

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Sviluppo di modelli di calcolo semplificati per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici

S. Ferrari, V. Zanotto, R. Ramponi, M. Bonomi, M. Baldinazzo





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Sviluppo di modelli di calcolo semplificati per la valutazione delle
prestazioni energetiche degli edifici

S. Ferrari, V. Zanotto, R. Ramponi, M. Bonomi, M. Baldinazzo

SVILUPPO DI MODELLI DI CALCOLO SEMPLIFICATI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

S. Ferrari, V. Zanotto, R. Ramponi, M. Bonomi, M. Baldinazzo (Dipartimento di Scienza e tecnologie dell'ambiente costruito – BEST – del Politecnico di Milano)

Marzo 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione.

Interazione condizionamento e illuminazione

Responsabile Tema: Marco Citterio, ENEA



Rapporto: SVILUPPO DI MODELLI DI CALCOLO SEMPLIFICATI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

Collaborazione tra ENEA e Dip.to BEST:

“Partecipazione all’implementing Agreement – Energy Conservation in Building Communities Systems – dell’Agenzia Internazionale dell’Energia e sviluppo di modelli di calcolo semplificati per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici”

nell’ambito dell’Accordo di programma MSE-ENEA sul Tema di ricerca 5.4.1.1/2
“Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione, interazione condizionamento e illuminazione”

Responsabile scientifico:

Simone Ferrari

Gruppo di lavoro:

Valentina Zanotto

Rubina Ramponi

Marco Bonomi

Marco Baldinazzo

MARZO 2009

PREMESSA

L'indagine svolta per il presente studio ha mosso da una rassegna dello stato di recepimento della EPBD – Direttiva europea sull'efficienza energetica in edilizia – tra i diversi Paesi della UE.

Le principali procedure di calcolo adottate per la certificazione energetica degli edifici in alcuni paesi (Austria, Francia, Germania, Inghilterra, Portogallo e Spagna) sono state approfondite ed applicate per comparazione, accanto a quella italiana, ad edifici-tipo del contesto climatico italiano.

Il confronto tra le diverse potenzialità date dai metodi e/o modelli considerati nell'analisi ha consentito di evidenziare possibili implementazioni procedurali da proporre a livello nazionale.

Indice

1	Rassegna dei principali metodi e/o modelli di calcolo per la certificazione energetica degli edifici in diversi Paesi europei e selezione delle metodologie più efficaci.....	5
1.1	Introduzione	5
1.2	Italia	7
1.2.1	Certificazione	7
1.2.2	Procedura di calcolo.....	8
1.2.3	Software	9
1.2.4	Normativa di riferimento	9
1.2.5	Requisiti e specifiche	9
1.3	Austria.....	13
1.3.1	Certificazione	13
1.3.2	Procedura di calcolo.....	14
1.3.3	Software	15
1.3.4	Normativa di riferimento	15
1.3.5	Requisiti e specifiche	16
1.4	Francia	20
1.4.1	Certificazione	20
1.4.2	Software	23
1.4.3	Normativa di riferimento	23
1.4.4	Requisiti e specifiche	24
1.5	Germania.....	27
1.5.1	Certificazione	27
1.5.2	Procedura di calcolo.....	28
1.5.3	Software	29
1.5.4	Requisiti e specifiche	30
1.6	Inghilterra.....	31
1.6.1	Certificazione	31
1.6.2	Procedura di calcolo.....	32
1.6.3	Software	33
1.6.4	Normativa di riferimento	33
1.6.5	Requisiti e specifiche	34
1.7	Portogallo.....	35
1.7.1	Certificazione	35
1.7.2	Software	39
1.7.3	Normativa di riferimento	40
1.7.4	Requisiti e specifiche	40
1.8	Spagna.....	44
1.8.1	Certificazione	44
1.8.2	Procedura di calcolo.....	46
1.8.3	Software	46
1.8.4	Normativa di riferimento	47
1.8.5	Requisiti e specifiche	47
1.9	Altri paesi.....	52
2	Analisi comparata delle metodologie applicate a edifici-tipo	75
2.1	Definizione degli edifici-tipo.....	78
2.1.1	Edificio Plurifamiliare.....	78

2.1.2	Edificio Unifamiliare	79
2.1.3	Edificio per uffici	80
2.1.4	Caratteristiche termofisiche degli involucri	81
2.1.5	Caratteristiche impiantistiche	86
2.2	Italia	87
2.2.1	Dati di input	87
2.2.2	Risultati per gli edifici residenziali	89
2.2.3	Risultati per l'edificio ad uso uffici	90
2.3	Austria	91
2.3.1	Dati di input	91
2.3.2	Risultati per gli edifici residenziali	94
2.3.3	Risultati per l'edificio ad uso uffici	95
2.4	Francia	96
2.4.1	Dati di input	96
2.4.2	Risultati per gli edifici residenziali	97
2.5	Germania	99
2.5.1	Dati di input	99
2.5.2	Risultati per gli edifici residenziali	102
2.5.3	Risultati per l'edificio ad uso uffici	103
2.6	Inghilterra	104
2.6.1	Dati di input per gli edifici residenziali	104
2.6.2	Dati di input per l'edificio ad uso uffici	106
2.6.3	Risultati per gli edifici residenziali	107
2.6.4	Risultati per l'edificio ad uso uffici	108
2.7	Portogallo	109
2.7.1	Dati di input per gli edifici residenziali	109
2.7.2	Dati di input per gli edifici ad uso uffici	111
2.7.3	Risultati per gli edifici residenziali	113
2.7.4	Risultati per l'edificio ad uso Uffici	114
2.8	Spagna	115
2.8.1	Dati di input	115
2.8.2	Risultati per gli edifici residenziali	118
2.8.3	Risultati per l'edificio ad uso Uffici	118
2.9	Analisi delle potenzialità date da ciascuna metodologia	120
2.10	Proposta di un modello di calcolo semplificato da implementare in contesto nazionale	125

1 Rassegna dei principali metodi e/o modelli di calcolo per la certificazione energetica degli edifici in diversi Paesi europei e selezione delle metodologie più efficaci

1.1 Introduzione

Il Parlamento europeo ed il Consiglio sul rendimento energetico hanno emanato, il 16 dicembre 2002, la Direttiva 2002/91/CE. Pubblicata sulla G.U.C.E.L. del 4 gennaio 2003, la Direttiva è nata dalla necessità di accelerare le azioni di risparmio energetico e ridurre le differenze tra i vari Stati Membri, attraverso la definizione di un quadro di riferimento normativo in modo da coordinare gli interventi nel settore edilizio.

La Direttiva 2002/91/CE istituisce un quadro comune per consentire ai singoli stati membri di coordinare al meglio la normativa locale in questo campo: il recepimento pratico del quadro è stato demandato alle singole amministrazioni, così da tenere in considerazione le specificità locali, tra cui le condizioni climatiche esterne e le prescrizioni riguardo il clima degli ambienti interni.

Le disposizioni contenute nel testo della direttiva riguardano alcuni ambiti specifici:

1. l'istituzione di un metodo condiviso di calcolo integrato del rendimento energetico degli edifici;
2. l'applicazione di norme minime sul rendimento energetico degli edifici;
3. l'introduzione di un sistema di certificazione delle prestazioni energetiche degli edifici, che preveda l'esposizione degli attestati di prestazione all'interno degli edifici pubblici o frequentati dal pubblico;
4. l'ispezione e la valutazione periodica degli impianti di climatizzazione.

I diversi Paesi sono tenuti a istituire alcuni requisiti minimi di rendimento energetico non solo per gli edifici di nuova costruzione, ma anche per quelli sottoposti a ristrutturazione poiché, data la natura del settore edilizio, in cui il ciclo medio di vita da considerare varia tra i 50 e 100 anni e in cui il tasso di ricambio è esiguo, le iniziative per il miglioramento delle prestazioni energetiche vanno rivolte anche e soprattutto allo stock esistente.

