitico secondo l'appendice A.

figura 8

Sistema di generazione che alimenta più fabbricati



Vedere l'appendice A per i casi particolari di collegamento tra circuito distribuzione e circuito generazione (interposizione di compensatore idraulico o di scambiatore di calore).

6.4.2 Energia termica utile all'ingresso delle reti di distribuzione

I fabbisogni di energia all'ingresso delle singole parti di una rete di distribuzione possono essere calcolati secondo quanto contenuto nella presente specifica tecnica. Ai fini di agevolare l'utilizzo di quanto già descritto si forniscono le formule per il calcolo del fabbisogno delle singole reti e del fabbisogno totale che deve essere fornito dalla generazione.

6.4.2.1 Reti di distribuzione di utenza

Per ciascuna zona *i*, il fabbisogno di energia termica richiesto in uscita dalla rete di distribuzione di utenza $Q_{H,du,out,i}$ è dato da:

$$Q_{H,du,out,i} = Q_{hr,i} \quad [kWh] \tag{15}$$

dove:

$Q_{hr,i}$ è il fabbisogno effettivo richiesto da ciascuna zona calcolato secondo il punto 6.1.3.

Il fabbisogno di energia termica richiesto in ingresso a ciascuna rete di distribuzione interna $Q_{H,du,in,i}$ è dato da:

$$Q_{H,du,in,i} = Q_{H,du,out,i} + Q_{H,du,ls,nrh,i} - Q_{H,du,aux,rh,i} \quad [kWh] \tag{16}$$

dove:

$Q_{H,du,ls,nrh,i}$ sono le perdite non recuperabili della rete di distribuzione di utenza *i* [kWh];

$Q_{H,du,aux,rh,i}$ è l'energia elettrica ausiliaria recuperata della rete di distribuzione di utenza *i* [kWh].

6.4.2.2 Circuiti di distribuzione comuni

In presenza reti di distribuzione comune, il fabbisogno di energia termica richiesto in uscita dalla distribuzione *j* comune a più unità immobiliari $Q_{H,dc,out,j}$ è dato da:

in presenza di reti di distribuzione di utenza:

$$Q_{H,dc,out,j} - \sum Q_{H,du,in,i} \quad [kWh] \tag{17}$$

in assenza di reti di distribuzione di utenza:

$$Q_{H,dc,out,j} - \sum Q_{hr,i} \quad [kWh] \tag{18}$$

dove la somma è estesa a tutte le zone *i* servite dalla distribuzione comune *j*.

Il fabbisogno di energia termica richiesto in ingresso a ciascuna rete di distribuzione comune j $Q_{H,dc,in,j}$ è data da:

$$Q_{H,dc,in,j} = Q_{H,dc,out,j} + Q_{H,dc,ls,nrh,j} - Q_{H,dc,aux,rh,j} \quad [\text{kWh}] \quad (19)$$

dove:

$Q_{H,dc,ls,nrh,j}$ sono le perdite non recuperabili della rete di distribuzione comune j [kWh];

$Q_{H,dc,aux,rh,j}$ è l'energia elettrica ausiliaria recuperata della rete di distribuzione comune j [kWh].

6.4.2.3

Circuito di distribuzione primaria

In presenza di reti di distribuzione primaria, il fabbisogno di energia termica richiesto in uscita dalla distribuzione primaria k $Q_{H,dp,out,k}$ è dato da:

$$Q_{H,dp,out,k} = \sum Q_{H,dc,in,j} \quad [\text{kWh}] \quad (20)$$

dove la somma è estesa a tutte le distribuzioni comuni j e/o distribuzioni di utenza i servite dalla distribuzione primaria k . Nel caso di circuito che alimenta riscaldamento e acqua calda sanitaria si deve tenere conto nella formula anche del fabbisogno all'ingresso della rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria alimentata.

Il fabbisogno di energia termica richiesto in ingresso a ciascuna rete di distribuzione primaria k $Q_{H,dp,in,k}$ è data da:

$$Q_{H,dp,in,k} = Q_{H,dp,out,k} + Q_{H,dp,ls,nrh,k} - Q_{H,dp,aux,rh,k} \quad [\text{kWh}] \quad (21)$$

dove:

$Q_{H,dp,ls,nrh,k}$ sono le perdite non recuperabili della rete di distribuzione comune k [kWh];

$Q_{H,dp,aux,rh,k}$ è l'energia elettrica ausiliaria recuperata della rete di distribuzione comune k [kWh].

6.4.2.4

Circuito di generazione

Nel caso di alimentazione per riscaldamento /acqua calda sanitaria si deve considerare nella formula (20) la somma dei fabbisogni per acqua calda sanitaria.

6.4.2.5

Fabbisogno complessivo di energia termica utile

Il fabbisogno di energia termica utile richiesto ai generatori è dato dalla somma dei fabbisogni di energia termica utile delle reti di distribuzione finali, comuni e primarie direttamente collegate al sistema di generazione.

6.4.3

Calcolo delle perdite delle reti di distribuzione

Il prospetto 15 specifica quale metodo utilizzare per la determinazione delle perdite di distribuzione. In merito all'utilizzo dei prospetti con i rendimenti di distribuzione precalcolati si deve tenere presente quanto segue:

- I valori in essi contenuti si riferiscono solo alle tipologie di reti di distribuzione indicate in ciascun prospetto e possono essere utilizzati solo per reti delle tipologie indicate, tenuto conto delle condizioni di applicabilità specificate;
- Le tipologie previste nei prospetti sono riferite a edifici o porzione di edifici con prevalente destinazione residenziale;
- I valori indicati nei prospetti considerano già i recuperi termici da dispersioni delle reti e di energia termica da energia elettrica ausiliaria;

I fabbisogni di energia elettrica ausiliaria, da convertire in energia primaria, devono essere calcolati a parte.

Nei seguenti prospetti (da prospetto 21 a prospetto 23) sono considerati i seguenti livelli di isolamento:

- A) Isolamento con spessori conformi alle prescrizioni del DPR 412/93;
- B) Isolamento discreto, di spessore non necessariamente conforme alle prescrizioni del DPR 412/93, ma eseguito con cura e protetto da uno strato di gesso, plastica o alluminio;

- C) Isolamento medio, con materiali vari (mussola di cotone, coppelle) non fissati stabilmente da uno strato protettivo;
- D) Isolamento insufficiente, gravemente deteriorato o inesistente;
- E) Isolamento scadente o inesistente in impianti realizzati precedentemente all'entrata in vigore del DPR 412/93 (per esempio tubo preisolato con spessore ridotto o tubo nudo inserito in tubo corrugato).

Nel caso si utilizzino i valori di rendimento precalcolati dei prospetti, le perdite di distribuzione non recuperate al netto dei recuperi di energia ausiliaria, trascurando il recupero termico dagli ausiliari elettrici, si calcolano come segue:

$$Q_{H,dx,nrh} - Q_{H,dx,aux,rh} = Q_{H,dx,out} \times \frac{1 - \eta_{H,dx}}{\eta_{H,dx}} \quad [kWh] \quad (22)$$

dove:

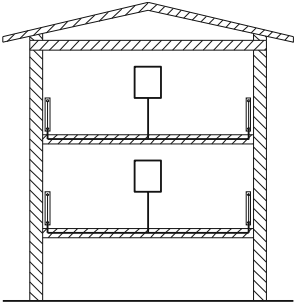
$\eta_{H,dx}$ è il rendimento di distribuzione ricavato dai prospetti e corretto per tener conto della temperatura effettiva della rete;

$Q_{H,dx,out}$ è il fabbisogno di energia termica utile all'uscita del segmento di distribuzione;

dx il pedice dx indica una qualsiasi tipologia di rete di distribuzione (du, dc, dp).

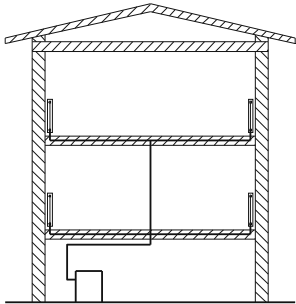
prospetto 21

Impianti di riscaldamento autonomi

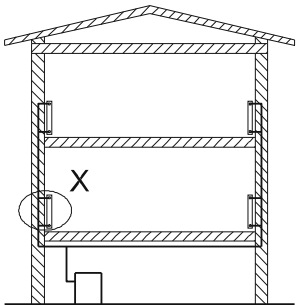
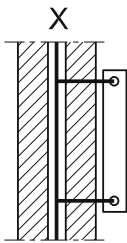
		
1. Impianti autonomi con generatore unifamiliare in edificio condominiale		
I valori sono applicabili solo qualora le tubazioni corrono interamente all'interno della zona riscaldata, come nel caso di generatore interno all'appartamento	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
Impianto autonomo a piano intermedio	0,99	0,99
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93
Nota È escluso il caso su esterno o su pilotis; in tali casi si ricorra a metodi analitici.		

2. Impianti autonomi in edificio singolo (1 piano)	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
2.1 Tubazioni correnti nel cantinato in vista	0,964	0,95	0,92	0,873
2.2 Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione monotubo	0,975	0,965	0,955	0,935
2.3 Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione a collettori	0,97	0,96	0,94	0,92

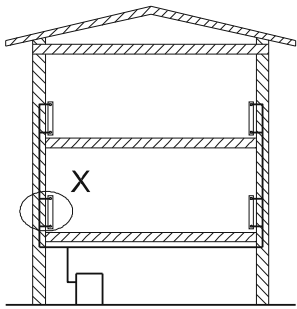
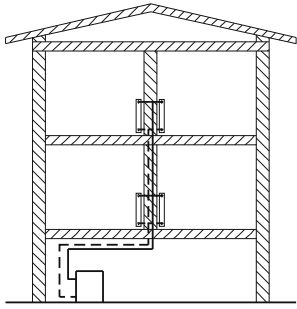
prospetto 22 **Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)**

	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
<p>1. Impianti unifamiliari a zone in edificio condominiale I valori sono riferiti alla porzione di impianto completamente interna all'appartamento. Le dispersioni del montante che alimenta le zone devono essere calcolate analiticamente secondo appendice A, tenendo conto della temperatura media stagionale e caricate sulle singole zone in proporzione al fabbisogno di ciascuna di esse.</p>		
1.1. impianto a zone al piano intermedio	0,99	0,99
1.2. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
1.3. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93

prospetto 23 **Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)**

		Isolamento distribuzione orizzontale			
<p>4.1. Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati correnti nell'intercapedine dei muri esterni</p> 					
	Altezza edificio	A	B	C	D
	1 piano	0,964	0,950	0,920	0,873
	2 piani	0,933	0,924	0,901	0,866
	3 piani	0,929	0,923	0,906	0,879
	4 piani e più	0,928	0,923	0,910	0,890

Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato) (Continua)

 <p>4.2 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati, correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne</p>	Isolamento distribuzione orizzontale				
	Altezza edificio	A	B	C	D
	1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875
	2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871
	3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887
	4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900
 <p>4.3 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne NOTA Applicabile anche nel caso di isolamento a cappotto.</p>	Isolamento distribuzione orizzontale				
	Altezza edificio	A	B	C	D
	1 piano	0,970	0,958	0,932	0,889
	2 piani	0,985	0,979	0,966	0,944
	3 piani	0,990	0,986	0,977	0,963
	4 piani e più	0,990	0,990	0,983	0,972

I valori riportati nei prospetti si riferiscono alla distribuzione con temperatura variabile, con temperature di mandata e ritorno di progetto di (80/60) °C. Per temperature di progetto differenti il rendimento di distribuzione si calcola come:

$$\eta_{H,dx} = 1 - (1 - \eta_d) \times C \quad [\text{kWh}] \quad (23)$$

dove:

η_d è il rendimento di distribuzione non corretto ricavato dai prospetti precedenti;

C è il fattore di correzione ricavato dal prospetto 24.

prospetto 24

Fattori di correzione del rendimento di distribuzione

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	Δt di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
70-55	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
	35	33,0	0,82	
55-45	30	31,4	0,77	Impianti a ventilconvettori
	25	29,8	0,69	
35-30	20	27,9	0,62	Impianti a pannelli radianti
	15	26,1	0,55	
	12,5	25,1	0,51	
		10	24,2	

Per valori di temperature non indicate nei prospetti si procede con interpolazione lineare. I coefficienti di correzione del prospetto 24 si basano sull'ipotesi che i tubi corrano in ambiente con temperatura media stagionale di 12,5 °C (e che quindi il Δt fra tubo e ambiente sia ottenuto sottraendo 12,5 °C al valore della temperatura media stagionale). Nel caso in cui le condizioni siano molto distanti da quelle ipotizzate, è necessario adeguare opportunamente il coefficiente di correzione.

6.5

Sottosistema di accumulo

In presenza di un serbatoio di accumulo esterno al generatore, il calcolo delle perdite di energia termica del sottosistema è effettuato come specificato nel punto 7.3.5. Nel caso invece di generatore di calore con accumulo incorporato (accumulo interno), le perdite di energia termica relative al serbatoio sono considerate nel computo delle perdite del sottosistema di generazione.

6.6

Sottosistema di generazione

6.6.1

Generalità sui sottosistemi di generazione

Il sottosistema di generazione può essere destinato a fornire calore a sistemi di riscaldamento idronici e/o aeraulici, sistemi di produzione di acqua calda sanitaria e impianti di ventilazione (per il preriscaldamento dell'aria).

Le perdite di generazione dipendono non solo dalle caratteristiche del generatore di calore, ma sono fortemente influenzate anche dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto e, in particolare, dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio, dalle modalità di installazione e dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle condizioni di esercizio (medie mensili).

Il rendimento medio stagionale di produzione differisce quindi dai rendimenti a pieno carico ed a carico parziale ottenuti con prove di laboratorio secondo le norme di riferimento.

La presente specifica tecnica prevede la determinazione del rendimento di generazione:

- 1) mediante prospetti contenenti valori precalcolati per le tipologie più comuni di generatori di calore in base al dimensionamento e alle condizioni d'installazione;
- 2) mediante metodi di calcolo.

I valori precalcolati dei prospetti di cui al punto 1) evidenziano le forti variazioni di rendimento determinate dal dimensionamento del generatore e dalle condizioni d'installazione e di esercizio indicate nei prospetti. La valutazione del rendimento di generazione in condizioni diverse da quelle indicate nei prospetti richiede il ricorso al calcolo, secondo l'appendice B.

Nell'appendice B sono riportati i due metodi utilizzabili per il calcolo delle perdite di generazione:

- Metodo di calcolo basato sui rendimenti dichiarati ai sensi della Direttiva 92/42/CEE, con opportune correzioni in relazione alle condizioni di funzionamento;
- Metodo di calcolo analitico.

In caso di valutazioni sul progetto (A1) si deve effettuare il calcolo secondo appendice B. Per valutazioni di tipo A2 si possono utilizzare i valori dei prospetti solo quando la tipologia del generatore e le condizioni al contorno corrispondano a quelle dei prospetti. In caso diverso si deve ricorrere al calcolo secondo appendice B.

Per valutazioni in condizioni effettive di utilizzo (A3) si deve effettuare in ogni caso il calcolo.

In ogni caso nella relazione tecnica si deve specificare con quale metodo è stato effettuato il calcolo.

I valori di cui al punto 6.6.2 sono calcolati con il metodo analitico, assumendo valori medi dei parametri d'ingresso, per quanto attiene, sia la potenza termica nominale e le caratteristiche dei generatori, sia le condizioni d'installazione. Tali valori possono risultare cautelativi.

Nella relazione di calcolo deve essere indicato il metodo utilizzato.

Qualora vengano utilizzati i valori determinati secondo il punto 6.6.2, le perdite di generazione si calcolano con la formula seguente:

$$Q_{l,gn} = (Q_{hr} + Q_{l,d}) \times \frac{1 - \eta_{gn}}{\eta_{gn}} \quad [\text{kWh}] \quad (24)$$

dove:

η_{gn} è il rendimento di generazione ricavato secondo il punto 6.6.2.

6.6.2

Rendimenti di generazione precalcolati per generatori ad acqua calda

La lettura dei prospetti seguenti deve essere fatta tenendo conto dei fattori di correzione elencati nella legenda. Come già precisato, qualora non si identifichi la tipologia del generatore tra quelle dei prospetti o quando le condizioni al contorno non siano comprese tra quelle indicate, si deve ricorrere al calcolo.

Legenda dei fattori di correzione:

- F1 rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta. Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata. La potenza di progetto richiesta è quella calcolata secondo la UNI EN 12831. Per valori di rapporto tra potenza del generatore installato e potenza richiesta compresi tra i valori indicati nei prospetti si procede per interpolazione lineare. Per valori di rapporto superiori al massimo indicato si prenda il corrispondente valore di quest'ultimo;
- F2 installazione all'esterno;
- F3 camino di altezza maggiore di 10 m;
- F4 temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto;
- F5 generatore monostadio;

F6 camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto (non applicabile ai premiscelati);

F7 temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo.

prospetto 25

Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)

Valore di base	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2

Nota:
 per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84.
 per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.
 valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.

prospetto 26

Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1

Nota:
 valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.

prospetto 27

Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)

Valore di base	F1			F2	F4	F5	F6
	1	1,25	1,5				
90	0	-1	-2	-1	-1	-1	-2

Nota:
 per generatori antecedenti al 1996 valore di base 86.
 per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.
 valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.

prospetto 28

Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)

$\Delta T_{\text{fumi - acqua ritorno}}$ a P_n	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
Da 12 a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota:
 valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12 – da 12 a 24 °C – oltre 24 °C a potenza nominale.
 Nel caso di installazione di caldaie a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2 è pari a -3.

6.6.3

Rendimenti di generazione precalcolati per generatori di aria calda a fuoco diretto

I rendimenti si calcolano secondo la UNI EN 15316-4-8. In assenza di dati certi per effettuare tale calcolo, nel caso di valutazioni di tipo A2, si possono usare i dati del prospetto 29.

Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off - Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off

Tipo di generatore	Valore di base %	F2
Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off. Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off.	90	-3
Generatori aria calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante. Generatori aria calda a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione installato in versione di tipo B o C, bistadio o modulazione aria gas.	93	-2
Generatori aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria gas.	100	-1
Nota: Il valore base di rendimento non cambia in funzione del valore F1 perché con generatore fermo il bruciatore è spento e lo scambiatore del generatore è a temperatura ambiente.		

6.6.4

Perdite di generazione per generatori di acqua calda alimentati da energia elettrica (caldaie elettriche)

Per generatori di acqua calda tramite effetto Joule, le perdite del sottosistema di generazione si calcolano tenendo conto del fattore di perdita dichiarato dal fabbricante del generatore.

$$Q_{H,g_{el},ls} = \Phi_{g_{el},n} \times P'_{g_{el},env} \times \frac{\theta_{g_{el},av} - \theta_{g_{el},int}}{\Delta\theta_{gl,el,test}} \times t_{ci} \times (1 - k_{g_{el},rh}) \quad [kWh] \quad (25)$$

dove:

$\Phi_{g_{el},n}$ è la potenza nominale delle resistenze elettriche del generatore [kW];

$P'_{g_{el},env}$ è il fattore di perdita dichiarato dal fabbricante, riferito alla potenza nominale delle resistenze elettriche in condizioni di prova (in assenza di dati dichiarati il fattore di perdita si calcola con la formula 26) [%];

$\theta_{g_{el},av}$ è la temperatura media effettiva del generatore elettrico [°C];

$\Delta\theta_{gl,el,test}$ è la differenza fra la temperatura nel generatore e l'ambiente di installazione in condizioni di prova (in assenza di dati dichiarati si assume una differenza tra temperatura media dell'acqua nel generatore e temperatura del locale di installazione pari a 50 K) [K];

$\theta_{g_{el},int}$ è la temperatura del locale di installazione del generatore elettrico [°C];

t_{ci} è la durata dell'intervallo di calcolo [h];

$k_{g_{el},rh}$ è il fattore di recupero legato al tipo di locale di installazione (da applicare solo nel periodo invernale) [-].

Qualora il fattore di perdita non sia disponibile, esso si calcola con la formula seguente:

$$P'_{g_{el},env} = 1,5 - 0,44 \times \lg(\Phi_{g_{el},ngn}) \quad [%] \quad (26)$$

7

FABBISOGNI E PERDITE DEI SOTTOSISTEMI DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

7.1

Fabbisogni di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria

7.1.1

Energia termica richiesta

I fabbisogni di energia termica utile per acqua calda sanitaria si calcolano in base alle portate di acqua per le varie destinazioni d'uso e alla differenza tra temperatura di erogazione e temperatura di immissione di acqua fredda sulla base dei dati di riferimento definiti nella presente specifica tecnica.

L'energia termica richiesta Q_w per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria di un edificio in funzione del volume di acqua richiesto e della differenza fra le temperature di erogazione e dell'acqua fredda in ingresso è data da:

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum_i [V_{w,i} \times (\theta_{er,i} - \theta_0)] \times G \quad \text{[kWh]} \quad (27)$$

dove:

ρ_w è la massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m³];

c_w è il calore specifico dell'acqua, pari a $1,162 \times 10^{-3}$ [kWh/(kg × K)];

$V_{w,i}$ è il volume di acqua giornaliero per l'i-esima attività o servizio richiesto espresso in metri cubi al giorno;

$\theta_{er,i}$ è la temperatura di erogazione dell'acqua per l'i-esima attività o servizio richiesto [°C];

θ_0 è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso [°C];

G è il numero di giorni del periodo di calcolo considerato [d].

Nel caso di edifici a destinazione residenziale si considera il volume di acqua giornaliero richiesto di acqua calda sanitaria per il solo servizio domestico calcolato secondo il punto 7.1.2. Nel caso di edifici non residenziali i fabbisogni di acqua calda e le relative temperature di utilizzo possono essere relativi a più attività. Per esempio per un albergo (3 stelle) che fornisce anche i servizi di centro benessere, ristorazione e lavanderia, l'energia termica richiesta per soddisfare il fabbisogno di acqua calda è data dalla somma dei fabbisogni delle attività svolte nell'edificio. Nel caso di edificio in cui si svolgano più attività i fabbisogni di energia per uso sanitario devono essere indicati separatamente dai singoli fabbisogni per altre attività.

Per valutazioni di tipo A1 e A2 si considerino i seguenti valori di riferimento:

V_w come specificato nei punti 7.1.2 o 7.1.3 della presente specifica tecnica a seconda della destinazione d'uso dell'edificio, prestando attenzione alla conversione da litri/giorno a m³/giorno;

θ_{er} pari a 40 °C;

θ_0 pari alla media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna della località considerata, ricavate dalla UNI 10349.

Per valutazioni di tipo A3 o di esercizio è possibile utilizzare per il calcolo valori diversi da quelli di riferimento riportati, quando disponibili, purché opportunamente giustificati da rilevazioni di centraline o da misure. L'origine di dati deve essere precisata nella relazione di calcolo.

La determinazione dei fabbisogni di energia termica per acqua calda sanitaria in base alle portate e temperature specificate non tiene conto dei fabbisogni richiesti per rispettare i seguenti requisiti del servizio acqua calda sanitaria:

- 1) Prevenzione e controllo della legionella⁵⁾.
- 2) Ricambio d'acqua periodico nelle piscine pubbliche.

Per quanto riguarda il primo punto, si rinvia al CEN/TR 16355 e ai provvedimenti legislativi nazionali. Si prevedono i seguenti trattamenti termici:

- disinfezione continua con temperatura dell'acqua in circolazione (compreso ricircolo) maggiore di 50°.
- disinfezione periodica con trattamenti da attuarsi nei periodi di minor uso dell'impianto con programmi specifici di temperatura e durata (temperatura tra 70 °C e 60 °C e durata tra 15 min e 30 min) prevedendo condizioni di sicurezza nell'impiego per evitare scottature.

Nella relazione tecnica deve essere indicato, se previsto, il tipo di trattamento adottato ed una indicazione del fabbisogno termico annuo per disinfezione termica.

5) Alla data di pubblicazione della presente specifica tecnica sono disponibili i seguenti provvedimenti nazionali:

"Linee guida per la prevenzione e il controllo della legionella predisposte dal Ministero della Sanità ed adottate dalla conferenza Stato Regioni il 4/04/2000" pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 103 del 5 maggio 2000;

"Linee guida recanti indicazioni per i gestori di strutture turistico ricettive e termali". Provvedimento del 13 gennaio 2005 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 51 del 3 gennaio 2005;

"Linee guida recanti indicazioni ai laboratori con attività di diagnosi e controllo ambientale della legionellosi". Provvedimento del 13 gennaio 2005 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 51 del 3 marzo 2005.

7.1.2

Volume di acqua richiesto per edifici residenziali

Per gli edifici residenziali il volume di acqua richiesto V_w , espresso in litri/giorno, è calcolato come:

$$V_w = a \times S_u + b \quad [\text{l/giorno}] \quad (28)$$

dove:

a è un parametro in litri/(m² giorno) ricavabile dal prospetto 30;

b è un parametro in litri/(giorno) ricavabile dal prospetto 30;

S_u è la superficie utile dell'abitazione espressa in metri quadri.

prospetto 30

Valori dei parametri a e b

Superficie utile S_u [m ²]	$S_u \leq 35$	$35 < S_u \leq 50$	$50 < S_u \leq 200$	$S_u > 200$
Parametro a [litri/(m ² × giorno)]	0	2,667	1,067	0
Parametro b [litri/giorno]	50	-43,33	36,67	250

7.1.3

Volume di acqua richiesto per altre tipologie di edifici

Per gli edifici non residenziali il volume di acqua richiesto V_w , espresso in litri/giorno, è calcolato come:

$$V_w = a \times N_u \quad [\text{l/giorno}] \quad (29)$$

dove:

a è il fabbisogno specifico giornaliero in litri/(giorno × N_u) ricavabile dal prospetto 31;

N_u è un parametro variabile in funzione del tipo di edificio ricavabile dal prospetto 31.

prospetto 31

Valori dei parametri a ed N_u per gli edifici non residenziali

Tipo di Attività	a	N_u	Categoria DPR 412/93
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel fino a tre stelle	60	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero di letti	E.1 (3)
Attività ospedaliera con pernottamento	80	Numero di letti	E.3
Attività ospedaliera day hospital (senza pernottamento)	15	Numero di letti	E.3
Scuole e istruzione	0,2	Numero di allievi	E.7
Scuole materne e asili nido	8	Numero di bambini	E.7
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata	E.6 (2)
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata	E.6 (3)
Uffici	0,2	Sup.netta climatizzata	E.2
Esercizio Commerciale senza obbligo di servizi igienici per il pubblico	0	-	E.5
Esercizio Commerciale con obbligo di servizi igienici per il pubblico	0,2	Sup.netta climatizzata	E.5
Ristoranti – Caffetterie	65	Numero di coperti ¹⁾	E.4 (3)
Catering, self service, Bar	25	Numero di coperti ¹⁾	E.4 (3)
Servizio lavanderia	50	Numero di letti	n.d.
Centri benessere	200	Numero di ospiti	n.d.
Altro	0	-	n.d.

1) Per le valutazioni di calcolo sia di progetto (A1) sia Standard (A2) il numero di coperti viene determinato come 1,5 volte l'occupazione convenzionale. Per le valutazioni nelle condizioni di effettivo utilizzo (A3) il numero di coperti corrisponde agli effettivi coperti per cui è stata dimensionata la cucina.

7.1.4

Temperature dell'acqua calda sanitaria

Per valutazioni di tipo A1 e A2 si devono considerare i seguenti valori di riferimento.

prospetto 32

Temperature dell'acqua nella rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Temperatura di riferimento all'erogazione	40 °C
Rete di distribuzione alle utenze	48 °C
Rete di ricircolo	48 °C
Rete distribuzione finale	48 °C
Nota Le temperature indicate nel presente prospetto devono intendersi come temperature medie dell'acqua per il calcolo dei fabbisogni termici, non tenendo conto dei fabbisogni per disinfezione citati al punto 7.1.1.	

Per valutazioni di tipo A3 è possibile utilizzare valori diversi da quelli di riferimento riportati purché opportunamente giustificati.

Per quanto riguarda i serbatoi di accumulo e i circuiti di collegamento tra generatore e serbatoio (circuito primario), in mancanza di dati di progetto nel caso di generatori a fiamma alimentati con combustibili fossili, si assumono i seguenti valori di default.

prospetto 33

Temperatura dell'acqua nella rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Serbatoio di accumulo	60 °C
Circuito primario serbatoio/generatore (temp. media)	70 °C

Nel caso di altri sistemi di generazione o di vettori energetici diversi dai combustibili fossili per tutte le tipologie di valutazione si devono assumere i valori di progetto.

7.2

Sottosistema di erogazione

Ai fini della presente specifica tecnica si considerano:

- perdite di massa dovute ad erogazione di acqua mediante il dispositivo di erogazione (miscelatore o altro dispositivo) fino a raggiungere la temperatura desiderata;
- perdite termiche nelle tubazioni di distribuzione alle utenze.

Le prime si considerano non recuperabili, mentre le seconde sono tutte o in parte recuperabili.

Ai fini della presente specifica tecnica non si considerano perdite di massa e le perdite termiche dell'erogazione, che si considerano comprese nel calcolo della perdite della distribuzione alle utenze.

Si considera, quindi, un rendimento di erogazione pari a 1 per valutazioni di tipo A1 e A2, mentre per valutazioni di tipo A3 è possibile assumere un rendimento di erogazione diverso per tener conto di dispositivi di regolazione del flusso.

Le perdite si calcolano con la seguente formula:

$$Q_{l,W,er} = Q_W \times \frac{1 - \eta_{W,er}}{\eta_{W,er}} \quad [\text{kWh}] \quad (30)$$

dove:

Q_W è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria calcolato secondo il punto 7.1;

$\eta_{W,er}$ è il rendimento di erogazione dell'acqua.

7.3

Sottosistemi di distribuzione

7.3.1

Suddivisione del sottosistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Nel caso più generale la distribuzione di acqua calda sanitaria, come rappresentato nella figura 9 comprende:

- la distribuzione alle utenze;
- un anello di ricircolo;
- il circuito di collegamento tra generatore e serbatoio di accumulo.

