



Daniele Alberti ~ Antonio Mazzon

conforme a

UNI/TS 11300:2008

Certificazione n. 17 del CTI

LEX10 E CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Ai sensi del D.Lgs. n. 192/2005 e s.m.i., aggiornato al D.P.R. n. 59/2009 e al D.M. 26 giugno 2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici".
Conforme al Decreto 03/03/2011 della Regione Siciliana

CD
BOOK

con software LEX10 Professional v. 6.36
con certificazione del CTI n. 17 ai sensi dell'art. 7 del DPR n. 59/09

Calcolo e verifica della trasmittanza termica
delle strutture opache e vetrate

Calcolo del fabbisogno di energia termica
per la climatizzazione

Calcolo e verifica dell'indice di prestazione
energetica per la climatizzazione

Verifiche prescritte dal D.P.R. n. 59/09

Rappresentazione sia numerica sia grafica
di tutti i principali risultati di calcolo

Determinazione della classe energetica dell'edificio

CAD integrato

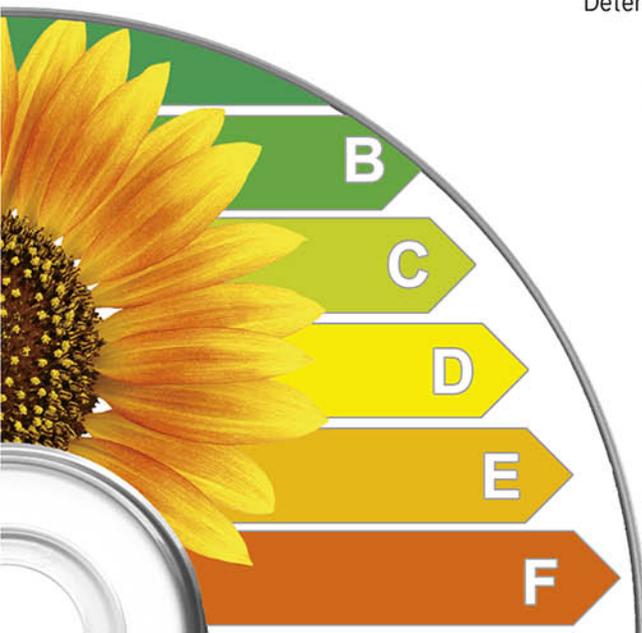
Input delle planimetrie da file .dxf (AutoCAD)

Relazione tecnica elaborata in conformità
agli allegati del D.M. 26 giugno 2009

Redazione dell'attestato
di certificazione energetica

Esportazione del file di output
in formato compatibile con altri software:
CENED+ (Regione Lombardia)
SICEE (Regione Piemonte)

Scheda sul sito >



Daniele Alberti Antonio Mazzon

LEX10

E

CERTIFICAZIONE ENERGETICA

AI SENSI DEL D.LGS. N. 192/2005 E S.M.I., AGGIORNATO
AL D.P.R. N. 59/2009 E AL D.M. 26 GIUGNO 2009
"LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI"
CONFORME AL DECRETO 03/03/2011 DELLA REGIONE SICILIANA

COLLANA LEX10 - RISPARMIO ENERGETICO

6

Testi correlati

D. Alberti - A. Mazzon Progettazione di impianti di riscaldamento

A. Vincenti Sistemi fotovoltaici

D. Alberti - A. Mazzon Lex10 Detrazioni fiscali

D. Alberti - A. Mazzon Classe A+

M. Mariotti - L. de Santoli La ventilazione naturale

G. Tisi Serramenti e sistemi oscuranti

M.C. Perazzo Il certificatore energetico

M.E. Ripamonti - F.C. Dolce Ponti termici

Daniele Alberti - Antonio Mazzon
LEX10 E CERTIFICAZIONE ENERGETICA

ISBN 978-88-579-0129-9

© 2012 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686 fax 091525738
www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Terza edizione: gennaio 2010

Seconda ristampa aggiornata: marzo 2012

Alberti, Daniele <1962->

Lex10 e certificazione energetica : ai sensi del D.Lgs. 192/2005 e S.M.I. aggiornato al D.P.R. n. 59/2009 e al D.M. 26 giugno 2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici". Conforme al Decreto 03/03/2011 della Regione Siciliana / Daniele Alberti, Antonio Mazzon. - 3. ed., 2. ristampa aggiornata. - Palermo : D. Flaccovio, 2012. ISBN 978-88-579-0129-9.

1. Edifici - Impianti termici - Calcolo. I. Mazzon, Antonio <1964->. 697 CDD-22 SBN Pal0241147

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, marzo 2012

I grafici dei quali non è indicata la provenienza sono stati elaborati dall'autore.

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.



SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- files di aggiornamento al testo e/o al programma allegato
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF0001

INDICE

Introduzione	pag. 9
Termini convenzionali più comuni e loro significato	» 13

PARTE PRIMA**La teoria**CAPITOLO 1 – *Efficienza energetica in edilizia*

1.1. Considerazioni generali	» 21
1.2. Ambito di applicazione	» 21
1.3. Metodologia di calcolo e requisiti della prestazione energetica	» 22
1.4. Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale.....	» 24
1.5. Definizione delle caratteristiche dell'edificio	» 25
1.6. Durata della stagione di riscaldamento, dati climatici e definizione della temperatura di progetto	» 26
1.7. Calcolo del fabbisogno energetico di energia primaria per il riscaldamento [$Q_{p,H}$]	» 27
1.7.1. Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento [Q_h]	» 28
1.7.2. Calcolo della dispersione termica totale [$Q_{H,ht}$]	» 29
1.7.3. Caratteristiche termo-fisiche dei componenti d'involucro edilizio	» 30
1.7.3.1. Componenti opachi.....	» 30
1.7.3.2. Componenti trasparenti.....	» 31
1.7.3.3. Ponti termici	» 31
1.7.4. Calcolo degli apporti di calore totali $Q_{H,gn}$	» 31
1.7.5. Fattore di utilizzazione degli apporti termici $\eta_{H,gn}$	» 33
1.8. Fabbisogno effettivo di energia termica per riscaldamento dell'edificio	» 34
1.9. Energia termica fornita dal sistema di generazione del calore al sistema di distribuzione.....	» 35
1.10. Fabbisogni di energia per il generatore di calore.....	» 35
1.11. Fabbisogni di energia per acqua calda sanitaria	» 36
1.12. Determinazione del fabbisogno di energia primaria	» 37
1.13. Rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento	» 38
1.14. Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva	» 38
1.14.1. Durata della stagione per la climatizzazione estiva e temperatura di progetto.....	» 38
1.15. Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica per raffrescamento $Q_{C,nd}$	» 40
1.15.1. Calcolo degli apporti di calore totali Q_g	» 41
1.15.2. Fattore di utilizzazione dello scambio termico per il calcolo del fabbisogno termico di raffrescamento	» 41

CAPITOLO 2 – *Verifiche di legge relative ai requisiti della prestazione energetica degli edifici*

2.1. Considerazioni generali	» 43
2.2. Indicazioni per il calcolo della prestazione energetica di edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale e/o di produzione di acqua calda sanitaria	» 52
2.3. Relazione tecnica ai sensi dell'articolo 28 della Legge 9 gennaio 1991, n. 10.....	» 54

CAPITOLO 3 – *La certificazione energetica degli edifici*

3.1. Certificazione energetica	» 61
3.2. Campo di applicazione	» 63
3.3. Prestazione energetica degli edifici	» 64
3.4. Metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici	» 65
3.5. Metodo calcolato di progetto	» 66
3.5.1. Metodi di calcolo da rilievo sull'edificio	» 67
3.6. Valutazione qualitativa delle caratteristiche dell'involucro edilizio volte a contenere il fabbisogno per la climatizzazione estiva. Riferimenti nazionali	» 68
3.6.1. Metodo basato sulla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento ($EP_{e,inv}$)	» 69
3.6.2. Metodo basato sulla determinazione di parametri qualitativi	» 69

3.7.	Metodologia di classificazione degli edifici	»	70
3.7.1.	Rappresentazione delle prestazioni, struttura della scala delle classi e soglia di riferimento legislativo	»	71
3.7.2.	Classi energetiche e prestazione energetica globale	»	71
3.7.3.	Climatizzazione invernale dell'edificio	»	73
3.7.4.	Preparazione dell'acqua calda per usi igienici e sanitari.....	»	74
3.7.5.	Certificazione di edifici e di singoli appartamenti (climatizzazione invernale)	»	74
3.8.	Procedura di certificazione energetica degli edifici	»	75
3.9.	Autodichiarazione del proprietario.....	»	77
3.10.	Soggetti abilitati alla certificazione energetica degli edifici	»	93
3.11.	Incentivi per il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici	»	94
3.12.	Sanzioni	»	95