Gli Stati membri possono decidere di non istituire o di non applicare i minimi di rendimento energetico per gli edifici ricadenti nelle seguenti categorie:

- a) edifici e monumenti ufficialmente protetti come patrimonio designato o in virtù del loro speciale valore architettonico o storico, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto;
- b) edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose;
- c) fabbricati temporanei con un tempo di utilizzo previsto non superiore a due anni, siti industriali, officine ed edifici agricoli non residenziali a basso fabbisogno energetico, nonché edifici agricoli non residenziali utilizzati in un settore disciplinato da un accordo nazionale settoriale sul rendimento energetico;

- d) edifici residenziali destinati ad essere utilizzati meno di quattro mesi all'anno;
- e) fabbricati indipendenti con una metratura utile totale inferiore a 50 m².

Per gli edifici di nuova costruzione la cui metratura utile totale supera i 1000 m², inoltre, sono previsti requisiti aggiuntivi, che riguardano soprattutto la dotazione impiantistica. E' fatto obbligo per questi edifici di valutare la fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'installazione di sistemi alternativi quali:

- a) sistemi di fornitura energetica decentrati basati su energie rinnovabili,
- b) cogenerazione;
- c) sistemi di teleriscaldamento e teleraffrescamento (complesso di edifici/condomini), se disponibili;
- d) pompe di calore, a determinate condizioni.

Oltre ai requisiti precedentemente descritti, si prevede che gli stati membri istituiscano una procedura di certificazione energetica, che produca un attestato da presentare in caso di nuova costruzione, compravendita o locazione degli edifici e che abbia una validità massima di dieci anni. Questo attestato deve contenere diversi dati, tra cui i valori vigenti a norma di legge e i valori di riferimento ed eventuali raccomandazioni per il miglioramento delle prestazioni, per permettere agli individui coinvolti nei processi di trasferimento a titolo oneroso degli immobili di valutare e confrontare i rendimenti energetici degli edifici.

Inoltre, per gli edifici di metratura utile totale superiore ai 1000 m² occupati da autorità pubbliche e da enti che forniscono servizi pubblici a un ampio numero di persone è prevista l'affissione in luogo chiaramente visibile per il pubblico dell'attestato di certificazione energetica.

Il quadro prospettato dalla Direttiva sull'efficienza energetica degli edifici è dunque chiaramente determinante per il futuro energetico-prestazionale del parco edilizio europeo ed una grande responsabilità è demandata ai singoli Paesi: l'auspicato sviluppo di una metodologia condivisa per il calcolo integrato dei consumi energetici, infatti, avrebbe lo scopo di sollecitare i singoli Stati membri ad esprimere in modo trasparente le prestazioni energetiche degli edifici (e le emissioni di CO₂ correlate).

Come si vedrà nel seguito della presente relazione, però, allo stato attuale esistono ancora notevoli sperequazioni circa il livello di recepimento della Direttiva e in riferimento alle metodologie, procedure e strumenti resi disponibili dai diversi Paesi membri.

1.2 Italia

Pur dando per scontato che sia ben noto lo stato di recepimento della EPBD nel nostro Paese, si riporta un quadro riepilogativo dei principali aspetti affrontati a livello legislativo e normativo.

La Direttiva Europea 2002/91/CE è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 192/05 (Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia), che traspone la struttura generale del decreto europeo nella normativa nazionale e introduce l'obbligo della Certificazione Energetica degli edifici. Tale certificazione, secondo la normativa, si esprime attraverso il rilascio da parte del costruttore di un Attestato di certificazione energetica in cui vengono riportati i livelli di consumo di energia dei fabbricati. Il D.Lgs.192 è stato modificato e sostituito dal D.Lgs. 311 (Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/8/05 n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia), adottato dal Consiglio dei Ministri il 29 Dicembre 2006.

Con il D.Lgs. 311/06, il governo ha stabilito gli stadi temporali per l'applicazione della procedura di certificazione energetica e indicato, nell'Allegato I, le disposizioni da applicare in regime transitorio, in attesa dei decreti attuativi per il calcolo del fabbisogno e delle linee guida per la certificazione energetica degli edifici (che ad oggi non sono ancora stati emanate).

Nel frattempo alcune regioni si sono attivate autonomamente, implementando alcune procedure di certificazione che hanno trovato spazio nelle normative regionali.

1.2.1 Certificazione

Il D.Lgs.311/06 prescrive i valori limite di prestazione energetica relativi al riscaldamento invernale (EPI) e di trasmittanza termica dell'involucro, che variano in base alla zona climatica di riferimento e che risultano progressivamente più restrittivi in relazione ai tre stadi temporali previsti per l'applicazione di tali requisiti. La prestazione energetica (fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale) è espressa in funzione del rapporto di forma dell'edificio S/V (Superficie che delimita l'edificio verso l'esterno o verso locali non riscaldati / Volume lordo delle parti di edificio riscaldate) e viene calcolata in rapporto alla superficie utile per gli edifici residenziali [kWh/m^2] e su base volumica per i non residenziali [kWh/m^3].

Il rispetto dei limiti prescritti consente, in regime transitorio, il rilascio di un Attestato di qualificazione energetica, che sarà sostituito dall'Attestato di certificazione energetica con l'introduzione della procedura definitiva.

L'Attestato di qualificazione energetica, che viene rilasciato sulla base di un modello unico per gli edifici residenziali e non residenziali deve contenere i dati relativi a:

fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale [kWh/a]

indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale proprio dell'edificio [$\text{kWh/m}^2\text{a}$, se residenziale, o $\text{kWh/m}^3\text{a}$, se non residenziale]

valori limiti ammissibili dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale [$\text{kWh/m}^2\text{a}$ o $\text{kWh/m}^3\text{a}$]

L'attestato deve riportare i parametri climatici della località presa in esame e i riferimenti alle norme

tecniche utilizzate per il calcolo e al metodo di valutazione della prestazione energetica utilizzato, (metodi analitico e semplificato descritti nel D.Lgs. 311/06, Allegato I). Inoltre l'attestato può comprendere un'indicazione dei possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche, nel caso di edifici esistenti, con una valutazione sintetica in termini di costi – benefici.

1.2.2 Procedura di calcolo

Il D.Lgs.311/06 per la valutazione della prestazione energetica degli edifici prevede un metodo analitico e uno semplificato.

Il metodo semplificato si può utilizzare per gli edifici la cui area finestrata sia inferiore al 18% della superficie utile ($S_f < 0,18 S_u$). In questo caso l'edificio soddisfa i requisiti energetici se sono rispettati i limiti di trasmittanza per le strutture opache orizzontali e verticali e per le chiusure trasparenti (tabelle al paragrafo 1.5), se sono installati generatori o pompe di calore ad alto rendimento e se la temperatura media del fluido vettore è inferiore a 60°C.

Il metodo analitico, invece, prevede le seguenti verifiche:

- il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale (E_{Pi}) deve risultare inferiore al valore limite previsto (Allegato C, valori riportati al paragrafo 5.1):
$$E_{Pi} < E_{Pi \text{ limite}} [\text{kWh/m}^2\text{a} - \text{kWh/m}^3\text{a}]$$
- il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico deve essere superiore a:
$$\eta_g = (65 + 3 \log P_n) [\%]$$

in cui P_n è la potenza utile nominale del generatore [kW]
- le trasmittanze termiche delle diverse strutture edilizie che delimitano l'edificio non devono superare di oltre il 30% i valori limite tabellati, ovvero
$$U \leq 1,3 U_{lim.}$$

Il valore di E_{Pi} è calcolato come rapporto fra il fabbisogno di energia primaria stagionale in regime di riscaldamento continuo (Q) e la superficie netta calpestabile (S_u). I valori di Q vengono determinati attraverso i metodi di calcolo descritti dalle norme tecniche UNI e CEN in vigore, di cui viene fornito un elenco nell'Allegato M.

Calcolo dei fabbisogni

Nel 2008 sono state pubblicate le prime due parti della specifica tecnica UNI TS 11300 che definisce le modalità per l'applicazione nazionale della norma UNI EN ISO 13790:2008, con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento, le successive due parti sono di prossima pubblicazione.