Negli impianti autonomi con scaldacqua dedicato o con generatore di calore combinato di potenza termica minore di 35 kW si ha generalmente solo la distribuzione alle utenze.

Nel caso di impianti centralizzati si può avere solo distribuzione alle utenze e anello di ricircolo se il generatore contiene serbatoio di accumulo e la relativa tubazione di collegamento tra generatore e serbatoio.

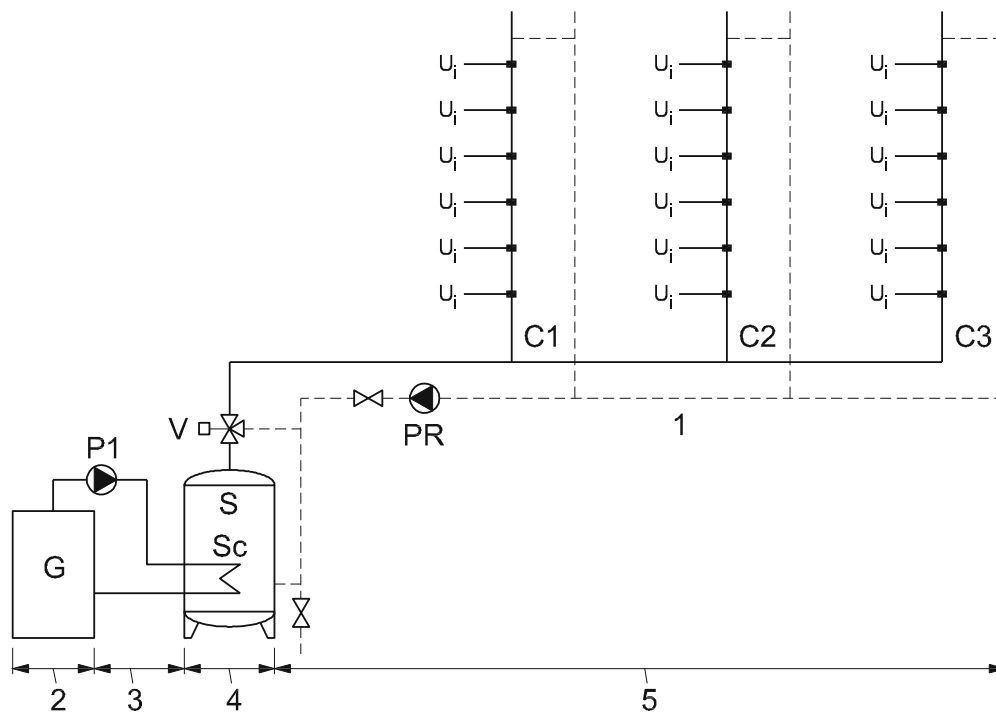
Nel caso più generale, le perdite complessive del sottosistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria sono date dalla somma delle perdite relative alle tre parti in cui è suddivisibile la distribuzione e comprendono quindi:

- 1) Le perdite dei tratti di distribuzione alle utenze (du);
- 2) Le perdite dell'anello di ricircolo (dr);
- 3) Le perdite del circuito di collegamento generatore-serbatoio (dp).

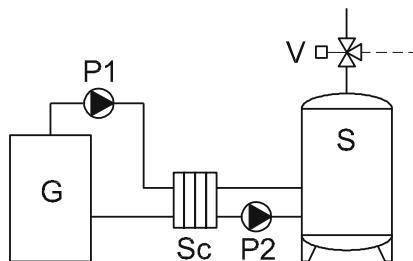
Schema della distribuzione in impianto acqua calda sanitaria

Legenda

- a) Scambiatore interno al serbatoio
- b) Scambiatore esterno al serbatoio
- C1,C2,C3 Montanti di distribuzione
- U_i Reti utenze
- G Generatore di calore
- S Serbatoio
- Sc Scambiatore di calore
- P1 Pompa generatore/scambiatore
- P2 Pompa secondaria scambiatore/serbatoio
- PR Pompa di ricircolo
- V Valvola a tre vie
- 1 Ricircolo
- 2 Generazione
- 3 Circuito primario
- 4 Accumulo
- 5 Distribuzione



a)



b)

7.3.2

Perdite della distribuzione finale alle utenze

Le perdite della rete di distribuzione alle utenze si calcolano come la somma delle perdite dei tratti costituenti la rete:

$$Q_{l,W,du} = \sum_i Q_{l,W,du,i} \quad [\text{kWh}] \quad (31)$$

dove:

$Q_{l,W,du,i}$ sono le perdite di energia termica dell'*i*-esimo tratto di tubazione facente parte della rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria alle utenze calcolate secondo la seguente formula:

$$Q_{l,W,du,i} = L_i \times (d_{int,i})^2 / 4 \times \pi \times \rho_w \times c_w \times N_{w,du} \times n_{gg} \times (\theta_{W,acs} - \theta_{a,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (32)$$

dove:

L_i è la lunghezza dell'*i*-esimo tratto di tubazione [m];

$d_{int,i}$ è il diametro interno dell'*i*-esimo tratto di tubazione [m];

$N_{w,du}$ è il numero di cicli di utilizzo giornalieri, assunto convenzionalmente pari a 3⁶;

n_{gg} è il numero di giorni dell'intervallo di calcolo (mese);

$\theta_{w,avg}$ è la temperatura media dell'acqua calda sanitaria nella rete di distribuzione, assunta convenzionalmente pari a 48 °C;

$\theta_{a,i}$ è la temperatura dell'ambiente esterno all'*i*-esimo tratto di tubazione, determinata secondo il prospetto A.1.

Le perdite termiche recuperabili e recuperate sono calcolate secondo quanto specificato nell'appendice A.

Nel caso di impianti esistenti privi di ricircolo all'interno di singole unità immobiliari, le perdite del sottosistema di distribuzione alle utenze si possono calcolare come segue:

$$Q_{l,W,du} = (Q_W + Q_{l,W,er}) \times f_{l,W,d} \quad [\text{kWh}] \quad (33)$$

dove:

$f_{l,W,d}$ è il fattore di perdita della rete di distribuzione imputato secondo il prospetto 34.

Le perdite termiche recuperate sono date da:

$$Q_{rh,l,W,du} = Q_{l,W,er} \times f_{rh,W,d} \quad [\text{kWh}] \quad (34)$$

dove:

$f_{rh,W,d}$ è il fattore di recupero delle perdite dalla rete di distribuzione imputato secondo il prospetto 34.

prospetto 34

Fattori di perdita e di recupero dalla rete di distribuzione dell'acs

Tipologia del sistema	Fattore di perdita $f_{l,W,d}$	Fattore di recupero $f_{rh,W,d}$
Sistemi installati prima dell'entrata in vigore della legge 373/76	0,12	0,5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 con rete di distribuzione corrente solo parzialmente in ambiente climatizzato	0,08	0,5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 con rete di distribuzione corrente totalmente in ambiente climatizzato	0,08	0,9

7.3.3

Perdite della rete di ricircolo

Nel caso di impianto con anello di ricircolo le perdite del circuito si calcolano secondo la procedura descritta nell'appendice A al punto A.2.1. Per tutti i tipi di valutazione si considera una temperatura media dell'acqua nelle tubazioni di 48 °C.

6) Questa valutazione, conforme alla UNI EN 15316-3-2, ipotizza che la tubazione di distribuzione finale venga riempita di acqua calda sanitaria tre volte al giorno ($N_{w,df} = 3 \text{ gg}^{-1}$) e che tutto il calore accumulato nella tubazione venga disperso nell'ambiente circostante.

Nel caso di valutazione A1 sul progetto si fa riferimento alla rete di ricircolo come definita nel progetto. Nel caso di valutazioni di tipo A2 in mancanza di dati di progetto si può effettuare una stima delle lunghezze e dei diametri del circuito in base al numero di unità immobiliari, di montanti, di piani dell'edificio e alla lunghezza della distribuzione orizzontale.

Le perdite eventualmente recuperate dal circuito di ricircolo, ai fini del calcolo del fabbisogno netto di energia termica utile dell'edificio, si calcolano secondo il punto A.2.2.

7.3.4

Perdite del circuito di collegamento tra generatore e serbatoio di accumulo

Per il calcolo delle perdite del circuito primario si considerano i seguenti casi:

- Distanza tra generatore e serbatoio di accumulo ≤ 5 m e tubazioni di collegamento isolate: le perdite si considerano trascurabili;
- Distanza tra generatore e serbatoio di accumulo ≤ 5 m e tubazioni di collegamento non isolate: le perdite si calcolano in modo dettagliato secondo l'appendice A sulla base della temperatura media dell'acqua nel circuito;
- Distanza tra generatore e serbatoio di accumulo >5 m: calcolo secondo l'appendice A come nel caso precedente.

7.3.5

Perdite del serbatoio di accumulo

Il serbatoio può essere all'interno del generatore di calore oppure all'esterno. In questo secondo caso il serbatoio è collegato al generatore di calore mediante tubazioni e pompa di circolazione (circuito primario).

Nel primo caso le perdite di accumulo sono comprese nelle perdite di produzione dell'apparecchio.

Nel secondo caso si hanno:

- perdite del serbatoio;
- perdite del circuito primario di collegamento generatore – serbatoio;
- eventuali recuperi di energia termica da altri servizi.

Le perdite di energia termica del serbatoio di accumulo $Q_{l,w,s}$ si calcolano in base alla entità e alle caratteristiche della superficie disperdente dell'accumulatore e alla differenza tra la temperatura media dell'acqua nel serbatoio e la temperatura media dell'ambiente nel quale l'accumulatore è installato. Tali perdite si calcolano con la seguente formula:

$$Q_{l,w,s} = \frac{S_s}{d_s} \times (\theta_{avg,w,s} - \theta_a) \times t \times \frac{\lambda_s}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (35)$$

dove:

- S_s è la superficie esterna dell'accumulo [m^2];
- d_s è lo spessore dello strato isolante [m];
- λ_s è la conduttività dello strato isolante [$\text{W}/(\text{m} \times \text{K})$];
- t è la durata del periodo considerato [h];
- $\theta_{avg,w,s}$ è la temperatura media dell'acqua nel serbatoio di accumulo. In assenza di dati di progetto o misurazioni la temperatura media per serbatoi di acqua calda sanitaria è convenzionalmente fissata a 60 [$^{\circ}\text{C}$];
- θ_a è la temperatura ambiente del locale di installazione dell'accumulo [$^{\circ}\text{C}$].

Qualora sia disponibile il valore della dispersione termica dell'apparecchio K_{boll} [W/K] dichiarato dal fabbricante⁷⁾, le perdite sono calcolate con la formula seguente:

$$Q_{l,w,s} = K_{boll} \times (\theta_{avg,w,s} - \theta_a) \times t / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (36)$$

7) Nel caso di apparecchi elettrici, il valore delle perdite nominali (statiche) è dichiarato dal fabbricante secondo la CEI EN 60379.

Qualora il fabbricante indichi la perdita giornaliera di energia termica Q_{test} in kWh/giorno, misurata per una differenza di temperatura di test, il K_{boll} è ricavabile come:

$$K_{\text{boll}} = Q_{\text{test}} / (0,024 \times (\theta_{\text{test,w,s}} - \theta_{\text{test,w,s}})) \text{ [W/K]} \quad (37)$$

dove:

$\theta_{\text{test,w,s}}$ [°C] è la temperatura media dell'acqua nel serbatoio di accumulo nelle condizioni di prova dichiarata dal fabbricante;

$\theta_{\text{test,a}}$ [°C] è la temperatura ambiente del locale di installazione dell'accumulo nelle condizioni di test dichiarata dal fabbricante.

Qualora il serbatoio sia installato all'esterno dell'ambiente climatizzato, le perdite si considerano tutte non recuperabili. Nel caso in cui l'accumulatore sia installato in ambiente riscaldato, le perdite si considerano tutte recuperate durante il periodo di riscaldamento. Si considerano invece tutte non recuperabili durante il periodo nel quale il riscaldamento è inattivo (periodo estivo). Le perdite di accumulo recuperabili e non recuperabili si considerano presenti in tutto il periodo di funzionamento prefissato del sistema.

Qualora al serbatoio di accumulo siano collegati circuiti per il recupero di calore da sottosistemi di altri servizi (per esempio una pompa di calore a motore endotermico $Q_{\text{W,ghp,in}}$), l'energia termica recuperata va sottratta al fabbisogno richiesto alla generazione.

7.4

Sottosistemi di generazione

Il fabbisogno di energia richiesto alla generazione è dato da:

$$Q_{\text{gn,W,out}} = Q_{\text{W}} + Q_{\text{I,W,er}} + Q_{\text{I,W,d}} + Q_{\text{I,W,s}} - Q_{\text{W,ghp,in}} \quad [\text{kWh}] \quad (38)$$

La valutazione del fabbisogno di acqua calda sanitaria si effettua su base mensile per l'intero anno. Per ogni mese deve essere calcolato il fabbisogno che il sottosistema di generazione a combustione o boiler elettrico deve fornire al netto del fabbisogno soddisfatto da sottosistemi di generazione utilizzando fonti energetiche rinnovabili e dell'energia termica proveniente da eventuali recuperi.

La produzione di acqua calda sanitaria può essere realizzata con:

- 1) scalda-acqua autonomi di tipo istantaneo o ad accumulo;
- 2) impianto centralizzato per sola acqua calda sanitaria e generatore dedicato;
- 3) impianto autonomo con generatore combinato per riscaldamento e produzione istantanea di acqua calda sanitaria;
- 4) impianto autonomo con generatore combinato di produzione di acqua calda sanitaria con accumulo;
- 5) impianto centralizzato con generatore combinato di produzione di sola acqua con proprio generatore di calore.

Nota Nel caso di impianto acqua calda sanitaria centralizzato con caldaia separata e serbatoio di accumulo, si considera quest'ultimo con temperatura di set-point costante e attivazione del generatore in funzione dell'attivazione del boiler (FC=1).

Nel caso (1) si considerano i rendimenti di generazione certificati del prodotto, ove disponibili e, in mancanza di questi, i dati del prospetto 35 validi per scalda-acqua con combustione a fiamma di gas o elettrici.

Rendimenti convenzionali degli scaldacqua con sorgente interna di calore

Tipo di apparecchio	Versione	Rendimento ^{a)} istantaneo (%)	Rendimento ^{b)} Stagionale (%)
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	45
	Tipo B senza pilota	85	77
	Tipo C senza pilota	88	80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	40
	Tipo B senza pilota	85	72
	Tipo C senza pilota	88	75
Bollitore elettrico ad accumulo	-	95	75 **
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	84	70
	A condensazione	98	90
a) I dati di rendimento riportati possono essere utilizzati in mancanza di dati forniti dal fabbricante dell'apparecchio. b) Ai fini del calcolo dell'energia primaria, il fabbisogno di energia deve essere considerato tra i fabbisogni elettrici, applicando il relativo fattore di conversione. NOTA I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%.			

Per gli scaldacqua diversi da quelli contemplati nel prospetto 35, come per esempio nel caso di scaldacqua a pompa di calore si utilizzano i metodi descritti nella parte 4 della presente specifica tecnica.

Nel caso (2), il calcolo del rendimento medio di generazione si effettua secondo il punto B.3 per generatori a fiamma di combustibili liquidi e gassosi e secondo i metodi specificati nella UNI/TS 11300-4 per gli altri casi.

Nel caso (3) si considera generatore con priorità sulla produzione di acqua calda sanitaria e si calcolano le ore nel mese in cui il generatore deve funzionare per produrre il fabbisogno mensile per acqua calda sanitaria. Nei mesi di attivazione del riscaldamento si suddivide il mese tra:

- 1) numero di ore mensili per sola produzione di acqua calda sulla base della potenza termica dichiarata in priorità acqua calda sanitaria per le quali si effettua il calcolo secondo il punto B.3.
- 2) numero residuo di ore mensili nelle quali il generatore funziona per solo riscaldamento e si effettua quindi il calcolo secondo il punto B.3.

Nel periodo di non attivazione del riscaldamento si effettua il calcolo secondo il punto B3 come per il periodo 1.

Nel caso (4), se il generatore funziona con priorità su acqua calda sanitaria, si procede come nel caso (3). Se invece è previsto il funzionamento contemporaneo del generatore per i due servizi si effettua il calcolo mensile attribuendo nei mesi di attivazione del riscaldamento la somma dei due fabbisogni secondo l'appendice B. Nei mesi di non attivazione del riscaldamento si effettua il calcolo sulla base dei soli fabbisogni per acqua calda con l'appendice B.

8.1 Ausiliari dei sottosistemi di riscaldamento
8.1.1 Generalità

Il fabbisogno di energia elettrica di un impianto di riscaldamento è dato dalla seguente espressione:

$$E_{H,aux} = E_{aux,e} + E_{aux,d} + E_{aux,gn} \quad [\text{kWh}] \quad (39)$$

dove:

$E_{H,aux}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dei sottosistemi di riscaldamento;

$E_{aux,e}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione;

$E_{aux,d}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione;

$E_{aux,gn}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di generazione.

Il fabbisogno calcolato con l'equazione precedente è espresso in energia elettrica. Al fine di determinare i fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento dell'edificio occorre moltiplicare tale valore per il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria stabilito dalle vigenti disposizioni.

Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dei sottosistemi può essere determinato:

- (i) in sede di progettazione dell'impianto;
- (ii) con misure sull'impianto;
- (iii) con metodi di calcolo basati su parametri di riferimento.

Nel caso (i) il fabbisogno $E_{H,aux}$ viene calcolato in base ai dati di progetto dell'impianto, ai dati dei componenti e alle modalità di regolazione, gestione ed esercizio previste.

Sull'impianto, una volta effettuate le necessarie tarature e regolazioni, si raccomanda di effettuare, in sede di collaudo, misure di potenza elettrica dei singoli componenti per ottenere dati di verifica del fabbisogno calcolato in sede di progettazione (ii).

Su impianti esistenti o, comunque, per valutazioni di carattere generale o statistiche, è possibile ricorrere a misure sull'impianto (ii) oppure a procedure di calcolo basate su una serie di dati caratteristici dell'edificio e dell'impianto (iii). I valori ottenuti con tali procedure si devono considerare, anche se rappresentativi di situazioni reali, dati convenzionali unificati, sulla base dei quali è possibile assegnare valori di consumo elettrico e di energia primaria e confrontare le prestazioni di edifici diversi.

8.1.2 Ausiliari dei sottosistemi di emissione

Nel caso di terminali con ventilatore (prospetto 36), il fabbisogno di energia elettrica nel periodo di tempo considerato si calcola come segue:

$$E_{aux,e} = W_{aux,e} \times t \times FC_e \quad [\text{kWh}] \quad (40)$$

dove:

$W_{aux,e}$ è la potenza elettrica complessiva dei terminali di emissione espressa in kW;

t è il tempo di attivazione (durata del periodo di calcolo considerato) [h];

FC_e è il fattore di carico dei terminali di emissione pari a:

- 1 per unità sempre in funzione (funzionamento continuo);
- $(Q'_H / t) / \Phi_{em,des}$ per unità non sempre in funzione (funzionamento intermittente con controllo automatico);

Tutti i consumi elettrici si considerano recuperati come energia termica utile, ovvero l'energia elettrica dissipata sotto forma di calore dagli ausiliari elettrici di emissione e recuperata nel bilancio termico del sottosistema è data da:

$$Q_{aux,rh,e} = E_{aux,e} \quad [\text{kWh}] \quad (41)$$

In assenza di dati di progetto o forniti dal fabbricante, si utilizzino le potenze elettriche dei terminali di emissione riportate nel prospetto 36.

Potenze elettriche dei terminali di emissione

Categoria di terminali	Tipologie	Potenza elettrica per terminale installato	
Terminali privi di ventilatore con emissione del calore per convezione naturale ed irraggiamento	Radiatori, convettori, strisce radianti, pannelli isolati dalle strutture ed annegati nelle strutture	Nulli	
Terminali di erogazione per immissione di aria calda	Bocchette e diffusori in genere	Si considerano compresi nella distribuzione dell'aria	
Terminali di erogazione ad acqua con ventilatore a bordo (emissione prevalente per convezione forzata)	Ventilconvettori, convettori ventilati, apparecchi in genere con ventilatore ausiliario.	Portata d'aria m ³ /h	Potenza elettrica ^{a)} [W]
		Fino a 200 m ³ /h	40
		Da 200 a 400 m ³ /h	50
Generatori d'aria calda non canalizzati ^{b)}	Generatori pensili – Generatori a basamento – Roof top	Da 400 a 600 m ³ /h	60
		1 500	90
		2 500	170
		3 000	250
		4 000	350
		6 000	700
8 000	900		
a) Valori di default da utilizzare in mancanza di dati forniti dal fabbricante.			
b) Nel caso di generatori canalizzati il fabbisogno di energia elettrica del ventilatore deve essere compreso nella distribuzione.			

8.1.3**Ausiliari dei sottosistemi di regolazione**

Ai fini della presente specifica tecnica non si considerano fabbisogni elettrici dei sottosistemi di regolazione.

8.1.4**Ausiliari dei sottosistemi di distribuzione**

In relazione alla tipologia di impianto e alla natura del fluido termovettore si distingue tra:

- reti con fluido termovettore acqua (idronici);
- reti con fluido termovettore aria (aeraulici).

8.1.4.1**Distribuzione con fluido termovettore acqua**

Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari di distribuzione delle reti con fluido termovettore acqua è dato da:

$$E_{aux,d} = \sum_i (W_{aux,d,i} \times F_{v,i}) \times t \quad [\text{kWh}] \quad (42)$$

dove:

$W_{aux,d,i}$ è la potenza elettrica dell'*i*-esimo ausiliario di distribuzione espressa in kW;

$F_{v,i}$ è il fattore di riduzione del fabbisogno per tener conto condizioni di funzionamento, pari a:

- 1 per unità sempre in funzione a velocità costante (funzionamento continuo a portata costante);
- $FC_{aux,d,i} = (Q_{d,out} / t) / \Phi_{em,des}$ per unità non sempre in funzione a velocità costante (funzionamento intermittente a portata costante o continuo a portata variabile) [-].

t è il tempo di attivazione (durata del periodo di calcolo considerato) [h];

L'energia elettrica dissipata sotto forma di calore dagli ausiliari elettrici di distribuzione delle reti con fluido termovettore acqua e recuperata nel bilancio termico del sottosistema è data da:

$$Q_{aux,rh,d} = 0,85 \times E_{aux,d} \quad [\text{kWh}] \quad (43)$$

I recuperi degli ausiliari elettrici si considerano solamente se il calcolo delle perdite di energia termica dei sottosistemi di distribuzione è effettuato con i metodi dell'appendice A. Nel caso si utilizzino valori di rendimento precalcolati, le perdite recuperate sono pari a zero.

Le potenze elettriche degli ausiliari di distribuzione devono essere ricavate da dati di targa o dichiarati dal fabbricante. In assenza di tali informazioni è possibile ricorrere a stime basate su portate, prevalenze e rendimenti degli ausiliari.

Nel caso di impianti con fluido termovettore acqua la potenza elettrica di una pompa $W_{po,d}$ è data da:

$$W_{po,d} = \Phi_{idr} / \eta_{po} \text{ [W]} \quad (44)$$

dove:

Φ_{idr} è potenza idraulica richiesta espressa in W;

η_{po} è il rendimento della pompa.

La potenza idraulica Φ_{idr} è data da:

$$\Phi_{idr} = (\rho \times V \times H_{idr}) / 367,2 \text{ [W]} \quad (45)$$

dove:

ρ è la massa volumica dell'acqua pari a 1 kg/dm³;

V è portata di acqua espressa in [dm³/h];

H_{idr} è la prevalenza richiesta espressa in [m].

Il rendimento della pompa è calcolabile secondo il prospetto 37.

prospetto 37

Modelli per il calcolo di valori default dei rendimenti degli elettrocircolatori

Potenza idraulica	Rendimento della pompa ¹⁾
$\Phi_{idr} < 50 \text{ W}$	$\Phi_{idr}^{0,50} \times 1/25,46$
$50 \text{ W} > \Phi_{idr} < 250 \text{ W}$	$\Phi_{idr}^{0,26} \times 1/10,52$
$250 \text{ W} > \Phi_{idr} < 1\,000 \text{ W}$	$\Phi_{idr}^{0,40} \times 1/26,23$
1) Ciascuna formula di calcolo è relativa ad uno specifico tipo di elettrocircolatore di più generale impiego nel campo di potenze indicato; per tale motivo le curve di rendimento presentano andamenti differenti.	

Per potenze idrauliche maggiori di 1 000 W, si considera un rendimento pari a 0,60.

8.1.4.2

Distribuzione con fluido termovettore aria

Gli impianti aeraulici possono essere di sola ventilazione o di climatizzazione invernale (impianti misti ad aria primaria o impianti a tutt'aria). Nel caso di impianti di ventilazione il fabbisogno dei ventilatori è calcolato secondo l'appendice C. Nel caso di impianti di climatizzazione invernale il fabbisogno dei ventilatori è calcolabile considerando gli eventuali diversi regimi di funzionamento dell'impianto, ovvero le ore settimanali in cui l'impianto lavora solo al fine di garantire il ricambio dell'aria e le ore settimanali in cui l'impianto lavora per la climatizzazione invernale. Per i diversi regimi di funzionamento le portate d'aria trattate e di conseguenza la potenza assorbita dai ventilatori potrebbero essere differenti.

La potenza elettrica di un ventilatore è data da:

$$W_{ve,d} = \frac{\Phi_{aer}}{\eta_{ve}} \text{ [W]} \quad (46)$$

dove:

Φ_{aer} è potenza aeraulica richiesta espressa in W;

η_{ve} è il rendimento del ventilatore, ottenuto per le condizioni di impiego dalla curva caratteristica fornita dal produttore.

La potenza aeraulica è data da:

$$\Phi_{aer} = \frac{V \times H}{102} \text{ [kW]} \quad (47)$$

dove:

V è portata di aria in [m³/s];

H è la pressione totale da ottenere [mm c.a.].

Qualora non siano disponibili i dati di rendimento del ventilatore, si può ricorrere a misure elettriche in campo. In tal caso la potenza elettrica assorbita è data da:

$$W_{ve,d} = k \times TV \times I \times \cos \Phi \text{ [W]} \quad (48)$$

dove:

TV è la tensione [V];

I è l'intensità di corrente assorbita [A];

k è pari a:

1 nel caso di motori elettrici monofase;

1,73 nel caso di motori elettrici trifase.

$\cos \Phi$ è il coseno dell'angolo di sfasamento tra tensione e corrente, ovvero il fattore di potenza misurato in campo con appositi strumenti (cosfometro o fasometro).

In caso di potenza elettrica misurata, occorre tenere conto delle condizioni di marcia dell'impianto nel momento della misura.

8.1.5

Ausiliari dei sottosistemi di generazione

I fabbisogni elettrici per i sottosistemi di generazione di calore a combustione alimentati da combustibili fossili liquidi o gassosi sono calcolati secondo quanto specificato nei metodi dell'appendice B.

Per ciò che concerne la determinazione del fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari di generazione utilizzando fonti rinnovabili o altri vettori energetici, si rimanda a quanto riportato nella UNI/TS 11300-4.

8.2

Ausiliari dei sottosistemi di acqua calda sanitaria

Per il sottosistema di erogazione dell'acqua calda sanitaria non si considerano ausiliari elettrici.

I fabbisogni elettrici della distribuzione di acqua calda sanitaria si calcolano in maniera analoga a quanto indicato per gli ausiliari della distribuzione di riscaldamento, tenendo conto per la valutazione della potenza delle pompe delle indicazioni fornite al punto 8.1.3 e dei relativi tempi di attivazione di seguito definiti.

Per quanto riguarda la distribuzione, con riferimento alla figura 6, si deve distinguere tra:

- 1) Pompe di ricircolo;
- 2) Pompe di circolazione del sottosistema di accumulo. Con riferimento alla figura 6 si ha:
 - pompa di circolazione tra generatore e scambiatore nel caso di scambiatore interno al serbatoio;
 - pompa di circolazione tra primario scambiatore e pompa di circolazione tra secondario scambiatore e serbatoio di accumulo nel caso di scambiatore esterno al serbatoio di accumulo.

Per quanto riguarda le pompe di ricircolo si considera attivazione continua nell'intervallo di calcolo ossia si ha $t_{on} = t$ oppure in presenza di dispositivi a tempo si considera un fattore di riduzione pari a 0,5. In presenza di dispositivi basati sulla lettura delle temperature si considera un fattore di riduzione pari a 0,8.

Per quanto riguarda il secondo caso il tempo di attivazione delle pompe è dato da:

$$t_{on} = FC_{sc} \times t \text{ [h]} \quad (49)$$

dove:

$$FC_{sc} = (Q_{W,d,out} / t) / \Phi_{sc} \text{ [-]} \quad (50)$$

$Q_{W,d,out}$ è il fabbisogno in uscita dal circuito nell'intervallo di calcolo;

$Q_{W,d,out} / t$ è la potenza media richiesta nell'intervallo di calcolo;

Φ_{sc} è la potenza termica dello scambiatore;

t è il tempo dell'intervallo considerato (mese).

Il fabbisogno di energia elettrica nel periodo di calcolo considerato si ottiene, come al punto 8.1, dal prodotto della potenza della pompa per i tempi di attivazione determinati come qui sopra indicato.

Ai fini della presente specifica tecnica non si considerano recuperi termici dalle pompe di circolazione per acqua calda sanitaria.

A.1 Generalità

La presente appendice descrive i metodi di calcolo delle perdite di distribuzione nei seguenti impianti:

- impianti per la climatizzazione invernale con fluido termovettore acqua;
- impianti per la climatizzazione invernale con fluido termovettore aria;
- impianti per la produzione di acqua calda sanitaria;
- impianti combinati riscaldamento/acqua calda sanitaria, tra i quali rientrano gli impianti con satelliti di utenza.