CAPITOLO 4 – *Un caso studio: l'edificio scolastico "Giotto" di Palermo*

4.1.	Premessa	»	97
4.2.	Descrizione dell'edificio	»	99
4.2.1.	Caratteristiche termiche dei componenti opachi dell'involucro edilizio	»	100
4.3.	Dati climatici di Palermo	»	105
4.4.	Interventi di riqualificazione energetica.....	»	105
4.4.1.	Isolamento termico e ventilazione naturale del solaio di copertura	»	105
4.4.2.	Frangisole fotovoltaico	»	107
4.4.3.	Pannelli solari e camini solari	»	108
4.4.4.	Impianto di climatizzazione ad alta efficienza	»	109
4.5.	Indicatori di prestazione energetica dell'edificio	»	111
4.6.	Analisi delle condizioni di comfort termoisometrico estivo	»	113

PARTE SECONDA **Il software allegato**

CAPITOLO 1 – *Installazione del programma*

1.1.	Requisiti hardware e software	»	121
1.2.	Installazione	»	121
1.3.	Disinstallazione del programma.....	»	122

CAPITOLO 2 – *Attivazione del programma*

2.1.	Attivazione del programma	»	125
2.1.1.	Sistema di protezione.....	»	125
2.1.2.	Istruzioni per la attivazione via Internet	»	125
2.2.	Assistenza tecnica.....	»	126

CAPITOLO 3 – *Ambiente di lavoro*

3.1.	Interfaccia	»	127
3.2.	Menu e comandi in breve	»	128
3.2.1.	Menu FILE.....	»	129
3.2.2.	Menu MODIFICA	»	132
3.2.3.	Menu VISUALIZZA	»	132
3.2.4.	Menu ARCHIVI.....	»	132
3.2.5.	Menu CALCOLO	»	133
3.2.5.1.	Calcolo del fabbisogno energetico	»	134
3.2.5.2.	Grafici dispersioni e verifiche	»	135
3.2.5.3.	Attestato di qualificazione e/o certificazione energetica	»	135
3.2.5.4.	Targa energetica (Decr. 3.3.2011 Regione Sicilia)	»	136
3.2.5.5.	Esportazione file per CENED+	»	136
3.2.5.6.	Esportazione file per SICEE	»	137
3.2.5.7.	Export Excel per la trasmissione alla Regione Siciliana	»	137
3.2.5.8.	Calcolo dei gradi giorno	»	137
3.2.5.9.	Calcolo delle temperature esterne	»	138

3.2.5.10. Calcolo degli irraggiamenti	»	138
3.2.5.11. Calcolo della velocità del vento	»	139
3.2.6. Menu DISEGNO	»	139
3.2.7. Menu STRUMENTI	»	140
3.2.8. Menu FINESTRA.....	»	144
3.2.9. Menu AIUTO	»	145
CAPITOLO 4 – <i>La finestra principale in breve</i>		
4.1. Finestra principale del programma.....	»	147
4.1.1. Scheda GENERALE	»	147
4.1.2. Scheda STRUTTURE DI PROGETTO.....	»	148
4.1.3. Scheda EDIFICIO	»	148
4.1.3.1. DATI GENERALI.....	»	149
4.1.3.2. LOCALITÀ.....	»	150
4.1.3.3. DATI GEOMETRICI E TERMOFISICI	»	153
4.1.4. Scheda IMPIANTO TERMICO	»	155
4.1.4.1. GENERATORE	»	155
4.1.4.1.1. DATI GENERALI	»	155
4.1.4.1.2. Caratteristiche	»	161
4.1.4.2. Distribuzione.....	»	168
CAPITOLO 5 – <i>Inserire i dati termofisici dell'edificio</i>		
5.1. Schematizzazione termica dell'edificio	»	177
5.2. Zone termiche.....	»	179
5.2.1. Zone termiche – Termiche	»	179
5.2.1.1. Temperatura interna	»	180
5.2.1.2. Volume e superfici	»	180
5.2.1.3. Numero dei ricambi d'aria	»	180
5.2.1.4. Capacità termica	»	181
5.2.1.5. Rendimento di emissione	»	182
5.2.1.6. Rendimento di regolazione.....	»	183
5.2.2. Zone termiche a temperatura costante	»	185
5.2.2.1. Temperatura interna	»	186
5.2.2.2. Zona termica adiacente.....	»	186
5.2.2.3. Volume interno	»	186
5.2.2.4. Numero di ricambi d'aria con l'esterno	»	186
5.2.2.5. Numero di ricambi d'aria con la zona termica adiacente.....	»	186
5.2.3. Zone termiche non riscaldate.....	»	186
5.3. Strutture disperdenti	»	186
5.3.1. Strutture disperdenti – Strutture edilizie	»	187
5.3.1.1. Codice	»	187
5.3.1.2. Zona	»	188
5.3.1.3. Superficie	»	188
5.3.1.4. Trasmittanza	»	188
5.3.1.5. Esposizione.....	»	188
5.3.1.6. Adiacente con	»	189
5.3.1.7. Area equivalente	»	195
5.3.2. Strutture disperdenti – Ponti termici	»	200
CAPITOLO 6 – <i>Gestione e utilizzo degli archivi</i>		
6.1. Archivi contenuti in Lex10 Professional	»	203
6.1.1. Gestione degli archivi	»	203
6.1.1.1. Archivio MATERIALI	»	204
6.1.1.2. Archivio STRUTTURE EDILIZIE	»	206
6.1.1.3. Archivio PONTI TERMICI	»	213
6.1.2. Gestione ARCHIVIO DATI CLIMATICI	»	213
6.1.2.1. Consultazione dell'archivio	»	215

6.1.2.2. Consultazione di un record	»	215
6.1.3. Archivio GENERATORI DI CALORE	»	217
 <i>CAPITOLO 7 – Funzioni di disegno vettoriale</i>		
7.1. Importazione della planimetria	»	219
7.1.1. Da file DXF	»	219
7.1.1.1. Modalità di preparazione del file DXF da importare	»	220
7.1.2. Da file BITMAP	»	224
7.2. Preparazione della planimetria	»	225
7.2.1. Posizionamento dell'origine	»	225
7.2.2. Ridefinizione della scala	»	225
7.2.3. Definizione dell'orientamento	»	226
7.2.4. Definizione dei limiti del disegno	»	226
7.3. Opzioni e strumenti di visualizzazione	»	226
7.3.1. Zoom e spostamento	»	226
7.3.2. Comandi di ausilio al disegno	»	227
7.4. Definizione delle strutture disperdenti e delle zone termiche	»	229
7.4.1. Inserimento di strutture e zone	»	229
7.4.2. Eliminazione di strutture e zone	»	232
7.5. Piani di disegno (layers).....	»	232
7.5.1. Gestione dei piani	»	232
7.5.2. Visualizzazione dei piani	»	233
7.6. Esportazione della planimetria	»	234
7.7. Eliminazione della planimetria.....	»	234
 <i>CAPITOLO 8 – Calcolo del fabbisogno energetico e verifiche a norma di legge</i>		
8.1. Calcolo fabbisogno energetico	»	235
8.2. Fabbisogno energetico	»	235
8.2.1. Energia termica dispersa	»	235
8.2.2. Apporti energetici	»	236
8.2.3. Fabbisogni energetici	»	236
8.2.4. Dettaglio riscaldamento	»	238
8.2.5. Dettaglio raffrescamento	»	239
8.3. Rendimenti	»	239
8.4. Verifiche di legge	»	240
8.4.1. Valori calcolati	»	240
8.4.2. Limiti di legge	»	242
8.4.3. Verifiche di legge	»	243
8.4.4. Prestazione energetica	»	245
8.4.5. Cruscotto	»	245
 <i>CAPITOLO 9 – Elaborati grafici</i>		
9.1. Grafici delle DISPERSIONI	»	247
9.2. Grafici degli APPORTI ENERGETICI	»	250
9.3. Grafico delle TEMPERATURE	»	250
9.4. Grafico dei FABBISOGNI ENERGETICI	»	251
9.5. Grafici delle verifiche di legge.....	»	252
 <i>Bibliografia</i>	»	253

INTRODUZIONE

Sin dal 1997 il dibattito sui cambiamenti globali del clima si è focalizzato principalmente intorno al Protocollo di Kyoto che richiede ai paesi industrializzati di ridurre le loro emissioni di gas serra. L'individuazione di strategie efficaci per il controllo dei cambiamenti climatici rappresenta, dunque, una delle sfide prioritarie per il mondo della ricerca impegnato sui temi della sostenibilità.