I fabbisogni di energia termica vengono calcolati su base mensile a partire dagli scambi termici per ventilazione e trasmissione, degli apporti gratuiti interni e solari, e di un fattore di utilizzazione che dipende dalle caratteristiche di capacità termica dell'edificio. La UNI TS 11300-1 prevede che il calcolo del fabbisogno sia effettuato per integrazione dei risultati relativi ai diversi mesi e alle diverse zone dell'edificio che sono servite dagli stessi impianti.

Calcolo dei consumi

La determinazione del consumo di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione

invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria è calcolata attraverso l'utilizzo della UNI TS 11300-2.

Tale specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione:

- del fabbisogno di energia utile per acqua calda sanitaria;
- dei rendimenti e dei consumi di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria;
- dei consumi di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

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.

La procedura di calcolo prevede innanzitutto la determinazione dei singoli contributi energetici utili al calcolo del consumo di energia primaria.

In particolare si procede al calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento (prendendo come dato di riferimento iniziale il valore determinato con la UNI TS 11300-1), del fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria e del consumo di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di riscaldamento, di produzione dell'acqua calda sanitaria, di eventuali sistemi che utilizzano energie rinnovabili e di cogenerazione, si determina inoltre l'energia elettrica esportata dal sistema.

Il calcolo finale della richiesta di energia primaria dell'edificio si effettua mettendo a bilancio questi contributi moltiplicati singolarmente per il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico ($f_{p,i}$, $f_{p,el}$) secondo la seguente formula:

$$\sum Q_{H,c,i} \times f_{p,i} + \sum Q_{W,c,j} \times f_{p,j} + (Q_{H,aux} + Q_{W,aux} + Q_{INT,aux} - Q_{el,exp}) \times f_{p,el} \quad [Wh]$$

Tale metodologia di calcolo risulta di particolare importanza nel dimensionamento di impianti solari termici per la produzione di acqua calda mentre non sono computati il calcolo del fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento e quello di edifici dotati di impianti che utilizzino energie rinnovabili per il riscaldamento previsti invece nelle UNI TS 11300-3 e UNI TS 11300-4.

1.2.3 Software

Non sono ancora disponibili software nazionali per il calcolo della procedura.

1.2.4 Normativa di riferimento

In aggiunta alla recente specifica tecnica UNI TS 11300, nell'Allegato M al D.Lgs. 311/06 è riportato un elenco delle principali norme a cui ci si può riferire.

1.2.5 Requisiti e specifiche

Valori limite di prestazione energetica per la climatizzazione invernale - edifici residenziali

I valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale applicabili dal 1 Gennaio 2008 per gli edifici residenziali [kWh/m^2a] sono riportati nella tabella che segue.

Rapporto di forma dell'edificio	Zona Climatica									
	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	Fino a 601 GG	Fino a 900 GG	Fino a 901 GG	Fino a 1400 GG	Fino a 1401 GG	Fino a 2100 GG	Fino a 2101 GG	Fino a 3000 GG	Oltre 3000 GG
< 0,2	9,5	9,5	14	14	23	23	37	37	52	52
≥ 0,9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133

Tabella 1: Valori EPi limite per la climatizzazione invernale applicabili dai 1 Gennaio 2008 per gli edifici residenziali

I valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale applicabili dal 1 Gennaio 2010 per gli edifici residenziali [kWh/m²a] sono riportati nella tabella che segue.

Rapporto di forma dell'edificio	Zona Climatica									
	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	Fino a 601 GG	Fino a 900 GG	Fino a 901 GG	Fino a 1400 GG	Fino a 1401 GG	Fino a 2100 GG	Fino a 2101 GG	Fino a 3000 GG	Oltre 3000 GG
< 0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8
≥ 0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Tabella 2: Valori EPi limite per la climatizzazione invernale applicabili dai 1 Gennaio 2010 per gli edifici residenziali

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 - 0,9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella si procede mediante interpolazione lineare. Per le località caratterizzate da un numero di gradi giorno superiori a 3001 i valori limite sono determinati per estrapolazione lineare, sulla base dei valori fissati per la zona climatica E, con riferimento al numero di GG propri della località in esame.

Valori limite di prestazione energetica per la climatizzazione invernale - edifici non residenziali

I valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale applicabili dal 1 Gennaio 2008 per gli edifici non residenziali [kWh/m³a] sono riportati nella tabella che segue.

Rapporto di forma dell'edificio	Zona Climatica									
	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	Fino a 601 GG	Fino a 900 GG	Fino a 901 GG	Fino a 1400 GG	Fino a 1401 GG	Fino a 2100 GG	Fino a 2101 GG	Fino a 3000 GG	Oltre 3000 GG
< 0,2	2,5	2,5	4,5	4,5	6,5	6,5	10,5	10,5	14,5	14,5
≥ 0,9	9	9	14	14	20	20	26	26	36	36

Tabella 3: Valori EPi limite per la climatizzazione invernale applicabili dai 1 Gennaio 2008 per gli edifici non residenziali

I valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale applicabili dal 1 Gennaio 2010 per gli edifici residenziali [$\text{kWh/m}^3\text{a}$] sono riportati nella tabella che segue.

Rapporto di forma dell'edificio	Zona Climatica									
	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	Fino a 601 GG	Fino a 900 GG	Fino a 901 GG	Fino a 1400 GG	Fino a 1401 GG	Fino a 2100 GG	Fino a 2101 GG	Fino a 3000 GG	Oltre 3000 GG
$< 0,2$	2,0	2,0	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
$\geq 0,9$	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

Tabella 4: Valori E_{Pi} limite per la climatizzazione invernale applicabili dal 1 Gennaio 2010 per gli edifici non residenziali

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 - 0,9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella si procede mediante interpolazione lineare. Per le località caratterizzate da un numero di gradi giorno superiori a 3001 i valori limite sono determinati per estrapolazione lineare, sulla base dei valori fissati per la zona climatica E, con riferimento al numero di GG propri della località in esame.

Valori limite di trasmittanza termica

I valori limite di trasmittanza per le strutture opache verticali [$\text{W/m}^2\text{K}$] sono riportati nella tabella che segue.

Zona climatica	U dal 01/01/2008	U dal 01/01/2010
A	0,72	0,62
B	0,54	0,48
C	0,46	0,40
D	0,40	0,36
E	0,37	0,34
F	0,35	0,33

Tabella 5: limite di trasmittanza per le strutture opache verticali [$\text{W/m}^2\text{K}$]

I valori limite di trasmittanza termica per le strutture opache orizzontali [$\text{W/m}^2\text{K}$] sono riportati nella tabella che segue.

Zona climatica	Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura		Strutture opache orizzontali di pavimento	
	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2008	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2010	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2008	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2010

A	0,42	0,38	0,74	0,65
B	0,42	0,38	0,55	0,49
C	0,42	0,38	0,49	0,42
D	0,35	0,32	0,41	0,36
E	0,32	0,30	0,38	0,33
F	0,31	0,29	0,36	0,32

Tabella 6: limite di trasmittanza per le strutture opache orizzontali [$\text{W/m}^2\text{K}$]

I valori limite di trasmittanza termica delle strutture trasparenti [$\text{W/m}^2\text{K}$] sono riportati nella tabella che segue.

Zona climatica	Strutture trasparenti comprensive degli infissi		Strutture trasparenti vetrate	
	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2008	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2010	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2008	U [$\text{W/m}^2\text{K}$] dal 01/01/2010
A	5,0	4,6	4,5	3,7
B	3,6	3,0	3,4	2,7
C	3,0	2,6	2,3	2,1
D	2,8	2,4	2,1	1,9
E	2,4	2,2	1,9	1,7
F	2,2	2,0	1,7	1,3

Tabella 7: limite di trasmittanza per le strutture trasparenti [$\text{W/m}^2\text{K}$]

1.3 Austria

In Austria il recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE sul *Rendimento energetico nell'edilizia* avviene con l'**EAV-G** (Energieausweis-Vorlage-Gesetz, *Legge di Presentazione del Certificato Energetico*), pubblicata il 3 Agosto 2006.