Nella presente parte della specifica tecnica si definisce come suddividere le reti di distribuzione e si specifica quando è possibile fare ricorso a valori di rendimento precalcolati e quando è necessario ricorrere al calcolo analitico secondo la presente appendice.

Per i casi nei quali si debba fare ricorso alla presente appendice giova premettere che può essere richiesto di applicare i metodi qui descritti a reti di distribuzione complesse comprendenti più circuiti funzionanti a differenti temperature di esercizio e con regolazioni diverse.

La figura A.5 fornisce, a titolo di esempio, uno schema di impianto comprendente

- a) Reti di utenza con terminali funzionanti a differenti temperature;
- b) Circuito di distribuzione alle utenze;
- c) Circuito primario;
- d) Circuito di generazione comprendente il o i generatori di calore.

Le reti di utenza possono essere da 1 a n e possono essere per unità immobiliare oppure per una unità immobiliare con due o più reti di utenza. Analogamente più reti di utenza possono essere alimentate da un circuito di distribuzione e i singoli circuiti di distribuzione alimentati da un circuito di generazione.

A.2 Perdite di distribuzione di circuiti con fluido termovettore acqua

A.2.1 Metodo di calcolo

Il metodo di calcolo di seguito descritto si applica a circuiti con fluido termovettore acqua calda in impianti di climatizzazione invernale e/o di ventilazione ed acqua calda sanitaria.

Il calcolo deve essere effettuato per ciascun circuito partendo dal fabbisogno di energia che deve essere fornito dalla distribuzione di ciascuna zona termica per arrivare sino al circuito primario che comprende il o i generatori di calore.

Il fabbisogno di energia $Q_{d,out,i}$ che deve essere fornito dal circuito primario al circuito secondario della zona *i-esima* è calcolato tenendo conto del tipo di unità terminali e di regolazione della singola zona. Tale fabbisogno comprende le perdite di emissione e di regolazione della zona.

Nello stesso intervallo di calcolo (mese), per le reti degli impianti di climatizzazione invernale si deve effettuare il calcolo della temperatura dell'acqua in base alla tipologia delle unità terminali e della regolazione della zona.

Il calcolo delle perdite di energia termica del circuito di distribuzione dell'acqua si effettua secondo la seguente procedura:

- 1) Si suddivide il circuito di distribuzione in tratti di tubazione che presentino caratteristiche omogenee per quanto concerne locazione, caratteristiche termiche (trasmissione termica lineica) e temperature dell'acqua;

- 2) Per ciascun tratto omogeneo di tubazione i si calcolano le perdite di energia termica come:

$$Q_{l,d,i} = \frac{L_i \times \Psi_i \times (\theta_{w,avg,i} - \theta_{a,i}) \times t}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{A.1})$$

dove:

L_i è la lunghezza dell' i -esimo tratto di tubazione [m];

Ψ_i è la trasmittanza termica dell' i -esimo tratto di tubazione calcolata secondo il punto A.2.3 [W/(m × K)];

$\theta_{w,avg,i}$ è la temperatura media dell'acqua nell' i -esimo tratto di tubazione determinata secondo quanto indicato al punto A.3 [°C];

$\theta_{a,i}$ è la temperatura dell'ambiente nel quale è localizzato l' i -esimo tratto di tubazione. In assenza di dati più precisi o rilievi effettuati in campo si prendano i valori del prospetto A.1;

t è la durata del periodo considerato [h].

prospetto A.1

Temperature ambiente

Posizione della tubazione	Temperatura [°C]
Corrente in ambienti climatizzati	Temperatura di set-point dell'ambiente climatizzato
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro, all'interno dello strato di isolamento principale	Temperatura di set-point dell'ambiente climatizzato
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro, all'esterno dello strato di isolamento principale	Temperatura media mensile dell'aria esterna
Incassata in struttura non isolata delimitante l'involucro	Temperatura media mensile dell'aria esterna
Incassata in struttura interna all'involucro	Temperatura di set-point dell'ambiente climatizzato
Corrente all'esterno	Temperatura media mensile dell'aria esterna
Corrente in ambiente non climatizzato adiacente ad ambienti climatizzati	Temperatura dell'ambiente non climatizzato calcolata in funzione del $b_{t,x}$ della zona non climatizzata
Corrente in altri ambienti non climatizzati	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1
Interrata (a profondità minore di 1m)	Media mensile aria
In centrale termica (nel caso in cui non sia adiacente ad ambienti non climatizzati)	Temperatura media mensile esterna + 5 °C

- 3) Si calcolano le perdite totali come la sommatoria delle perdite di ciascun tratto di tubazione:

$$Q_{l,d} = \sum_i Q_{l,d,i} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{A.2})$$

A.2.2

Perdite recuperabili e recuperate

Ai fini del calcolo dei fabbisogni di energia termica che i sottosistemi di generazione devono fornire alla rete di distribuzione $Q_{d,in}$, occorre considerare:

- le perdite di energia termica recuperate dai tratti di tubazione $Q_{H,lrh,d}$;
- l'energia termica recuperata dagli ausiliari di distribuzione e trasferita al fluido termovettore $Q_{H,rh,aux,d}$.

Nel caso del servizio riscaldamento, la quantità di energia termica richiesta alla generazione $Q_{H,gn,out} = Q_{H,d,in}$ è quindi data da:

$$Q_{H,d,in} = Q_{H,d,out} + Q_{H,l,d} - (Q_{H,lrh,d} + Q_{H,rh,aux,d}) \quad [\text{kWh}] \quad (\text{A.3})$$

Le perdite di ciascun tratto calcolate con la formula A.1 possono essere recuperate in misura diversa a seconda della locazione della tubazione e, nel caso di tratti incassati nelle strutture, a seconda della posizione della tubazione in relazione all'isolamento della struttura.

Le perdite di distribuzione recuperabili per ciascun tratto di tubazione si calcolano come segue:

$$Q_{lrh,d,i} = Q_{i,d,i} \times k_{rh,i} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{A.4})$$

dove:

$k_{rh,i}$ è il fattore di recuperabilità delle perdite di distribuzione del tratto *i-esimo* determinato secondo il prospetto A.2.

Nel caso di tubazioni per distribuzione o ricircolo acqua calda sanitaria le perdite termiche recuperate si sottraggono al fabbisogno di energia termica ideale utile per riscaldamento $Q_{H,nd}$.

prospetto A.2

Fattori di recuperabilità delle perdite di distribuzione

Posizione della tubazione	k_{rh}
In ambiente climatizzato	1
Incassata in struttura interna all'involucro	0,95
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro, all'interno dello strato di isolamento principale	0,95
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro, all'esterno dello strato di isolamento principale	0,05
Incassata in struttura non isolata delimitante l'involucro	$U_i / (U_e + U_i)$
All'esterno dell'ambiente climatizzato	0

Le perdite di distribuzione recuperate (che sono una frazione delle perdite recuperabili) dipendono dal tipo di regolazione. Si considera un coefficiente di recupero pari a:

- 0,95 in presenza di regolazione di zona o per singolo ambiente;
- 0,8 in presenza di sola regolazione climatica compensata.

Per default si può considerare un coefficiente pari a 0,8.

Le perdite totali recuperate sono date dalla sommatoria delle perdite recuperate per ciascun tratto di tubazione:

$$Q_{lrh,d} = \sum_i Q_{lrh,d,i} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{A.5})$$

La quantità di energia termica che può essere recuperata dagli ausiliari elettrici della distribuzione è calcolata secondo quanto specificato al punto 8.1.4.

A.2.3

Calcolo delle trasmittanze termiche lineiche

A.2.3.1

Tubazioni non isolate correnti in aria

Per tubazioni correnti all'esterno dell'edificio:

$$\Psi_i = 16,5 \times \pi \times d_i \quad [\text{W}/(\text{m} \times \text{K})] \quad (\text{A.6})$$

dove:

d_i è il diametro esterno della tubazione [m];

16,5 è il coefficiente di scambio superficiale complessivo $[\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K})]$.

Per tubazioni correnti all'interno dell'edificio:

$$\Psi_i = 3,24 \times \pi \times d_i \times (\theta_{w,i} - \theta_{a,i})^{0,3} \quad [\text{W}/(\text{m} \times \text{K})] \quad (\text{A.7})$$

dove:

d_i è il diametro esterno della tubazione [m];

$\theta_{w,i}$ è la temperatura del fluido all'interno della tubazione [K];

$\theta_{a,i}$ è la temperatura dell'ambiente circostante [K];

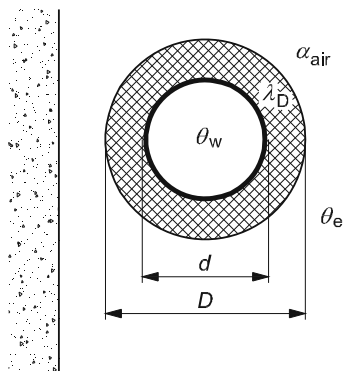
3,24 è il coefficiente di scambio superficiale complessivo $[\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K}^{1,3})]$.

A.2.3.2

Tubazioni isolate correnti in aria

figura A.1

Tubazione isolata corrente in aria



La trasmittanza lineica Ψ_i è data da:

$$\Psi_i = \pi / [1 / (2 \times \lambda_i) \times \ln (D_i / d_i) + 1 / (\alpha_{air} \times D_i)] \quad [W/(m \times K)] \quad (A.8)$$

dove:

d_i è il diametro esterno della tubazione [m];

D_i è il diametro esterno dell'isolamento [m];

λ è la conduttività dello strato isolante [W/(m × K)];

α_{air} è il coefficiente di scambio convettivo [W/(m² × K)] pari a:

4 W/(m² × K) se la tubazione è corrente in ambienti interni;

10 W/(m² × K) se la tubazione è corrente in ambienti esterni.

La conduttività deve essere ricavata dai dati dichiarati dal fornitore del materiale. In mancanza di tale informazione si utilizzano i valori indicativi riportati nel prospetto A.3:

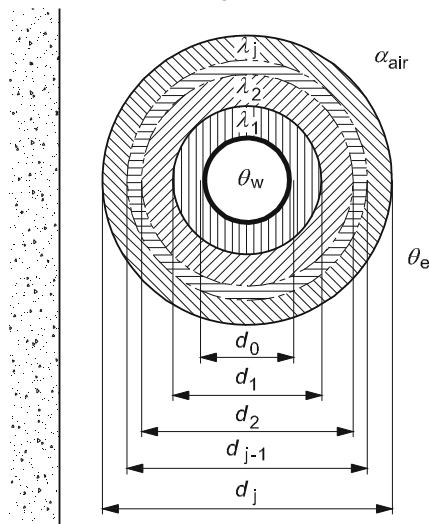
prospetto A.3

Valori indicativi della conduttività di alcuni materiali

Materiale	Conduttività λ [W/(m × K)]
Materiali espansi organici a cella chiusa	0,04
Lana di vetro, massa volumica 50 kg/m ³	0,045
Lana di vetro, massa volumica 100 kg/m ³	0,042
Lana di roccia	0,060
Poliuretano espanso (preformati)	0,042

figura A.2

Tubazione isolata corrente in aria con più strati di isolante



Se vi sono più strati di materiale isolante la trasmittanza lineica Ψ_l è data da:

$$\Psi_l = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{\alpha_{\text{air}} \times d_n}} \quad [\text{W}/(\text{m} \times \text{K})] \quad (\text{A.9})$$

dove, oltre ai simboli già definiti:

n è il numero di strati isolanti significativi;

d_j è il diametro esterno dello strato isolante j , iniziando dal più interno [m];

d_0 è il diametro esterno della tubazione [m];

d_n è il diametro esterno complessivo della tubazione isolata [m];

λ_j è la conduttività dello strato isolante j [W/(m × K)].

α_{air} è il coefficiente di scambio convettivo [W/(m² × K)] pari a:

4 W/(m² × K) se la tubazione è corrente in ambienti interni;

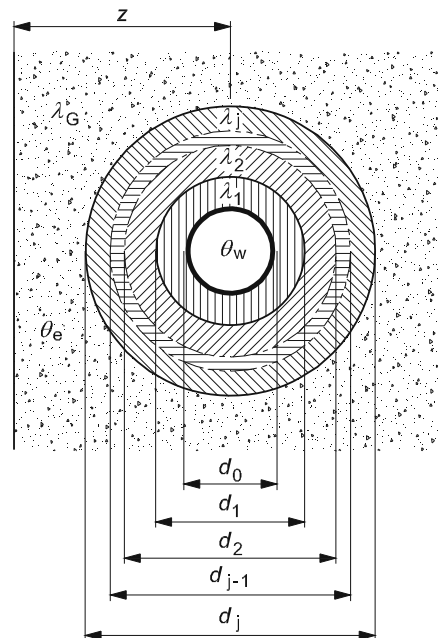
10 W/(m² × K) se la tubazione è corrente in ambienti esterni.

A.2.3.3

Tubazione singola incassata nella muratura

figura A.3

Tubazione singola incassata nella muratura



La trasmittanza lineica Ψ_l è data da:

$$\Psi_l = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \frac{4 \times z}{d_n}} \quad [\text{W}/(\text{m} \times \text{K})] \quad (\text{A.10})$$

dove, oltre ai simboli già definiti:

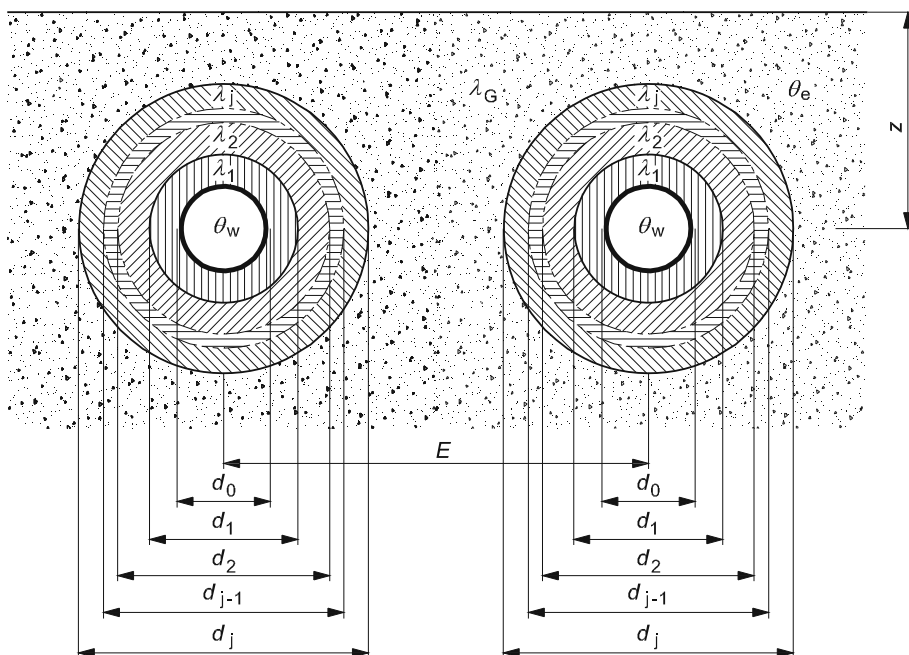
λ_G è la conduttività del materiale attorno alla tubazione [W/(m × K)]; in assenza di informazioni più precise, si assume $\lambda_G = 0,7$ W/(m × K);

z è la profondità di incasso [m]; in assenza di informazioni più precise si assume $z = 0,1$.

A.2.3.4

Tubazioni in coppia incassate nella muratura

figura A.4 Tubazioni in coppia, incassate nella muratura



La trasmittanza lineica Ψ_i è data da:

$$\Psi_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \frac{4 \times z}{d_n} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \sqrt{1 + \frac{4 \times z^2}{E^2}}} \quad [W/(m \times K)] \quad (A.11)$$

dove, oltre ai simboli già definiti:

E è l'interasse delle tubazioni [m].

A.2.3.5

Tubazioni interrato

Si applicano le formule relative alle tubazioni incassate nella muratura.

λ_G è in questo caso la conduttività del terreno.

In assenza di informazioni più precise, si assume λ_G pari a:

1,5 W/(m × K) per argilla o limo;

2,0 W/(m × K) per sabbia o ghiaia;

3,5 W/(m × K) per roccia omogenea.

A.2.3.6

Valori precalcolati di trasmittanze lineiche

Per tubazioni isolate secondo spessore completo indicato nell'allegato B del D.P.R. 412/93 la trasmittanza lineica Ψ_i in funzione del diametro d è calcolabile con

$$\Psi_i = 0,143 + 0,0018 d \quad [W/(m \times K)] \quad (A.12)$$

con d , diametro esterno della tubazione senza isolamento, espresso in millimetri.

Qualora l'isolamento sia pari allo spessore indicato nell'allegato B del D.P.R. 412/93 moltiplicato per 0,5, la trasmittanza lineica Ψ_i è calcolata con:

$$\Psi_i = 0,19 + 0,0034 d \quad [W/(m \times K)] \quad (A.13)$$

Qualora l'isolamento sia pari allo spessore indicato nell'allegato B al DPR 412 moltiplicato per 0,3, la trasmittanza lineica Ψ_i è calcolata con:

$$\Psi_i = 0,225 + 0,00532 d \quad [W/(m \times K)] \quad (A.14)$$

A.2.3.7

Ponti termici e singolarità

Si tiene conto delle seguenti tipologie di interruzioni dell'isolamento della tubazione:

- per staffaggi di linea non isolati (con interruzione dell'isolamento, scoperti), maggiorare del 10% la lunghezza totale della tubazione;
- per singolarità in centrale termica: lunghezza equivalente di tubazione non isolata dello stesso diametro del componente scoperto, come da prospetto A.4:

prospetto A.4

Lunghezze equivalenti

Componente non isolato	Lunghezza equivalente non isolata
Pompa di circolazione	0,3 m
Valvola miscelatrice	0,6 m
Flangia, bocchettone	0,1 m
Nota	Le tubazioni non isolate devono essere valutate a parte, conformemente al punto A.2.3.1. La lunghezza equivalente riportata nel presente prospetto si riferisce esclusivamente alla singolarità, assumendo che la tubazione sia per il resto isolata.

A.3

Temperature nella rete di distribuzione

A.3.1

Generalità

Il calcolo delle temperature dell'acqua può riguardare:

- le temperature di andata e ritorno delle unità terminali (em);
- le temperature di andata e ritorno dei circuiti di distribuzione (cr);
- le temperature di andata e ritorno dei circuiti dei sottosistemi di generazione (gen);
- le temperature di andata e ritorno dei singoli generatori di calore (boil).

In parentesi sono indicati i pedici utilizzati nelle formule.

Ai fini del calcolo, si considerano separatamente:

- Reti di utenza ossia quelle comprendenti i terminali di utilizzazione e circuiti di distribuzione ossia quelli che alimentano reti di utenza;
- Circuiti di generazione ossia quelli comprendenti i sottosistemi di generazione.

Un impianto termico può comprendere reti di utenza a temperature diverse alimentate da un circuito comune di distribuzione. A titolo di esempio, la figura A.5 seguente illustra un impianto comprendente:

- 1) Un sottosistema di distribuzione collegato ad un circuito di distribuzione mediante compensatore idraulico;
- 2) Un circuito che alimenta diverse reti di utenza;
- 3) Reti di utenza con differenti terminali.

Nel procedimento di calcolo analitico si devono determinare le temperature nel periodo di calcolo considerato (mese) a partire dalle reti di utenza proseguendo sino ai singoli generatori.

Qualora un circuito di distribuzione alimenti in parallelo reti di utenza in parallelo a differenti temperature di mandata come nell'esempio della figura A.5, la temperatura di mandata del circuito si assume come il massimo fra:

- le temperature richieste dalle reti alimentate;
- la temperatura di mandata di eventuali generatori funzionanti a temperatura fissa.

In presenza di valvole miscelatrici nelle reti di utenza, la temperatura di mandata minima da considerare deve essere maggiore di 5 °C rispetto alla temperatura di mandata delle unità terminali.

La portata complessiva è la somma delle portate delle reti alimentate.

$$\dot{V}_{\text{dis}} = \sum_i \dot{V}_{\text{cr},i} \quad [\text{kg/h}] \quad (\text{A.15})$$

La temperatura di mandata $\theta_{dis,flw}$ è uguale a quelle $\theta_{cr,flw,i}$ di tutte le reti alimentate. Se le unità terminali di alcune reti richiedono una temperatura di mandata inferiore, in questo caso si deve tenere conto della presenza di una valvola miscelatrice.

La potenza complessiva è la somma delle potenze delle reti di utenza.

$$\Phi_{dis} = \sum_i \Phi_{cr,i} \quad [\text{kW}] \quad (\text{A.16})$$

La temperatura di ritorno comune si calcola con la formula:

$$\theta_{dis,ret} = \theta_{dis,flw} - \frac{\Phi_{dis}}{\dot{V}_{dis} \times c_{p,w}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.17})$$

Qualora il circuito di distribuzione alimenti reti di utenza per servizi differenti, perdite della rete di utenza si devono attribuire al relativo servizio e ad esse si deve sommare la quota di perdite del circuito di distribuzione in proporzione al fabbisogno di energia nel periodo di calcolo considerato.

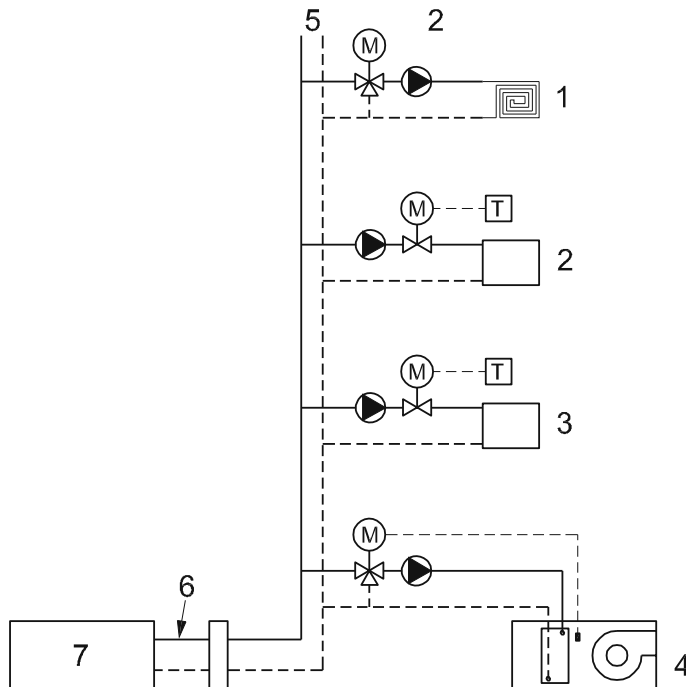
Un circuito di generazione può essere indipendente dal circuito di distribuzione servito per la presenza di compensatore idraulico, come nella figura A.5, o di scambiatore di calore. I due casi sono trattati, rispettivamente, ai punti A.3.3.2 e A.3.3.3.

figura A.5

Esempio di impianto termico con reti di utenza a differente temperatura

Legenda

- 1 Reti di utenza a bassa temperatura (pannelli a pavimento 30/35 °C)
- 2 Reti di utenza a media temperatura (ventiloconvettori 40/45 °C)
- 3 Reti di utenza ad alta temperatura (radiatori 60/80 °C)
- 4 Unità di trattamento aria (UTA)
- 5 Rete di distribuzione
- 6 Circuito del generatore
- 7 Sottosistema di generazione



A.3.2

Calcolo delle temperature delle unità terminali, nelle reti di utenza e nei circuiti comuni

A.3.2.1

Caratteristiche delle unità terminali

Le temperature nelle reti di utenza e nei circuiti comuni dipendono dalle caratteristiche delle unità terminali e dai dati di progettazione.

Le norme tecniche relative ai vari tipi di terminali di emissione⁸⁾ forniscono le curve caratteristiche, le potenze nominali e il valore dell'esponente n della curva caratteristica.

La curva caratteristica del terminale di emissione fornisce la potenza termica del terminale in corrispondenza di qualunque differenza di temperatura $\Delta\theta$.

La differenza di temperatura per il dimensionamento dei terminali di emissione è la differenza tra la media aritmetica delle temperature di mandata e di ritorno e la temperatura ambiente di progetto:

$$\Delta\theta_{des} = ((\theta_{f,des} + \theta_{r,des}) / 2) - \theta_a \quad [K] \quad (A.18)$$

dove:

$\Delta\theta_{des}$ è la differenza tra la temperatura media di progetto e la temperatura ambiente di progetto;

$\theta_{f,des}$ è la temperatura di mandata di progetto;

$\theta_{r,des}$ è la temperatura di ritorno progetto;

θ_a è la temperatura ambiente di progetto.

L'equazione della curva caratteristica è:

$$\Phi_{em,ref} = B \times \Delta\theta_{ref}^n [W] \quad (A.19)$$

dove:

$\Phi_{em,ref}$ potenza di riferimento dell'unità terminale (nominale oppure di progetto);

B costante, dichiarata dal fabbricante;

$\Delta\theta_{ref}$ differenza di temperatura di riferimento corrispondente alla potenza $\Phi_{em,ref}$;

n esponente della curva caratteristica, dichiarato dal fabbricante.

In un grafico a coordinate logaritmiche la curva caratteristica è quindi una retta. La potenza nominale definita nelle norme tecniche di prodotto è la potenza ottenuta sulla curva caratteristica in corrispondenza della differenza nominale $\Delta\theta_{ref}$, fissata dalla stessa normativa tecnica, e non deve essere confusa con la potenza di progetto, che deve essere determinata sulla stessa curva caratteristica in corrispondenza della differenza $\Delta\theta_{des}$ di progetto. Per esempio, nel caso di radiatori, il $\Delta\theta_{nom}$ fissati dalla UNI EN 442-2 è pari a 50 K e in corrispondenza di tale valore la curva caratteristica fornisce il valore nominale di potenza termica $\Phi_{em,nom}$ dichiarato nella documentazione tecnica, unitamente al valore dell'esponente n della curva caratteristica.

Se la temperatura media di progetto $\Delta\theta_{des}$ sulla base della quale è assunta la potenza di progetto $\Phi_{em,des}$ è pari a 30 K, si avrà:

$$\Phi_{em,des} = \Phi_{em,nom} \times [(30 - \theta_a) / (50 - \theta_a)]^n \quad [W] \quad (A.20)$$

Nel caso in cui non sia noto il valore dell'esponente n (unità terminali per le quali non sia prescritta la marcatura CE o unità terminali di costruzione antecedente alla emanazione delle specifiche norme tecniche) è possibile utilizzare i valori di default del prospetto A.5.

prospetto A.5

Valori di default dell'esponente caratteristico n

Tipo di unità terminale	n
Radiatori	1,30
Termoconvettori	1,40
Pannelli radianti	1,10
Aerotermini e ventilato – convettori	1,00

8) UNI EN 442-2, UNI EN 1264-3, UNI EN 1264-4, UNI EN 14037-1.

Nel caso di batterie riscaldanti ad acqua, sia di post-riscaldamento in condotto sia inserite in unità di trattamento aria (UTA) per servizio ventilazione, il fabbisogno si calcola secondo UNI/TS 11300, e le temperature dell'acqua nelle condizioni effettive di esercizio si determinano, assumendo esponente 1 della curva caratteristica, in base ai dati forniti dal fabbricante per la potenza termica utile nominale.

Si procede in accordo col tipo di regolazione adottato (con valvola di by-pass a tre vie o con valvola a due vie).

A.3.2.2 Calcolo della temperature nelle unità terminali e nelle reti di utenza

A.3.2.2.1 Temperature delle unità terminali o in un gruppo di unità terminali

Le temperature di andata e ritorno delle unità terminali dipendono, oltre che dalla curva caratteristica del terminale, anche dalle temperature di progetto e dalle modalità di installazione e di regolazione.

Nel caso di unità terminali a funzionamento continuo con regolazione della portata o della temperatura, la temperatura media si calcola in base alla potenza media richiesta nell'intervallo di calcolo considerato.

Nel caso di regolazione termostatica on-off dei terminali, la potenza è costante in base alla temperatura di mandata e portata di progetto.

In una rete di utenza con unità terminali omogenee prive di dispositivi individuali di regolazione le temperature di andata e di ritorno della rete coincidono con le rispettive temperature delle singole unità terminali.

A.3.2.2.2 Regolazione continua della portata e/o della temperatura dei terminali

In questo caso la temperatura media delle unità terminali $\theta_{em,av}$ si calcola in funzione della potenza termica media Φ_{em} nell'intervallo di calcolo considerato, che è data da:

$$\Phi_{em} = \frac{\sum Q_{hr,i}}{t_{em}} = \frac{\sum Q_{H,dis,out,i}}{t_{em}} \quad [\text{kW}] \quad (\text{A.21})$$

dove:

$Q_{H,dis,out,i}$ (ovvero $Q_{hr,i}$) è l'energia totale fornita dal sottosistema di distribuzione alla zona di edificio servita dal gruppo di unità terminali considerato [kWh];

t_{em} è il tempo di attivazione delle unità terminali durante l'intervallo di calcolo [h].

La temperatura media delle unità terminali $\theta_{em,av}$ è data da:

$$\theta_{em,av} = \theta_{int} + \left(\frac{\Phi_{em}}{\Phi_{em,ref}} \right)^{\frac{1}{n}} \times \Delta \theta_{ref} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.22})$$

dove:

θ_{int} è la temperatura di set-point nel locale di installazione dell'unità terminali [$^{\circ}\text{C}$];

$\Phi_{em,ref}$ è la potenza dei terminali in condizioni di riferimento [W];

$\Delta \theta_{ref}$ è il salto termico dell'unità terminale in condizioni di riferimento [$^{\circ}\text{C}$];

n è l'esponente caratteristico dell'unità terminale.