La correlazione esistente tra cambiamenti climatici e attività umane – soprattutto uso di combustibili fossili e deforestazione – trova un elemento fondante nel fatto che, a partire dalla rivoluzione industriale ai giorni nostri, la concentrazione di anidride carbonica è andata sempre aumentando. È quindi nei luoghi in cui tali attività si concentrano che bisogna indirizzare le azioni volte alla protezione del clima globale. Secondo recenti stime metà della popolazione mondiale vive in insediamenti urbani. La stretta interdipendenza tra città e ambiente globale, tipica dei paesi industrializzati, si riproduce con forte evidenza in Italia, dove in un diciassettesimo del territorio nazionale (lo spazio occupato dalle città capoluogo di provincia) si concentra un terzo della popolazione e gran parte delle attività, i cui effetti – economici ma anche ambientali – si estendono ben oltre i confini comunali. In particolare, vari studi hanno messo in luce come il 40-50% delle emissioni globali di gas serra sia da attribuire al settore edile, contro il 25% dovuto al settore dei trasporti e il restante 25% all'industria.

A tal proposito nel 2002 il Parlamento Europeo ha adottato la Direttiva 2002/91/CE (EPBD – Energy Performance of Buildings Directive) sul rendimento energetico in edilizia con l'obiettivo di migliorare la prestazione energetica degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni riguardanti il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi. Questa direttiva prevede, infatti, che in ogni Stato membro venga predisposto un "attestato di certificazione energetica" al momento della costruzione, della compravendita e della locazione di un edificio nuovo o esistente. Tale attestato deve essere sviluppato a partire dall'adozione di una metodologia di calcolo del rendimento energetico degli edifici che permetta, attraverso l'utilizzo di standard minimi, di valutare la prestazione energetica per diverse tipologie edilizie.

La legge 31 ottobre 2003, n. 306, recante "Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alla Comunità europea – Legge comunitaria 2003" ha delegato il Governo a recepire, mediante decreto legislativo, la direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16

dicembre 2002 sul rendimento energetico in edilizia. Il Governo ha esercitato la predetta delega con l'emanazione del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia" e del D.Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia". Questo decreto, ha l'obiettivo del contenimento dei consumi energetici negli edifici, si applica:

- alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti (con alcune eccezioni e modalità operative specificate dallo stesso decreto);
- all'esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti;
- alla qualificazione/certificazione energetica degli edifici.

Nelle more dell'emanazione di alcuni decreti attuativi, ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 192/05, vengono disciplinati:

- i requisiti minimi e la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- la promozione dell'uso razionale dell'energia e delle risorse energetiche rinnovabili;
- le procedure e le norme di riferimento per eseguire il calcolo del fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale e per la qualificazione e la certificazione energetica degli edifici.

Successivamente, con l'emanazione del D.Lgs. 30/05/2008 n. 115 "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE", vengono introdotte novità soprattutto in materia di bonus volumetrici, normativa tecnica e abilitazione alla certificazione energetica.

Un ulteriore passo avanti per la completa attuazione del D.Lgs. 192/05 viene fatto con l'emanazione del Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009 n. 59, Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, concernente l'attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia e del D.M. del 26/06/2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici".

In particolare i citati decreti introducono un nuovo quadro di disposizioni obbligatorie, che sostituiscono le indicazioni "transitorie" dell'Allegato I del D.Lgs. 311/06 e si pongono l'obiettivo di un'applicazione omogenea, coordinata e immediatamente operativa delle norme per l'efficienza energetica e la certificazione energetica degli edifici su tutto il territorio nazionale.

Vengono definite le metodologie, i criteri e i requisiti minimi di edifici e impianti relativamente a:

- climatizzazione invernale;
- preparazione di acqua calda per usi sanitari;
- climatizzazione estiva;
- classificazione energetica degli edifici.

Le novità più importanti si riferiscono certamente all'introduzione dei criteri e delle metodologie di calcolo dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva e la classificazione energetica degli edifici.

Le norme nazionali sono state recentemente modificate e integrate dalle disposizioni contenute nell'art. 13 del D.Lgs. marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE (11G0067)". In particolare, le nuove disposizioni prevedono l'obbligo di inserire, nei contratti di compravendita e nei contratti di locazione di edifici o di singole unità immobiliari, a partire dal 29 marzo 2011, una clausola con la quale l'acquirente o il locatario danno atto di aver ricevuto le informazioni e la documentazione relativa alla certificazione energetica dell'edificio e l'obbligo di inserire, a partire dal 1° gennaio 2012, l'Indice di Prestazione Energetica negli annunci commerciali di vendita.

Il programma di calcolo *Lex10 Professional Ver. 6.36*, allegato alla presente pubblicazione, utilizza le procedure per il calcolo della prestazione energetica e la certificazione energetica degli edifici, aggiornate alle disposizioni legislative del D.P.R. del 02/4/09 n. 59 e del D.M. 26/09/09.

Motivo di orgoglio per i nostri autori è che il software ha ottenuto la certificazione di conformità alla norma UNI TS 11300/2008 parte 1 e 2, ai sensi dell'art. 7 del D.P.R. del 02/4/09 n. 59, rilasciata dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) con il numero 17, confermando il valore teorico e pratico di questa pubblicazione.

La struttura del libro e del programma, come per le edizioni precedenti, è stata ideata in modo da guidare l'utente durante la procedura di calcolo, avvertendolo di eventuali incongruenze dei dati inseriti, fermo restando l'essenziale ruolo del tecnico nell'effettuare una valutazione critica dei risultati e nella scelta dei criteri di progettazione più opportuni per le varie situazioni specifiche. Si ricorda, inoltre, che per un corretto utilizzo delle procedure di calcolo computerizzato non si può prescindere dalla conoscenza della legislazione nazionale vigente in materia di risparmio energetico e delle norme UNI EN in essa richiamate, che contengono una spiegazione approfondita degli algoritmi di calcolo e le tabelle con i parametri di riferimento.

TERMINI CONVENZIONALI PIÙ COMUNI E LORO SIGNIFICATO

Accertamento: l'insieme delle attività di controllo pubblico diretto ad accertare in via esclusivamente documentale che il progetto delle opere e gli impianti siano conformi alle norme vigenti e che rispettino le prescrizioni e gli obblighi stabiliti.

Attestato di qualificazione energetica: il documento predisposto e asseverato da un professionista abilitato, non necessariamente estraneo alla proprietà, alla progettazione o alla realizzazione dell'edificio, nel quale sono riportati i fabbisogni di energia primaria di calcolo, la classe di appartenenza dell'edificio, o dell'unità immobiliare, in relazione al sistema di certificazione energetica in vigore, e i corrispondenti valori massimi ammissibili fissati dalla normativa in vigore per il caso specifico o, ove non siano fissati tali limiti, per un identico edificio di nuova costruzione. Al di fuori di quanto previsto all'articolo 8 comma 2 del D.Lgs. 311/06, l'attestato di qualificazione energetica è facoltativo ed è predisposto a cura dell'interessato al fine di semplificare il successivo rilascio della certificazione energetica. A tal fine, l'attestato comprende anche l'indicazione di possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche e la classe di appartenenza dell'edificio, o dell'unità immobiliare, in relazione al sistema di certificazione energetica in vigore, nonché i possibili passaggi di classe a seguito della eventuale realizzazione degli interventi stessi. L'estensore provvede ad evidenziare opportunamente sul frontespizio del documento che il medesimo non costituisce attestato di certificazione energetica dell'edificio, ai sensi del presente decreto, nonché, nel sottoscriverlo, quale è o è stato il suo ruolo con riferimento all'edificio medesimo.

Certificato bianco: titolo di efficienza energetica attestante il conseguimento di risparmi di energia grazie a misure di miglioramento dell'efficienza energetica e utilizzabile ai fini dell'adempimento agli obblighi di cui all'articolo 9, comma 1, del D.Lgs. 16 marzo 1999, n. 79, e successive modificazioni, e all'articolo 16, comma 4, del D.Lgs. 23 maggio 2000, n. 164.

Certificazione energetica dell'edificio: il complesso delle operazioni, svolte dai soggetti di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 311/06, per il rilascio dell'attestato di certificazione energetica e delle raccomandazioni per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio.

Climatizzazione invernale o estiva: l'insieme di funzioni atte ad assicurare il benessere degli occupanti mediante il controllo, all'interno degli ambienti, della temperatura e, ove presenti dispositivi idonei, della umidità, della portata di rinnovo e della purezza dell'aria.

Condizione: il complesso delle operazioni effettuate dal responsabile dell'esercizio e manutenzione dell'impianto, attraverso comando manuale, automati-

co o telematico per la messa in funzione, il governo della combustione, il controllo e la sorveglianza delle apparecchiature componenti l'impianto, al fine di utilizzare il calore prodotto convogliandolo ove previsto nelle quantità e qualità necessarie al garantire le condizioni di comfort.

Controlli sugli edifici o sugli impianti: le operazioni svolte da tecnici qualificati operanti sul mercato, al fine di appurare lo stato degli elementi edilizi o degli impianti e l'eventuale necessità di operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Coperture a verde: coperture continue dotate di un sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali caratteristiche della copertura di un edificio. Tali coperture sono realizzate tramite un sistema strutturale che prevede in particolare uno strato colturale opportuno sul quale radificano associazioni di specie vegetali, con minimi interventi di manutenzione, coperture a verde estensivo, o con interventi di manutenzione media e alta, coperture a verde intensivo.