Per tutte le norme specifiche sulle caratteristiche degli edifici, la legge fa riferimento alla **OIB-Richtlinie 6** (*Linee Guida dell'Istituto Austriaco dell'Ingegneria delle Costruzioni*) sul risparmio energetico negli edifici, pubblicata il 25 Aprile 2007.

1.3.1 Certificazione

Per gli edifici di nuova costruzione la certificazione è divenuta obbligatoria a partire dal 1 Gennaio 2008, mentre per quelli esistenti dal 1 Gennaio 2009.

La presentazione del certificato è necessaria in caso di vendita o locazione di un immobile, come allegato al contratto di vendita o di locazione. Per quanto riguarda le singole unità immobiliari, la certificazione può riguardare l'unità in oggetto, un'unità immobiliare tipo, o l'intero edificio.

Il certificato energetico in Austria ha una validità di 10 anni.

Le linee guida prescrivono alcuni requisiti integrativi alla procedura di certificazione, riguardo:

1. **il fabbisogno specifico di riscaldamento annuo**, calcolato sulla base di dati climatici di riferimento medi validi per l'intero paese;
2. **la qualità termica dell'involucro**, descritta dal parametro LEK, che dipende dalla trasmittanza media dell'involucro e dal fattore di forma (cfr. paragrafo 2.5.2.);
3. **la trasmittanza** degli elementi d'involucro;
4. le caratteristiche dell'**impianto di riscaldamento** (produzione, distribuzione, emissione)

Per molti vincoli sono previsti ulteriori inasprimenti a partire dal 2010 e alle singole regioni (Bundesländer) è concesso stabilire requisiti aggiuntivi o più restrittivi rispetto a quelli definiti a livello nazionale.

Gli edifici di nuova costruzione con una superficie netta superiore ai 1.000 m², inoltre, devono obbligatoriamente prevedere l'implementazione di sistemi impiantistici alternativi quali lo sfruttamento di energie rinnovabili, cogenerazione, teleriscaldamento/teleraffrescamento, l'installazione di pompe di calore o di celle a combustibile.

Certificato per edifici residenziali

Il certificato energetico degli edifici residenziali deve contenere i valori relativi a:

- a) fabbisogno di energia per riscaldamento, confrontato con il valore limite;
- b) consumo di energia dovuto alle perdite dell'impianto di riscaldamento;
- c) consumo di energia finale dell'impianto di riscaldamento.

Il fabbisogno di energia per riscaldamento deve essere calcolato sulla base sia del clima di

riferimento medio nazionale (per verificare il rispetto dei valori limite di fabbisogno termico invernale e per individuare la classe d'appartenenza) sia del clima della località in cui si trova l'edificio, mentre i consumi di energia devono riferirsi al clima locale. Tutti i valori devono essere presentati sia in termini assoluti [kWh/a] sia riferiti all'unità di superficie abitata lorda [kWh/m²a].

Certificato per edifici non residenziali

Il certificato energetico degli edifici non residenziali deve contenere i valori relativi a:

- a) fabbisogno di riscaldamento, confrontato con il valore limite;
- b) fabbisogno di raffrescamento;
- c) consumo di energia dovuto agli impianti tecnici, suddiviso in riscaldamento, raffrescamento, ventilazione meccanica e illuminazione elettrica;
- d) consumo di energia finale.

Il fabbisogno di energia per riscaldamento deve essere calcolato sulla base sia del clima di riferimento medio nazionale (per verificare il rispetto dei valori limite di fabbisogno termico invernale, calcolato per unità di volume riscaldato lordo e per individuare la classe d'appartenenza, individuata sull'unità di superficie riscaldata lorda) sia del clima della località in cui si trova l'edificio, mentre il fabbisogno di raffrescamento e i consumi di energia devono riferirsi al clima locale. Tutti i valori devono essere presentati sia in termini assoluti [kWh/a] sia riferiti all'unità di superficie lorda di pavimento [kWh/m²a].

1.3.2 Procedura di calcolo

Per quanto riguarda la procedura di calcolo, le autorità austriache hanno stabilito di armonizzare le metodologie nazionali con quelle europee proposte dal CEN (*Comitato Europeo per la Normazione*), nell'ottica di una futura procedura di certificazione condivisa.

Il metodo di calcolo è contenuto nelle OIB Leitfaden - Energietechnisches Verhalten von Gebäudes (*Guida dell'Istituto Austriaco dell'Ingegneria delle Costruzioni sul comportamento energetico degli edifici*) e procede attraverso un bilancio mensile del tutto analogo a quello presente nella norma EN 13790.

Per quanto riguarda gli edifici esistenti, è stata prevista una *procedura semplificata*, per la quale le caratteristiche costruttive e impiantistiche vengono scelte da banche dati di riferimento raccolte negli anni passati. Il certificato, inoltre, in questo caso deve contenere le indicazioni di misure possibili per la riduzione dei consumi di energia primaria, implementabili in modo semplice da un punto di vista tecnico o economico.

Calcolo dei fabbisogni

Il fabbisogno di **riscaldamento e raffrescamento** è calcolato su base mensile come bilancio tra le dispersioni per trasmissione e ventilazione e i guadagni termici dovuti all'apporto di radiazione solare e ai carichi interni, corretti dal fattore di utilizzazione che dipende dall'inerzia termica dell'edificio.

Il fabbisogno di **acqua calda sanitaria** viene definito in base alla destinazione d'uso, attraverso un

valore giornaliero di energia termica per unità di superficie lorda di pavimento.

Il fabbisogno di **ventilazione meccanica** mensile non è previsto per gli edifici di tipo residenziale e viene calcolato, similmente a quanto indicato nella norma tedesca DIN V 18599-3, in base al fabbisogno di ricambi d'aria dipendente dalla destinazione d'uso, alla tipologia d'impianto e al fabbisogno di riscaldamento, raffrescamento e trattamento dell'umidità.

Calcolo dei consumi

Per quanto riguarda i consumi energetici determinati dalle componenti impiantistiche per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione meccanica e trattamento dell'umidità, l'approccio austriaco prevede di aggiungere al bilancio dei fabbisogni, le perdite e i guadagni dovuti al funzionamento degli impianti tecnici, calcolati sulla base di valori normalizzati indicati all'interno della guida alla procedura di certificazione.

Il consumo energetico per **illuminazione artificiale** viene calcolato sulla base della destinazione d'uso dell'edificio e delle tipologie di lampade installate.

Il **bilancio complessivo** del consumo di energia viene calcolato considerando i consumi risultanti per riscaldamento, raffrescamento, trattamento dell'umidità, ventilazione meccanica e illuminazione artificiale.

Non esiste ancora una procedura specifica per il calcolo del consumo globale di **energia primaria** o delle **emissioni di CO₂** correlati.

1.3.3 Software

Non sono stati rilasciati software ufficiali necessari per istruire la certificazione energetica degli edifici.

Tuttavia, l'Istituto Austriaco dell'Ingegneria delle Costruzioni ha pubblicato i seguenti fogli elettronici di applicazione delle norme, liberamente disponibili:

1. **Excel-Schulungs-Tool**, in applicazione della OIB-Richtlinie 6 e della legge EAV-G, pubblicato nel Luglio 2007 e disponibile nelle versioni complete per edifici residenziali ed edifici non residenziali, e in versione semplificata per edifici residenziali;
2. **Hwb02h**, in applicazione della norma OIB-382-010, risalente al 2004.

1.3.4 Normativa di riferimento

OIB-Richtlinie 6	<i>Risparmio energetico e climatizzazione negli edifici.</i> [2007]
OIB-382-010	<i>Guida al calcolo dei consumi energetici degli edifici (equivalente della EN 832).</i> [1999]
OIB-300.2-039	<i>Guida al comportamento energetico degli edifici.</i> [2007]
Önorm B 8110 (1-6)	<i>Climatizzazione degli edifici.</i>
Önorm H 5055	<i>Certificazione energetica.</i>
Önorm H 5056	<i>Fabbisogno energetico per l'impianto di riscaldamento.</i>
Önorm H 5057	<i>Fabbisogno energetico per ventilazione.</i>
Önorm H 5058	<i>Fabbisogno energetico per l'impianto di raffrescamento.</i>

1.3.5 Requisiti e specifiche

Limiti per il fabbisogno di riscaldamento

Il fabbisogno di riscaldamento specifico annuo, calcolato secondo le indicazioni normative, va confrontato con i limiti desumibili dalle relazioni riportate nel seguito (Il valore l_c è una “lunghezza caratteristica”, espressa in metri, data dal rapporto tra il volume lordo riscaldato e la superficie lorda dell'involucro: i limiti di fabbisogno dipendono quindi dalle caratteristiche geometriche dell'edificio che si intende certificare).