A.3.2.2.3 Regolazione termostatica dei terminali

Nel caso di regolazione on/off, la potenza delle unità terminali è costante ed è funzione della temperatura di mandata $\theta_{e,t}$ e della portata (valori di progetto). In questo caso la regolazione determina il tempo di attivazione t_e e la potenza delle unità terminali Φ_{em} nei periodi di accensione si determina in base alla curva caratteristica del terminale:

$$\Phi_{em} = \left(\frac{\theta_{e,av} - \theta_{int}}{\Delta \theta_n} \right)^n \times \Phi_n \quad [\text{W}] \quad (\text{A.23})$$

dove:

$\theta_{em,av}$ è la temperatura media delle unità terminali [$^{\circ}\text{C}$];

θ_{int} è la temperatura interna del locale di installazione delle unità terminali [°C];
 Φ_n è la potenza nominale di progetto delle unità terminali [W];
 θ_n è il salto termico di progetto del terminale [°C];
 n è l'esponente della curva caratteristica (vedi caso precedente).

Nota Un controllo termostatico con elevata frequenza di intervento agisce come una regolazione di portata. Ciò accade quando l'intervallo fra successive commutazioni è così breve che l'inerzia termica del radiatore ne livella la temperatura media.

Se sono note la temperatura di mandata e la portata, la temperatura di ritorno si calcola trovando la temperatura di ritorno $\theta_{em,av}$ che risolve la seguente equazione:

$$\Phi_{em} = \left(\frac{\theta_{em,flw} - \theta_{em,ret} - 2 \times \theta_{int}}{2 \times \Delta \theta_n} \right)^n \times \Phi_{em,ref} = V'_{em} \times (\theta_{em,flw} - \theta_{em,ret}) \times c_{p,w} \quad [W] \quad (A.24)$$

dove:

$c_{p,w}$ è il calore specifico dell'acqua, pari a 1,16 Wh/kg°C.

A.3.2.2.4

Temperature e portate delle reti di utenza e dei circuiti di distribuzione

In una rete di utenza con unità terminali omogenee prive di dispositivi individuali di regolazione le temperature di andata e di ritorno della rete coincidono con le rispettive temperature delle singole unità terminali.

Nel caso la rete di utenza sia alimentata direttamente da un circuito di distribuzione o direttamente dal circuito di generazione le rispettive temperature della rete di utenza e del circuito di distribuzione coincidono, ossia si ha:

$$\theta_{cr,flw} = \theta_{em,flw} \quad [^\circ C] \quad (A.25)$$

$$\theta_{cr,ret} = \theta_{em,ret} \quad [^\circ C] \quad (A.26)$$

$$\dot{V}_{cr} = \dot{V}_{em} \quad [^\circ C] \quad (A.27)$$

Se, invece, la rete di utenza prevede dispositivi di miscelazione, by-pass o ricircolo, le temperature di andata e ritorno, le temperature ai capi delle unità terminali (pedice em) e quelle ai capi dei corrispondenti circuiti di distribuzione (pedice cr) possono essere diverse.

La valutazione delle temperature e delle portate ai capi dei circuiti di utenza si calcola distinguendo i seguenti casi:

- regolazione della temperatura di mandata;
- regolazione della portata;
- regolazione on-off;
- regolazione dello scambio termico sull'unità terminale.

In presenza di una valvola miscelatrice sul circuito (figura A.6):

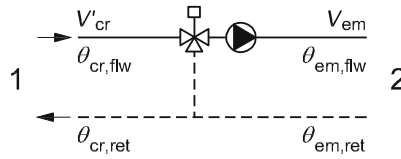
- la temperatura di mandata a monte della valvola miscelatrice $\theta_{cr,flw}$ è quella imposta dalla rete di distribuzione;
- la temperatura di ritorno a monte della valvola miscelatrice $\theta_{cr,ret}$ è uguale a quella dell'unità terminale $\theta_{em,ret}$;
- la portata è V'_{cr} data da:

$$\dot{V}_{cr} = \dot{V}_{em} \times \frac{\theta_{em,flw} - \theta_{em,ret}}{\theta_{cr,flw} - \theta_{cr,ret}} \quad [^\circ C] \quad (A.28)$$

dove $\theta_{em,flw}$ e $\theta_{em,ret}$ sono rispettivamente le temperature di andata e ritorno calcolate per la rete di utenza.

Legenda

- 1 Circuito di distribuzione
- 2 Rete di utenza



A.3.2.2.5 Circuiti a temperatura di mandata variabile e portata costante

Se le unità terminali funzionano a portata costante V'_{em} , la differenza di temperatura $\Delta\theta_{em}$ fra mandata e ritorno è data da:

$$\Delta\theta_{em} = \frac{\Phi_{em}}{\dot{V}_{em} \times c_{p,w}} \quad [K] \quad (A.29)$$

dove:

V'_{em} è la portata di acqua attraverso l'unità terminale, di progetto oppure regolata [kg/h];

$c_{p,w}$ è il calore specifico dell'acqua, pari a 1,16 Wh/kg°C.

La temperatura di mandata $\theta_{em,flw}$ è data da:

$$\theta_{em,flw} = \theta_{em,av} + \frac{\Delta\theta_{em}}{2} \quad [^{\circ}C] \quad (A.30)$$

La temperatura di ritorno $\theta_{em,ret}$ è data da:

$$\theta_{em,ret} = \theta_{em,av} - \frac{\Delta\theta_{em}}{2} \quad [^{\circ}C] \quad (A.31)$$

A.3.2.2.6 Circuiti a temperatura di mandata costante e portata variabile

La temperatura di mandata $\theta_{em,flw}$ viene determinata in base al sistema di regolazione scelto:

- valore costante di progetto, in assenza di sistemi di regolazione della temperatura di mandata;
- in presenza di un sistema di regolazione della temperatura di mandata in funzione della temperatura esterna (compensazione climatica), $\theta_{em,flw}$ è dato da:

$$\theta_{em,flw} = \theta_{em,av} + \frac{\Delta\theta_{em}}{2} \quad [kg/h] \quad (A.32)$$

dove per $\Delta\theta_{em}$ (salto termico mandata/ritorno), in assenza di dati di progetto, si assume 20 °C in presenza di valvole termostatiche e 10 °C negli altri casi.

La temperatura di ritorno $\theta_{em,ret}$ è data da:

$$\theta_{em,ret} = \max(2 \times \theta_{em,av} - \theta_{em,flw}; \theta_{int}) \quad (A.33)$$

La portata attraverso l'unità terminale è data da:

$$\dot{V}_{em} = \frac{\Phi_{em}}{c_{p,w} \times (\theta_{em,flw} - \theta_{em,ret})} \quad [kg/h] \quad (A.34)$$

A.3.2.2.7

Circuiti di tipo ON-OFF

La temperatura di mandata $\theta_{em,flw}$ viene determinata in base al sistema di regolazione scelto:

- valore costante di progetto, in assenza di sistemi di regolazione della temperatura di mandata;
- in presenza di un sistema di regolazione della temperatura di mandata in funzione della temperatura esterna (compensazione climatica), $\theta_{em,flw}$ è dato da:

$$\theta_{em,flw} = \theta_{em,av} + \Delta\theta_{em,flw} \quad [\text{kg/h}] \quad (\text{A.35})$$

dove

$\Delta\theta_{em,flw}$ (sovratemperatura di mandata), in assenza di dati di progetto, vale 10 °C;

$\theta_{em,av}$ è la temperatura media teorica.

Se le condizioni di funzionamento sono diverse da quelle nominali dei corpi scaldanti, la temperatura di ritorno deve essere calcolata con la formula A.31.

La portata attraverso l'unità terminale è data da:

$$\dot{V}_{em} = \frac{\Phi_{em}}{c_{p,w} \times (\theta_{em,flw} - \theta_{em,ret})} \quad [\text{kg/h}] \quad (\text{A.36})$$

A.3.2.2.8

Circuiti con regolazione dello scambio termico

Questo caso si riferisce a ventilconvettori e circuiti con valvole monotubo ovvero con sistemi che regolano l'emissione delle unità terminali con dispositivi di by-pass.

In questo caso, la portata \dot{V}'_{em} e la temperatura di mandata $\theta_{em,flw}$ assumono i valori di progetto ovvero i valori effettivi riscontrati sull'impianto.

La temperatura di ritorno è data da:

$$\theta_{em,ret} = \theta_{em,flw} - \frac{\Phi_{em}}{\dot{V}_{em} \times c_{p,w}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.37})$$

Nota Nel caso di regolazione con sistemi di by-pass (per esempio valvole monotubo), la temperatura $\theta_{em,ret}$ non coincide con la temperatura all'uscita dell'unità terminale.

A.3.3

Circuiti di generazione

A.3.3.1

Generalità

Ai fini del calcolo delle temperature nei circuiti di generazione si considerano i seguenti tipi di collegamento:

- 1) Collegamento diretto;
- 2) Collegamento indipendente;
- 3) Collegamento tramite scambiatore di calore.

In presenza di un solo generatore di calore risulta:

$$\theta_{gen,flw} = \theta_{dis,flw} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.38})$$

$$\theta_{gen,ret} = \theta_{dis,ret} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.39})$$

$$\dot{V}_{gen} = \dot{V}_{dis} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.40})$$

In presenza di più generatori di calore, la portata deve essere suddivisa in base alla quota di carico.

A.3.3.2

Collegamento diretto

Se la portata nel generatore \dot{V}'_{boil} è la stessa che nel circuito di generazione \dot{V}'_{gen} , si ha:

$$\theta_{boil,flw} = \theta_{gen,flw} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.41})$$

$$\theta_{cr,ret} = \theta_{em,ret} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.42})$$

$$\dot{V}_{cr} = \dot{V}_{em} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.43})$$

Ciò è verificato:

- quando ci sia una connessione diretta del generatore alla rete di distribuzione;
- quando sia interposto un accumulo ed un sistema di controllo che comandi il funzionamento della pompa di circolazione del generatore sincronizzato con il generatore stesso.

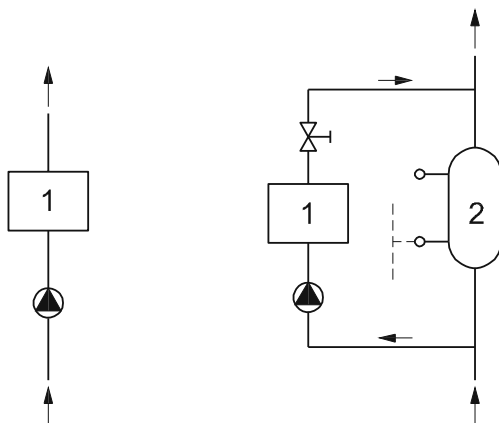
Esempi di questo tipo di circuiti sono riportati nella figura A.7.

figura A.7

Circuito di generazione con portata nel generatore uguale a quella del circuito di generazione (il buffer è regolato e non gli è consentito svuotarsi completamente)

Legenda

- 1 Generatore di calore
- 2 Buffer



A.3.3.3

Circuito con portata indipendente

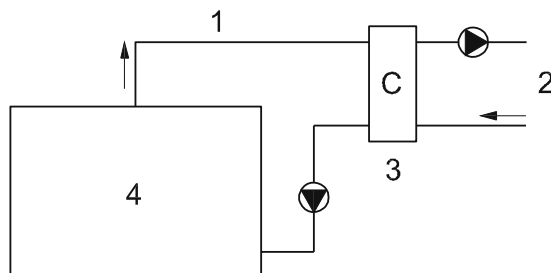
E' il caso in cui la portata nel generatore di calore è indipendente da quella dell'impianto al quale è collegato, per esempio come nel caso di compensatore idraulico.

figura A.8

Rete di utenza indipendente dal circuito di generazione con compensatore idraulico

Legenda

- 1 Circuito di generazione
- 2 Reti di utenza - unità terminali
- 3 Compensatore idraulico
- 4 Sottosistema di generazione



Se risulta $V'_{boil} > V'_{gen}$ (la portata nel generatore è maggiore di quella nel circuito di generazione) allora:

$$\theta_{boil,flw} = \theta_{gen,flw} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.44})$$

$$\theta_{boil,ret} = \theta_{gen,flw} - \frac{\Phi_{boil,out}}{V_b \times c_{p,w}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.45})$$

Nota 1 $\theta_{boil,ret}$ sarà maggiore di $\theta_{gen,ret}$.

Se risulta $V'_{boil} < V'_{gen}$ (la portata nel generatore è minore di quella nel circuito di generazione) allora:

$$\theta_{boil,ret} = \theta_{gen,ret} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.46})$$

$$\theta_{boil,flw} = \theta_{boil,ret} + \frac{\Phi_{boil,out}}{\dot{V}_b \times c_{p,w}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.47})$$

Nota 2 $\theta_{boil,flw}$ sarà maggiore di $\theta_{gen,flw}$.

Nota 3 $\theta_{boil,ret}$ e $\theta_{boil,flw}$ sono date in entrambi i casi da:

$$\theta_{boil,ret} = \max \left[\theta_{gen,ret}; \theta_{gen,flw} - \frac{\Phi_{boil,out}}{\dot{V}_b \times c_{p,w}} \right] \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.48})$$

$$\theta_{boil,flw} = \max \left[\theta_{gen,flw}; \left(\theta_{boil,ret} + \frac{\Phi_{boil,out}}{\dot{V}_b \times c_{p,w}} \right) \right] \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.49})$$

A.3.3.4

Circuito con scambiatore di calore

Nel caso di impianto di riscaldamento venga interposto uno scambiatore di calore, la temperatura del circuito secondario è quella calcolata come precedentemente descritto nei casi di rete di utenza e di circuito di distribuzione. La temperatura del circuito primario risulta incrementata di X_{SC} °C rispetto alla temperatura del secondario.

Il calcolo si effettua come se il generatore avesse portata indipendente ma si sommano alle temperature del primario $\theta_{boil,flw}$ e $\theta_{boil,ret}$ un incremento $\Delta\theta_{boil}$ pari a:

$$X_{SC} = \frac{\Delta\theta_{GEN} - \Delta\theta_{BOIL}}{\frac{\Delta\theta_{BOIL} - \Delta\theta_{GEN}}{\Phi_{boil}} \times K_{SC}} \quad \text{oppure} \quad X_{SC} = \frac{\Phi_{boil}}{K_{SC}} \quad \text{se} \quad \Delta\theta_{GEN} = \Delta\theta_{BOIL} \quad (\text{A.50})$$

dove:

$$\Delta\theta_{gen} = \theta_{gen,flw} - \theta_{gen,ret} \quad [^{\circ}\text{C}];$$

$$\Delta\theta_{boil} = \theta_{boil,flw} - \theta_{boil,ret} \quad [^{\circ}\text{C}];$$

K_{SC} è il coefficiente di scambio globale dello scambiatore [W/K];

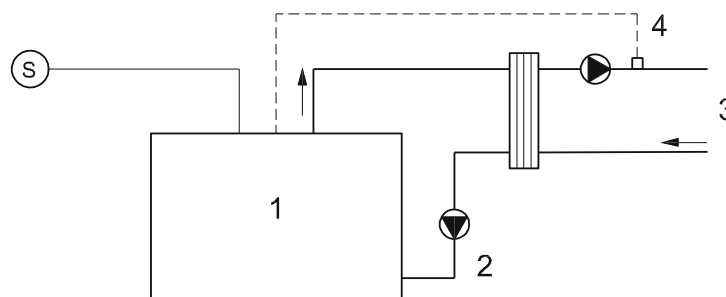
$\Phi_{boil} = \Phi_{gen}$ è la potenza richiesta al generatore.

figura A.9

Sottosistema di generazione collegato a rete di utenza mediante scambiatore

Legenda

- S Sonda esterna
- 1 Sottosistema di generazione
- 2 Circuito di generazione (60/40 °C)
- 3 Rete di utenza (pannelli 35/30 °C)
- 4 Sonda di mandata



A.3.4

Collegamento in parallelo di più generatori

Nel caso di più generatori collegati in parallelo, le temperature comuni di ritorno $\theta_{b,r}$ e di mandata $\theta_{b,f}$ si calcolano come specificato nei paragrafi precedenti.

Per ogni generatore si deve determinare la potenza media $\Phi_{b,i}$ e la portata media $\dot{V}_{b,i}$.

La temperatura di mandata di ciascun generatore si calcola come segue:

$$\theta_{b,f,i} = \theta_{b,r} + \frac{\Phi_{b,i} \times 0,86}{V_i} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{A.51})$$

dove:

$\theta_{b,f,i}$ è la temperatura di mandata del generatore i [$^{\circ}\text{C}$];

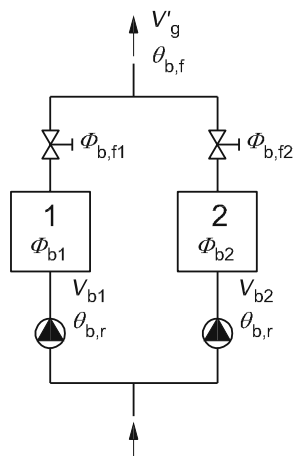
$\theta_{b,r}$ è la temperatura di ritorno del generatore i [$^{\circ}\text{C}$];

$\Phi_{b,i}$ è la potenza termica media del generatore i [W];

$V_{b,i}$ è la portata del generatore i [kg/h].

figura A.10

Circuito di generazione con generatori di calore in parallelo



A.4

Perdite di distribuzione di circuiti con fluido termovettore aria in impianti per la climatizzazione invernale

A.4.1

Generalità

Negli impianti con fluido termovettore aria le perdite di energia termica della rete aerea di distribuzione $Q_{l,da,j}$, sono dovute principalmente alle perdite termiche per trasmissione attraverso le pareti delle condotte, cioè:

$$Q_{l,da,j} = Q_{l,da,tr,j} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{A.52})$$

dove per la zona j -esima:

$Q_{l,da,tr,j}$ sono le perdite di energia termica per trasmissione delle condotte che servono la zona j -esima.

Ai fini della presente specifica tecnica, non sono prese in considerazione le perdite energetiche di massa legate alle esfiltrazioni di aria dalla canalizzazione, in quanto calcolate come incremento di portata che deve essere fornita dal ventilatore per compensare le esfiltrazioni stesse, risultando quindi energeticamente a carico dell'unità ventilante.

Il calcolo delle perdite si effettua solo nei tratti correnti in locali non riscaldati o all'esterno, con il metodo analitico o con il metodo semplificato descritti nella presente specifica tecnica.

A.4.2

Metodo analitico

A.4.2.1

Generalità

La determinazione delle perdite di energia termica per trasmissione $Q_{l,da,tr,j}$ è effettuata con la seguente formula:

$$Q_{l,da,tr,j} = \left(\sum_k \rho_a \times c_a \times q_{v,duct,k} \times \Delta\theta_{duct,k} \times \beta_{j,k} \times FC_{v,j,k} \right) \times t \quad [\text{kWh}](A.53)$$

dove per la zona j-esima:

$q_{v,duct,k}$ è la portata di nominale della ventilazione meccanica che attraversa la condotta k-esima;

$\Delta\theta_{duct,k}$ è la differenza tra la temperatura dell'aria in ingresso e quella in uscita alla condotta k-esima;

$\beta_{j,k}$ è la frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica funzionante per il flusso d'aria per la zona j-esima attraverso la condotta k-esima, determinato secondo la UNI/TS 11300-1);

$FC_{v,j,k}$ è il fattore di efficienza di regolazione dell'impianto di ventilazione per la zona j-esima attraverso la condotta k-esima, determinato secondo la UNI/TS 11300-1);

t è l'intervallo di tempo di calcolo.

A.4.2.2

Portate di ventilazione $q_{v,k}$

Ai fini del calcolo di $\Delta\theta_{duct}$ $q_{v,k}$ si assume pari al valore $q_{ve,f}$ della portata istantanea negli orari di funzionamento della ventilazione.

Nel caso siano previsti diversi regimi di funzionamento con portate diverse il calcolo di $\Delta\theta_{duct}$ deve essere eseguito separatamente per i diversi regimi.

A.4.2.3

Calcolo di $\Delta\theta_{duct}$

Nell'ipotesi che non vi siano fenomeni di condensazione interna tali da modificare l'umidità assoluta tra ingresso e uscita della rete aeraulica considerata, cioè:

$$x_{out} = x_{in} \quad [\text{g/kg}] \quad (A.54)$$

La temperatura dell'aria, per effetto delle interazioni termiche con l'ambiente circostante subisce tra ingresso e uscita una variazione, indicata come:

$$\Delta\theta_{duct} = \theta_{in} - \theta_{out} \quad [^{\circ}\text{C}](A.55)$$

dove:

$\Delta\theta_{duct}$ è la differenza di temperatura tra la temperatura dell'aria in ingresso e in uscita alla condotta;

θ_{in}, x_{in} sono rispettivamente la temperatura e l'umidità assoluta all'ingresso della condotta considerata espresse rispettivamente in $^{\circ}\text{C}$ e g/kg di aria secca;

θ_{out}, x_{out} sono rispettivamente la temperatura e l'umidità assoluta all'uscita della condotta considerata e immessa nell'ambiente espresse rispettivamente in $^{\circ}\text{C}$ e g/kg di aria secca;

A seconda dei casi trattati, è noto θ_{in} o è noto θ_{out} ; per il calcolo della temperatura corrispondente si usano le seguenti formule:

$$\theta_{out,i} = \theta_{in,i} \times \left(e^{-\frac{U'_i \times L_{rete,i}}{0,34 \times q_{v,i}}} \right) + \theta_{surduct,i} \times \left(1 - e^{-\frac{U'_i \times L_{rete,i}}{0,34 \times q_{v,i}}} \right) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (A.56)$$

$$\theta_{in,i} = \frac{\theta_{out,i} - \theta_{surduct,i} \times \left(1 - e^{-\frac{U'_i \times L_{rete,i}}{0,34 \times q_{v,i}}} \right)}{e^{-\frac{U'_i \times L_{rete,i}}{0,34 \times q_{v,i}}}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (A.57)$$

dove:

- $\theta_{in,i}$ è la temperatura all'ingresso nel tratto i-esimo di condotta considerata;
- $\theta_{surduct,i}$ è la temperatura dell'ambiente esterno in cui è installato il tratto i-esimo della rete aeraulica considerata, si determina come segue:
- nel caso di ambiente esterno assumendo la temperatura esterna media mensile;
 - nel caso di ambiente non climatizzato in base ai fattori $b_{tr,x}$ determinati secondo la UNI/TS 11300-1.
- $L_{rete,i}$ è la lunghezza del tratto i-esimo della rete aeraulica considerata;
- U'_i è la trasmittanza termica lineare del tratto i-esimo della condotta;
- $q_{v,i}$ è la portata di nominale della ventilazione meccanica che attraversa il tratto i-esimo della condotta aeraulica considerata [m^3/h].

A.4.2.4

Calcolo di U'_i

La trasmittanza termica lineare U'_i per le condotte si determina come:

$$U'_i = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \times \lambda_{d,i}} \ln \frac{D_{e,i}}{D_{int,i}} + \frac{R_{se,i}}{D_{e,i}}} [W/(m \times K)] \quad (A.58)$$

dove:

- U'_i è la trasmittanza termica lineare del tratto i-esimo della condotta considerata;
- $\lambda_{d,i}$ è la conduttività del materiale isolante del tratto i-esimo della condotta considerata;
- $R_{se,i}$ è la resistenza superficiale esterna del tratto i-esimo della condotta considerata, determinata secondo la UNI EN ISO 6946;
- $D_{e,i}$ è il diametro equivalente esterno del tratto i-esimo della condotta considerata;
- $D_{int,i}$ è il diametro equivalente interno del tratto i-esimo della condotta considerata.

Nel caso di condotte rettangolari si determina il diametro di una condotta circolare equivalente, avente lo stesso perimetro esterno del canale rettangolare e quindi la stessa superficie disperdente. Esso è dato dalla seguente formula:

$$D_{e,i} = 1,30 \times \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a + b)^{0,250}} [m] \quad (A.59)$$

dove a e b sono le dimensioni della condotta rettangolare.

Questo purché il rapporto di forma $F_f = \frac{a}{b}$ della condotta sia inferiore o uguale a 4.

La dimensione della condotta principale, che si ipotizza possa essere la parte disperdente verso zone esterne o non climatizzate, qualora non disponibile, viene stimata tramite la relazione:

$$D_{int,i} = \sqrt{\frac{4 \times q_{v,i}}{\pi \times 3\,600 \times v_i}} [m] \quad (A.60)$$

dove:

- $q_{v,i}$ è la portata d'aria del tratto i-esimo della rete aeraulica considerata [m^3/h];
- v_i è la velocità media nel tratto i-esimo della condotta considerata, in mancanza di dati di progetto fare riferimento ai valori suggeriti all'interno dei prospetti A.7, A.8 e A.9.

Per valutazioni di tipo A1 si deve fare riferimento ai dati di progetto.

Per valutazioni di tipo A3 si può ricorrere a dati di progetto e/o a misure in campo.

Si può ricorrere alla metodologia semplificata di cui al punto A.4.3 per le valutazioni di tipo A2.

A.4.2.5

Calcolo di L_{rete}

Ai fini del calcolo della presente specifica tecnica, la lunghezza della rete aeraulica da considerare per la determinazione delle perdite termiche è riferita solo ai tratti posti all'esterno o in ambienti non riscaldati.

Tale lunghezza può essere valutata come il percorso più probabile della rete aeraulica in funzione della distribuzione dell'aria all'interno degli ambienti.

A.4.3

Metodo semplificato

Il seguente metodo introduce semplificazioni nel metodo di calcolo analitico precedentemente descritto. Le semplificazioni possono essere adottate in caso di valutazioni di tipo A2, qualora non siano disponibili altri dati.

- 1) Le portate d'aria di rinnovo, qualora non siano disponibili, si determinano come specificato al punto A.4.4;
- 2) Le dimensioni delle condotte costituenti la rete aeraulica, qualora non disponibili possono essere determinate come descritto al punto A.4.4;
- 3) Le trasmittanze termiche lineari (U') si attribuiscono in base ai dati del prospetto A.6;
- 4) La lunghezza della rete aeraulica presa in considerazione, si può stimare in base al percorso più probabile in pianta e sezioni, si tiene conto solo dei tratti in ambienti non riscaldati o all'esterno;
- 5) le temperature in ingresso e in uscita della rete aeraulica sono determinate secondo le formule A.56 e A.57.

prospetto A.6

Trasmittanze termiche lineari delle condotte

Diametro equivalente medio canali principali	Trasmittanza lineare condotta (lamiera + Isolante) e in materiale preisolato
D [m]	U' [W/(m×K)]
0,376	0,14
0,461	0,21
0,532	0,27
0,651	0,40
0,752	0,53
0,841	0,66
0,921	0,79
0,995	0,92
1,064	1,04
1,128	1,17
1,189	1,30
1,303	1,56
1,407	1,81

Nota Le trasmittanze termiche considerate tengono conto degli spessori minimi di isolante (avente una conducibilità termica utile paria a 0,04 W/(m × K), necessari per impedire la formazione di condensa in presenza di aria ambiente a 30°C con l'80% e, rispettivamente, l'85% di umidità relativa, con aria veicolata all'interno della condotta con temperatura di 10 e 15 °C.

A.4.4

Stima delle dimensioni della rete aeraulica

In mancanza di valori di progetto, le dimensioni delle condotte della rete aeraulica si possono stimare partendo dai dati di portata e velocità dell'aria con la procedura di seguito descritta.

Vale la seguente relazione tra portata e velocità dell'aria nella condotta:

$$q_v = A \times v \times 3600 \quad [m^3/h](A.61)$$

dove:

q_v è la portata di aria trasportata dalla condotta [m^3/h];

A è la sezione della condotta espressa in m^2 ;

v è la velocità dell'aria di progetto all'interno della condotta espressa in m/s , in mancanza di dati di progetto i valori di riferimento sono contenuti all'interno dei prospetti A.7 - A.8 - A.9 - A.10 - A.11 - A.12 - A.13⁹⁾.

La procedura per determinare la dimensione di una rete aeraulica, partendo dai dati di portata e velocità dell'aria, è la seguente:

- 1) identificare la zona termica servita dall'impianto di ventilazione/climatizzazione;
- 2) calcolare la portata di aria esterna minima in funzione della destinazione d'uso;
- 3) ricavare il valore di velocità dai prospetti in funzione del componente che si sta analizzando;
- 4) determinare il diametro interno della condotta aeraulica mediante la A.5;
- 5) ripetere i punti 1,2,3,4 per ogni tratto di rete aeraulica da considerare.

prospetto A.7

Velocità dell'aria canali nelle condotte

Applicazioni	Velocità dell'aria nelle condotte principali (m/s)	Velocità dell'aria canali nelle condotte secondarie (m/s)
Teatri e auditorium	3,5	2,5
Appartamenti, alberghi e ospedali	4,0	3,0
Uffici privati, uffici direzionali e biblioteche	5,0	4,0
Uffici aperti, ristoranti e banche	6,0	5,0
Bar e magazzini	6,0	5,0
Industrie	6,5	5,0

prospetto A.8

Velocità raccomandate sulle griglie di ripresa aria

Posizione griglia	Velocità (m/s)
Al di sopra di zone occupate	4,0
Entro le zone occupate, ma non vicino ai posti a sedere	3,0 ÷ 4,0
Entro le zone occupate, vicino ai posti a sedere	2,0 ÷ 3,0
Griglia a parete o su porte	1,0 ÷ 1,5
Passaggio sotto le porte sopraelevate	1,0 ÷ 1,5
Nota	Le velocità sono riferite alla sezione frontale lorda della griglia.

9) I prospetti A.7, A.8, A.9, A.10, A.11, A.12 e A.13 sono tratti da Miniguída Aicarr.