Diagnosi energetica: procedura sistematica volta a fornire una adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.

Edificio adibito ad uso pubblico: edificio nel quale si svolge, in tutto o in parte, l'attività istituzionale di enti pubblici.

Edificio di proprietà pubblica: edificio di proprietà dello Stato, delle Regioni o degli enti locali, nonché di altri enti pubblici, anche economici, destinato sia allo svolgimento delle attività dell'ente, sia ad altre attività o usi, compreso quello di abitazione privata.

Efficienza energetica: il rapporto tra i risultati in termini di rendimento, servizi, merci o energia, da intendersi come prestazione fornita, e l'immissione di energia.

Esercizio e manutenzione di un impianto termico: il complesso di operazioni che comporta l'assunzione di responsabilità finalizzata alla gestione degli impianti, includente conduzione, controllo, manutenzione ordinaria e straordinaria, nel rispetto delle norme in materia di sicurezza, di contenimento dei consumi energetici e di salvaguardia ambientale.

Esperto in gestione dell'energia: soggetto che ha le conoscenze, l'esperienza e la capacità necessarie per gestire l'uso dell'energia in modo efficiente.

Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale: quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime di attivazione continuo.

Fonti energetiche rinnovabili: fonti definite all'articolo 2, comma 1, lettera a), del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387.

Gradi giorno di una località: parametro convenzionale rappresentativo delle condizioni climatiche locali, utilizzato per stimare al meglio il fabbisogno energetico necessario per mantenere gli ambienti a una temperatura prefissata; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno, GG.

Impianto termico: impianto tecnologico destinato alla climatizzazione estiva e invernale degli ambienti con o senza produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari o alla sola produzione centralizzata di acqua calda per gli stessi usi, comprendente eventuali sistemi di produzione, distribuzione e utilizzazione del calore nonché gli organi di regolazione e di controllo; sono compresi negli impianti termici gli impianti individuali di riscaldamento, mentre non sono considerati impianti termici apparecchi quali: stufe, caminetti, apparecchi per il riscaldamento localizzato ad energia radiante, scaldacqua unifamiliari; tali apparecchi, se fissi, sono tuttavia assimilati agli impianti termici quando la somma delle potenze nominali del focolare degli apparecchi al servizio della singola unità immobiliare è maggiore o uguale a 15 kW.

Impianto termico di nuova installazione: impianto termico installato in un edificio di nuova costruzione o in un edificio o porzione di edificio precedentemente privo di impianto termico.

Indice di prestazione energetica EP parziale: esprime il consumo di energia primaria parziale riferito a un singolo uso energetico dell'edificio (a titolo d'esempio: alla sola climatizzazione invernale e/o alla climatizzazione estiva e/o produzione di acqua calda per usi sanitari e/o illuminazione artificiale) riferito all'unità di superficie utile o di volume lordo, espressa rispettivamente in kWh/m² anno o kWh/m³ anno.

Indice di prestazione energetica EP: esprime il consumo di energia primaria totale riferito all'unità di superficie utile o di volume lordo, espresso rispettivamente in kWh/m² anno o kWh/m³ anno.

Involucro edilizio: l'insieme delle strutture edilizie esterne che delimitano un edificio.

Ispezioni su edifici ed impianti: interventi di controllo tecnico e documentale in sito, svolti da esperti qualificati incaricati dalle autorità pubbliche competenti, mirato a verificare che le opere e gli impianti siano conformi alle norme vigenti e che rispettino le prescrizioni e gli obblighi stabiliti.

Manutenzione ordinaria dell'impianto termico: operazioni previste nei libretti d'uso e manutenzione degli apparecchi e componenti che possono essere effettuate in luogo con strumenti e attrezzature di corredo agli apparecchi e componenti stessi e che comportino l'impiego di attrezzature e di materiali di consumo d'uso corrente.

Manutenzione straordinaria dell'impianto termico: interventi atti a ricondurre il funzionamento dell'impianto a quello previsto dal progetto e/o dalla normativa vigente mediante il ricorso, in tutto o in parte, a mezzi, attrezzature, strumentazioni, riparazioni, ricambi di parti, ripristini, revisione o sostituzione di apparecchi o componenti dell'impianto termico.

Massa superficiale: massa per unità di superficie della parete opaca compresa la malta dei giunti esclusi gli intonaci; l'unità di misura utilizzata è il kg/m^2 .

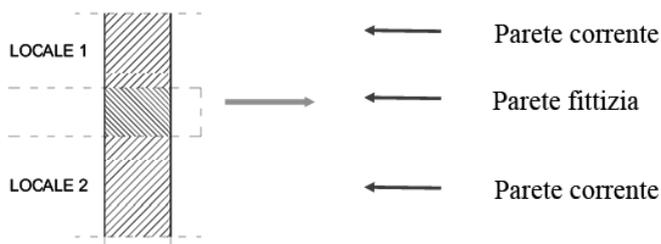
Meccanismo di efficienza energetica: strumento generale adottato dallo Stato o da autorità pubbliche per creare un regime di sostegno o di incentivazione agli operatori del mercato ai fini della fornitura e dell'acquisto di servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica.

Miglioramento dell'efficienza energetica: un incremento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, risultante da cambiamenti tecnologici, comportamentali o economici.

Misura di miglioramento dell'efficienza energetica: qualsiasi azione che di norma si traduce in miglioramenti dell'efficienza energetica verificabili e misurabili o stimabili.

Occupante: chiunque, pur non essendone proprietario, ha la disponibilità, a qualsiasi titolo, di un edificio e dei relativi impianti tecnici.

Parete fittizia: parete compresa tra due pareti correnti; schematizzata in figura.



Ponte termico: discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza agli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro).

Ponte termico corretto: si verifica quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Potenza termica convenzionale di un generatore di calore: potenza termica del focolare diminuita della potenza termica persa al camino in regime di funzionamento continuo; l'unità di misura utilizzata è il kW.

Potenza termica del focolare di un generatore di calore: il prodotto del potere calorifico inferiore del combustibile impiegato e della portata di combustibile bruciato; l'unità di misura utilizzata è il kW.

Programma di miglioramento dell'efficienza energetica: attività incentrate su gruppi di clienti finali e che di norma si traducono in miglioramenti dell'efficienza energetica verificabili e misurabili o stimabili.

Proprietario dell'impianto termico: soggetto che, in tutto o in parte, è proprietario dell'impianto termico; nel caso di edifici dotati di impianti termici centralizzati amministrati in condominio e nel caso di soggetti diversi dalle per-

sone fisiche, gli obblighi e le responsabilità posti a carico del proprietario dal presente regolamento sono da intendersi riferiti agli amministratori.

Rendimento di combustione o rendimento termico convenzionale di un generatore di calore: rapporto tra la potenza termica convenzionale e la potenza termica del focolare.

Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico: rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio di cui all'art. 9 del D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412. Ai fini della conversione dell'energia elettrica in energia primaria si considera l'equivalenza: $9\text{MJ} = 1 \text{kWh}_e$.

Rendimento di produzione medio stagionale: rapporto tra l'energia termica utile generata ed immessa nella rete di distribuzione e l'energia primaria delle fonti energetiche, compresa l'energia elettrica, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio di cui all'art. 9 del D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412. Ai fini della conversione dell'energia elettrica in energia primaria si considera l'equivalenza: $9\text{MJ} = 1\text{kWh}_e$.

Rendimento termico utile di un generatore di calore: rapporto tra la potenza termica utile e la potenza termica del focolare.

Risparmio energetico: la quantità di energia risparmiata, determinata mediante una misurazione o una stima del consumo prima e dopo l'attuazione di una o più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico.

Ristrutturazione di un impianto termico: insieme di opere che comportano la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che di distribuzione ed emissione del calore; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato.

Schermature solari esterne: sistemi che, applicati all'esterno di una superficie vetrata trasparente, permettono una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico-luminosi in risposta alle sollecitazioni solari.

Servizio energetico: la prestazione materiale, l'utilità o il vantaggio derivante dalla combinazione di energia con tecnologie ovvero con operazioni che utilizzano efficacemente l'energia, che possono includere le attività di gestione, di manutenzione e di controllo necessarie alla prestazione del servizio, la cui fornitura è effettuata sulla base di un contratto e che in circostanze normali ha dimostrato di portare a miglioramenti dell'efficienza energetica e a risparmi energetici primari verificabili e misurabili o stimabili.

Singole unità immobiliari: ai fini del D.M. dello Sviluppo Economico 26/06/09, si intende l'insieme di uno o più locali preordinato come autonomo appartamento e destinato ad alloggio nell'ambito di un edificio, di qualsiasi tipologia edilizia, comprendente almeno due unità immobiliari. È assimilata alla singola unità immobiliare l'unità commerciale o artigianale o direzionale appartenente a un edificio con le predette caratteristiche.