Edifici residenziali di nuova costruzione:

fino al 31/12/2009	$HWB_{\max}=26.0 \cdot (1+2.0/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 78.00 kWh/m ² a
dal 01/01/2010	$HWB_{\max}=19.0 \cdot (1+2.5/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 66.50 kWh/m ² a

Tabella 8: limite di fabbisogno di riscaldamento per gli edifici residenziali di nuova costruzione [kWh/m²a]

Edifici non residenziali di nuova costruzione:

fino al 31/12/2009	$HWB_{\max}=9.0 \cdot (1+2.0/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 27.00 kWh/m ² a
dal 01/01/2010	$HWB_{\max}=6.5 \cdot (1+2.5/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 22.75 kWh/m ² a

Tabella 9: limite di fabbisogno di riscaldamento per gli edifici non residenziali di nuova costruzione [kWh/m²a]

Ristrutturazione di edifici residenziali:

fino al 31/12/2009	$HWB_{\max}=34.0 \cdot (1+2.0/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 102.00 kWh/m ² a
dal 01/01/2010	$HWB_{\max}=25.0 \cdot (1+2.5/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 87.50 kWh/m ² a

Tabella 10: limite di fabbisogno di riscaldamento per la ristrutturazione di edifici residenziali [kWh/m²a]

Ristrutturazione di edifici non residenziali:

fino al 31/12/2009	$HWB_{\max}=11.0 \cdot (1+2.0/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 33.00 kWh/m ² a
dal 01/01/2010	$HWB_{\max}=8.5 \cdot (1+2.5/l_c)$ [kWh/m ² a]	≤ 30.00 kWh/m ² a

Tabella 11: limite di fabbisogno di riscaldamento per la ristrutturazione di edifici non residenziali [kWh/m²a]

Limiti per il valore LEK

Il valore LEK (Linie europäischer Kriterien) misura l'isolamento globale dovuto all'involucro

edilizio, in relazione alla geometria dell'edificio, secondo la seguente relazione:

$$LEK = 300 \frac{U_m}{(2 + l_c)}$$

dove:

U_m è la trasmittanza media pesata dell'involucro

l_c è la lunghezza caratteristica, pari a V/A (volume lordo riscaldato/superficie lorda dell'involucro) [m]

Edifici residenziali di nuova costruzione:

fino al 31/12/2009	$LEK_{max}=32$	$l_{c, min}=1$ [m]
dal 01/01/2010	$LEK_{max}=27$	

Tabella 12: Limiti al valore di LEK per gli edifici residenziali di nuova costruzione

Edifici non residenziali di nuova costruzione:

fino al 31/12/2009	$LEK_{max}=36$	$l_{c, min}=1$ [m]
dal 01/01/2010	$LEK_{max}=31$	

Tabella 13: Limiti al valore di LEK per gli edifici non residenziali di nuova costruzione

Ristrutturazione di edifici:

fino al 31/12/2009	$LEK_{max}=40$	$l_{c, min}=1$ [m]
dal 01/01/2010	$LEK_{max}=36$	

Tabella 14: Limiti al valore di LEK per le ristrutturazioni di edifici

Limiti del consumo di energia finale per gli edifici residenziali

Il consumo di energia finale dell'edificio, calcolato secondo le indicazioni normative, va confrontato con il valore risultante dall'equazione:

$$EEB \leq HWB_{max, Standort} + WWB + f_{HT} \cdot HTEB$$

dove:

EEB è il consumo di energia finale specifico [kWh/m^2a]

$HWB_{max, Standort}$ è il fabbisogno di riscaldamento specifico annuo massimo ammissibile per la località in cui è posto l'edificio [kWh/m^2a]

WWWB è il fabbisogno specifico di acqua calda sanitaria [kWh/m²a]

HTEB è il bilancio di energia delle componenti impiantistiche di un sistema di riferimento [kWh/m²a]

f_{HT} è un fattore correttivo del valore HTEB, considerato pari a 1.15 fino al 31/12/2009 e pari a 1.05 a partire dal 01/01/2010.

Limiti di trasmittanza

Elementi Costruttivi	Trasmittanza [W/m ² K]
Pareti perimetrali	0.35
Sezioni di pareti perimetrali che non superino il 2% del totale delle pareti perimetrali	0.70
Pareti divisorie tra unità immobiliari o tra destinazioni d'uso	0.90
Pareti verso locali non riscaldati (esclusi locali sottotetto)	0.60
Pareti verso sottotetti non riscaldati o non abitabili	0.35
Pareti verso altri edifici	0.50
Pareti o solai contro terra	0.40
Finestre, portefinestre, porte ed elementi verticali trasparenti verso locali non riscaldati	2.50
Finestre e portefinestre verso l'esterno negli edifici residenziali	1.40
Finestre, portefinestre, porte ed elementi verticali trasparenti verso l'esterno	1.70
Lucernari	1.70
Elementi trasparenti orizzontali o inclinati verso l'esterno	2.00
Tetti piani, tetti inclinati e solai verso sottotetti ventilati o non isolati	0.20
Solai verso locali non riscaldati	0.40
Solai verso altre unità immobiliari o altre destinazioni d'uso	0.90

Tabella 15: Valori di trasmittanza termica limite dei componenti edilizi

Classi energetiche

CLASSE	Fabbisogno [kWh/m ² a]
A++	HWB ≤ 10
A+	HWB ≤ 15
A	HWB ≤ 25
B	HWB ≤ 50
C	HWB ≤ 100
D	HWB ≤ 150
E	HWB ≤ 200
F	HWB ≤ 250
G	HWB > 100

Tabella 16: Classi Energetiche in relazione al fabbisogno annuo

1.4 Francia

La politica energetica francese è gestita dal governo centrale e solo alcune responsabilità specifiche nella gestione dell'energia sono state demandate alle Regioni nel 1982. Il DGMEP (*Direction Generale de l'Energie et des Matieres Premiere*) e l'ADEME (*Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie*), in accordo con il Ministero dell'Industria e con il Ministero per la Pianificazione del Territorio e dell'Ambiente, definiscono la politica energetica e la strategia sull'efficienza energetica a livello nazionale e regionale. In particolare l'ADEME è il principale organo esecutivo nel settore dell'efficienza energetica e ad esso è demandato il compito di promuovere l'efficienza energetica in tutto il territorio nazionale attraverso le 22 sedi regionali.

Gli strumenti legislativi relativi al campo delle costruzioni sono:

- il codice delle costruzioni e dell'abitazione (CCH), di carattere generale;
- il regolamento termico (RT), legato direttamente alla limitazione dei consumi energetici dell'edificio.

Il recepimento della direttiva europea 2002/91/CE è avvenuto con la legge 1343/04 del 9 dicembre 2004, successivamente aggiornata dall'ordinanza 655/05 e dalla legge 872/06 del 13 luglio 2006.

In seguito sono stati approvati numerosi decreti atti a specificare l'attuazione della certificazione, detta Diagnostic de Performance Énergétique (DPE).

1.4.1 Certificazione

Per quanto concerne la certificazione energetica, in attuazione della Direttiva Europea, è stato definito l'obbligo di certificazione energetica sia nel caso di edifici di nuova costruzione, sia nel caso di edifici esistenti se soggetti a compravendita o a locazione. Per gli edifici pubblici o ad uso pubblico con superficie superiore ai 1000 m², inoltre, è stabilito l'obbligo di esporre il certificato energetico in prossimità dell'ingresso o di un punto di accoglienza.