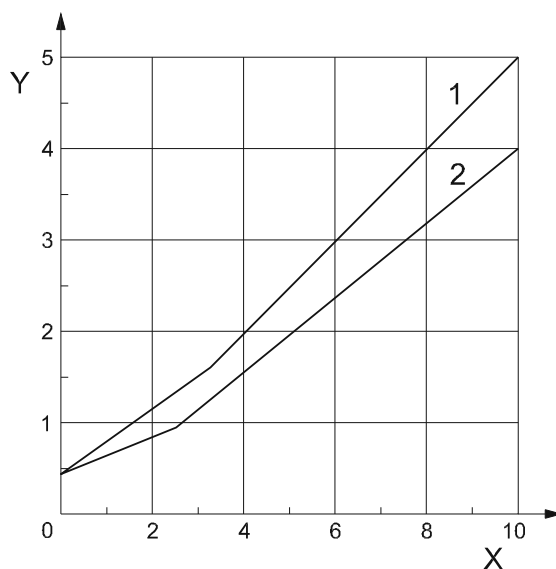
Velocità frontale per griglie di presa aria e per griglie di espulsione aria

Griglia	Velocità (m/s)
Ripresa o estrazione	
Per $v \geq 3300$ L/s	2,0
Per $v < 3300$ L/s	$2,0 \div 1,0$ (figura A.11)
Espulsione	
Per $v \geq 2400$ L/s	2,5
Per $v < 2400$ L/s	2,5 (figura A.11)
Nota	Le velocità sono riferite alla sezione frontale lorda della griglia; la sezione libera è quasi sempre pari a circa 45% di quella frontale. Non si dovrebbe mai scendere ad di sotto del 40%.

Diagramma per la scelta delle griglie¹⁰⁾

Legenda

- X Portata d'aria per griglia [m^3/s]
 Y area frontale della griglia [m^2]
 1 Presa
 2 Espulsione



10) Fonte: miniguia Aicarr.

prospetto A.10

Velocità di attraversamento dei filtri

Tipologia Filtri	Velocità frontale (m/s)
Filtri a pannelli	
con mezzi filtranti impregnati	1,0 ÷ 4,0
a secco ad ampia superficie	
- piani (bassa efficienza)	uguale alla velocità del canale
- pieghettati (media efficienza)	fino a 3,8
- HEPA (alta efficienza)	1,3
Filtri rotanti	
con materassino impregnato	fino a 2,5
con materassino a secco	1,0
Filtri elettronici	
a ionizzazione	0,8 ÷ 1,8

prospetto A.11

Velocità di attraversamento delle batterie

Batteria	Velocità frontale (m/s)
Batteria di riscaldamento a vapore o ad acqua calda (1 m/s velocità minima; 7,6 m/s velocità massima)	2,5 ÷ 5,0
Batteria di raffreddamento e deumidificazione	2,0 ÷ 3,0

prospetto A.12

Velocità di attraversamento delle sezioni di umidificazione

Umidificatori	Velocità frontale (m/s)
Lavoratori di aria con ugelli	1,5 ÷ 3,0
Umidificatori a pacco	2,5 ÷ 3,0

prospetto A.13

Velocità massime di efflusso dell'aria da bocchette

Destinazione	Velocità (m/s)
Studi radiofonici, sale da concerto	1,5 ÷ 2,0
Abitazioni e camere	2,5 ÷ 3,0
Teatri, uffici privati	2,5 ÷ 3,5
Cinematografi, uffici normali	5,0 ÷ 6,0
Saloni impiegati, ristoranti, negozi	6,0 ÷ 7,0
Fabbricati industriali	7,0 ÷ 10

Premessa

I procedimenti di calcolo delle perdite di generazione richiedono la determinazione delle temperature di mandata, di ritorno e media del generatore in corrispondenza del fattore di carico medio del periodo di calcolo considerato. Il calcolo si può eseguire come descritto nelle UNI EN 15316-2-1 e UNI EN 15316-2-3.

Nell'appendice A si riportano le equazioni fondamentali.

B.1

Generalità sui metodi di calcolo

La presente appendice descrive due metodi di calcolo delle perdite di generazione di generatori di calore con combustione a fiamma per combustibili liquidi e gassosi:

- 1) metodo basato sui dati dei generatori di calore dichiarati secondo la Direttiva 92/42/CEE;
- 2) metodo analitico basato su dati forniti dai costruttori o rilevati in campo.

La presente appendice prevede l'applicazione del metodo 1 nel caso di generatori di calore per i quali i dati siano dichiarati dal fabbricante ai sensi della Direttiva 92/42/CEE (dati di prodotto). Tale metodo si basa su dati rilevati da un laboratorio di prova.

I dati di prodotto per l'applicazione del metodo 2 possono risultare da prove, ma possono anche essere dati rilevati in campo, oltre che dati di default della presente specifica tecnica. In questo caso ai fini della tracciabilità dei valori di perdita e di rendimento dichiarati, si deve precisare in modo inequivocabile l'origine e/o le modalità di rilievo dei dati di ingresso per il calcolo.

Il metodo 1 è il metodo di normale impiego per i generatori di calore certificati ai sensi della Direttiva.

Il metodo 2 è fornito per i seguenti utilizzi specifici:

- per generatori di calore di costruzione precedente al recepimento della Direttiva 92/42/CEE per i quali non sono disponibili i dati richiesti dalla Direttiva;
- per determinare l'effetto delle condizioni di esercizio in generatori a condensazione.

Il metodo 2 non prende in considerazione le perdite durante i cicli di accensione del bruciatore. Le perdite al camino a bruciatore spento non sono facilmente determinabili e la loro valutazione è generalmente prevista sulla base dei valori di default. Nei generatori di calore moderni l'influenza di quest'ultimo parametro è comunque minima.

Si considerano i seguenti tipi di sottosistemi di generazione:

- sottosistemi singoli con unico generatore di calore;
- sottosistemi multipli con più generatori di calore o più sottosistemi;
- sottosistemi misti per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria.

B.2

Metodo di calcolo delle perdite di generazione basato sulla Direttiva 92/42/CEE

Il metodo è basato sui dati di rendimento dei generatori di calore richiesti dalla Direttiva 92/42/CEE determinati secondo le relative norme di prodotto.

I dati richiesti sono relativi a tre fattori di carico:

- rendimento al 100% del carico $\eta_{gn,Pn}$;
- rendimento a carico intermedio $\eta_{gn,Pint}$;
- perdite a carico nullo $\Phi_{gn,l,Po}$.

B.2.1

Procedimento di calcolo

Il metodo è finalizzato alla determinazione delle perdite di energia termica ed è basato sul seguente procedimento di calcolo:

- a) si assumono i rendimenti a potenza nominale ed a carico parziale, determinati in base alla direttiva, e si apportano le correzioni per adeguarli alle specifiche temperature dell'acqua previste nelle condizioni di funzionamento del generatore;
- b) si determinano le perdite a carico nullo in condizioni di riferimento e si apportano le correzioni per tenere conto della effettiva temperatura dell'acqua nel generatore e per la temperatura dell'aria del locale di installazione;
- c) si determinano le perdite di potenza termica per tre fattori di carico:
 - perdite al 100% del carico $\Phi_{gn,l,Pn}$;
 - perdite a carico intermedio $\Phi_{gn,l,Pint}$;
 - perdite a carico nullo $\Phi_{gn,l,Po}$;
- d) si determinano le perdite di potenza termica al carico specifico per interpolazione lineare;
- e) si determinano le perdite di energia nell'intervallo di tempo considerato;
- f) si determina l'energia ausiliaria in base al carico del generatore;
- g) si determinano le perdite di energia recuperabili all'involucro come frazione delle perdite a carico nullo ed in funzione dell'ubicazione del generatore;
- h) si aggiunge l'energia ausiliaria recuperabile alle perdite recuperabili per determinare l'energia recuperabile totale.

B.2.2

Dati di ingresso

Ai fini del calcolo, il generatore di calore è caratterizzato dai seguenti parametri:

$\Phi_{gn,Pn}$	potenza termica utile nominale [kW];
$\eta_{gn,Pn}$	rendimento a potenza nominale [-];
$\theta_{gn,test,Pn}$	temperatura media del generatore in condizioni di prova a potenza nominale [°C];
$f_{cor,Pn}$	fattore di correzione del rendimento a potenza nominale [-];
Φ_{int}	potenza termica utile a carico intermedio [kW];
$\eta_{gn,Pint}$	rendimento a potenza intermedia [-];
$\theta_{gn,test,Pint}$	temperatura media del generatore in condizioni di prova a potenza intermedia [°C];
$f_{cor,Pint}$	fattore di correzione del rendimento a potenza intermedia [-];
$\Phi_{gn,l,Po}$	potenza persa in stand-by (potenza persa a carico nullo) con $\Delta\theta_{gn,test}$ [W];
$\Delta\theta_{gn,test}$	Differenza fra la temperatura media del generatore e la temperatura del locale di installazione in condizioni di riferimento [°C];
$W_{gn,aux,Pn}$	potenza assorbita dagli ausiliari a carico nominale [W];
$W_{gn,aux,Pint}$	potenza assorbita dagli ausiliari a carico intermedio [W];
$W_{gn,aux,Po}$	potenza assorbita dagli ausiliari a carico nullo [W];
$\theta_{gn,min}$	temperatura minima di funzionamento del generatore [°C].

Le condizioni di funzionamento effettive sono caratterizzate da:

$Q_{gn,out}$	energia termica utile prodotta dal generatore [kWh];
$\theta_{gn,w,avg}$	temperatura media del generatore [°C];
$\theta_{gn,w,r}$	temperatura di ritorno al generatore (per generatori a condensazione) [°C];
$\theta_{a,gn}$	temperatura del locale di installazione del generatore [°C];
b_{gn}	fattore di riduzione delle perdite recuperabili in base all'ubicazione del generatore [-].

B.2.3

Potenza al carico medio P_x

La potenza del sottosistema al carico P_x è data da:

$$\Phi_{gn,Px} = Q_{gn,out} / t_{gn} \quad [\text{kW}] \quad (\text{B.1})$$

dove

t_{gn} è il tempo di attivazione del generatore e il fattore di carico utile del generatore è:

$$FC_{u,x} = \Phi_{gn,Px} / \Phi_{gn,Pn} \quad [-] \quad (\text{B.2})$$

dove:

FC_u è il fattore di carico riferito alla potenza utile.

B.2.4

Sottosistemi con unico generatore

In questo caso la potenza del sottosistema al carico P_x è data dalla (B.1) e il fattore di carico dalla (B.2).

B.2.5

Sottosistemi multipli

Se sono presenti più generatori o più sottosistemi di generazione, il carico può essere distribuito in modi diversi a seconda del tipo di regolazione. La scelta della priorità di intervento dei generatori è effettuata sulla base di valutazioni sui singoli sottosistemi di generazione e sulle logiche di funzionamento dei sistemi. Per l'attivazione in priorità dei sottosistemi di generazione deve essere presente un sistema automatico di controllo¹¹⁾.

Si considerano:

- sistemi con ripartizione uniforme del carico (senza priorità);
- sistemi con regolazione di cascata e ripartizione del carico con priorità.

Nel primo caso tutti i generatori sono contemporaneamente in funzione e il fattore di carico FC_u è identico per tutti i generatori:

$$FC_u = \Phi_{gn,out} / \sum \Phi_{gn,Pn,i} \quad (\text{B.3})$$

dove:

$\Phi_{gn,out}$ è la potenza termica utile da fornire al sottosistema distribuzione;

$\sum \Phi_{gn,Pn,i}$ è la somma delle potenze termiche utili di tutti i generatori del sottosistema.

Nel secondo caso i generatori a più alta priorità funzionano per primi. Un dato generatore nell'elenco di priorità funziona solo se i generatori di priorità immediatamente più alta funzionano a pieno carico.

Se tutti i generatori sono di uguale potenza $\Phi_{gn,Pn}$ il numero di generatori in funzione $N_{gn,on}$ è:

$$N_{gn,on} = \text{int} (\Phi_{gn,out} / \Phi_{gn,Pn}) + 1 \quad (\text{B.4})$$

Altrimenti il numero di generatori in funzione deve essere determinato in modo che sia:

$$0 < FC_u < 1 \quad (\text{B.5})$$

Il fattore di carico $FC_{u,j}$ per il generatore a funzionamento intermittente si calcola con:

$$FC_{u,j} = \Phi_{gn,out} / \sum \Phi_{gn,Pn,j} \quad (\text{B.6})$$

dove:

$\Phi_{gn,Pn,j}$ è la potenza nominale del generatore funzionante a pieno carico.

Nel caso di impianti alimentati anche da fonti rinnovabili (solare, pompe di calore) o da altri sistemi di generazione (pompe di calore, cogenerazione, ecc.), ad essi si attribuisce la priorità per soddisfare il fabbisogno di energia termica utile dell'impianto, mentre alla generazione tradizionale con combustibili fossili si attribuisce una funzione di integrazione. Si calcola quindi preliminarmente, nelle varie condizioni di esercizio, il contributo delle fonti rinnovabili e/o alternative e alla generazione tradizionale si attribuisce il saldo di richiesta di energia.

11) Si veda la UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.8, funzioni 1 "Priorities only based on loads", 2 "Priorities based on loads and demand" e 3 "Priorities based on generator efficiency".

In assenza di regolazione di cascata e valvole di intercettazione lato acqua, si considerano tutti i generatori sempre inseriti e il carico termico viene ripartito uniformemente fra i generatori.

In presenza di regolazione di cascata, il fattore di ripartizione del carico fra i singoli generatori può essere oggetto di valutazione specifica. Ai fini del calcolo del valore di riferimento delle perdite di produzione per la determinazione del fabbisogno di energia primaria, si assume che tutti i generatori siano in funzione ed il carico termico sia ripartito uniformemente su di essi.

B.2.6 Sottosistemi misti

Nel caso di sottosistemi misti per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria si considerano:

- sottosistemi con generatore di calore combinato;
- sottosistemi con generatore di calore che alimenta un circuito riscaldamento e un circuito produzione acqua calda sanitaria.

In entrambi i casi si hanno due periodi di funzionamento:

- 1) il periodo di attivazione del riscaldamento durante il quale si ha il servizio misto;
- 2) il periodo di non attivazione del riscaldamento durante il quale si ha solo il servizio acqua calda

Il fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria $Q_{h,W}$ nel periodo di calcolo considerato si calcola secondo la presente specifica tecnica.

Durante il periodo (1) il fabbisogno totale risulta dalla somma di due fabbisogni Q_h e $Q_{h,W}$ e si ha quindi un incremento del fattore di carico FC_u , mentre nel caso (2) il fattore di carico è determinato dal solo fabbisogno Q_W .

Nel caso di sottosistemi o di generatori combinati con modalità di funzionamento che prevede un controllo di priorità sulla produzione di acqua calda sanitaria si possono considerare due tempi di funzionamento $t_{gn,H}$ e $t_{gn,W}$ con potenza media rispettivamente $\Phi_{gn,avg,H}$ e $\Phi_{gn,avg,W}$.

B.2.7 Calcolo delle perdite del generatore

I rendimenti secondo la direttiva sono determinati in condizioni nominali di prova. Ai fini della determinazione delle perdite, tali rendimenti devono essere corretti per tenere conto della temperatura dell'acqua nelle condizioni effettive di esercizio.

B.2.7.1 Rendimenti e perdite corretti a potenza nominale

Il rendimento corretto a potenza nominale nelle condizioni di effettivo funzionamento si calcola come segue:

$$\eta_{gn,Pn,cor} = \eta_{gn,Pn} + f_{cor,Pn} \times (\theta_{gn,test,Pn} - \theta_{gn,w}) \quad (B.7)$$

dove:

$\eta_{gn,Pn}$ è il rendimento a potenza nominale determinato secondo le norme pertinenti [%].

In mancanza di dati forniti dal produttore, valori di default possono essere calcolati con l'equazione (B.24);

$f_{cor,Pn}$ è il coefficiente di correzione del rendimento a potenza nominale [%/°C];

Esprime la variazione del rendimento in funzione della temperatura media dell'acqua nel generatore;

$\theta_{gn,test,Pn}$ è la temperatura media dell'acqua nel generatore nelle condizioni di prova a potenza nominale [°C];

$\theta_{gn,w}$ è la temperatura media effettiva dell'acqua nel generatore (o temperatura dell'acqua di ritorno per generatori a condensazione) in funzione delle condizioni effettive di esercizio [°C].

Coefficiente di correzione del rendimento a carico nominale $f_{cor,Pn}$

Tipo di generatore	Temperatura media dell'acqua nel generatore nelle condizioni di prova a pieno carico $\theta_{gn, test, Pn}$	Fattore di correzione [%/°C] $f_{cor,Pn}$
Generatore standard	70 °C	0,04
Generatore a bassa temperatura	70 °C	0,04
Generatore a condensazione a gas	70 °C	0,20
Generatore a condensazione a gasolio	70 °C	0,10

Le perdite corrette a potenza nominale $\Phi_{gn,l,Pn,cor}$ sono date da:

$$\Phi_{gn,l,Pn,cor} = \frac{(100 - \eta_{gn,Pn,cor})}{\eta_{gn,Pn,cor}} \times \Phi_{Pn} \times 1000 \quad [W] \quad (B.8)$$

dove:

Φ_{Pn} è la potenza utile nominale del generatore [kW].

B.2.7.2**Rendimenti e perdite corretti a potenza intermedia**

Il rendimento corretto a potenza intermedia $\eta_{gn,Pint,cor}$ nelle condizioni di effettivo funzionamento si calcola come segue:

$$\eta_{gn,Pint,cor} = \eta_{gn,Pint} + f_{cor,Pint} \times (\theta_{gn, test, Pint} - \theta_{gn,w}) \quad [\%] \quad (B.9)$$

dove:

$\eta_{gn,Pint}$ è il rendimento a potenza intermedia determinato secondo le norme pertinenti [%].

In mancanza di dati forniti dal produttore, valori di default possono essere calcolati con l'equazione (B.25);

$f_{cor,Pint}$ è il coefficiente di correzione del rendimento a potenza intermedia [%/°C];

Esprime la variazione del rendimento in funzione della temperatura media dell'acqua nel generatore. I valori sono riportati nel prospetto B.2;

$\theta_{gn, test, Pint}$ è la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di prova a potenza intermedia (prospetto B.2) [°C];

$\theta_{gn,w}$ è la temperatura media effettiva dell'acqua nel generatore (o temperatura dell'acqua di ritorno per generatori a condensazione) in funzione delle condizioni effettive di funzionamento [°C] a potenza intermedia.

La potenza intermedia dipende dal tipo di generatore. Per generatori a combustibile liquido o gassoso la potenza intermedia Φ_{int} è data da $0,3 \times \Phi_{Pn}$.

Fattore di correzione del rendimento a carico intermedio $f_{cor,Pint}$

Tipo di generatore	Temperatura media dell'acqua nel generatore nelle condizioni di prova a potenza intermedia $\theta_{gn, test, Pint}$	Coefficiente di correzione [%/°C] $f_{cor,Pint}$
Generatore standard	50 °C	0,05
Generatore a bassa temperatura	40 °C	0,05
Generatore a condensazione ^{*)}	30 °C	0,20
Generatore a condensazione a gasolio	70 °C	0,10

^{*)} Per i generatori a condensazione la prova non è effettuata con la media ma con la temperatura di ritorno pari a 30 °C. Il rendimento corrispondente a questo valore può essere applicato ad una temperatura media di 35 °C.

Le perdite corrette a potenza intermedia $\Phi_{gn,l,Pint,cor}$ sono date da:

$$\Phi_{gn,l,Pint,cor} = \frac{(100 - \eta_{gn,Pint,cor})}{\eta_{gn,Pint,cor}} \times \Phi_{Pint} \times 1000 \quad [W] \quad (B.10)$$

dove:

Φ_{Pint} è la potenza utile intermedia [kW].

B.2.7.3

Perdite corrette a carico nullo

Le perdite a carico nullo possono essere dichiarate dal fabbricante qualora siano state determinate in accordo con le norme di prova applicabili (UNI EN 297, UNI EN 483, UNI EN 303-1, UNI EN 13836).

In mancanza di tale dato, valori di default possono essere calcolati con l'equazione (B.23).

Le perdite a carico nullo corrette in base alla temperatura del locale di installazione $\Phi_{gn,i,Po,cor}$ sono:

$$\Phi_{gn,i,Po,cor} = \Phi_{gn,i,Po} \times \left(\frac{\theta_{gn,avg} - \theta_{a,gn}}{\theta_{test,avg} - \theta_{a,test}} \right)^{1,25} \quad [W] \quad (B.11)$$

dove:

$\Phi_{gn,i,Po}$ è la potenza persa a carico nullo - con differenza di temperatura $\Delta\theta_{a,test}$ [W];

$\theta_{a,gn}$ è la temperatura interna del locale di installazione [°C].

Valori di default sono riportati nel prospetto B.3;

$\theta_{gn,avg}$ è la temperatura media dell'acqua nel generatore, nelle condizioni effettive di utilizzo (o temperatura dell'acqua di ritorno per generatori a condensazione) [°C];

$\theta_{test,avg}$ è la temperatura media della caldaia in condizioni di prova.

Valori di default sono riportati nel prospetto B.3 [°C];

$\theta_{a,test}$ è la temperatura dell'ambiente di prova pari a 20 °C.

prospetto B.3

Fattore di riduzione della temperatura b_{gn} e valori convenzionali della temperatura interna del locale dove è installato il generatore $\theta_{a,gn}$

Ubicazione generatore	Fattore b_{gn}	$\theta_{a,gn}$ [°C]
All'aperto	1	Temperatura esterna media del periodo di calcolo (mese o frazione di mese)
In centrale termica	0,3	Come specificato al prospetto A.1
Entro lo spazio riscaldato	0	20

B.2.7.4

Potenza media Φ_{Px} e perdite corrette $\Phi_{gn,i,Px}$ alla potenza media Φ_{Px}

Se la potenza utile effettiva Φ_{Px} , determinata secondo la (B.1), è compresa fra 0 e Φ_{Pint} , le perdite del generatore $\Phi_{gn,i,Px}$ ¹²⁾ si calcolano con:

$$\Phi_{gn,i,Px} = \frac{\Phi_{Px}}{\Phi_{Pint}} \times (\Phi_{gn,i,Pint,cor} - \Phi_{gn,i,Po,cor}) + \Phi_{gn,i,Po,cor} \quad [W] \quad (B.12)$$

Se la potenza utile effettiva Φ_{Px} è compresa fra Φ_{Pint} e Φ_{Pn} le perdite del generatore $\Phi_{gn,i,Px}$ si calcolano come segue:

$$\Phi_{gn,i,Px} = \frac{\Phi_{Px} - \Phi_{Pint}}{\Phi_{Pn} - \Phi_{Pint}} \times (\Phi_{gn,i,Pn,cor} - \Phi_{gn,i,Pint,cor}) + \Phi_{gn,i,Pint,cor} \quad [W] \quad (B.13)$$

Le perdite totali di energia $Q_{gn,i,t}$ nell'intervallo di attivazione del generatore sono date da:

$$Q_{gn,i,t} = \frac{\Phi_{gn,i,Px} \times t_{gn}}{1\,000} \quad [kWh] \quad (B.14)$$

dove:

t_{gn} è la durata dell'attivazione del generatore nell'intervallo di calcolo.

12) $\Phi_{gn,i,Px}$ può essere calcolato anche con un'interpolazione polinomiale di 2° grado:

$$\begin{aligned} \Phi_{gn,i,Px} = & \Phi_{Px}^2 \frac{\Phi_{Pint} (\Phi_{gn,i,Pn,cor} - \Phi_{gn,i,Po,cor}) - \Phi_{Pn} (\Phi_{gn,i,Pint,cor} - \Phi_{gn,i,Po,cor})}{\Phi_{Pn} \Phi_{Pint} (\Phi_{Pn} - \Phi_{Pint})} \\ & + \Phi_{Px} \Phi_{Px}^2 \frac{(\Phi_{gn,i,Pint,cor} - \Phi_{gn,i,Po,cor}) - \Phi_{Pint}^2 (\Phi_{gn,i,Pn,cor} - \Phi_{gn,i,Po,cor})}{\Phi_{Pn} \Phi_{Pint} (\Phi_{Pn} - \Phi_{Pint})} \\ & + \Phi_{gn,i,Po,cor} \end{aligned}$$

B.2.8

Calcolo dell'energia ausiliaria

L'energia ausiliaria totale si calcola con:

$$E_{gn,aux} = (W_{aux,Px} \times t_{gn}) / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (\text{B.15})$$

dove:

$W_{aux,Px}$ potenza degli ausiliari del generatore alla potenza media effettiva [W];

t_{gn} tempo di attivazione del generatore [h].

La potenza degli ausiliari in corrispondenza delle condizioni medie di funzionamento $W_{aux,Px}$ si calcola per interpolazione lineare tra i valori delle potenze degli ausiliari a pieno carico, a carico intermedio e a carico nullo.

Se $FC_{u,Px}$ è compreso tra 0 e $FC_{u,Pint}$ $W_{aux,Px}$ è dato da:

$$W_{aux,Px} = W_{aux,Po} + \frac{FC_{u,Px}}{FC_{u,Pint}} \times (W_{aux,Pint} - W_{aux,Po}) \quad [\text{W}] \quad (\text{B.16})$$

Se $FC_{u,Px}$ è compreso tra $FC_{u,Pint}$ e $FC_{u,Pn}$ $W_{aux,Px}$ è dato da:

$$W_{aux,Px} = W_{aux,Pint} + \frac{(FC_{u,Px} - FC_{u,Pint}) \times (W_{aux,Pn} - W_{aux,Pint})}{FC_{u,Pn} - FC_{u,Pint}} \quad [\text{W}] \quad (\text{B.17})$$

I valori di W_{aux} a carico nominale, a carico intermedio e a carico nullo sono forniti dal fabbricante.

In assenza di tali valori, ai fini del calcolo del rendimento di generazione, essi possono essere determinati come segue:

$$W_{aux,Pi} = G + H \times \Phi_{Pn}^n \quad [\text{W}] \quad (\text{B.18})$$

dove:

$W_{aux,Pi}$ è la potenza degli ausiliari a potenza nominale, intermedia o nulla;

Φ_{Pn} è la potenza termica utile nominale del generatore in kW;

G, H, n sono i parametri riportati nel prospetto B.4 per potenza Φ_{Pn} , Φ_{Pint} , Φ_{Po} .

prospetto B.4

Parametri per il calcolo della potenza degli ausiliari¹³⁾

Tipologia	Potenza	G	H	n
Generatori standard				
Generatori atmosferici a gas	Φ_{Pn}	40	0,148	1
	Φ_{Pint}	40	0,148	1
	Φ_{Po}	15	0	0
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi e gassosi	Φ_{Pn}	0	45	0,48
	Φ_{Pint}	0	15	0,48
	Φ_{Po}	15	0	0
Generatori a bassa temperatura				
Generatori atmosferici a gas	Φ_{Pn}	40	0,148	1
	Φ_{Pint}	40	0,148	1
	Φ_{Po}	15	0	0
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi e gassosi	Φ_{Pn}	0	45	0,48
	Φ_{Pint}	0	15	0,48
	Φ_{Po}	15	0	0
Generatori a condensazione a combustibili liquidi e gassosi	Φ_{Pn}	0	45	0,48
	Φ_{Pint}	0	15	0,48
	Φ_{Po}	15	0	0

13) La potenza elettrica dei generatori di calore comprende normalmente la potenza elettrica totale di tutti gli ausiliari montati a bordo del generatore. Sono ovviamente escluse eventuali pompe installate sul circuito primario di generazione esterne al generatore.

Le potenze elettriche degli ausiliari, determinate per default secondo quanto specificato nella presente specifica tecnica, si riferiscono a tutti gli ausiliari normalmente a bordo del generatore. In alcuni casi le potenze così determinate possono risultare maggiori di quelle effettive.

B.2.9 Calcolo dell'energia recuperabile

B.2.9.1 Generalità

L'energia termica recuperabile è:

- 1) energia recuperabile dall'energia degli ausiliari elettrici;
- 2) energia termica recuperabile dalle perdite dell'involucro.

B.2.9.2 Energia termica recuperabile dall'energia ausiliaria elettrica

I valori di rendimento dichiarati in base alla Direttiva 92/42/CEE tengono già conto del recupero di energia elettrica ceduta al fluido termovettore.

Ai fini del calcolo dell'energia termica recuperabile si considera la quota di energia termica trasmessa all'acqua dell'impianto pari a 0,75 del totale. La quota di energia termica ceduta in ambiente dagli ausiliari elettrici si assume quindi pari a 0,25 del totale.

Si considerano perciò solo i recuperi verso l'ambiente di installazione. L'energia ausiliaria recuperata $Q_{aux,gn,rl}$ è data da:

$$Q_{aux,gn,rl} = E_{gn,aux} (1-0,75) \times (1 - b_{gn}) = E_{gn,aux} \times 0,25 \times (1 - b_{gn}) \quad [\text{kWh}] \quad (\text{B.19})$$

dove:

b_{gn} è il fattore di riduzione della temperatura in base all'ubicazione del generatore.

B.2.9.3 Energia termica recuperabile dall'involucro del generatore

Si considerano recuperabili solo le perdite all'involucro del generatore $Q_{gn,env,rl}$. Esse vengono espresse come frazione delle perdite totali a carico nullo e si calcolano con:

$$Q_{gn,env,rl} = \frac{\Phi_{gn,l,Po,cor} \times (1 - b_{gn}) \times \rho_{gn,env} \times t_{gn}}{1\,000} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{B.20})$$

dove:

$\rho_{gn,env}$ è la frazione delle perdite a carico nullo - attribuita a perdite all'involucro del generatore

In assenza di dati dichiarati dal fabbricante, valori di default sono riportati nel prospetto B.5;

t_{gn} è la durata dell'attivazione del generatore nell'intervallo di calcolo [s].

prospetto B.5

Frazione delle perdite a carico nullo attribuite al mantello - in funzione del tipo di bruciatore

Tipo di bruciatore	$\rho_{gn,env}$
Bruciatore atmosferico	0,50
Bruciatore ad aria soffiata	0,75

B.2.9.4 Energia termica recuperata complessiva

Le perdite recuperabili totali $Q_{gn,rl}$ si calcolano con:

$$Q_{gn,rl} = Q_{gn,env,rl} + Q_{aux,gn,rl} \quad [\text{Wh}] \quad (\text{B.21})$$

Le perdite recuperabili si considerano tutte recuperate e devono essere portate in deduzione alle perdite totali.