Sistemi filtranti: pellicole polimeriche autoadesive applicabili su vetri sul lato interno o esterno, in grado di modificare uno o più delle seguenti caratteristiche della superficie vetrata: trasmissione dell'energia solare, trasmissione ultravioletti, trasmissione infrarossi, trasmissione luce visibile.

Sostituzione di un generatore di calore: rimozione di un vecchio generatore e l'installazione di un altro nuovo, di potenza termica non superiore del 10% alla potenza del generatore sostituito, destinato ad erogare energia termica alle medesime utenze.

Superficie utile: superficie netta calpestabile di un edificio.

Terzo responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico: persona fisica o giuridica che, essendo in possesso dei requisiti previsti dalle normative vigenti e comunque di idonea capacità tecnica, economica, organizzativa, è delegata dal proprietario ad assumere la responsabilità dell'esercizio, della manutenzione e dell'adozione delle misure necessarie al contenimento dei consumi energetici e alla salvaguardia ambientale.

Trasmittanza termica: flusso di calore che passa attraverso una parete per m^2 di superficie della parete e per grado K di differenza tra la temperatura interna a un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo.

Trasmittanza termica periodica Y_{IE} ($W/m^2 K$): parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare e attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti.

PARTE PRIMA

La teoria

CAPITOLO 1

EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA

1.1. CONSIDERAZIONI GENERALI

Negli ultimi anni, l'evoluzione della legislazione in materia di efficienza energetica degli edifici ha subito una brusca accelerazione.

L'Italia ha recepito la direttiva 2002/91/CE con l'emanazione del D.Lgs. 192/2005 e del D.Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia".

Successivamente, con l'emanazione del D.Lgs. 30/05/2008 n. 115 "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE", vengono introdotte novità soprattutto in materia di bonus volumetrici, normativa tecnica e abilitazione alla certificazione energetica.

Il D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59, dà attuazione all'art. 4, comma 1, lettere a) e b), del D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia. Il decreto ha la finalità di promuovere un'applicazione "omogenea, coordinata e immediatamente operativa" delle norme per l'efficienza energetica sul territorio nazionale.

Infine, il Decreto del 26 giugno 2009 delinea le procedure per la certificazione energetica degli edifici su tutto il territorio nazionale.

1.2. AMBITO DI APPLICAZIONE

Ai fini del contenimento dei consumi energetici negli edifici, la normativa vigente si applica in genere:

- alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti (con alcune eccezioni e modalità operative);
- all'esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti;
- alla certificazione energetica degli edifici.

Nel caso di ristrutturazione di edifici esistenti, e per quanto riguarda i requisiti minimi di prestazione energetica, è prevista un'applicazione graduale in relazione al tipo di intervento. A tal fine, sono delineati diversi gradi di applicazione:

- un'applicazione integrale a tutto l'edificio nel caso di ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m²; di demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m²;
- un'applicazione integrale, ma limitata al solo ampliamento dell'edificio nel caso che lo stesso ampliamento risulti volumetricamente superiore al 20% dell'intero edificio esistente;
- un'applicazione limitata al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni, nel caso di interventi su edifici esistenti, quali ristrutturazioni totali o parziali, manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio e ampliamenti volumetrici, di una nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti, e nel caso di una sostituzione di generatori di calore.

Le norme non si applicano alle seguenti categorie di edifici e impianti:

- agli immobili per cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici;
- ai fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
- ai fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 m²;
- agli impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati, in parte non preponderante, per gli usi tipici del settore civile.

1.3. METODOLOGIA DI CALCOLO E REQUISITI DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

Con l'entrata in vigore del D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59, viene data attuazione alle disposizioni di cui all'art. 4, comma 1, lettere a) e b), del D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192. Il decreto infatti:

- definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al contenimento dei consumi di energia e al raggiungimento degli obiettivi dello stesso decreto legislativo;
- disciplina la progettazione, l'installazione, l'esercizio, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici, per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari e, limitatamente al settore terziario, per l'illuminazione artificiale degli edifici;
- definisce i criteri generali di prestazione energetica per l'edilizia sovvenzionata e convenzionata, nonché per l'edilizia pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione degli edifici esistenti, e indica le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al raggiungimento degli obiettivi del decreto legislativo.

Allo stato attuale, quindi, i criteri generali e i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti sono regolamentati dalla Legge 9 gennaio 1991, n. 10, dal D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, come modificati dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e dalle disposizioni di cui all'art. 4 del D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59.

Per le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici si adottano le norme tecniche nazionali, definite nel contesto delle norme EN a supporto della direttiva 2002/91/CE, della serie UNI/TS 11300 e loro successive modificazioni. Le norme tecniche a oggi disponibili sono:

- 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.

Queste norme costituiscono il quadro normativo principale che definisce la metodologia di calcolo richiamata dalla legislazione nazionale, a cui fanno riferimento molte altre per l'esecuzione di calcoli specifici attraverso l'utilizzo di algoritmi e dati standard contenuti in tabelle:

- UNI EN ISO 13790 – 2008 Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento;
- UNI 10339 Impianti aeraulici al fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici;
- UNI 10351 Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore;
- UNI 10355 Murature e solai – Valori della resistenza termica e metodo di calcolo;
- UNI EN 12831 Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto;
- UNI EN 13947 Prestazione termica delle facciate continue – Calcolo della trasmittanza termica;
- UNI EN 15242 Ventilazione degli edifici – Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni;
- UNI EN 15251 Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica;
- UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo;
- UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti – Calcolo della trasmittanza termica – Generalità;
- UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo;

- UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo;
- UNI EN ISO 13789:2008 Prestazione termica degli edifici – Coefficiente di perdita di calore per trasmissione – Metodo di calcolo;
- UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento.

L'utilizzo di altri metodi, procedure e specifiche tecniche sviluppati da organismi istituzionali nazionali, quali l'ENEA, le università o gli istituti del CNR, è possibile, motivandone l'uso nella relazione tecnica di progetto di cui al comma 25, purché i risultati conseguiti risultino equivalenti o conservativi rispetto a quelli ottenibili con i metodi di calcolo precedentemente detti.

1.4. DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Per quanto riguarda la climatizzazione invernale la procedura di calcolo può essere così sintetizzata:

1. definire le caratteristiche dell'edificio (confini dello spazio riscaldato, zone termiche, spazi non riscaldati);
2. determinare la durata della stagione di riscaldamento e i dati climatici della località in cui è ubicato l'edificio;
3. definire la temperatura interna di progetto e le caratteristiche dell'impianto termico;
4. calcolare, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, il fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento Q_h ; considerando le dispersioni di calore, i rendimenti del sistema di riscaldamento, attraverso le seguenti componenti:
 - a. dispersioni termiche per trasmissione e ventilazione $Q_{H,tr}$ e $Q_{H,ve}$;
 - b. apporti termici interni Q_{im} ;
 - c. apporti termici solari, Q_s ;
 - d. fattore di utilizzazione per gli apporti termici totali $\eta_{H,gn}$;
5. determinare il fabbisogno effettivo di energia termica Q_{hr} per il riscaldamento al netto delle perdite di emissione ($Q_{l,e}$), di regolazione ($Q_{l,rg}$) e di distribuzione ($Q_{l,d}$);
6. determinare il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento (Q), comprensivo di quella necessaria per gli ausiliari elettrici dell'impianto;
7. effettuare le verifiche prescritte dall'art. 8 del D.Lgs. 311/06 per:
 - a. l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, E_p ;
 - b. il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico, η_g ;
 - c. le caratteristiche termofisiche delle strutture edilizie.

1.5. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

La norma definisce *edificio* un sistema costituito:

- dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito;
- dalle strutture interne che ripartiscono detto volume;
- da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno.

Il sistema edificio-impianto da sottoporre alle verifiche del fabbisogno energetico normalizzato ai sensi del D.Lgs. 311/06 e s.m.i. è costituito da uno o più edifici (involucri edilizi) o da porzioni di edificio, climatizzati attraverso un unico sistema di generazione.

La superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi:

- l'ambiente esterno;
- il terreno;
- altri edifici.

Il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturare per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.

Il confine dello spazio riscaldato è costituito:

- dalle pareti;
- dal pavimento;
- dai soffitti o dai tetti;

che separano lo spazio riscaldato considerato dall'ambiente esterno o dalle zone adiacenti o dagli spazi non riscaldati. Nel caso di fornitura di energia, il confine è posto nel punto di consegna all'edificio o all'impianto di riscaldamento, mentre per gli impianti di ventilazione con recupero di calore, il confine è posto all'uscita dell'unità di recupero.

La superficie utile è la superficie netta calpestabile di un edificio.

L'ambiente climatizzato è un vano o spazio chiuso che, ai fini del calcolo, è considerato riscaldato o raffrescato a determinate temperature di regolazione; mentre l'area climatizzata è l'area del pavimento degli ambienti climatizzati, comprendente l'area di tutti i piani se più di uno, esclusi piani interrati o altri ambienti non abitabili.