L'obbligatorietà della certificazione è stata imposta secondo le seguenti scadenze:

1. nel caso di compravendita dal 1 Novembre 2006;
2. nel caso di nuova costruzione dal 1 Luglio 2007;
3. nel caso di locazione per i soli edifici residenziali dal 1 Luglio 2007.

Viene concessa l'esenzione dall'obbligo di certificazione solo nei casi di:

- costruzioni provvisorie realizzate per un utilizzo non superiore a 2 anni;
- edifici indipendenti la cui superficie lorda di pavimento è inferiore a 50 m²;
- edifici ad uso agricolo, artigianale, industriale e le parti di residenza annesse;
- edifici a servizio dei luoghi di culto ed i monumenti storici.

Edifici esistenti

Per quanto riguarda le singole unità immobiliari risalenti a prima del 1 gennaio 1948, il consumo energetico non può essere calcolato col metodo convenzionale ma deve essere definito dalla media dei consumi reali negli ultimi tre anni precedenti la diagnosi (operational rating).

Edifici di nuova costruzione

Agli edifici di nuova costruzione vengono imposti anche alcuni requisiti prescrittivi, complementari rispetto alla procedura di certificazione:

- a) **consumo energetico annuale specifico**;
- b) **temperatura interna estiva** dei locali, per gli edifici non soggetti a raffrescamento meccanico;
- c) caratteristiche termiche degli **elementi costruttivi**;
- d) prestazioni degli **impianti meccanici**.

Contenuti del certificato energetico

Per ogni edificio vengono definite due classi, basate rispettivamente sul consumo di energia primaria e sull'emissione di gas serra (misurati in kg di CO₂ equivalente), entrambe specifiche (relative alla superficie utile di pavimento).

Il consumo totale di energia primaria viene calcolato sulla base di:

- a) riscaldamento invernale;
- b) raffrescamento estivo, ad esclusione di alcuni casi specifici per destinazione d'uso, zona climatica e superficie utile di riferimento;
- c) produzione di acqua calda sanitaria;
- d) illuminazione artificiale, ad esclusione degli edifici ad uso residenziale;
- e) sfruttamento di energie rinnovabili.

Procedura di calcolo

Il Ministero francese per il lavoro, la coesione sociale e le abitazioni propone tre metodologie di certificazione, relative a diverse categorie di edifici:

1. metodo 3CL-DPE, detto “Calcul Conventionnel des Consommations des Logements”, stagionale e valido solo per gli edifici residenziali, distinti in unifamiliari, bifamiliari o plurifamiliari;
2. metodo Comfie-DPE, dinamico in regime orario, che recepisce le indicazioni sulla verifica delle prestazioni energetiche degli edifici della norma Th-CE;
3. metodo DEL6-DPE, dinamico in regime orario, si basa essenzialmente sulla stessa procedura del Comfie-DPE, ma si riferisce in particolare agli edifici esistenti.

In pratica, le procedure di riferimento per la certificazione sono due: una convenzionale semplificata per gli edifici residenziali ed una completa dinamica in regime orario relativa a tutte le tipologie di edifici. Per il momento il Ministero è stato in grado di rilasciare strumenti ufficiali solo per il metodo 3CL-DPE, mentre si attende ancora la pubblicazione di software applicativi dei metodi dinamici. Alcune software-house hanno recepito il codice di calcolo dinamico e ne hanno sviluppato l'applicativo (disponibile a pagamento).

Metodo convenzionale semplificato

La procedura convenzionale di certificazione per gli edifici residenziali è il risultato di una sintesi di diversi metodi precedentemente sviluppati in Francia per la valutazione delle diverse parti che compongono il calcolo dei consumi di energia degli edifici.

Per quanto riguarda il calcolo del **fabbisogno di riscaldamento**, i metodi sintetizzati nella procedura sono tre: un metodo dell'ADEME che determina le prestazioni degli involucri di cui non si conoscano le caratteristiche tecnologiche, un metodo (contenuto nella regolamentazione edilizia) per le prestazioni degli involucri di cui si conoscano le specifiche, e un metodo per il caso in cui siano conosciute solo le caratteristiche d'isolamento.

Gli elementi che fanno parte dell'equazione di calcolo del fabbisogno di riscaldamento sono:

- a) ENV, un indicatore che riassume le dispersioni per trasmissione e ventilazione, espresso per unità di volume, calcolato come superficie utile di pavimento per 2,50 m di altezza media dei locali;
- b) INT, un fattore che indica l'eventuale funzionamento discontinuo dell'impianto di riscaldamento;
- c) CLIMAT, che rappresenta le caratteristiche climatiche della località in cui è posto l'edificio, e che esprime i gradi-ora di riscaldamento invernale della località, calcolati su base 18°C;
- d) COMPL, un fattore complesso che dipende dal rapporto tra i guadagni gratuiti e le dispersioni, e che può tenere in considerazione l'inerzia termica dell'edificio (cfr. Par. 3.5.2).

Il **fabbisogno di acqua calda sanitaria** viene definito sulla base dei valori tabellari specifici legati alla destinazione d'uso (per unità di superficie nel caso degli edifici residenziali, o sulla base di unità funzionali nel caso degli altri edifici) indicati all'interno dell'RT2005.

Il calcolo dei **consumi per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria** vengono calcolati dividendo i valori di fabbisogno per un rendimento globale di impianto che comprende i rendimenti di generazione, distribuzione, emissione e regolazione, normalizzati in base alla tipologia di impianto.

Il calcolo dei **consumi per raffrescamento** viene effettuato esclusivamente sulla base della superficie di pavimento soggetta a raffrescamento e valori tabellari di riferimento per le singole zone climatiche estive.

Sulla base dei consumi così calcolati, e applicando dei valori di conversione normati per le diverse fonti energetiche, vengono calcolati il consumo globale di **energia primaria** e le **emissioni di gas ad effetto serra**, espresse in kg di CO₂ equivalente.

Metodo completo

I fabbisogni per **riscaldamento e raffrescamento** vengono calcolati definendo il bilancio tra le dispersioni e i guadagni termici, seguendo le indicazioni della EN 13790 su base oraria dinamica.

Il fabbisogno di **acqua calda sanitaria** viene definito sulla base dei valori tabellari specifici legati alla destinazione d'uso (per unità di superficie nel caso degli edifici residenziali, o sulla base di unità funzionali nel caso degli altri edifici), che devono essere successivamente corretti attraverso moltiplicatori orari forniti anch'essi per le diverse destinazioni d'uso.

Il fabbisogno di **ventilazione meccanica**, calcolato solo nel caso di edifici non residenziali, dipende dal fabbisogno di ricambio d'aria legato alla destinazione d'uso e dalla tipologia di impianto; nel caso in cui l'impianto di ventilazione sia legato a quello di climatizzazione, è prevista l'installazione di elementi per il recupero di calore sia in fase invernale sia in fase estiva.

I fabbisogni termici vengono trasformati in **consumi**, dividendoli per valori di rendimento globale

degli impianti installati, pari a quelli utilizzati per il metodo semplificato. Per gli impianti di raffrescamento, invece, il rendimento globale dell'impianto viene considerato pari a 1,5.

Il **consumo per l'illuminazione artificiale** viene calcolato sulla base della destinazione d'uso e della metratura delle diverse zone dell'edificio, e va moltiplicato per fattori di correzione che dipendono dall'ingresso di luce naturale nella stanza e dal tipo di regolazione del sistema.

Il **consumo globale di energia primaria**, e le emissioni di gas ad effetto serra emesse, sono calcolate come sommatoria dei singoli consumi moltiplicati per fattori correttivi legati alla tipologia di energia impiegata.

1.4.2 Software

Per l'applicazione della procedura semplificata, il Ministero del lavoro, la coesione sociale e le abitazioni ha rilasciato dei fogli di calcolo applicativi della procedura semplificata.

Per quanto riguarda le procedure dinamiche orarie, non è ancora stato rilasciato nessuno strumento applicativo ufficiale. Il Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), però, ha messo a disposizione un motore di calcolo relativo al Th-CE che alcune software-house hanno trasformato in applicativi commerciali. Alcuni di questi programmi sono già stati verificati e validati dal CSTB:

- U21Win 3.1 e U22Win 3.1;
- CLIMA-WIN 3.2a;
- Visual TTH 2005;
- UPiC 6.0.1.