B.2.10 Fabbisogno di energia per la combustione

Il fabbisogno di energia per la combustione si calcola con:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{l,gn} - Q_{l,gn,th} \quad [\text{Wh}] \quad (\text{B.22})$$

B.2.11

Perdite a carico nullo

Qualora non siano specificate dal fabbricante, le perdite a carico nullo, si calcolano come segue:

$$\Phi_{gn,I,Po} = \Phi_{Pn} \times \frac{E}{100} \times \left(\frac{\Phi_{Pn}}{1000} \right)^F \quad [\text{kW}] \quad (\text{B.23})$$

dove:

Φ_{Pn} è la potenza utile nominale espressa in W, col limite massimo di 400 kW. Per potenze utili nominali maggiori di 400 kW, si assume comunque tale valore limite;

E, F sono i parametri riportati nel prospetto B.6.

prospetto B.6

Parametri per la determinazione delle perdite a carico nullo di default

Tipo di generatore	E	F	$\theta_{\text{test,avg}}$
Generatore standard			
Atmosferico	8,5	-0,4	70
Aria soffiata	8,5	-0,4	70
Generatore a bassa temperatura			
Atmosferico	6,5	-0,35	70
Aria soffiata	5,0	-0,35	70
Generatore a condensazione	4,8	-0,35	70

B.2.12

Rendimenti minimi a carico nominale e a carico parziale secondo la Direttiva 92/42/CEE

Il rendimento minimo del generatore a pieno carico prescritto dalla normativa vigente si determina come segue:

$$\eta_{gn,Pn} = A + B \times \log \Phi'_{Pn} \quad [\%] \quad (\text{B.24})$$

Il rendimento minimo del generatore a carico parziale (30%) si determina come segue:

$$\eta_{gn,Pint} = C + D \times \log \Phi'_{Pn} \quad [-] \quad (\text{B.25})$$

dove:

Φ'_{Pn} è la potenza utile nominale espressa in kW, col limite massimo di 400 kW. Se la potenza utile nominale è maggiore di 400 kW, i rendimenti si determinano utilizzando 400 kW nelle formule precedenti;

A, B, C, D sono i parametri riportati nel prospetto B.7.

prospetto B.7

Parametri per la determinazione dei rendimenti minimi

Tipo di generatore	A	B	C	D
Generatore standard	84	2	80	3
Generatore a bassa temperatura	87,5	1,5	87,5	1,5
Generatore a condensazione	91	1	97	1

B.3

Metodo analitico di calcolo delle perdite di generazione

Il metodo di calcolo analitico richiede, oltre ai valori prestazionali che devono essere normalmente forniti dal fabbricante del generatore, altri valori. Tali valori sono generalmente forniti nella letteratura tecnica dei prodotti. In caso contrario si deve ricorrere ai valori di default riportati nella presente specifica tecnica.

B.3.1

Principio del metodo

Il metodo di calcolo è basato sui seguenti principi:

1) Il tempo totale di funzionamento t_{gn} del generatore (tempo di attivazione) è suddiviso in due parti:

- funzionamento con fiamma del bruciatore accesa, t_{on} ;
- tempi di attesa con fiamma del bruciatore spenta (stand-by) t_{off}

Il tempo di attivazione è quindi dato da: $t_{gn} = t_{on} + t_{off}$

2) Le perdite sono valutate separatamente in questi due periodi di tempo.
Durante il funzionamento con fiamma del bruciatore accesa si tiene conto delle seguenti perdite:

- perdite di calore sensibile a bruciatore acceso: $Q_{ch,on}$
- perdite all'involucro del generatore: $Q_{gn,env}$

Durante i tempi di attesa con fiamma del bruciatore spenta (stand-by) si tiene conto delle seguenti perdite:

- perdite di calore sensibile al camino a bruciatore spento: $Q_{ch,off}$
- perdite all'involucro del generatore: $Q_{gn,env}$

3) L'energia ausiliaria è trattata separatamente in relazione ad apparecchi posti funzionalmente prima o dopo la camera di combustione:

$Q_{aux,af}$ energia ausiliaria per apparecchi dopo la camera di combustione (pompe di circolazione primarie funzionanti per tutto il periodo di attivazione del generatore di calore) $t_{gn} = t_{on} + t_{off}$.

$Q_{aux,br}$ energia ausiliaria per apparecchi prima della camera di combustione (in particolare il ventilatore dell'aria comburente), funzionanti solo quando il bruciatore è acceso.

k_{af} e k_{br} sono le frazioni recuperate di queste energie ausiliarie

Si ha quindi:

$Q_{aux,af,rh} = k_{af} \times Q_{aux,af}$ energia termica recuperata dagli apparecchi dopo la camera di combustione, funzionanti per tutto il periodo attivazione del generatore di calore $t_{gn} = t_{on} + t_{off}$.

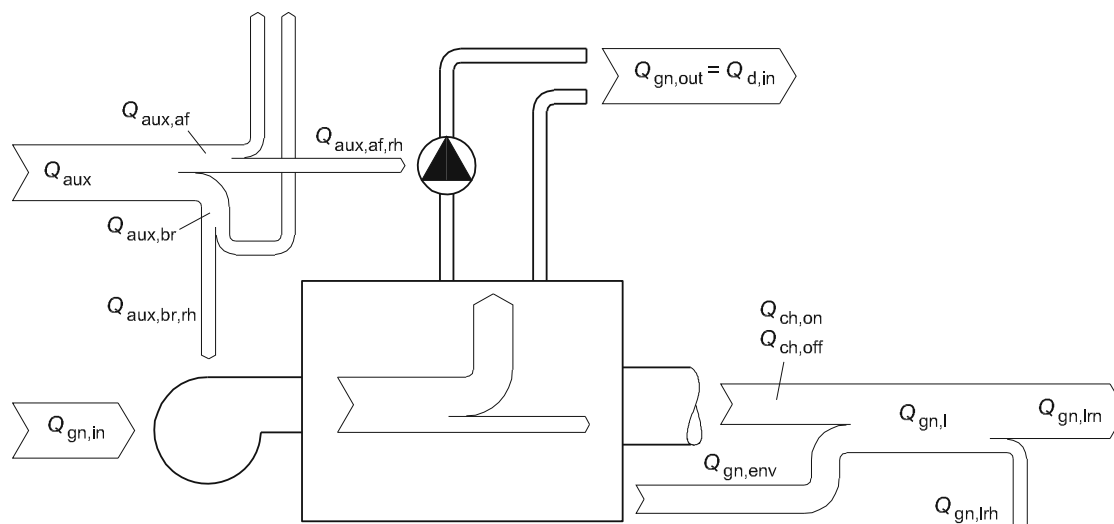
$Q_{aux,br,rh} = k_{br} \times Q_{aux,br}$ energia termica recuperata da apparecchi prima della camera di combustione funzionanti solo quando il bruciatore è acceso (ossia solo durante t_{on}).

L'energia termica utile fornita all'acqua uscente dal sottosistema di generazione è:

$$Q_{gn,out} = Q_{cn} + (Q_{aux,br,rh} + Q_{aux,af,rh}) - (Q_{ch,on} + Q_{ch,off} + Q_{gn,env}) \quad [Wh] \quad (B.26)$$

Il bilancio energetico è illustrato nella figura B.1.

figura B.1 Schema di bilancio energetico del sottosistema di generazione



$P'_{ch,on}$, $P'_{ch,off}$ e $P'_{gn,env}$ rappresentano i fattori di perdita percentuale rispetto alla potenza termica di prova.

Il generatore di calore è caratterizzato dai seguenti parametri:

- Φ_{cn} potenza al focolare del generatore. E' la potenza di riferimento per le perdite al camino a bruciatore acceso $P'_{ch,on}$ ¹⁴⁾;
- Φ_{ref} potenza di riferimento per i fattori di perdita $P'_{ch,off}$ e $P'_{gn,env}$ ¹⁵⁾;
- $P'_{ch,on}$, $P'_{ch,off}$, $P'_{gn,env}$ perdite in condizioni di prova;
- W_{br} potenza elettrica degli ausiliari del generatore posti prima del focolare, con riferimento al flusso di energia (per esempio: ventilatore aria comburente, riscaldamento del combustibile, ecc.);
- k_{br} fattore di recupero di $W_{br} = 0,8$;
- W_{af} potenza elettrica degli ausiliari del generatore posti dopo il focolare, con riferimento al flusso di energia (per esempio: pompa primaria);
- k_{af} fattore di recupero = 0,8;
- $\theta'_{gn,w,test}$ temperatura media di prova del generatore per $P_{ch,on}$;
- θ'_{ch} temperatura fumi in condizioni di prova per $P_{ch,on}$;
- $\Delta\theta_{gn,env,ref} = \theta_{gn,w,test} - \theta_{a,gn,test}$ in condizioni di prova per $P_{gn,env}$ e $P_{ch,off}$;
- Esponenti n, m e p per la correzione delle perdite.

Per generatori a stadi o modulanti, sono richiesti i seguenti dati aggiuntivi:

- $\Phi_{cn,min}$ minima potenza continua al focolare a fiamma accesa;
- $W_{br,min}$ potenza elettrica degli ausiliari a $\Phi_{cn,min}$;
- $P'_{ch,on,min}$ fattore di perdita $P_{ch,on}$ a $\Phi_{cn,min}$.

Per generatori a condensazione, sono richiesti i seguenti dati aggiuntivi:

- $\Delta T_{w,fl}$ Differenza di temperatura fra fumi ed acqua di ritorno in caldaia a potenza nominale;
- $O_{2,fl,dry}$ Contenuto di ossigeno nei gas di combustione.

Per generatori a condensazione a stadi o modulanti, sono richiesti i seguenti dati aggiuntivi:

- $\Delta T_{w,fl,min}$ Differenza di temperatura fra fumi ed acqua di ritorno in caldaia alla potenza minima;
- $O_{2,fl,dry,min}$ Contenuto di ossigeno nei gas di combustione alla potenza minima.

Le condizioni di funzionamento sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- $Q_{gn,out}$ fabbisogno di calore dei sottosistemi di distribuzione;
- $\theta_{gn,w,avg}$ temperatura media dell'acqua in caldaia;
- $\theta_{gn,w,r}$ temperatura di ritorno dell'acqua in caldaia (per generatori a condensazione);
- $\theta_{a,gn}$ temperatura dell'ambiente ove è installato il generatore;
- $k_{gn,env}$ fattore di riduzione delle perdite all'involucro;
- FC fattore di carico del focolare.

Nota I fattori di carico e le potenze sono riferite alla potenza al focolare del generatore.

I risultati del calcolo sono:

- il fabbisogno di combustibile $Q_{gn,in}$;
- le perdite totali di generazione $Q_{gn,l,t}$;
- il fabbisogno complessivo di energia ausiliaria W_{gn} ;
- le eventuali perdite recuperabili $Q_{gn,l,rh}$.

14) Nel caso di generatori nuovi o, comunque certificati, la potenza Φ_{cn} è la potenza del focolare corrispondente alla potenza termica utile nominale. Per valutazioni su generatori esistenti precedenti all'entrata in vigore della Direttiva 92/42/CEE si può utilizzare il presente metodo ricorrendo a misure in campo per determinare la potenza del focolare nelle effettive condizioni di funzionamento.

15) Solitamente $\Phi_{ref} = \Phi_{cn}$. La separazione viene fatta solo per consentire l'utilizzo nelle formule di eventuali dati sperimentali misurati in condizioni diverse da quelle di potenza nominale.

B.3.2

Fattore di carico al focolare

Il fattore di carico FC è dato da:

$$FC = \frac{t_{on}}{t_{gn}} = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad [\%] \quad (B.27)$$

dove:

t_{gn} tempo di attivazione del generatore[s];

t_{on} tempo di accensione del bruciatore (apertura della valvola del combustibile, si trascurano pre e post ventilazione) [s];

t_{off} tempo di attesa a bruciatore spento (e generatore in temperatura)[s].

Il fattore di carico può essere calcolato oppure misurato in opera (per esempio con contaore) nel caso di impianti esistenti.

B.3.3

Perdite del generatore

Nel caso di generatori nuovi, o comunque con dati dichiarati secondo la Direttiva 92/42/CEE, le perdite in condizioni di prova sono dichiarate dal fabbricante del generatore. Nei casi specificati nella nota (17), le perdite possono essere rilevate in opera. Negli altri casi, si utilizzano i valori di default riportati nei prospetti della presente specifica tecnica.

Nel rapporto di calcolo deve essere indicata l'origine dei dati utilizzati.

Le perdite in condizioni di prova devono essere corrette per tenere conto delle specifiche condizioni di funzionamento. Ciò si applica sia ai dati dichiarati dal fabbricante, sia ai dati ricavati dai prospetti, sia ai dati misurati in opera.

Le perdite in condizioni di riferimento sono identificate dall'apice '.

B.3.3.1

Perdite al camino a bruciatore acceso, corrette $P'_{ch,on}$

Si effettua la correzione di queste perdite per tenere conto degli effetti determinati da:

- temperatura media in caldaia;
- fattore di carico;
- regolazioni del bruciatore (potenza ed eccesso d'aria).

Le perdite corrette al camino a bruciatore acceso $P'_{ch,on}$ sono date calcolate come¹⁶⁾:

$$P'_{ch,on} = (P'_{ch,on} + (\theta_{gn,w,avg} - \theta_{gn,test}) \times 0,045) \times FC^n \quad [\%] \quad (B.28)$$

dove:

$P'_{ch,on}$ sono le perdite al camino a bruciatore acceso (complemento a 100 del rendimento di combustione) in percentuale della potenza al focolare Φ_{on} e in condizioni di prova, determinate alla temperatura di prova $\theta'_{gn,w,test}$ ¹⁷⁾ [%].

Se non sono disponibili altri dati, valori di default sono riportati nel prospetto B.8;

Nel rapporto di calcolo deve essere indicata l'origine dei dati utilizzati;

16) Note esplicative sulla formula (B.28).

La formula tiene conto della variazione del rendimento di combustione con la temperatura dell'acqua assumendo una correlazione lineare. L'ipotesi è che il DT fra acqua e fumi rimanga costante (cioè un aumento di 20 °C della temperatura dell'acqua causa un aumento della temperatura dei fumi di 20 °C). Un aumento di 22 °C della temperatura dei fumi produce una diminuzione di rendimento dell' 1%; di qui il fattore 0,045.

Detto fattore è valido per il calore sensibile. L'eventuale calore latente è oggetto di trattazione separata.

La formula non tiene conto esplicitamente dell'effetto della regolazione del rapporto aria/combustibile. La costante 0,045 è valida per eccessi d'aria normali (3% O₂ nei fumi). Per nuovi impianti si ipotizza una regolazione corretta. Per sistemi esistenti l'eccesso d'aria contribuisce a $P'_{ch,on}$. Se opportuno il fattore 0,045 può essere ricalcolato in accordo all'eccesso d'aria misurato.

La formula non tiene conto esplicitamente della potenza massima al focolare regolata effettiva Φ_{on} . Se tale potenza è significativamente inferiore a quella nominale, $P'_{ch,on}$ dovrebbe essere misurata.

17) Il fattore di perdita $P'_{ch,on}$, riferito al corrispondente valore di $\theta_{gn,test}$, può essere dichiarato dal fabbricante dell'apparecchio.

In impianti esistenti, $P'_{ch,on}$ può essere ottenuto da una misura del rendimento di combustione secondo la UNI 10389-1.

$\theta_{gn,test}$ è la temperatura media nel generatore (media aritmetica di mandata e ritorno) in condizioni di prova; [°C];

$\theta_{gn,w,avg}$ è la temperatura media nel generatore (media aritmetica di mandata e ritorno) in condizioni di funzionamento reali. Nel caso di generatori a condensazione, al posto della temperatura media si utilizza la temperatura di ritorno in condizioni effettive $\theta_{gn,w,r}$ [°C];

n è l'esponente del fattore FC .

Valori di default dell'esponente n sono dati nel prospetto B.9, in funzione della massa specifica del generatore, M_{gn} .

FC^n tiene conto della riduzione di perdite in caso di elevate intermittenze, legate alle minori temperature dei prodotti della combustione allo scarico della caldaia. Un elevato valore di n è correlato ad una elevata massa specifica per kW della superficie di scambio fra fumi ed acqua M_{gn} .

Se la temperatura $\theta_{gn,test}$ è dichiarata dal fabbricante dell'apparecchio essa deve corrispondere a quella del valore ϕ_{cn} dichiarato.

In impianti esistenti, $\theta_{gn,test}$ deve essere rilevata contestualmente alla misura del rendimento di combustione. Nel caso di generatori a condensazione, al posto della temperatura media si utilizza la temperatura di ritorno in condizioni di riferimento $\theta_{gn,test,r}$. Devono essere utilizzati valori di $P'_{ch,on}$ privi di contributi di recupero di calore latente per condensazione, che è calcolato separatamente.

prospetto B.8

Valori di default per $P'_{ch,on}$ e $\theta_{gn,test}$

Descrizione	$\theta_{gn,test}$	$P'_{ch,on}$ [%]
Generatore atmosferico tipo B	70	12
Generatore di tipo C (tiraggio forzato)	70	10
Caldaia a gas con bruciatore ad aria soffiata	70	10
Caldaia a gasolio/biodiesel con bruciatore ad aria soffiata	70	10

prospetto B.9

Valori di default dell'esponente n

Tipologia del generatore	M_{gn}	n
Generatore a parete, generatori in alluminio	0-1 kg/kW	0,05
Generatore di acciaio	1-2 kg/kW	0,1
Generatore in ghisa	>2 kg/kW	0,15

B.3.3.2

Perdite al mantello corrette $P'_{gn,env}$

Le perdite al mantello corrette $P'_{gn,env}$ sono calcolate come¹⁸⁾:

$$P'_{gn,env} = P'_{gn,env} \times k_{gn,env} \times \frac{(\theta_{gn,w,avg} - \theta_{a,gn})}{(\theta_{gn,w,test} - \theta_{a,test})} \times FC^m \quad [\%] \quad (B.29)$$

dove:

$P'_{gn,env}$ sono le perdite al mantello in condizioni di prova.

Esse devono essere espresse come percentuale di una potenza di riferimento ϕ_{ref} (solitamente la potenza nominale al focolare del generatore).

18) *Note esplicative sulla formula (B.29).*

La formula tiene conto della variazione delle perdite al mantello con la differenza fra la temperatura dell'acqua in caldaia e la temperatura dell'ambiente di installazione assumendo una correlazione lineare (la dispersione al mantello è controllata dalla conduzione nei materiali isolanti, che è lineare).

$P'_{gn,env}$ corrisponde alla differenza fra il rendimento di combustione ed il rendimento utile in condizioni di riferimento (funzionamento continuo).

Il fattore FC^m tiene conto della riduzione delle perdite al mantello se la temperatura media della massa del generatore si riduce durante il funzionamento in stand by. Ciò avviene solo se la regolazione della temperatura ambiente interrompe la circolazione dell'acqua in caldaia. In tutti gli altri casi si assume $m = 0$.

In assenza di dati dichiarati dal fabbricante, $P'_{gn,env}$ si calcola come

$$P'_{gn,env} = c_2 - c_3 \times \lg \Phi_{cn} [\%] \quad (B.30)$$

dove:

c_2 e c_3 sono i valori di default indicati nel prospetto B.10;

$k_{gn,env}$ è il fattore di riduzione delle perdite in accordo con l'ubicazione del generatore. Il valore di $k_{gn,env}$ è riportato nel prospetto B.11. $k_{gn,env}$ tiene conto delle perdite recuperate come riduzione delle perdite totali;

$\theta_{a,test}$ è la temperatura ambiente in condizioni di prova. Il valore di default è 20°C[°C];

$\theta_{a,gn}$ è la temperatura dell'ambiente di installazione del generatore. [°C]

m è l'esponente del fattore FC . Valori di default dell'esponente m sono dati nel prospetto B.12 in funzione del parametro caratteristico M_{gn} definito come rapporto fra la massa complessiva del generatore (metallo + refrattari + isolanti) e la sua potenza nominale al focolare.

prospetto B.10

Valori di default dei parametri c_2 e c_3

Tipo di isolamento del mantello	c_2	c_3
Generatore alto rendimento, ben isolato	1,72	0,44
Generatore ben isolato e mantenuto	3,45	0,88
Generatore vecchio, isolamento medio	6,90	1,76
Generatore vecchio, isolamento scadente	8,36	2,2
Generatore non isolato	10,35	2,64

prospetto B.11

Valori di default del parametro $k_{gn,env}$ e delle temperature ambiente di prova ed effettive

Tipo ed ubicazione del generatore	$k_{gn,env}$	$\theta'_{a,test}$	$\theta_{a,gn}$
Generatore installato entro lo spazio riscaldato	0,1	20	20
Generatore di tipo B installato entro lo spazio riscaldato	0,2	20	20
Generatore in centrale termica	0,7	20	15
Generatore all'esterno	1	20	T_e media esterna

prospetto B.12

Valori di default dei parametri m e p

Descrizione	M_{gn} kg/kW	m	p
Circolazione permanente di acqua in caldaia		0,0	0,0
Interruzione della circolazione in caldaia a temperatura ambiente raggiunta. La pompa primaria si ferma alcuni minuti dopo il bruciatore ed entrambi vengono fermati dal termostato ambiente	<1	0,15	0,15
	1 ÷ 3	0,1	0,1
	>3	0,05	0,05

B.3.3.3

Perdite al camino a bruciatore spento, corrette, $P_{ch,off}$

Questa perdita tiene conto della circolazione parassita di aria nel circuito aria-fumi a bruciatore spento per effetto del tiraggio.

Le perdite al camino a bruciatore spento corrette $P_{ch,off}$ si calcolano come segue:

$$P_{ch,off} = P'_{ch,off} \times \frac{(\theta_{gn,w,avg} - \theta_{a,gn})}{(\theta_{gn,w,test} - \theta_{a,test})} \times FC^p [\%] \quad (B.31)$$

dove:

$P'_{ch,off}$ sono le perdite al camino a bruciatore spento in condizioni di prova. $P'_{ch,off}$ è espresso come percentuale della potenza di riferimento Φ_{ref} (solitamente la potenza nominale al focolare del generatore). In mancanza di dati dichiarati dal fabbricante, si applicano i valori di default riportati nel prospetto B.13;

ρ è l'esponente del fattore FC^{19} . Valori di default dell'esponente ρ sono dati nel prospetto B.13.

prospetto B.13

Valori di default di $P'_{ch,off}$

Descrizione	$P'_{ch,off}$ [%]
Generatori con bruciatori ad aria soffiata a combustibile liquido e gassoso con chiusura dell'aria comburente all'arresto	0,2
Generatori con bruciatori soffiati a combustibile liquido e gassoso a premiscelazione totale	0,2
Generatori con scarico a parete	0,2
Generatori con bruciatori ad aria soffiata a combustibile liquido e gassoso senza chiusura dell'aria comburente all'arresto	
Altezza camino <10 m	1,0
Altezza camino >10 m	1,2
Generatori con bruciatori atmosferici a gas	
Altezza camino <10 m	1,2
Altezza camino >10 m	1,6

B.3.3.4

Perdite totali di energia

Le perdite totali di energia del sottosistema generazione $Q_{gn,l}$ sono date da:

$$Q_{gn,l} = Q_{ch,on} + Q_{ch,off} + Q_{gn,env} \quad [Wh] \quad (B.32)$$

Le perdite al camino a bruciatore acceso $Q_{ch,on}$ sono date da:

$$Q_{ch,on} = \frac{P_{ch,on}}{100} \times \Phi_{cn} \times t_{on} \quad [Wh] \quad (B.33)$$

Le perdite al camino a bruciatore spento $Q_{ch,off}$ sono date da:

$$Q_{ch,off} = \frac{P_{ch,off}}{100} \times \Phi_{ref} \times t_{off} \quad [Wh] \quad (B.34)$$

Le perdite al mantello $Q_{gn,env}$ sono date da:

$$Q_{gn,env} = \frac{P_{gn,env}}{100} \times \Phi_{ref} \times (t_{off} + t_{on}) \quad [Wh] \quad (B.35)$$

B.3.4

Energia ausiliaria

Per ogni dispositivo che utilizzi energia ausiliaria occorre determinare la potenza elettrica $\Phi_{el,i}$.

Il valore può essere:

- dichiarato dal fabbricante dell'apparecchiatura;
- misurato in campo;
- calcolato.

La potenza totale degli ausiliari elettrici può essere calcolata con la seguente formula:

$$W_{aux,gn} = W_{br} + W_{af} \quad [W] \quad (B.36)$$

I termini W_{br} e W_{af} sono determinati con la seguente formula:

$$W_x = c_4 + c_5 \left(\frac{\Phi_{cn}}{1000} \right)^n \quad [W] \quad (B.37)$$

19) Il fattore FC^{ρ} tiene conto della riduzione delle perdite al camino a bruciatore spento se la temperatura media della massa del generatore si riduce durante il funzionamento in stand-by. Ciò avviene solo se la regolazione della temperatura ambiente interrompe la circolazione dell'acqua in caldaia. In tutti gli altri casi si assume $\rho = 0$.

dove:

c_4, c_5, n parametri di default riportati nel prospetto B.14;

Φ_{cn} potenza del focolare, espressa in Watt.

L'origine dei dati deve essere riportata nella relazione di calcolo.

Nota Per i carichi elettrici variabili utilizzare la potenza media.

prospetto B.14

Parametri per il calcolo della potenza degli ausiliari

Ausiliari	Tipo di apparecchio	c_4	c_5	n
W_{br}	Generatore con bruciatore atmosferico	40	0,148	1
W_{br}	Generatore con bruciatore ad aria soffiata	0	45	0,48
W_{af}	Generatori con pompa primaria ¹⁾ (indipendentemente dal tipo di bruciatore)	100	2	1

1) Qualora il generatore non sia dotato di pompa di circolazione primaria si considerino $W_{af} = 0$.

L'energia ausiliaria complessiva $E_{aux,gn}$ assorbita dal sottosistema di generazione è data da:

$$E_{aux,gn} = \sum_i W_{aux,gn} \times t_{on,i} \text{ [Wh]} \quad (\text{B.38})$$

L'energia elettrica ausiliaria si suddivide tra quella assorbita da dispositivi ausiliari posti a monte del focolare (per esempio ventilatore aria comburente, pompe combustibile ecc.) e quella assorbita da dispositivi posti a valle del focolare (per esempio pompe del generatore). Una quota di ciascuna delle due energie elettriche assorbita può essere recuperata come energia termica.

L'energia ausiliaria immessa prima del focolare E_{br} e recuperata è data da:

$$E_{br} = \sum_i W_{br,i} \times t_{on} \times k_{br,i} = W_{br} \times k_{br} \times t_{on} \text{ [Wh]} \quad (\text{B.39})$$

dove:

$$t_{on} = FC \times t_{gn};$$

$k_{br,i}$ è il fattore di recupero dell'energia elettrica immessa prima del focolare pari a 0,8.

L'energia ausiliaria immessa dopo il focolare Q_{af} e recuperata è data da:

$$E_{af} = \sum_i W_{af,i} \times t_{on} \times k_{af,i} = W_{af} \times k_{af} \times t_{on} \text{ [Wh]} \quad (\text{B.40})$$

dove:

$k_{af,i}$ è il fattore di recupero dell'energia elettrica immessa dopo il focolare assunto pari a 0,8.

B.3.5

Procedura di calcolo

Sono previste le seguenti procedure di calcolo a seconda del tipo di generatore:

- generatori di calore monostadio;
- generatori di calore multistadio o modulanti;
- generatori di calore a condensazione;
- generatori modulari.

B.3.5.1

Generatori monostadio

- 1) Determinare la quantità di calore che il generatore deve fornire $Q_{gn,out}$. In assenza di accumulo esso è uguale alla somma dei fabbisogni di calore $Q_{d,in,i}$ dei sottosistemi di distribuzione da esso alimentati.

Nel caso di più sottosistemi di generazione, far riferimento al punto B.2.5 per la ripartizione del carico totale fra i generatori e determinare il carico $Q_{gn,out,i}$ di ciascun generatore;

- 2) Determinare il tempo di attivazione del generatore t_{gn} (tempo complessivo $t_{on} + t_{off}$);
- 3) Porre il fattore di carico $FC = 1$. Il valore corretto di FC è determinato per iterazioni successive. Se il valore di FC è noto (misurato in un sistema reale), eseguire i passi 4 e 5 e poi passare direttamente al passo 8 (non è richiesto il calcolo iterativo);
- 4) Determinare il valore dei fattori di perdita corretti $P_{ch,on}$, $P_{ch,off}$ e $P_{gn,env}$ in conformità al punto B.3.3 ed utilizzando il valore corrente di FC ;

- 5) Determinare i valori di $E_{aux,gn}$, E_{br} , E_{af} in conformità alle formule (B.38), (B.39) e (B.40), utilizzando il valore corrente di FC;
- 6) Determinare il nuovo valore di FC con:

$$FC = \frac{100 \times (Q_{gn,out} - Q_{af}) + P_{ch,off} + P_{gn,env}}{100 \times \frac{\Phi_{cn} + k_{br} \times W_{br}}{\Phi_{ref}} - \frac{\Phi_{cn}}{\Phi_{ref}} P_{ch,on} + P_{ch,off}} \quad [-] \quad (B.41)$$

- 7) ripetere i passi 4, 5 e 6 finché FC converge (variazione di FC minori di 0,01)²⁰;
- 8) calcolare il fabbisogno di combustibile con:

$$Q_{gn,in} = \Phi_{cn} \times t_{gn} \times FC \quad [Wh] \quad (B.42)$$

- 9) calcolare le perdite totali con:

$$Q_{gn,l,t} = Q_{gn,in} - Q_{gn,out} + Q_{br} + Q_{af} \quad [Wh] \quad (B.43)$$

Non vi sono perdite recuperabili del generatore in quanto le perdite sono state già considerate nel calcolo.

B.3.5.2

Generatori multistadio e modulanti

Un generatore multistadio o modulante è caratterizzato da 3 stati tipici di funzionamento:

- 1) bruciatore spento;
- 2) bruciatore acceso alla minima potenza;
- 3) bruciatore acceso alla massima potenza.