Ai fini del calcolo degli apporti termici interni, essa è intesa al netto delle pareti perimetrali e di tutti i divisori verticali.

Nel caso in cui l'edificio è composto da unità caratterizzate da differenti temperature (appartamenti, laboratori, negozi) è necessario suddividere lo spazio in zone termicamente omogenee, nelle quali viene mantenuto lo stesso livello di temperatura, attraverso lo stesso impianto di riscaldamento, raffrescamento o ventilazione.

In tal caso il calcolo del fabbisogno energetico utile deve essere condotto separatamente per ciascuna zona, considerando anche i flussi termici scambiati tra le

diverse zone. Il fabbisogno globale di energia, infine, è ottenuto dalla somma dei contributi di ciascuna zona riscaldata.

La normativa prevede la determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale per diverse tipologie di edificio, classificate ai sensi dell'art. 3 del D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, sulla base della loro destinazione d'uso.

Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, le stesse devono essere considerate separatamente e cioè ciascuna nella categoria che le compete.

1.6. DURATA DELLA STAGIONE DI RISCALDAMENTO, DATI CLIMATICI E DEFINIZIONE DELLA TEMPERATURA DI PROGETTO

Il D.P.R. 412/93 suddivide il territorio nazionale in sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno, indipendentemente dall'ubicazione geografica della località secondo quanto indicato in tabella 1.1.

Tabella 1.1. Individuazione della zona climatica

ZONA CLIMATICA	GRADI-GIORNO
A	fino a 600
B	da 601 a 900
C	da 901 a 1400
D	da 1401 a 2100
E	da 2101 a 3000
F	oltre 3000

La stagione di riscaldamento è il periodo dell'anno durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il riscaldamento ambientale.

Ai fini del calcolo del fabbisogno energetico stagionale ai sensi del D.Lgs. 311/08, la stagione di riscaldamento è l'intervallo di tempo compreso tra il primo giorno del mese di inizio e l'ultimo giorno del mese di fine del periodo di riscaldamento fissato dal D.P.R. 412/1993 (tabella 1.2), in funzione della zona climatica, dove le frazioni di mese vengono conteggiate come mesi interi.

Tabella 1.2. Stagioni di riscaldamento

ZONA CLIMATICA	INIZIO STAGIONE RISCALDAMENTO	FINE STAGIONE RISCALDAMENTO
A	1 dicembre	15 marzo
B		31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1 novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

Per la verifica del fabbisogno energetico dell'edificio occorre disporre dei dati climatici caratteristici della località nella quale si trova l'edificio stesso.

Tali dati sono:

- la temperatura dell'aria esterna: rappresenta il valore medio mensile per ogni mese compreso nella stagione di riscaldamento; tale valore si desume dalla UNI 10349;
- l'irradiazione solare globale giornaliera: rappresenta i valori giornalieri medi mensili, per ogni mese della stagione di riscaldamento, della radiazione totale incidente sulle diverse esposizioni e sul piano orizzontale. Si desumono dalla UNI 10349, tenendo presente che i dati riportati per ciascuna esposizione devono ritenersi validi per angoli compresi tra $-22,5^\circ$ e $+22,5^\circ$ nell'intorno della direzione considerata;
- la temperatura interna di progetto θ_i : per questo dato si assumono i valori indicati dalla norma UNI TS 11300 per le varie categorie di edifici.

Tabella 1.3. Dati relativi alla temperatura interna delle varie categorie di edifici

CATEGORIA	DESCRIZIONE	TEMPERATURA INTERNA [°C]
E1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili	20
E2	Edifici adibiti ad ufficio e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico	20
E3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per assistenza e il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici	20
E4	Edifici adibiti ad attività ricreative associative o di culto e assimilabili	20
E5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni	20
E6	Edifici adibiti ad attività sportive	
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	28
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	18
E.6 (3)	Servizi di supporto ad attività sportive	20
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	20
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili	18

1.7. CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DI ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO [$Q_{p,H}$]

La norma UNI 10379, richiamata dal D.Lgs. 192/05, definisce il fabbisogno energetico convenzionale stagionale di riscaldamento: “energia primaria richiesta dal sistema di produzione per soddisfare i fabbisogni energetici di riscaldamento dello spa-

zio riscaldato ai valori convenzionali di temperatura interna nel corso della stagione di riscaldamento, nell'ipotesi di riscaldamento continuativo 24 ore su 24 (Q)".

Le successive norme UNI TS 11300 (parte 1 e 2) e UNI EN ISO 13790, di modifica ed integrazione, confermano l'adozione del metodo di calcolo mensile, in regime di funzionamento continuo, per la valutazione convenzionale del fabbisogno energetico degli edifici finalizzata al rilascio della concessione edilizia e alla certificazione o qualificazione energetica degli edifici.

Il fabbisogno di energia primaria $Q_{p,H}$ richiesto dal sistema di riscaldamento è dato dall'equazione:

$$Q_{p,H} = \Sigma Q_{H,c} \cdot f_p + Q_{H,aux} \cdot f_{p,el} \text{ [kWh]} \cdot [\text{J}]$$

dove

$Q_{p,H}$ = fabbisogno globale di energia primaria per il riscaldamento dell'edificio

$Q_{H,c}$ = fabbisogno di energia primaria per l'impianto di riscaldamento per ciascun vettore energetico (combustibili, energia elettrica, ecc.). Nel caso di combustibili è dato dalla quantità utilizzata per il potere calorifico inferiore, nel caso di energia elettrica coincide con la quantità utilizzata

$Q_{H,aux}$ = fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di riscaldamento

f_p = fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico. Nel caso siano utilizzati più combustibili deve essere fatta la sommatoria $\Sigma Q_{H,c} \cdot f_p$

$f_{p,el}$ = fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica.

I diversi termini dell'equazione vengono determinati con la norma UNI TS 11300-2.

1.7.1. Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento [Q_h]

Il calcolo del fabbisogno energetico di energia primaria per il riscaldamento si esegue, a partire dal calcolo del fabbisogno ideale di energia termica utile Q_h , con le metodologie fornite dalle norme UNI EN ISO 13790-2008 e UNI TS 11300. Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato e di funzionamento continuo dell'impianto termico. Questo fabbisogno, per ciascun periodo di calcolo, è ottenuto dalla seguente formula:

$$Q_h = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

dove

Q_h = fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento

$Q_{H,ht}$ = scambio termico totale nel caso di riscaldamento

$\eta_{H,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti termici

$Q_{H,gn}$ = apporti termici interni e solari.

Il fabbisogno ideale di energia termica annuale è la somma dei fabbisogni termici mensili (Q_{hm}), per tutti gli n mesi per i quali la temperatura esterna media risulta minore di quella di progetto:

$$Q_h = \sum_n \cdot Q_{hm}$$

1.7.2. Calcolo della dispersione termica totale [$Q_{H,ht}$]

La dispersione termica totale, per ogni zona dell'edificio e per ogni mese del periodo di riscaldamento, $Q_{H,ht}$ si calcola con la seguente formula:

$$Q_{H,ht} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve})$$

dove

$Q_{H,tr}$ = scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento

$Q_{H,ve}$ = scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento.

DISPERSIONE TERMICA PER TRASMISSIONE

$$Q_{H,tr} = H_{tr} (\theta_{int} - \theta_e) t + (\sum_K \cdot F_{r,k} \cdot \Phi_{r,mn,k}) t$$

dove

H_{tr} = coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata

θ_{int} = temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata

θ_e = temperatura media mensile dell'ambiente esterno

t = durata del mese considerato, in secondi

$F_{r,k}$ = fattore di forma tra il componente edilizio k^{esimo} e la volta celeste.

$\Phi_{r,mn,k}$ = extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k^{esimo} , mediato sul tempo.

I dati delle diverse grandezze in gioco e gli algoritmi sono contenuti nelle norme UNI TS 11300 (parte 1 e 2) e UNI EN ISO 13790-2008.

DISPERSIONE TERMICA PER VENTILAZIONE

$$Q_{H,ve} = H_{ve} (\theta_{int} - \theta_e) t \quad [\text{Wh}]$$

dove

H_{ve} = coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata [W/K]

θ_{int} = temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata [K]

θ_e = temperatura media mensile dell'ambiente esterno [K]

t = durata del mese considerato, in secondi.

COEFFICIENTI GLOBALI DI SCAMBIO TERMICO

I coefficienti globali di scambio termico si ricavano come:

$$H_{tr} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

$$H_{ve} = \rho_a c_a V$$

dove

H_D = coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno

H_g = coefficiente di scambio termico per trasmissione verso il terreno

H_U = coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati

H_A = coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa

$\rho_a c_a$ = capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 J/(m³ · K) oppure 0,34 Wh/(m³ · K)

V = portata dell'aria di rinnovo dell'edificio, comprensiva della portata d'aria attraverso spazi non riscaldati [m³/h].