1.4.3 Normativa di riferimento

Decret 592/06	<i>Caratteristiche termiche e performance energetica degli edifici.</i> [24/05/2006]
Decret 1147/06	<i>Introduzione del concetto di certificazione energetica per gli edifici.</i> [14/09/2006]
Arrêté del 03/05/2007	<i>Metodi e procedure applicabili per la certificazione energetica di edifici residenziali esistenti in caso di locazione.</i>
Arrêté del 21/09/2007	<i>Metodi e procedure applicabili per la certificazione energetica di edifici di nuova costruzione.</i>
Arrêté del 07/12/2007	<i>Affissione del certificato energetico nei luoghi pubblici.</i>
Arrêté del 18/12/2007	<i>Metodi e procedure applicabili per la certificazione energetica degli edifici esistenti preposti alla vendita.</i> [modifica Arrêté del 15/09/2006]
CCH	<i>Codice delle costruzioni e dell'abitazione.</i>
RT2005	<i>Réglementation Thermique.</i>
Th-CE	<i>Procedura di calcolo dinamica.</i> [19/07/2006]
Th-Bât	<i>Procedura di determinazione delle caratteristiche termofisiche dell'edificio.</i>

1.4.4 Requisiti e specifiche

Limiti di trasmittanza

Elementi Costruttivi	Trasmittanza [W/m ² K]
Pareti perimetrali rivolte verso l'esterno o verso il terreno	0,45
Pareti perimetrali rivolte verso locali non riscaldati	0,45/b*
Solai inferiori rivolti verso l'esterno o parcheggi aperti	0,36
Solai inferiori rivolti verso un vespaio aerato o un locale non riscaldato	0,40
Solai di copertura in calcestruzzo o laterocemento e tetti a falde rivestiti in lastre metalliche	0,34
Coperture piane rivestite in lastre metalliche	0,41
Altri solai di copertura	0,28
Finestre e portefinestre rivolte verso l'esterno	2,60
Facciata continua	2,60
Cassone del sistema di oscuramento	3,00
* <i>fattore di correzione della temperatura per le diverse tipologie di locali non riscaldati (definito all'interno del regolamento Th-U)</i>	

Tabella 17: Trasmittanza limite degli elementi costruttivi [W/m²K]

Calcolo del fattore COMPL per la procedura semplificata

La formula per il calcolo del fattore COMPL, dal documento del Ministero del lavoro, della coesione sociale e delle abitazioni che riassume la procedura semplificata di calcolo, è:

$$\text{COMPL} = 2,5 \times \left(1 - \frac{(X - X^{2.9})}{(1 - X^{2.9})} \right)$$

Dove 2.9 è l'esponente di riferimento per gli edifici con inerzia termica media: nel caso l'edificio possa essere definito ad alta inerzia termica, quindi se almeno due elementi costruttivi risultano massivi secondo la classificazione del regolamento Th-I, l'esponente 2.9 può essere sostituito con il valore 3.6.

Il valore X, che esprime direttamente il rapporto tra le dispersioni termiche e i guadagni, viene calcolato diversamente per tre zone termiche invernali, come espresso nella tabella seguente:

H1	$\frac{22,9 + Sse \times E}{ENV \times 2,5 \times CLIMAT}$
H2	$\frac{21,7 + Sse \times E}{ENV \times 2,5 \times CLIMAT}$
H3	$\frac{18,1 + Sse \times E}{ENV \times 2,5 \times CLIMAT}$

Tabella 18: Calcolo del valore X sulla base delle zone termiche invernali

Dove:

- H1, H2, H3 sono le zone termiche;
- Sse è pari a 0,023 per gli edifici plurifamiliari e pari a 0,028 per quelli unifamiliari. Nel caso siano presenti serre solari rivolte a sud, il valore di riferimento passa a 0,030 per gli edifici plurifamiliari e 0,045 per quelli unifamiliari.
- E è il valore di soleggiamento stagionale relativo alla località climatica [kWh/m²].

Le classi d'inerzia espresse sulla base della capacità termica areica caratteristica dell'edificio sono distinte all'interno del regolamento Th-CE come da tabella che segue:

Classe d'inerzia	Capacità termica
Molto leggera	80/3,6 x S _{involucro}
Leggera	110/3,6 x S _{involucro}
Media	165/3,6 x S _{involucro}
Alta	260/3,6 x S _{involucro}
Molto alta	370/3,6 x S _{involucro}

Tabella 19: Classi di inerzia

Calcolo dei consumi per il raffrescamento estivo nella procedura semplificata

I valori di riferimento indicati all'interno del documento del Ministero del lavoro, della coesione sociale e delle abitazioni che riassume la procedura semplificata di calcolo, sono riportati (in kWh/m²a) nella tabella seguente:

Zona climatica estiva	Unifamiliari		Plurifamiliari	
	S<150m ²	S≥150m ²	Tutti i piani	Ultimo piano
Ea	2	4	1,5	2
Eb	3	5	2	3
Ec	4	6	3	4
Ed	5	7	4	5

Tabella 20: Valori di riferimento per il calcolo dei consumi

Definizione delle classi

Classificazione per consumo di energia primaria		
classe	Edifici residenziali	Edifici non residenziali
	Limite [kWh/m ² a]	Limite [kWh/m ² a]
A	inferiore o uguale a 50	inferiore o uguale a 50
B	da 51 a 90	da 51 a 90
C	da 91 a 150	da 91 a 150
D	da 151 a 230	da 151 a 230
E	da 231 a 330	da 231 a 330
F	da 331 a 450	da 331 a 450
G	superiore a 450	da 451 a 590
H	-	da 591 a 750
I	-	superiore a 750

Tabella 21: Classi Energetiche per consumo di energia primaria

Classificazione per emissione di CO ₂		
classe	Edifici residenziali	Edifici non residenziali
	Limite [kgCO ₂ eq/m ² a]	Limite [kgCO ₂ eq/m ² a]
A	inferiore o uguale a 5	inferiore o uguale a 5
B	da 6 a 10	da 6 a 10
C	da 11 a 20	da 11 a 20
D	da 21 a 35	da 21 a 35
E	da 36 a 55	da 36 a 55
F	da 56 a 80	da 56 a 80
G	superiore a 80	da 81 a 110
H	-	da 111 a 145
I	-	superiore a 145

Tabella 22: Classi energetiche per emissioni di CO₂

1.5 Germania

In Germania la prima legge inerente il risparmio energetico risale al 1976 (EnEG - Energieeinsparungsgesetz, *Legge sul Risparmio Energetico*), seguita da una serie di EnEV (Energieeinsparungsverordnung, *Regolamento sul Risparmio Energetico*) emanati a partire dal 2002. Il recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE sul *Rendimento energetico nell'edilizia*, è avvenuto con l'**EnEV 2007**, pubblicata nel Luglio 2007 ed entrata in vigore dal 1 Ottobre 2007. A breve è prevista la pubblicazione dell'aggiornamento EnEV 2009, con un'eventuale contestuale variazione della legge di riferimento attraverso una nuova EnEG 2009.

1.5.1 Certificazione

La certificazione energetica (*Energieausweis*) per gli edifici di nuova costruzione è divenuta obbligatoria già a partire dal 2002.

Per quanto riguarda la certificazione di edifici esistenti, sono state programmate diverse tappe di obbligatorietà, dando la priorità agli edifici meno recenti:

1. per gli edifici residenziali costruiti prima del 1965, dal 1 Luglio 2008;
2. per gli edifici residenziali costruiti a partire dal 1965, dal 1 Gennaio 2009;
3. per gli edifici non residenziali, dal 1 Luglio 2009.

Per i casi in cui fosse difficile recuperare i dati riguardanti le caratteristiche materiche ed impiantistiche degli edifici, esiste una banca dati di valori di riferimento classificati in base all'epoca di costruzione.