Il metodo di calcolo ipotizza due sole possibili situazioni:

- il generatore funziona ad intermittenza alla minima potenza;
- il generatore funziona con continuità ad una potenza compresa fra il minimo ed il massimo.

I seguenti dati aggiuntivi sono richiesti per caratterizzare un generatore multistadio o modulante:

$\Phi_{cn,min}$ potenza minima al focolare di funzionamento continuo a fiamma accesa;

$P'_{ch,on,min}$ fattori di perdita $P_{ch,on}$ alla potenza minima al focolare $\Phi_{cn,min}$;

$\Phi_{br,min}$ potenza degli ausiliari elettrici alla potenza minima al focolare $\Phi_{cn,min}$.

In mancanza di dati dichiarati dal fabbricante o di misure in campo, valori di default sono riportati nel prospetto B.16 e nel prospetto B.17.

Si considera che i valori nominali siano quelli alla potenza massima, perciò:

$\Phi_{cn,max} = \Phi_{cn}$ potenza massima al focolare [W];

$P'_{ch,on,max} = P'_{ch,on}$ fattore di perdita $P'_{ch,on}$ alla potenza massima al focolare [%].

Il calcolo inizia utilizzando il metodo definito nel punto B.3.5.1 utilizzando:

$\Phi_{cn,min}$ al posto di Φ_{cn} ;

$P'_{ch,on,min}$ al posto di $P'_{ch,on}$;

$\Phi_{br,min}$ al posto di Φ_{br} .

Se FC converge ad un valore minore od uguale ad 1, si procede fino al termine della procedura prevista per i generatori monostadio.

Se FC converge ad un valore maggiore di 1, si calcola la potenza media al focolare Φ_{avg} con la seguente procedura:

- 1) Determinare la quantità di calore che il generatore deve fornire $Q_{gn,out}$. In assenza di accumulo esso è uguale alla somma dei fabbisogni di calore $Q_{d,in,i}$ dei sottosistemi di distribuzione alimentati.

Nel caso di più sottosistemi di generazione, far riferimento al punto B.2.5 per la ripartizione del carico totale fra i generatori e determinare il carico $Q_{gn,out,i}$ di ciascun generatore;

- 2) Calcolare $P_{gn,env}$ con la formula (B.29) assumendo $FC = 1$;

20) Generalmente è sufficiente una sola iterazione. Possono essere necessarie più iterazioni quando FC è prossimo a zero.

- 3) Calcolare $P_{ch,on,min}$ e $P_{ch,on,max}$ con la formula (B.28) assumendo $FC = 1$;
- 4) Calcolare Q_{af} con la formula (B.40);
- 5) Porre $\Phi_{cn,avg} = \Phi_{cn}$;
- 6) Calcolare $P_{ch,on,avg}$ con:

$$P_{ch,on,avg} = P_{ch,on,min} + (P_{ch,on} - P_{ch,on,min}) \times \frac{\Phi_{cn,avg} - \Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn,max} - \Phi_{cn,min}} \quad [\%] \quad (B.44)$$

- 7) Calcolare $\Phi_{br,avg}$ con:

$$\Phi_{br,avg} = \Phi_{br,min} + (\Phi_{br,max} - \Phi_{br,min}) \times \frac{\Phi_{cn,avg} - \Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn,max} - \Phi_{cn,min}} \quad [W] \quad (B.45)$$

- 8) Calcolare una nuova $\Phi_{cn,avg}$ con:

$$\Phi_{cn,av} = \frac{\frac{Q_{gn,out} - Q_{af}}{t_{gn}} + \frac{P_{gn,env}}{100} \times \Phi_{ref} - k_{br} \times W_{br,avg}}{1 - \frac{P_{ch,on,avg}}{100}} \quad [W] \quad (B.46)$$

- 9) Ripetere i passi 6, 7 e 8 finché $\Phi_{cn,avg}$ converge. Tipicamente una sola iterazione è sufficiente;

- 10) Calcolare il fabbisogno di combustibile con:

$$Q_{gn,in} = \Phi_{cn,avg} \times t_{gn} \quad [Wh] \quad (B.47)$$

- 11) Calcolare l'energia ausiliaria totale con:

$$Q_{gn,aux} = t_{gn} \times (W_{af} + W_{br,avg}) \quad [Wh] \quad (B.48)$$

- 12) Calcolare l'energia ausiliaria recuperata con:

$$Q_{aux,gn,r,rh} = t_{gn} \times (W_{af} \times k_{af} + W_{br,avg} \times k_{br}) \quad [Wh] \quad (B.49)$$

- 13) Calcolare le perdite totali con:

$$Q_{gn,l,t} = Q_{gn,in} - Q_{gn,out} + k_{br} \times W_{br} \times t_{gn} + k_{af} \times W_{af} \times t_{gn} \quad [Wh] \quad (B.50)$$

prospetto B.15

Valori di default della potenza minima al focolare per generatori multistadio o modulanti

Descrizione	Valore
Generatori con bruciatore di gas	$0,3 \times \Phi_{cn}$
Generatori con bruciatore di combustibile liquido	$0,5 \times \Phi_{cn}$

prospetto B.16

Valori di default di $P'_{ch,ON,min}$ e $\theta'_{gn,test}$ per generatori multistadio o modulanti

Descrizione	$\theta'_{gn,test}$	$P'_{ch,on,min} \quad [\%]$
Generatore atmosferico tipo B	70	15
Generatore di tipo C (tiraggio forzato)	70	12
Caldaia a gas con bruciatore ad aria soffiata	70	8
Caldaia a condensazione	50 temperatura di ritorno	5
Caldaia a gasolio/biodiesel con bruciatore ad aria soffiata	70	10

prospetto B.17

Valori di default delle potenze degli ausiliari alla potenza minima del focolare per generatori multistadio o modulanti

Descrizione	Valore
Ventilatore aria comburente ed ausiliari bruciatore (gas)	$W_{br,min} = \Phi_{cn,min} \times 0,002$
Ventilatore aria comburente ed ausiliari bruciatore (gasolio)	$W_{br,min} = \Phi_{cn,min} \times 0,003$
Ventilatore aria comburente ed ausiliari bruciatore (olio combustibile)	
- senza riscaldatore	$W_{br,min} = \Phi_{cn,min} \times 0,004$
- con riscaldatore	$W_{br,min} = \Phi_{cn,min} \times 0,02$

B.3.5.3

Generatori a condensazione

Nel caso dei generatori a condensazione si tiene conto del recupero di calore latente di condensazione del vapore acqueo con una riduzione delle perdite al camino a bruciatore acceso $P_{ch,on}$.

Il recupero R di calore latente si calcola in base al vapore acqueo condensato, ottenuto come differenza tra il contenuto di vapore acqueo nei fumi umidi effettivi e il contenuto di vapore acqueo nei fumi all'uscita del generatore di calore. Il prodotto del quantitativo di condensato per il calore latente di condensazione fornisce il calore recuperato.

I dati d'ingresso del generatore per il calcolo di R sono l'eccesso d'aria e la differenza tra la temperatura dei fumi e la temperatura di ritorno dell'acqua $\Delta\theta_{w,fl}$, che è un dato che caratterizza il generatore di calore.

Si utilizzano, quindi, le procedure definite nel punto B.3.3 sostituendo rispettivamente $P_{ch,on}$ o $P_{ch,on,avg}$ e $P_{ch,on,min}$ con:

$$P^*_{ch,on} = P_{ch,on} - R, [\%] \quad (B.51)$$

$$P^*_{ch,on,avg} = P_{ch,on,avg} - R_{avg} [\%] \quad (B.52)$$

$$P^*_{ch,on,min} = P_{ch,on,min} - R_{min} [\%] \quad (B.53)$$

dove R è il fattore percentuale di recupero di condensazione riferito alle seguenti tre potenze al focolare: nominale, media e minima, e quindi:

R fattore di recupero di condensazione, espresso come percentuale di Φ_{cn} [%];

R_{avg} fattore di recupero di condensazione alla potenza media, espresso come percentuale di $\Phi_{cn,avg}$ [%];

R_{min} fattore di recupero di condensazione alla potenza minima, espresso come percentuale di $\Phi_{cn,min}$ [%].

Nel caso dei generatori a stadi occorre sostituire rispettivamente $P_{ch,on}$ o $P_{ch,on,min}$ con $P^*_{ch,on}$ o $P^*_{ch,on,min}$, nel caso dei generatori modulanti occorre sostituire rispettivamente $P_{ch,on,min}$ o $P_{ch,on,avg}$ con $P^*_{ch,min}$ o $P^*_{ch,on,avg}$.

B.3.5.3.1

Calcolo del fattore di recupero R per condensazione in base al ΔT fumi/acqua del generatore

Temperatura di scarico dei fumi per generatori monostadio

In generale, la temperatura di scarico dei fumi θ_{fl} è data da:

$$\theta_{fl} = \theta_{gn,w,r} + \Delta\theta_{w,fl} [^{\circ}\text{C}] \quad (B.54)$$

dove:

$\theta_{gn,w,r}$ temperatura effettiva dell'acqua di ritorno al generatore [$^{\circ}\text{C}$];

$\Delta\theta_{w,fl}$ è la differenza fra la temperatura di ritorno dell'acqua nel generatore e la corrispondente temperatura di scarico dei fumi [$^{\circ}\text{C}$].

Temperatura di scarico dei fumi per generatori modulanti

Alla potenza minima del focolare $\Phi_{cn,min}$ la temperatura di scarico dei fumi $\theta_{fl,min}$ è data da:

$$\theta_{fl,min} = \theta_{gn,w,r} + \Delta\theta_{w,fl,min} [^{\circ}\text{C}] \quad (B.55)$$

Alla potenza media del focolare $\Phi_{cn,avg}$, la differenza fra la temperatura di ritorno dell'acqua nel generatore e la corrispondente temperatura di scarico dei fumi alla potenza effettiva di funzionamento del generatore $\Delta\theta_{w,fl,avg}$ è data da:

$$\Delta\theta_{w,fl,avg} = \Delta\theta_{w,fl,min} + (\Delta\theta_{w,fl} - \Delta\theta_{w,fl,min}) \times \frac{\Phi_{cn,avg} - \Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn,max} - \Phi_{cn,min}} [^{\circ}\text{C}] \quad (B.56)$$

dove:

$\Delta\theta_{w,fl}$ è la differenza fra la temperatura di ritorno dell'acqua nel generatore e la corrispondente temperatura di scarico dei fumi alla potenza nominale (massima) [$^{\circ}\text{C}$];

$\Delta\theta_{w,fl,min}$ è la differenza fra la temperatura di ritorno dell'acqua nel generatore e la corrispondente temperatura di scarico dei fumi alla potenza minima [$^{\circ}\text{C}$].

La temperatura di scarico dei fumi $\theta_{fl,avg}$ è data da:

$$\theta_{fl,avg} = \theta_{gn,w,r} + \Delta\theta_{w,fl,avg} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (\text{B.57})$$

dove:

$\theta_{gn,w,r}$ temperatura effettiva dell'acqua di ritorno al generatore [°C].

Tenore di ossigeno dei fumi per generatori modulanti

Alla potenza media $\Phi_{cn,avg}$, il tenore di ossigeno dei fumi $O_{2,avg}$ è dato da:

$$O_{2,fl,avg} = O_{2,fl,dry,min} + (O_{2,fl,dry} - O_{2,fl,dry,min}) \times \frac{\Phi_{cn,avg} - \Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn,max} - \Phi_{cn,min}} \text{ [%]} \quad (\text{B.58})$$

dove:

$O_{2,fl,dry}$ è il tenore di ossigeno dei fumi alla potenza nominale (massima)[°C];

$O_{2,fl,dry,min}$ è il tenore di ossigeno dei fumi alla potenza minima [°C].

Si utilizzano i dati $O_{2,fl,dry}$ e $O_{2,fl,dry,min}$ forniti dal fabbricante o i dati di default del prospetto B.18.

prospetto B.18

Dati di default per il calcolo del valore di R

Grandezza	Simbolo	Unità	Caso	Valore
Umidità relativa dell'aria di combustione	HUM _{air}	%	In tutti i casi	50
Umidità relativa dei fumi	HUM _{fl}	%	In tutti i casi	100
Differenza tra temperatura fumi e temperatura ritorno acqua alla potenza nominale	$\Delta\theta_{w,fl}$	°C	$\eta_{gn,Pn} > 102$	20
			$\eta_{gn,Pn} < 102$	60
Differenza tra temperatura fumi e temperatura ritorno acqua alla potenza minima	$\Delta\theta_{w,fl,min}$	°C	$\eta_{gn,Pn} > 106$	5
			$\eta_{gn,Pn} < 106$	20
Contenuto di ossigeno alla potenza nominale	$O_{2,fl,dry}$	%	In tutti i casi	6
Contenuto di ossigeno alla potenza minima	$O_{2,fl,dry,min}$	%	Modulazione di aria e di gas	6
			Modulazione solo di gas	15

Calcolo del fattore di recupero R (generatori monostadio)

Il volume reale (effettivo) di fumi secchi $V_{fl,dry}$ è dato da:

$$V_{fl,dry} = V_{fl,st,dry} \times \frac{20,94}{20,94 - O_{2,fl,dry}} \quad [\text{Nm}^3/\text{Nm}^3] \quad [\text{Nm}^3/\text{kg}] \quad (\text{B.59})$$

dove:

$O_{2,fl,dry}$ è il tenore di ossigeno nei fumi secchi alla potenza nominale [%];

$V_{fl,st,dry}$ è il volume dei fumi stechiometrici (teorici) secchi prodotti per unità di combustibile [Nm³/Nm³] o [Nm³/kg].

Il volume reale di aria comburente $V_{air,dry}$ è dato da:

$$V_{air,dry} = V_{air,st,dry} + (V_{fl,dry} - V_{fl,st,dry}) \quad [\text{Nm}^3/\text{Nm}^3] \text{ o } [\text{Nm}^3/\text{kg}] \quad (\text{B.60})$$

dove:

$V_{air,st,dry}$ è il volume dell'aria comburente stechiometrica secca per unità di combustibile [Nm³/Nm³] o [Nm³/kg];

$V_{fl,dry} - V_{fl,st,dry}$ è l'eccesso d'aria, mentre $\frac{20,94}{20,94 - O_{2,fl,dry}}$ è l'indice d'aria

Dati di riferimento relativi ai combustibili

Grandezza	Simbolo	Unità	Combustibile			
			Gas G20 ¹⁾	Propano	Butano	Gasolio
Potere calorifico superiore	H_s	kWh/Nm ³ kWh/kg	11,07 kWh/Nm ³	28,279 kWh/Nm ³	36,662 kWh/Nm ³	12,46 kWh/kg
Potere calorifico inferiore	H_i	kWh/Nm ³ kWh/kg	9,94 kWh/Nm ³	25,988 kWh/Nm ³	33,779 kWh/Nm ³	11,87 kWh/kg
Volume aria stechiometrica (teorica)	$V_{air,st}$	Nm ³ /Nm ³	9,52 Nm ³ /Nm ³	23,8 Nm ³ /Nm ³	30,94 Nm ³ /Nm ³	11,23 Nm ³ /Nm ³
Volume stechiometrico di fumi secchi (teorico)	$V_{fl,st,dry}$	Nm ³ /Nm ³	8,52 Nm ³ /Nm ³	21,8 Nm ³ /Nm ³	28,44 Nm ³ /Nm ³	10,49 Nm ³ /Nm ³
Produzione stechiometrica di vapore acqueo	$M_{H_2O,st}$	kg/Nm ³	1,65 kg/Nm ³	3,3 kg/Nm ³	4,03 kg/Nm ³	1,18 kg/Nm ³

1) Tenuto conto della molteplicità delle fonti di approvvigionamento di gas naturale distribuito in Italia, si assumono come riferimento i dati del metano (gas di prova G20).

Si calcolano i contenuti di vapore acqueo alla saturazione per l'aria $M_{H_2O,air,sat}$ e per i fumi $M_{H_2O,fl,sat}$ in base alle rispettive temperature θ_{air} (temperatura aria comburente) e θ_{fl} (temperatura fumi) esprimendoli in kilogrammi di vapore acqueo per Nm³ di aria secca o di fumi secchi. I dati necessari sono riportati nel prospetto B.24. Per altre temperature si possono eseguire interpolazioni lineari o polinomiali.

Contenuto di vapor d'acqua alla saturazione in funzione della temperatura

Temperatura θ_{air} oppure θ_{fl} °C	0	10	20	30	40	50	60	70	
Contenuto di vapore acqueo alla saturazione $M_{H_2O,air,sat}$ oppure $M_{H_2O,fl,sat}$	kg/Nm ³	0,00493	0,00986	0,01912	0,03521	0,06331	0,1112	0,1975	0,3596

NOTA Il contenuto di vapore acqueo alla saturazione è espresso come kg di vapore acqueo per Nm³ di gas secco.

Il contenuto di vapore acqueo totale dell'aria comburente $M_{H_2O,air}$ è dato da:

$$M_{H_2O,air} = M_{H_2O,air,sat} \times V_{air,dry} \times \frac{HUM_{air}}{100} \quad [\text{kg/Nm}^3] \text{ o } [\text{kg/kg}] \quad (\text{B.61})$$

In assenza di dati misurati si pone $HUM_{air} = 50\%$.

Il contenuto di vapore acqueo totale dei fumi all'uscita del generatore $M_{H_2O,fl}$ è dato da:

$$M_{H_2O,fl} = M_{H_2O,fl,sat} \times V_{fl,dry} \times \frac{HUM_{fl}}{100} \quad [\text{kg/Nm}^3] \text{ o } [\text{kg/kg}] \quad (\text{B.62})$$

In assenza di dati misurati o specificati dal fabbricante si pone $HUM_{fl} = 100\%$, ossia fumi saturi all'uscita del generatore

La quantità di condensa prodotta $M_{H_2O,cond}$ è data da:

$$M_{H_2O,cond} = (M_{H_2O,st} + M_{H_2O,air}) - M_{H_2O,fl} \quad [\text{kg/Nm}^3] \text{ o } [\text{kg/kg}] \quad (\text{B.63})$$

ossia dalla differenza tra contenuto di vapore nei fumi umidi effettivi (pari alla somma del contenuto di vapore nei fumi teorici e il contenuto di vapore dell'aria comburente) e il contenuto di vapore nei fumi all'uscita del generatore.

dove:

$M_{H_2O,st}$ è il contenuto di vapore nei fumi umidi teorici per unità di massa di combustibile (prospetto B.19)²¹⁾ [kg/Nm³] o [kg/kg];

Se $M_{H_2O,cond}$ è negativo non c'è condensazione. In questo caso si pone $M_{H_2O,cond} = 0$ e risulta $R = 0$.

21) Il contenuto di vapore nei fumi teorici dipende dal contenuto percentuale di idrogeno nel combustibile.

Il calore latente di condensazione del vapor acqueo $H_{\text{cond,fl}}$ è dato da:

$$H_{\text{cond,fl}} = 0,6947 - \theta_{\text{fl}} \times 676 \times 10^{-6} \quad [\text{kWh/kg}] \quad (\text{B.64})$$

Il calore liberato per condensazione Q_{cond} è dato da:

$$Q_{\text{cond}} = M_{\text{H}_2\text{O,cond}} \times H_{\text{cond,fl}} \quad [\text{kWh/Nm}^3] \text{ o } [\text{kWh/kg}] \quad (\text{B.65})$$

Il fattore di correzione del rendimento R (oppure R_{avg}) è dato da:

$$R = \frac{100 \times Q_{\text{cond}}}{H_i} \quad [\%] \quad (\text{B.66})$$

Calcolo di R_{min} ed R_{avg} (generatori modulanti e multistadio)

Il calcolo di R_{min} e R_{avg} per i generatori modulanti si effettua utilizzando rispettivamente $\theta_{\text{fl,min}}$ e $O_{2,\text{min}}$ e $\theta_{\text{fl,avg}}$ e $O_{2,\text{avg}}$ al posto di θ_{fl} e O_2 .

B.3.5.4

Generatori modulari

Un generatore modulare consiste di N_t moduli o generatori, ciascuno avente potenza al focolare minima e massima $\Phi_{\text{cn,i,max}}$ e $\Phi_{\text{cn,i,min}}$, assemblati a cura o secondo le istruzioni del fabbricante in una unica unità fisica o funzionale.

La potenza al focolare complessiva del generatore modulare complessivo è data da:

$$\Phi_{\text{cn}} = \Phi_{\text{cn,i,max}} \times N_t \quad [\text{W}] \quad (\text{B.67})$$

In generale sono possibili le seguenti tre soluzioni:

- 1) Sistemi modulari senza intercettazione idraulica dei moduli;
- 2) Sistemi modulari con intercettazione idraulica dei moduli e inserimento del numero minimo possibile di moduli in relazione al fattore di carico;
- 3) Sistemi modulari con intercettazione idraulica dei moduli e inserimento del numero massimo possibile di moduli in relazione al fattore di carico.

La soluzione 2) è normalmente adottata nel caso di generatori non condensanti, mentre la soluzione 3) è prevista nel caso di generatori a condensazione.

In assenza di indicazioni in merito alla soluzione adottata si assume come riferimento la soluzione 1).

B.3.5.4.1

Sistemi modulari senza intercettazione idraulica dei moduli

Se il generatore modulare non è dotato di un dispositivo che spegne ed interrompe la circolazione di acqua nei moduli inutilizzati, qualunque sia la modalità di inserimento/disinserimento dei moduli, le perdite effettive del generatore modulare si calcolano con la procedura definita nel punto B.3.5.2 (generatori modulanti) ipotizzando:

- $\Phi_{\text{cn,max}} = \Phi_{\text{cn,i,max}} \times N_t$;
- $\Phi_{\text{cn,min}} = \Phi_{\text{cn,i,min}} \times N_t$.

B.3.5.4.2

Sistemi modulari con intercettazione idraulica dei moduli ed inserimento del minimo numero possibile di moduli

Se il generatore modulare è dotato di un dispositivo che spegne ed interrompe la circolazione di acqua nei moduli inutilizzati e la modalità di regolazione prevede il funzionamento del minimo numero possibile di moduli, il numero N di moduli in funzione si calcola come segue:

$$N = \text{int}(N_t \times FC + 1) \quad [-] \quad (\text{B.68})$$

dove FC è calcolato in conformità al punto B.3.5.1 (generatori monostadio) ipotizzando un generatore di calore monostadio avente potenza al focolare Φ_{cn} , ossia pari alla somma delle potenze al focolare a pieno carico dei moduli e fattori di perdita percentuali uguali a quelli del generatore modulare in esame alla massima potenza²²⁾.

22) I fattori di perdita del generatore modulare complessivo, essendo espressi in percentuale della rispettiva potenza al focolare, sono uguali a quelli del singolo modulo.

Le perdite effettive del generatore modulare si calcolano con la procedura definita al punto B.3.5.2 (generatori modulanti) ipotizzando:

- $\Phi_{cn,max} = \Phi_{cn,i,max} \times N;$
- $\Phi_{cn,min} = \Phi_{cn,i,min}.$

B.3.5.4.3

Sistemi modulari con intercettazione idraulica dei moduli ed inserimento del massimo numero possibile di moduli

Se il generatore modulare è dotato di un dispositivo che spegne ed interrompe la circolazione di acqua nei moduli inutilizzati e la modalità di regolazione prevede il funzionamento del massimo numero possibile di moduli, il numero N di moduli in funzione si calcola come segue:

$$N = \text{int}(N_t \times FC + 1) \quad [-] \quad (\text{B.69})$$

dove FC è calcolato in conformità al punto B.3.5.1 (generatori monostadio) ipotizzando un generatore di calore monostadio avente potenza al focolare $\Phi_{cn} = N_t \times \Phi_{cn,i,min}$ (ossia potenza complessiva di tutti i moduli alla minima potenza del focolare in funzionamento continuo ed a fiamma accesa) e fattori di perdita percentuali uguali a quelli del generatore modulare in esame alla minima potenza.

Se risulta $N > N_t$ si pone $N_t = N$.

Le perdite effettive del generatore modulare si calcolano con la procedura definita nel punto B.3.5.2 (generatori modulanti) ipotizzando:

- $\Phi_{cn,max} = \Phi_{cn,i,max} \times N;$
- $\Phi_{cn,min} = \Phi_{cn,i,min}.$

C.1

Premessa

In accordo con la UNI EN 15603, il fabbisogno di energia primaria del servizio di ventilazione è costituito dai soli fabbisogni energetici per la movimentazione dell'aria. Gli eventuali fabbisogni di energia termica dovuti ai trattamenti dell'aria (controllo della temperatura e/o dell'umidità) sono considerati nel fabbisogno di energia primaria per il servizio di climatizzazione invernale o estiva.

I fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva sono calcolati secondo la UNI/TS 11300-3. La presente appendice alla UNI/TS 11300-2 fornisce metodi per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria per la ventilazione e per la climatizzazione invernale in presenza di impianti aeraulici.

La presente appendice fornisce quindi formule per il calcolo dei fabbisogni di energia termica delle batterie di riscaldamento e dei fabbisogni di umidificazione. Ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale, essi sono considerati a carico dei sottosistemi di generazione, tenendo conto delle perdite di distribuzione dei circuiti idraulici di collegamento.

C.2

Fabbisogni di energia primaria per la ventilazione meccanica

C.2.1

Calcolo dell'energia primaria per la ventilazione meccanica

Come specificato in premessa, il fabbisogno di energia primaria per ventilazione meccanica è calcolato considerando i fabbisogni elettrici per la movimentazione dell'aria. Non sono considerati altri fabbisogni elettrici relativi ai diversi sottosistemi (per esempio: bocchette motorizzate). Il fabbisogno di energia primaria per ventilazione meccanica è dato da:

$$E_{P,V} = f_{p,el} \times \sum_j E_{ve,el,j} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{C.1})$$

dove:

$E_{P,V}$ l'energia primaria per la ventilazione meccanica [kWh];

$E_{ve,el,j}$ è il fabbisogno di energia elettrica dei ventilatori della j-esima zona in un impianto di ventilazione meccanica [kWh];

$f_{p,el}$ è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

C.2.2

Calcolo dell'energia elettrica per la ventilazione meccanica

Il fabbisogno di energia elettrica dei ventilatori a servizio della zona j-esima si calcola secondo la seguente formula:

$$E_{ve,el,j} = W_{ve,el,adj,k} \times FC_{ve,adj,j} \times t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{C.2})$$

dove:

$W_{ve,el,adj,k}$ è la potenza elettrica corretta del k-esimo ventilatore di immissione al servizio della zona j-esima, cioè quella corrispondente alla portata d'aria elaborata per il flusso k-esimo per la zona j-esima corretta aggiungendo alla portata le perdite di massa delle condotte così come specificato al punto C.2.4 [W];

$FC_{ve,adj,j}$ è il fattore di carico della ventilazione meccanica per la zona j-esima [-];

t è l'intervallo di tempo di calcolo [h].

Il fattore di carico $FC_{ve,adj,j}$ del sistema di ventilatori si calcola come segue:

$$FC_{ve,adj,j} = FC_{ve,k} \times \beta_k \quad [-] \quad (C.3)$$

dove:

$FC_{ve,k}$ è il fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica (UNI/TS 11300-1 prospetto 11) [-];

β_k è la frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica funzionante per il flusso d'aria k-esimo, definita in UNI/TS 11300-1 [-];

k indica il flusso d'aria k-esimo.

C.2.3

Potenza elettrica dei ventilatori

La potenza elettrica di ventilatori nel caso di valutazioni sul progetto si assume pari al valore nel punto di funzionamento di progetto. Nel caso di valutazioni adattate all'utenza o standard, ove tale dato non sia disponibile, la potenza degli elettroventilatori si determina:

- mediante misura della potenza assorbita a pieno carico;
- in base ai dati di targa corretti per le effettive condizioni di esercizio (portata nominale corretta) sulla curva caratteristica del ventilatore.

C.2.4

Portata d'aria nominale corretta

Le portate d'aria di ventilazione meccanica calcolate secondo UNI/TS 11300-1 non tengono conto delle perdite di massa delle condotte. Ai fini della presente specifica tecnica, per valutazioni di tipo A1 e A2, le perdite di massa delle condotte si considerano solo ai fini del calcolo della potenza elettrica dei ventilatori. Per valutazioni di tipo A3 e per diagnosi si possono considerare le perdite di massa, anche ai fini di valutazioni termiche.

La portata d'aria nominale corretta tenendo conto delle perdite di esfiltrazione è data da:

$$q'_{ve,k} = q_{ve,k} + S \times q_{ex,pm} \quad [m^3/h] \quad (C.4)$$

dove :

$q'_{ve,k}$ è la portata nominale corretta $[m^3/h]$;

$q_{ve,k}$ è la portata nominale determinata secondo UNI/TS 11300-1 $[m^3/h]$;

S è la superficie interna del condotto che, per valutazioni di tipo A2 e A3 e qualora non sia nota, può essere valutata come specificato al punto A.4.4 dell'appendice A $[m^2]$;

$q_{ex,pm}$ è il valore della portata di massa di esfiltrazione del condotto $[m^3/h m^2]$.

I prospetti seguenti contengono fattori di portata normativi, in funzione della classe di tenuta dei canali, da utilizzare in mancanza di dati di progetto per effettuare il calcolo. Il fattore di perdita è riferito alla superficie interna del condotto.