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione H_D, H_g, H_U, H_A è effettuato secondo le UNI EN ISO 13789:2008, UNI EN ISO 13370 e UNI TS 11300 Parte 1.

Il calcolo di $F_{r,k} \cdot \Phi_{r,mn,k}$ è effettuato secondo quanto riportato nelle UNI EN ISO 13790:2008 e UNI TS 11300 Parte 1.

Il fabbisogno di energia termica totale dell'edificio per ciascun mese, infine, è dato dalla somma dei fabbisogni relativi a ciascuna zona.

1.7.3. Caratteristiche termo-fisiche dei componenti d'involucro edilizio

1.7.3.1. Componenti opachi

Il calcolo della trasmittanza termica dei componenti edilizi opachi va effettuato attraverso la determinazione delle conducibilità termiche dei materiali o delle conduttanze dei componenti edilizi ricavate dai dati certificati dai costruttori oppure dalla UNI 10351 o dalla UNI 10355.

I coefficienti superficiali di scambio termico e le resistenze termiche delle intercapedini d'aria sono indicati dalla UNI EN ISO 6946.

Ove non siano disponibili dati attendibili per le grandezze sopra menzionate, ad esempio nel caso di edifici esistenti, le caratteristiche termo-fisiche dei componenti edilizi possono essere determinate in funzione della tipologia edilizia e del periodo di costruzione, secondo quanto indicato nelle appendici A e B della norma UNI TS 11300-1.

1.7.3.2. Componenti trasparenti

La trasmittanza termica delle finestre si calcola secondo la UNI EN ISO 10077-1, mentre la trasmittanza termica delle facciate continue trasparenti si calcola in base a quanto riportato nella UNI EN 13947.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di trasmittanza termica delle vetrate e dei telai o direttamente di alcune tipologie di finestre possono essere ricavati dalle tabelle contenute nella norma UNI TS 11300 – Parte 1.

Nel caso in cui il componente finestrato sia dotato di chiusure oscuranti, il relativo effetto dell'isolamento notturno può essere calcolato con la seguente formula:

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

dove

$U_{w,corr}$ = trasmittanza termica ridotta della finestra e della chiusura oscurante

U_{w+shut} = trasmittanza termica della finestra e della chiusura oscurante insieme

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

U_w = trasmittanza termica della finestra senza chiusura oscurante.

Nella valutazione di progetto o nella valutazione standard si considera un periodo giornaliero di chiusura di 12 h e, in mancanza di dati precisi sui profili giornalieri della temperatura, si può assumere $f_{shut} = 0,6$.

1.7.3.3. Ponti termici

Lo scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici può essere calcolato secondo la UNI EN ISO 14683 – Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento. Per gli edifici esistenti e per alcune tipologie edilizie, può essere determinato forfetariamente applicando delle opportune maggiorazioni alle dispersioni di calore attraverso le strutture disperdenti, secondo le maggiorazioni indicate dalla UNI TS 11300-1.

1.7.4. Calcolo degli apporti di calore totali $Q_{H,gn}$

L'apporto di calore totale $Q_{H,gn}$ è dato dalla somma degli apporti di calore interni Q_{int} e di quelli solari Q_{sol} :

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

APPORTI DI CALORE INTERNI

Gli apporti di calore interni Q_i includono qualunque calore generato nello spazio

riscaldato dalle sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento, come ad esempio quello:

- per il metabolismo degli occupanti;
- generato dalle apparecchiature elettriche e dagli apparecchi di illuminazione;
- proveniente dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.

Il calcolo si basa sulla potenza media degli apporti interni Φ_i moltiplicata per il tempo del periodo di riscaldamento.

Un valore medio per il calcolo degli apporti interni può essere desunto, in funzione dell'area del pavimento dello spazio riscaldato e della tipologia dell'edificio, dalla norma UNI TS 11300-1.

APPORTI SOLARI

Per il calcolo del fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale è necessario determinare anche gli apporti termici dovuti all'irraggiamento solare entrante attraverso le superfici opache e trasparenti.

Gli apporti solari dipendono:

- dall'irraggiamento medio della località interessata;
- dall'orientamento delle superfici soleggiate;
- dalla presenza di ombreggiatura permanente;
- dalla trasmittanza solare delle superfici vetrate;
- dalle caratteristiche di assorbimento delle superfici soleggiate. Le superfici soleggiate da prendere in considerazione sono le superfici vetrate, le pareti interne, i pavimenti degli spazi soleggiate e le pareti poste dietro coperture trasparenti o isolanti trasparenti.

Relativamente a un dato periodo di calcolo, l'apporto solare è dato dalla seguente formula:

$$Q_{sol} = \Sigma_j (\Sigma_n I_{sol,n} A_{sol,n})_j$$

dove

Σ_j = sommatoria applicata alle diverse grandezze alle varie esposizioni j [m²]

Σ_n = sommatoria relativa a tutte le n superfici esposte alla radiazione solare [m²] per una data esposizione

$I_{sol,n}$ = irradianza solare media mensile, sulle superficie n -esima, con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale

$A_{sol,n}$ = area effettiva di captazione solare della superficie n -esima con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale [m²].

I singoli termini dell'equazione vengono determinati con la norma UNI TS 11300-1.

1.7.5. Fattore di utilizzazione degli apporti termici $\eta_{H,gn}$

Il fabbisogno energetico ideale di energia termica utile Q_h è il fabbisogno termico di ciascuna zona nell'ipotesi che l'impianto funzioni in modo continuo, in assenza di variazioni e disuniformità della temperatura interna.

In questo bilancio è necessario introdurre il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti, $\eta_{H,gn}$, per tenere conto del fatto che utilizzando le grandezze medie mensili verrebbero sommati dei valori che non si manifestano nello stesso istante. In sostanza si sarebbero sovrastimati gli apporti gratuiti di energia (Q_{int} e Q_{sol}).

I parametri che intervengono sul fattore di utilizzazione degli apporti termici sono:

- il rapporto apporti/perdite γ .

$$\gamma = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

- la costante di tempo τ , che caratterizza l'inerzia termica interna dello spazio riscaldato:

$$\tau = \frac{C}{H}$$

dove

C = capacità termica interna, ovvero il calore accumulato nella struttura dell'edificio quando la temperatura interna varia in modo sinusoidale con un periodo di 24 h e un'ampiezza di 1 K. Il calcolo della capacità termica interna dei componenti della struttura edilizia deve essere effettuato secondo la UNI EN ISO 13786 o la norma UNI TS 11300-1

H = coefficiente di dispersione termica per trasmissione e ventilazione.

Il fattore di utilizzazione è $\eta_{H,gn}$, quindi, calcolato dalle seguenti formule:

$$\text{se } \gamma_H > 0 \text{ e } \gamma_H \neq 1: \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{aH}}{1 - \gamma_H^{aH+1}}$$

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

dove

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

con

a_H = parametro numerico

τ = costante di tempo termica della zona termica, espressa in ore, calcolata come rapporto tra la capacità termica interna della zona termica considerata e il suo coefficiente globale di scambio termico.

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

1.8. FABBISOGNO EFFETTIVO DI ENERGIA TERMICA PER RISCALDAMENTO DELL'EDIFICIO

Una volta calcolato il fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento dell'edificio Q_h , si procede alla determinazione del fabbisogno termico effettivo Q_{hr} , cioè l'energia che deve essere fornita dal sistema di distribuzione agli ambienti riscaldati, considerando le seguenti perdite:

- di *emissione* verso l'esterno, dovute a un posizionamento non ottimale dei corpi scaldanti e alla loro efficienza, variabile in funzione della tipologia del sistema di emissione stesso;
- di *regolazione* dovute a una imperfetta regolazione dell'emissione del calore; e, dove non trascurabili, della trasformazione in calore dell'energia elettrica impiegata nelle unità terminali per l'erogazione del calore.

In definitiva l'energia termica utile effettiva Q_{hr} è data dalla seguente espressione:

$$Q_{hr} = Q_h + Q_{l,e} + Q_{l,rg} - Q_{aux} \text{ [Wh]}$$

dove

$Q_{l,e}$ = perdite totali di emissione

$$Q_{l,e} = Q_h \cdot \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \text{ [Wh]}$$

$Q_{l,rg}$ = perdite totali di regolazione

$$Q_{l,rg} = (Q_h + Q_{l,e}) \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \text{ [Wh]}$$

Q_{aux} = energia termica recuperata dall'energia elettrica del sottosistema di emissione

η_e = rendimento di emissione, i cui valori possono essere reperiti nelle tabelle 17 e 18 della norma UNI TS 11300-2

η_{rg} = rendimento di regolazione, i cui valori possono essere reperiti nella tabella 20 della norma UNI TS 11300-2

che equivale alla:

$$Q_{hr} = Q_h / (\eta_e \cdot \eta_{rg})$$

nell'ipotesi generalmente ammissibile che gli apporti termici degli ausiliari elettrici Q_{aux} siano trascurabili.

1.9. ENERGIA TERMICA FORNITA DAL SISTEMA DI GENERAZIONE DEL CALORE AL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Una volta determinata l'energia che il sistema di distribuzione deve fornire al sistema di emissione, si calcola l'energia che il generatore di calore deve erogare all'ingresso del sistema di distribuzione dell'impianto di riscaldamento ($Q_{gn,out}$):

$$Q_{gn,out} = Q_{hr} + Q_{l,d} \text{ [Wh]}$$

che equivale a:

$$Q_{gn,out} = Q_{hr} / \eta_d \text{ [Wh]}$$

dove

$Q_{l,d}$ = perdite totali di distribuzione

$$Q_{l,d} = Q_{hr} \cdot \frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \text{ [Wh]}$$

η = rendimento di distribuzione, i cui valori possono essere determinati con le tabelle 21 a ÷ e o le metodologie di calcolo indicate dalla norma UNI TS 11300-2.

Le perdite di distribuzione dipendono dalla lunghezza, dal posizionamento e dal grado di isolamento termico non ottimale delle tubazioni di adduzione del fluido termovettore, e dalla distribuzione non uniforme di temperatura dell'aria all'interno degli ambienti riscaldati (stratificazione).

1.10. FABBISOGNI DI ENERGIA PER IL GENERATORE DI CALORE

Per la determinazione dell'energia termica totale che deve essere fornita dal sistema di generazione del calore dell'impianto di riscaldamento bisogna considerare le perdite di generazione. Le perdite di generazione dipendono non solo dalle caratteristiche del generatore, ma sono fortemente influenzate anche dalle modalità di inserimento dello stesso nell'impianto di riscaldamento e, in partico-

lare, 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).

Quindi, l'energia termica totale da fornire al generatore di calore necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale dell'edificio è data dalla seguente espressione:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{l,gn} \text{ [Wh]}$$

$Q_{l,gn}$ = perdite totali di generazione

$$Q_{l,gn} = (Q_{hr} + Q_{l,d}) \cdot \frac{1 - \eta_{gn}}{\eta_{gn}}$$

η_{gn} = rendimento di generazione, i cui valori possono essere determinati con le tabelle 21 ÷ 24 e le metodologie di calcolo indicate dalla norma UNI TS 11300-2.

che equivale a:

$$Q_{gn,in} = Q_{g,out} / \eta_{gn} \text{ [Wh]}$$

dove

$Q_{gn,out}$ = energia uscente dal generatore di calore per soddisfare il fabbisogno di energia termica dell'edificio, comprensivo di tutte le perdite di calore del sistema di emissione, regolazione e distribuzione

$Q_{gn,in}$ = energia da fornire al generatore di calore comprensiva delle perdite di generazione.

1.11. FABBISOGNI DI ENERGIA PER ACQUA CALDA SANITARIA

Il sistema di generazione può essere destinato a fornire calore anche a utenze diverse dal riscaldamento, e, in particolare, per la produzione di acqua calda sanitaria. L'energia termica $Q_{h,w}$ richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è:

$$Q_{h,w} = \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er} - \theta_o) \cdot G \text{ [Wh]}$$

dove

ρ = massa volumica dell'acqua [kg/m³]

c = calore specifico dell'acqua pari a 1,162 [Wh/kg°C]

V_w = volume giornaliero dell'acqua calda sanitaria richiesto durante il periodo di calcolo [m³/G]

- θ_{er} = temperatura di erogazione dell'acqua calda sanitaria [°C]
 θ_o = temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [°C]
 G = numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

Il volume dell'acqua calda sanitaria è dato da:

$$V_W = a \cdot N_u \text{ [l/G]}$$

dove

a = fabbisogno giornaliero specifico di acqua calda sanitaria [l/G]

N_u = parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.

I valori di a e N_u possono essere desunti dalla norma UNI TS 1300-2.

1.12. DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

Alla fine del calcolo, il fabbisogno energetico degli impianti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria deve essere convertito nel fabbisogno complessivo di energia primaria:

PER LA SOLA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

$$Q_{p,H} = Q_{H,c} \cdot f_p + Q_{H,aux} f_{p,el} \text{ [Wh]}$$

dove

$Q_{p,H}$ = fabbisogno globale di energia primaria per riscaldamento

$Q_{H,c}$ = fabbisogno di energia termica per riscaldamento

f_p = attore di conversione in energia primaria del vettore energetico

$Q_{H,aux}$ = fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di riscaldamento

$f_{p,el}$ = fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica.

Questo fabbisogno di energia viene utilizzato per il calcolo dell'Indice di Prestazione energetica per la climatizzazione invernale e le verifiche prescritte dal D.Lgs. 311/06.

PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE E LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

$$Q_{p,H,W} = Q_{H,c} \cdot f_p + Q_{W,c} \cdot f_p + Q_{H,aux} \cdot f_{p,el} + Q_{W,aux}$$

$Q_{W,c}$ = fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria

$Q_{W,aux}$ = fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di produzione acqua calda sanitaria.

1.13. RENDIMENTO MEDIO STAGIONALE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Il rendimento medio stagionale $\eta_{g,H}$ dell'impianto di riscaldamento è dato da:

$$\eta_{g,H} = Q_h / Q_{p,H}$$

dove

$Q_{p,H}$ = fabbisogno di energia primaria per riscaldamento

Q_h = fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento.

1.14. DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

In modo analogo al caso della climatizzazione invernale, la procedura per il calcolo del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva, può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

1. definire le caratteristiche dell'edificio (confini dello spazio riscaldato, zone termiche, spazi non riscaldati);
2. definire i dati climatici della località in cui è ubicato l'edificio e determinare la durata della stagione di raffrescamento;
3. definire la temperatura interna di progetto e le caratteristiche dell'impianto termico;
4. calcolare, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, il fabbisogno ideale di energia termica per il raffrescamento Q_C , considerando:
 - a. lo scambio termico per trasmissione e ventilazione $Q_{C,tr}$ e $Q_{C,ve}$;
 - b. gli apporti termici interni Q_{int} ;
 - c. gli apporti termici solari Q_{sol} ;
 - d. il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche $\eta_{C,Is}$.
5. determinare il fabbisogno ideale di energia termica $Q_{C,nd}$ per il raffrescamento;
6. effettuare le verifiche prescritte dal D.P.R. 2 aprile 2009 per l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva, per la massa superficiale (M_s) e per la trasmittanza termica periodica (Y_{IE}) delle strutture edilizie opache, nei casi previsti dalla stessa normativa.

1.14.1. Durata della stagione per la climatizzazione estiva e temperatura di progetto

La stagione di raffrescamento è il periodo durante il quale è necessario mettere in funzione l'impianto di climatizzazione per mantenere all'interno dell'edificio una temperatura non superiore a quella di progetto:

$$\theta_{e,day} > \theta_{int,set,C} - \frac{Q_{gn,day}}{H \cdot t_{day}}$$

dove

$\theta_{e,day}$ = temperatura esterna media giornaliera

$\theta_{int,set,C}$ = temperatura interna di regolazione per il raffrescamento

$Q_{gn,day}$ = apporti interni e solari medi giornalieri

H = coefficiente globale di cambio termico dell'edificio, in W/K, pari alla somma dei coefficienti globali di scambio termico per trasmissione e ventilazione

t_{day} = durata del giorno.

Gli apporti termici solari giornalieri sono ricavati dai valori di irraggiamento solare giornaliero medio mensile secondo quanto riportato nella UNI 10349.

Per determinare i giorni limite dei periodi di riscaldamento e raffrescamento, ovvero quelli in cui la temperatura esterna media giornaliera ($\theta_{e,day}$) eguaglia il secondo termine dell'equazione precedente, si procede mediante interpolazione lineare, attribuendo i valori medi mensili di temperatura riportati nella UNI 10349 al quindicesimo giorno di ciascun mese.

Per la verifica del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva vengono utilizzati i dati climatici della località nella quale si trova l'edificio, riportati nella normativa UNI 10349.

Per quanto riguarda la temperatura interna di progetto θ_i , invece, si assumono i valori indicati dalla norma UNI TS 11300 per le varie categorie di edifici.

La temperatura interna degli edifici adiacenti è fissata convenzionalmente pari a 26°C.

Tabella 1.4. Dati relativi alla temperatura interna delle varie categorie di edifici (UNI TS 11300-1)

CATEGORIA	DESCRIZIONE	TEMPERATURA INTERNA (°C)
E1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili	26
E2	Edifici adibiti ad ufficio e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico	26
E3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per assistenza ed il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici	26
E4	Edifici adibiti ad attività ricreative associative o di culto e assimilabili	26
E5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni	26
E6	Edifici adibiti ad attività sportive	
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	28
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	24
E.6 (3)	Servizi di supporto ad attività sportive	26
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	26
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili	26