La portata di massa di esfiltrazione è calcolata in funzione della pressione totale P nella condotta e della classe di tenuta attribuita ai vari tratti. Come pressione totale si assume quella disponibile in uscita del ventilatore.

prospetto C.1

Perdita d'aria per condotte rettangolari metalliche

Classe di tenuta della condotta	$q_{ex,pm}$ [m ³ /h m ²]	Tipo di valutazione
Classe A	$(0,027 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	A1 e A2 in mancanza di altri riferimenti
Classe B	$(0,009 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata
Classe C	$(0,003 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata
Classe D	$(0,001 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata

Fonte: UNI EN 1507

prospetto C.2

Perdita d'aria per condotte circolari metalliche

Classe di tenuta della condotta	$q_{ex,pm}$ [m ³ /h m ²]	Tipo di valutazione
Classe A	$(0,027 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	A1 e A2 in mancanza di altri riferimenti
Classe B	$(0,009 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata
Classe C	$(0,003 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata
Classe D	$(0,001 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata

Fonte: UNI EN 12237

prospetto C.3

Perdita d'aria per condotte non metalliche in materiale preisolato

Classe di tenuta della condotta	$q_{ex,pm}$ [m ³ /h m ²]	Tipo di valutazione
Classe A	$(0,027 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	A1 e A2 in mancanza di altri riferimenti
Classe B	$(0,009 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata
Classe C	$(0,001 \times P^{0,65}) \times 10^{-3}$	Se specificato nel progetto o se misurata

Fonte: UNI EN 13403

In mancanza di informazioni o dati sulla pressione totale si utilizzano i valori del prospetto C.4 con la formula indicata per la classe di tenuta A.

prospetto C.4

Classificazione della rete aerulica in funzione della pressione totale

Classificazione	Pressioni indicative [Pa]	Note
Bassa pressione	300	A1 e A2 in mancanza di altri riferimenti.
Media pressione	1200	Nei casi in cui vi siano sistemi di filtrazione finale o batterie di post-riscaldamento

C.3**Fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale con impianto aerulico****C.3.1****Calcolo del fabbisogno di riscaldamento****C.3.1.1****Generalità**

Il calcolo dei fabbisogni di energia termica utile effettivo per riscaldamento si effettua come specificato nella UNI/TS 11300-1.

Il calcolo dei fabbisogni di energia termica utile effettivo per riscaldamento prevede una valutazione basata sul bilancio termico del fabbricato. In tale bilancio, lo scambio di energia termica per ventilazione è calcolato tenendo conto della differenza tra la temperatura interna di set-point $\theta_{Hint, set}$ e la temperatura dell'aria di immissione dell'aria in ambiente θ_{sup} .

Nota Il valore di $\theta_{sup, des}$ dipende dalla tipologia di impianto e dalla configurazione della rete aerulica. Tale valore, nelle generalità dei casi, potrebbe:

- coincidere con la temperatura dell'aria esterna nel caso di immissione dell'aria senza trattamenti o recuperi;
- essere compreso tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura interna di set-point nel caso di recuperatore di calore o preriscaldamento;
- essere pari alla temperatura di set-point nel caso di impianto misto o impianto tutt'aria.

Ai fini della determinazione dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale, al fabbisogno di energia termica utile effettivo per riscaldamento va aggiunto il fabbisogno di energia termica necessario per portare l'aria dalla temperatura di prelievo alla temperatura di immissione dell'aria in ambiente θ_{sup} .

Ai fini della determinazione delle perdite dei circuiti aeraulici e idronici di un impianto di climatizzazione invernale, si distinguono due casi:

- 1) impianti tutta-aria;
- 2) impianti misti (aria primaria e circuito idronico).

Nel primo caso, essendo l'impianto costituito solo dal circuito aeraulico, entrambi i fabbisogni sopra citati sono a carico di quest'ultimo.

Nel secondo caso, il fabbisogno di energia termica utile effettivo calcolato con la UNI/TS 11300-1 è a carico del circuito idronico, mentre il carico residuo, corrispondente all'energia termica necessaria per portare l'aria dalla temperatura di prelievo alla temperatura di immissione in ambiente θ_{sup} , è a carico del circuito aeraulico.

C.3.1.2

Calcolo delle perdite

Nel caso di circuito idronico le perdite sono calcolate secondo quanto specificato nelle diverse parti della presente specifica tecnica. Sono considerate perdite per i sottosistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo (eventuale), e generazione.

Nel caso di circuito aeraulico sono considerate solamente le perdite dei sottosistemi di distribuzione e generazione. Le prime sono calcolate secondo quanto indicato nell'appendice A. Le seconde così come specificato nelle diverse parti della presente specifica tecnica. Le perdite del circuito di collegamento tra le batterie e il generatore di calore non si considerano nel caso di lunghezza totale del circuito sia minore di 5 m e le tubazioni siano isolate. In caso diverso si calcolano secondo l'appendice A. Non si considerano perdite termiche dall'involucro dell'unità di trattamento aria.

C.3.1.3

Fabbisogno di energia termica di una batteria

Il carico residuo è costituito dall'energia termica che, nel caso di impianto misto, deve essere soddisfatto dal circuito aeraulico. Tale carico è funzione della portata d'aria effettiva e della temperatura di immissione dell'aria in ambiente di progetto. Ai fini di garantire il mantenimento di tale temperatura, le batterie di riscaldamento dovranno fornire, in uscita, aria a temperatura sufficiente da compensare le dispersioni nei vari tratti dell'impianto aeraulico.

Ai fini del calcolo delle temperature in uscita e in entrata alla batteria è necessario tener conto di recuperi e delle perdite dei circuiti di distribuzione dal punto di immissione dell'aria in ambiente all'uscita della batteria, e dal punto di prelievo dell'aria esterna all'entrata della batteria. Il calcolo delle temperature nei vari tratti della rete aeraulica è effettuato secondo la metodologia riportata in appendice A.

Il fabbisogno di energia termica di una batteria allestita.

- per valutazioni di tipo A1 e A2 è dato da:

$$Q_{H,risc,nd} = \rho_a \times c_a \times q_{ve,k} \times \beta_k \times FC_{ve,k} \times (\theta_{out} - \theta_{in}) \times t \text{ [Wh]} \quad (C.5)$$

- per valutazioni di tipo A3 è dato da:

$$Q_{H,risc,nd} = \rho_a \times c_a \times q'_{ve,k} \times \beta_k \times FC_{ve,k} \times (\theta_{out} - \theta_{in}) \times t \text{ [Wh]} \quad (C.6)$$

dove:

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

$q_{ve,k}$ è la portata nominale del flusso d'aria k-esimo [m³/h];

$q'_{ve,k}$ è la portata nominale del flusso d'aria k-esimo corretta tenendo conto delle perdite per esfiltrazione delle condotte [m³/h];

θ_{out} è la temperatura in uscita dalla batteria [°C];

θ_{in} è la temperatura in entrata alla batteria [°C].

t è l'intervallo di tempo di calcolo [h].

Ai fini della determinazione del fabbisogno di energia primaria:

- nel caso di batterie ad acqua il fabbisogno di energia termica si considera a carico del sottosistema di generazione a cui è collegato, considerando le perdite di distribuzione del circuito di collegamento qualora le tubazioni non siano isolate e la batteria sia ad una distanza maggiore di 5 m dal generatore.
- nel caso di batterie elettriche si moltiplica il fabbisogno di energia termica per il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica non considerando altre perdite.

C.3.1.4

Aumento della temperatura dell'aria per effetto dei ventilatori

Per valutazioni di tipo A3, per quanto attiene il calcolo la temperatura dell'aria all'interno della rete aeraulica, si può considerare che essa è aumentata dall'azione del ventilatore di un $\Delta\theta_{fan}$ così determinato:

$$\Delta\theta_{fan} = (W_{fan} \times R_{f,r}) / (\rho_a \times c_a \times q_{ve,adj}) [K] \quad (C.7)$$

dove:

$\Delta\theta_{fan}$ è l'aumento di temperatura di aria dovuta all'azione del ventilatore [K];

W_{fan} è la potenza del ventilatore [W];

$R_{f,r}$ è il fattore di recupero del ventilatore che varia in funzione della posizione del motore [-]:

- all'interno del flusso d'aria: 0,9;

- all'esterno del flusso d'aria: 0,6.

$\rho_a \times c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 J/(m³ × K);

$q_{ve,adj}$ è la portata di aria trattata dal ventilatore [m³/h].

C.3.2

Calcolo del fabbisogno di umidificazione

C.3.2.1

Generalità

Il fabbisogno di energia latente per la climatizzazione invernale $Q_{H, hum, nd}$ si calcola, per ogni mese, come specificato al punto 5.3 della UNI/TS 11300-1:2014, tenendo conto dell'entalpia della quantità netta di vapore d'acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'aria con l'esterno e dell'entalpia del vapore d'acqua prodotto all'interno della zona da persone, processi e sorgenti varie.

Il riscaldamento dell'aria con umidificazione può essere effettuato mediante due o più trattamenti consecutivi. Le possibilità sono:

- 1) riscaldamento + umidificazione adiabatica;
- 2) pre-riscaldamento + umidificazione adiabatica + post-riscaldamento;
- 3) riscaldamento + umidificazione con immissione di vapore.

Il trattamento di riscaldamento è effettuato tramite batterie, alimentate dal sottosistema di generazione o batterie elettriche, il cui fabbisogno è calcolato secondo quanto specificato nel punto C.3.1.3.

Il calcolo del fabbisogno di umidificazione nel caso di immissione di vapore e il fabbisogno degli eventuali ausiliari elettrici del sistema di umidificazione è effettuato come segue.

Il fabbisogno di energia primaria per umidificazione è a carico del servizio di climatizzazione invernale.

C.3.2.2

Umificazione tramite immissione di vapore

Nel caso di apparecchi che producono localmente vapore mediante energia elettrica con elettrodi immersi nell'acqua o con resistenza elettrica, la quantità di energia trasferita all'acqua bollente è superiore a quella teoricamente corrispondente alla produzione effettiva di vapore, infatti bisogna tenere conto dei rendimenti conseguenti alle varie inefficienze e alle dispersioni termiche che si verificano nell'intero sistema di umidificazione tra cui:

- rendimento associato alle perdite di calore associate al drenaggio di acqua calda;
- rendimento associato alla ricondensazione parassita del vapore nelle condotte di collegamento e nel diffusore di vapore;

- rendimento derivante dallo scambio tra il bollitore e l'ambiente circostante;
- rendimento prodotto dal funzionamento intermittente o parzializzato dell'apparecchio.

Il rendimento complessivo può facilmente superare il 90%, tale valore si abbassa tra l'80 e 85% nel caso di impianti con produzione di vapore centralizzata. Una realizzazione imperfetta o l'utilizzo di apparecchiature scadenti possono portare a perdite che ammontano talvolta a più del 40% del totale.

Il fabbisogno orario di vapore G'_{wv} in kg/h si ottiene dal fabbisogno orario medio del mese G_{wv} espresso in kg/h fornito dalla UNI/TS 11300-1. Il fabbisogno di energia elettrica $Q_{H, hum, el}$ è:

$$Q_{H, hum, el} = [(0,7 \times G'_{wv}) / \eta_{wv, el}] \times t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{C.8})$$

dove:

0,7 sono i kWh per kg di acqua evaporata;

G'_{wv} è portata di vapore [kg/h];

$\eta_{wv, el}$ è il valore di efficienza dell'umidificatore considerato pari a 0,93 per sistemi con regolazione della portata di vapore;

t è il numero di ore del periodo considerato.

Ai fini della determinazione del fabbisogno di energia primaria si moltiplica il fabbisogno di energia termica per il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica non considerando altre perdite.

C.3.2.3

Fabbisogno elettrico degli ugelli per l'umidificazione

Nel caso di immissione di vapore, la potenza elettrica assorbita dall'umidificatore espressa in W per kg/h di umidità prodotta è composto da due tipologie di assorbimenti:

- *Diretto*, ovvero necessario per l'alimentazione delle apparecchiature (comprensivo dell'assorbimento del compressore relativamente agli atomizzatori ad aria compressa e del ventilatore per gli apparecchi che ne sono provvisti). Tale assorbimento è riferito alla produzione nominale e costante durante il periodo di funzionamento, mentre per altre apparecchiature (atomizzatori ad acqua pressurizzata, ad aria compressa e ad ultrasuoni) questo valore è pressoché proporzionale alla produzione effettiva di acqua atomizzata.
- *Indiretto*, ovvero necessario a vincere le perdite di carico del separatore di gocce (quando installato) e nel caso degli umidificatori a pacco dell'apparecchio stesso, tale assorbimento è costante e sempre presente, anche quando l'umidificatore è inattivo.

Il fabbisogno di energia elettrica nel periodo di calcolo considerato è:

$$E_{wv, aux, el} = FC_{ve, adj} \times W_{wv, aux} \times t \quad [\text{Wh}] \quad (\text{C.9})$$

dove:

$FC_{ve, adj}$ è il fattore di carico della ventilazione meccanica;

$W_{wv, aux}$ è la potenza della pompa degli ugelli, espressa in W;

t è il numero di ore dell'intervallo considerato.

La potenza della pompa degli ugelli è data da:

$$W_{wv, aux} = G_{H_2O} \times (W_{dir} + W_{ind}) \quad [\text{W}] \quad (\text{C.10})$$

dove:

G_{H_2O} è la portata di acqua dell'umidificatore espresso in kg/h;

W_{dir} è la potenza elettrica assorbita diretta espressa in W/ (kg/h);

W_{ind} è la potenza elettrica assorbita indiretta espressa in W/ (kg/h).

Ai fini della determinazione del fabbisogno di energia primaria si moltiplica il fabbisogno elettrico per il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

C.4

Classificazione impianti aeraulici e indicazioni per il calcolo dei fabbisogni

C.4.1

Classificazione degli impianti aeraulici

Gli impianti aeraulici, a seconda delle funzioni asservite, sono classificabili in:

- impianti di sola ventilazione meccanica, ovvero impianti che sono stati progettati per fornire il ricambio d'aria negli ambienti ai fini di garantirne condizioni di salubrit . Nella generalit  dei casi in tali impianti non vi sono trattamenti dell'aria (ad esclusione di un eventuale recupero di calore dell'aria espulsa);
- impianti di climatizzazione invernale ad aria, ovvero impianti progettati sia per garantire le funzioni di ricambio d'aria negli ambienti sia contribuire (impianti misti) o soddisfare totalmente (impianti a tutt'aria) l'esigenza di riscaldamento attraverso l'immissione di aria calda.

Nota In presenza di sistemi di pre-riscaldamento dell'aria o tramite batterie o tramite recuperatore di calore, qualora il preriscaldamento dell'aria non avvenisse in maniera naturale o attraverso recuperatori di calore,   necessario il calcolo del fabbisogno di energia termica delle batterie, attribuito al servizio di climatizzazione invernale. Nel caso in cui siano installati recuperatori termodinamici, i quali, oltre a sfruttare il calore dell'aria espulsa, forniscono un contributo di energia termica aggiuntiva per la presenza di generatori ausiliari, si procede come segue:

- 1) si definisce la potenza recuperabile dal recuperatore sulla base della temperatura esterna;
- 2) si definisce la potenza accettabile dall'impianto in base alla temperatura limite;
- 3) si calcola la potenza effettivamente erogata come la minima delle due;
- 4) si calcola l'energia recuperata totale mensile;
- 5) si procede con il calcolo del fabbisogno energetico effettivo per la climatizzazione invernale tenendo in considerazione l'energia recuperata totale mensile;
- 6) si calcola il consumo elettrico considerandolo come energia elettrica ausiliaria per riscaldamento.

Gli impianti aeraulici, a seconda della configurazione della rete, sono classificabili in:

- impianti a semplice flusso, a loro volta suddivisibili in impianti di sola immissione o di sola estrazione, nei quali la sola immissione o la sola estrazione avviene in maniera forzata, ed i locali sono mantenuti quindi in sovrappressione o depressione;
- impianti a doppio flusso, ovvero impianti in cui vi   sia immissione sia estrazione forzata dell'aria.

C.4.2

Indicazioni utili ai fini del calcolo delle perdite di una rete aeraulica

Ai fini del calcolo dei fabbisogni energetici in presenza di impianti aeraulici   necessario procedere ad una schematizzazione della rete in modo da tenere in considerazione perdite e fabbisogni elettrici o termici dei vari tratti in cui   suddivisibile la rete.

L'unit  fondamentale in cui   quindi suddivisibile la rete aeraulica   il tratto di condotta, caratterizzato da:

- una portata effettiva;   la portata d'aria alla fine del tratto di condotta;
- una portata effettiva corretta tenendo conto delle perdite di massa lungo la condotta:   la portata d'aria all'inizio della condotta;
- temperatura alla fine del tratto di condotta (tenendo conto degli eventuali recuperi di energia termica dai ventilatori presenti);
- temperatura all'inizio del tratto di condotta (tenendo conto delle perdite termiche lungo la condotta ed eventualmente dei recuperi di energia termica dai ventilatori presenti in quel tratto di condotta).

E' necessario quindi suddividere la rete in pi  tratti dalle caratteristiche omogenee. E' necessario suddividere la rete ed effettuare il calcolo di perdite e fabbisogni in maniera separata ogni qual volta vi sia:

- un nodo ovvero una ramificazione della rete. In questo caso cambia la portata nominale e potrebbe cambiare la temperatura nel caso di due condotte con aria a temperatura differente si uniscano in un'unica condotta (per esempio nel caso di ricircolo aria ambiente);

-
- una batteria. In questo caso cambia la temperatura per effetto della batteria;
 - il passaggio in locali o ambienti a temperature diverse. In questo caso il calcolo delle perdite è differente per la diversa differenze di temperatura;
 - il cambio delle caratteristiche della condotta (per esempio da condotta isolata a condotta non isolata). In questo caso cambiano le perdite;
 - un ventilatore (solo per valutazioni di tipo A3 se si considera l'incremento di temperatura dei recuperi degli ausiliari).

Al fine del calcolo si procede logicamente nel calcolo delle perdite e dei fabbisogni di ausiliari e delle batterie dei circuiti aeraulici:

- per la rete di immissione, a partire dalla temperatura di immissione dell'aria negli ambienti $\theta_{\text{sup,des}}$ e dalla portata effettiva di immissione $q_{\text{ve,k}} \times \beta_k \times FC_{\text{ve,k}}$, e procedendo ai fini di determinare la temperatura in uscita dalla batteria o dal recuperatore di calore, e le portate di aria effettivamente trattate dai ventilatori;
- per la rete di estrazione, a partire dalla temperatura interna di set-point $\theta_{\text{int,set,H}}$ e della portata effettiva di estrazione $q_{\text{extr,k}} \times \beta_k \times FC_{\text{ve,k}}$, e procedendo ai fini di determinare la temperatura in entrata al recuperatore di calore, e le portate di aria effettivamente trattate dai ventilatori.

D.1

Generalità

La metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici specifica al servizio illuminazione è stabilita dalla norma UNI EN 15193. È altresì possibile operare all'interno dei requisiti normativi attraverso l'utilizzo del presente allegato come linea guida per adottare nel calcolo dei valori convenzionali allineati con quanto già introdotto per altri servizi.

La determinazione del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione si effettua solo per edifici a destinazione d'uso non residenziale.

Nel calcolo si considerano gli ambienti interni (zone climatizzate e zone non climatizzate) e, per la sola valutazione di tipo A3, le aree esterne di pertinenza esclusiva dell'edificio nelle quali gli apparecchi luminosi sono alimentati e collegati all'edificio stesso.

Per la valutazione del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione degli ambienti interni $E_{L,int}$ si raccomanda di utilizzare il metodo completo della UNI EN 15193. L'utilizzo delle tabelle riportate nella presente appendice è altresì raccomandato in sostituzione delle corrispondenti tabelle informative della UNI EN 15193.

L'eventuale valutazione del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione di aree esterne di pertinenza dell'edificio $E_{L,est}$ si effettua secondo quanto specificato al punto D.5.

Il fabbisogno complessivo di energia elettrica per illuminazione dell'edificio E_L è dato da:

$$E_L = E_{L,int} + E_{L,est} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{D.1})$$

dove:

$E_{L,int}$ è il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio [kWh];

$E_{L,est}$ è il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione esterna dell'edificio [kWh];

D.2

Calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria per illuminazione di ambienti interni

Il fabbisogno di energia annuo per l'illuminazione degli ambienti interni $E_{L,int}$ si può calcolare per ogni ambiente o zona e per ogni mese con il metodo completo definito nel punto 6.2.2 della norma UNI EN 15193:2008.

Ai fini delle valutazioni di tipo A1 e A2 si possono utilizzare i dati di ingresso convenzionali riportati nel punto D.4 in sostituzione degli analoghi dati riportati negli allegati informativi della norma UNI EN 15193:2008.

D.3

Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per dispositivi di controllo e di emergenza

Per valutazione di tipo A1 e A2 si considera un fabbisogno di energia elettrica parassita dovuto a dispositivi di controllo di $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{anno})$ per tutte le destinazioni d'uso e un fabbisogno di ricarica di dispositivi elettrici di emergenza di $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{anno})$. Complessivamente si considerano quindi: $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{anno})$. Il fabbisogno annuale è dato da:

$$E_{L,int,p} = 6 \times S_u \quad [\text{kWh}] \quad (\text{D.2})$$

dove:

S_u è la superficie utile di pavimento dell'ambiente o della zona [m^2].

Per valutazioni di tipo A3 è possibile calcolare il fabbisogno di energia elettrica dei dispositivi di controllo e di emergenza valutando assorbimenti e tempi di funzionamento effettivi utilizzando la formula 8 della UNI EN 15193:2008.

I fabbisogni mensili $E_{L,int,p,m}$ mensili si possono ricavare attribuendo una quota parte del fabbisogno annuale a ciascun mese proporzionalmente al numero di giorni.

D.4 Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale di una zona o di un ambiente

D.4.1 Formula generale di calcolo

Per ogni ambiente o zona il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione artificiale si calcola in conformità alla UNI EN 15193:2008.

Per valutazioni di tipo A1 e A2, i tempi di operatività dell'illuminazione artificiale diurna t_D e notturna t_N sono quelli del prospetto D.1²³⁾. Per valutazioni di tipo A3 è possibile utilizzare altri valori di coefficienti correttivi e tempi di operatività diversi purché giustificati nella relazione.

prospetto D.1

Tempi di operatività dell'illuminazione artificiale diurna t_D e notturna t_N

Tipologia di edificio	t_D [h]	t_N [h]
E.1(3) – Edifici adibiti ad albergo, pensioni e attività similari	3000	2000
E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	2250	250
E.3 – Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	3000	2000
E.4.(1) – Cinema e teatri, sale di riunioni per congressi	1250	1250
E.4.(2) – Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	1250	250
E.4.(3) – Bar, ristoranti, sale da ballo	1250	1250
E.5 – Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	3000	2000
E.6.(1) – Piscine, saune e assimilabili	2000	2000
E.6.(2) – Palestre e assimilabili		
E.6.(3) – Servizi a supporto alle attività sportive		
E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	1800	200
E.8 – Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	2500	1500

D.4.2 Fattore di occupazione dell'ambiente o della zona F_o

Il fattore di occupazione dell'ambiente o della zona F_o si determina come indicato al punto D.2 della UNI EN 15193:2008.

Nota Per i sistemi con sensori di presenza fare riferimento alla UNI EN 15232:2012, prospetto 2 punto 5.1, funzione 2 "Automatic detection".

D.4.3 Fattore di assenza F_A

I fattori di assenza per la determinazione del fattore di occupazione della zona sono dati dal prospetto D.2.

23) I valori del prospetto D.1 sono stati mutuati dalla tabella F.1 della UNI EN 15193:2008 e riportati in riferimento alla classificazione degli edifici del DPR 412/93 secondo la destinazione d'uso.

Categoria dell'edificio e destinazione d'uso	Tipologia di ambiente	Fattore di assenza F_A
E.1(3) – Edifici adibiti ad albergo, pensioni e attività similari	Ingressi, receptions, spazi comuni, bar e assimilabili	0,0
	Corridoi e assimilabili	0,4
	Sale conferenza, sale riunioni e assimilabili	0,5
	Stanze	0,6
	Servizi igienici, magazzini e assimilabili	0,9
E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	Ingressi, receptions	0,0
	Uffici open-space	0,0
	Uffici singoli	0,1
	Corridoi e assimilabili	0,4
	Sale conferenza, sale riunioni, rest-room e assimilabili	0,5
	Servizi igienici, magazzini e assimilabili	0,9
E.3 – Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	Stanze, corridoi, sale d'aspetto, spazi aperti al pubblico e assimilabili, sale per esami clinici, sale operatorie	0,0
	Laboratori	0,2
	Magazzini e assimilabili	0,9
E.4.(1) – Cinema e teatri, sale di riunioni per congressi E.4.(2) – Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche E.4.(3) – Bar, ristoranti, sale da ballo	Sale, aree aperte al pubblico	0,0
	Magazzini e assimilabili	0,2
	Servizi igienici	0,9
E.5 – Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	Aree vendite, aree aperte al pubblico	0,0
	Magazzini e assimilabili	0,2
	Servizi igienici	0,9
E.6.(1) – Piscine, saune e assimilabili E.6.(2) – Palestre e assimilabili E.6.(3) – Servizi a supporto alle attività sportive	Aree dove si svolgono le attività sportive/ricreative, aree aperte al pubblico, spogliatoi e locali docce.	0,0
	Magazzini e assimilabili	0,2
	Servizi igienici	0,9
E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	Aule e uffici scolastici	0,0
	Corridoi e assimilabili	0,4
	Sale per insegnanti, laboratori, aule didattiche non regolarmente occupate	0,5
	Servizi igienici	0,9
E.8 – Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	Aree produttive/spazi lavorativi	0,0
	Magazzini e assimilabili	0,2
	Rest-room e assimilabili	0,5
	Servizi igienici	0,9

D.4.4

Fattore di utilizzo della luce naturale F_D

Il fattore di utilizzo della luce naturale F_D è determinato secondo UNI EN 15193. Per la determinazione della ripartizione mensile del F_D si procede per interpolazione lineare sulla latitudine fra i valori riferiti ad Atene con quelli riferiti a Lione.

D.5

Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione delle zone esterne

Il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione delle zone esterne è calcolato solo per valutazioni di tipo A3.

Per il calcolo del fabbisogno di energia elettrica delle zone esterne all'edificio funzionalmente a esso riconducibili in ottemperanza ai requisiti della UNI EN 12464-2 o le eventuali altre norme pertinenti occorre conoscere le potenze degli apparecchi luminosi installati. Per zone esterne funzionalmente riconducibili all'edificio non sono da intendersi le illuminazioni delle vie pubbliche di accesso che sono sotto la responsabilità di soggetti diversi dal responsabile dell'edificio considerato.

Il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione delle zone esterne si calcola come:

$$E_{\text{ill,est}} = \sum_i W_{\text{ill,est},i} \times t_{\text{N,on,est}} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{D.3})$$

dove:

$W_{\text{ill,est},i}$ è la potenza elettrica dell'*i*-esimo apparecchio installato all'esterno dell'edificio determinata in conformità alla UNI EN 15193 per il calcolo della potenza²⁴⁾ [kW];

$t_{\text{N,on,est}}$ è tempo di accensione dell'illuminazione esterna durante la notte [h].

In assenza di informazioni si assume un tempo di accensione dell'illuminazione esterna durante la notte pari a 4200 h/anno e una riduzione del 50% di tale valore in caso di presenza di sistemi automatici di riduzione del flusso luminoso. Ai fini del calcolo del fabbisogno energetico per illuminazione di un'unità immobiliare, nel caso in cui le zone esterne illuminate siano condivise da più unità immobiliari, il fabbisogno di energia elettrica delle zone esterne è ripartito proporzionalmente alla superficie utile delle unità immobiliari.

24) Al momento della pubblicazione della presente specifica tecnica, il calcolo della potenza caratteristica è riportato nell'appendice B della UNI EN 15193:2008.

E.1

Premessa

La presente appendice riguarda gli edifici non dotati di impianti termici come definiti al comma 14) dell'allegato A, al Decreto Legislativo del 19 Agosto 2005 n° 192 e secondo il D.M. del 26 giugno 2009, per i quali è richiesta una presunzione di fabbisogno di energia primaria per riscaldamento ed acqua calda sanitaria.

E.2

Scopo

Per gli edifici privi di impianti termici si definiscono le modalità di calcolo del fabbisogno di energia primaria nei casi previsti dal DM del 26 giugno 2009:

- 1) Edifici residenziali e non residenziali, con esclusione degli edifici industriali (categoria E.8) non dotati di impianto termico di climatizzazione invernale come definiti nell'allegato 1, punto 1) comma a) lettera i;
- 2) Edifici industriali (categoria E.8) non dotati di impianto termico di climatizzazione invernale come definiti nell'allegato 1, comma a) lettera i.i.i;
- 3) Edifici di ogni categoria non dotati di impianto centralizzato di acqua calda sanitaria.

E.3

Modalità di calcolo

Nel caso (1) le condizioni di benessere ambientale si considerano i rendimenti di emissione indicati per i termoconvettori secondo il prospetto 17 o il prospetto 18 e i rendimenti di regolazione secondo il prospetto 20.

Nel caso (2) si assumono i valori di rendimento di emissione per riscaldatori ad infrarossi secondo il prospetto 17 o il prospetto 18 della e i rendimenti di regolazione secondo il prospetto 20.

Nel caso (3) si assumono i valori di rendimento di erogazione e distribuzione rispettivamente secondo il punto 7.2 e il prospetto 34. Si assuma inoltre un rendimento di generazione pari a quello di bollitore elettrico con ad accumulo secondo il prospetto 35.

BIBLIOGRAFIA

- UNI 10389-1 Generatori di calore - Analisi dei prodotti della combustione e misurazione in opera del rendimento di combustione - Parte 1: Generatori di calore a combustibile liquido e/o gassoso
- UNI EN 1507 Ventilazione degli edifici - Condotte rettangolari di lamiera metallica - Requisiti di resistenza e di tenuta
- UNI EN 12237 Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica
- UNI EN 13403 Ventilazione degli edifici - Condotte non metalliche - Rete delle condotte realizzata con pannelli di materiale isolante
- UNI EN 13779 Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione
- UNI EN 15232 Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici
- UNI EN 15241 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici
- 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
- 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
- CEI EN 60379 Metodi per misurare le prestazioni di scaldacqua elettrici ad accumulo per uso domestico
- D.Lgs 192/05 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- DM 26/06/2009 Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
- DPR 412/93 Decreto Presidenziale 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"
- Direttiva 92/42/CEE Direttiva del Consiglio del 21 maggio 1992 concernente i requisiti di rendimento per le nuove caldaie ad acqua calda alimentate da combustibili liquidi o gassosi