La presentazione del certificato è obbligatoria in caso di vendita o locazione di edifici, unità immobiliari o anche singole unità per destinazione d'uso, mentre per gli edifici pubblici con superficie superiore ai 1000 m², è prevista l'affissione pubblica dell'etichetta energetica.

Le leggi EnEV contengono alcuni requisiti prescrittivi, complementari rispetto alla procedura di certificazione:

- a) caratteristiche dell'involucro in termini di dispersioni per trasmissione limite (calcolate diversamente per edifici residenziali e non residenziali)
- b) ingresso della **radiazione solare** (per limitare il surriscaldamento estivo).

Edifici residenziali secondo EnEV 2007

Nell'EnEV 2007 è prevista una procedura specifica dedicata agli edifici residenziali, che si rifà alle procedure contenute nelle norme DIN V 4108-6 (un equivalente della norma EN 832) e DIN V 4701-10.

Sulla base di queste norme, il consumo di energia primaria in kWh/m²a è calcolato considerando:

- a) riscaldamento;
- b) produzione di acqua calda sanitaria;
- c) raffrescamento, nel caso in cui sia presente un impianto attivo (viene considerata una quantità di consumo annuo standard che dipende dalla tipologia di impianto).

Edifici non residenziali e residenziali secondo EnEV 2009

Per quanto riguarda gli edifici non residenziali e per quelli residenziali in base all'EnEV 2009 la metodologia da seguire è quella espressa dalla norma DIN V 18599, che prevede la stima di un valore energetico annuale, ottenuto da una valutazione su base mensile, desunta dalla definizione di giornate-tipo caratterizzanti ciascun mese, da confrontare con quello di un edificio di riferimento di medesima geometria e destinazione d'uso, ma caratterizzato da soluzioni costruttive e impiantistiche standardizzate.

Per gli edifici residenziali il consumo di energia primaria è calcolato considerando:

- a) riscaldamento;
- b) produzione di acqua calda sanitaria;
- c) eventuale ventilazione meccanica;
- d) eventuale raffrescamento.

Per gli edifici non residenziali il consumo di energia primaria è calcolato considerando:

- a) riscaldamento;
- b) produzione di acqua calda sanitaria;
- c) ventilazione meccanica, eventualmente connessa al sistema di condizionamento dell'aria;
- d) raffrescamento;
- e) illuminazione artificiale.

1.5.2 Procedura di calcolo

La metodologia di calcolo è attualmente differente per quanto riguarda gli edifici residenziali e gli edifici non residenziali: per i primi la metodologia segue le linee guida dettate dal CEN (*Comitato Europeo per la Normazione*), mentre per gli altri va seguita la procedura esplicita nella DIN V 18599 (parti dalla 1 alla 10), che segue un approccio olistico attraverso l'utilizzo di un benchmarking tramite edifici tipo risolti con soluzioni standard, indicate all'interno del testo di legge.

Questa differenza di approccio sarà annullata dall'entrata in vigore dell'EnEV 2009, che prevede l'utilizzo della DIN V 18599 anche per gli edifici residenziali.

Per il momento la nuova metodologia nazionale in Germania è considerata più dettagliata di quella europea, e non è intenzione delle autorità tedesche procedere ad un'armonizzazione con gli standard CEN, almeno finché questi non verranno ulteriormente implementati.

Calcolo dei fabbisogni

I fabbisogni di **riscaldamento** e **raffrescamento** sono calcolati sulla base di un bilancio tra le dispersioni e i guadagni corretti tramite il fattore di utilizzazione che dipende dall'inerzia termica degli elementi costruttivi dell'edificio. Seguendo la procedura più dettagliata, il calcolo è effettuato sulla base di giornate-tipo mensili: i profili dei giorni convenzionali e dei giorni caratterizzati da un uso più limitato dell'edificio (vacanze o fine settimana), vengono moltiplicati per il rispettivo numero di giorni del mese associati alle due diverse condizioni.

Il fabbisogno di **acqua calda sanitaria**, invece, è tabellato sulla base della destinazione e dei profili

d'uso dell'edificio, esplicitati all'interno della norma DIN V 18599-10.

Il fabbisogno di **ventilazione meccanica**, non previsto per gli edifici di tipo residenziale, viene calcolato per gli altri edifici in base al fabbisogno di ricambi d'aria dipendente dalla destinazione d'uso, alla tipologia d'impianto e al fabbisogno di riscaldamento, raffrescamento e trattamento dell'umidità.

Calcolo dei consumi

I consumi per **riscaldamento** e **raffrescamento** sono calcolati aggiungendo al fabbisogno di energia termica utile le perdite e i guadagni dovuti agli impianti di distribuzione ed emissione, e ottenendo così un fabbisogno corretto a cui vengono applicati i rendimenti e le caratteristiche dell'impianto di generazione. Al consumo così calcolato vengono inoltre sommati quelli dovuti al funzionamento degli ausiliari, la cui potenza è schedata a seconda della tipologia.

I consumi per **acqua calda sanitaria** e **illuminazione artificiale** vengono calcolati a partire dai fabbisogni tabellati aggiungendo sulla base della tipologia di impianto installato.

Il consumo per **illuminazione artificiale** viene calcolato sulla base del valore di illuminamento medio previsto in base alla destinazione d'uso, esplicitato all'interno della norma DIN V 18599-10, corretto sulla base dell'ingresso di luce naturale consentito dalle caratteristiche compositive dell'edificio.

I consumi per **ventilazione e trattamento dell'umidità** vengono calcolati sommando al fabbisogno il contributo dovuto alla potenza e al tempo di funzionamento degli ausiliari, che sono schedati per tipologia di impianto.

Il consumo globale di energia viene calcolato sommando tutti i consumi precedentemente definiti, desunti i mensili a partire dai valori giornalieri. Dal dato di consumo si derivano, con i rispettivi fattori di conversione, il consumo di energia primaria e le correlate emissioni di CO₂, (su base annuale).

1.5.3 Software

Non esiste un software ufficiale per la certificazione, ma viene suggerito l'utilizzo del software IBP18599, prodotto dal Fraunhofer Institut für Bauphysik sulla base della norma DIN V 18599.

Lo stesso istituto ha anche prodotto un foglio elettronico di calcolo che consente una maggior flessibilità di inserimento dei dati ed una lettura più dettagliata dei risultati.

Normativa di riferimento

DIN V 4108-2	<i>Requisiti termici degli edifici – isolamento e accumulo.</i>
DIN V 4108-6	<i>Calcolo del fabbisogno di riscaldamento e del fabbisogno di energia per il riscaldamento invernale degli edifici (ricalca ed integra la EN 832).</i>
DIN V 4701-10	<i>Valutazione energetica degli impianti di riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria e ventilazione.</i>

DIN V 18599 (1-10) *Valutazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno energetico, del consumo energetico e del consumo di energia primaria per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione.*

1.5.4 Requisiti e specifiche

Limiti per le caratteristiche termiche dell'involucro negli edifici residenziali

Tipo di edificio		Limite di H_t' [W/m ² K]
Edifici isolati	$S_{\text{utile}} \leq 350 \text{ m}^2$	0,40
	$S_{\text{utile}} > 350 \text{ m}^2$	0,50
Edifici collegati ad altri da un solo lato		0,45
Tutti gli altri edifici		0,65
Ampliamenti		0,65

Tabella 23: Limiti per le caratteristiche termiche dell'involucro per edifici residenziali [W/m²K]

Dove:

H_t' valore specifico, rispetto alla superficie utile di pavimento, del coefficiente di dispersione per trasmissione dell'involucro H_t [W/K]

Limiti per le caratteristiche termiche dell'involucro negli edifici non residenziali

Elemento d'involucro	Trasmittanza media, U_{media} [W/m ² K]	
	Locali in cui $T_{\text{int}} \geq 19^\circ\text{C}$	Locali in cui $12 < T_{\text{int}} < 19^\circ\text{C}$
Elementi opachi	0,35	0,50
Elementi trasparenti	1,90	2,80
Facciata continua	1,90	3,00
Elementi vetrati di ampie dimensioni e di copertura	3,10	3,10

Tabella 24: Limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per edifici non residenziali [W/m²K]

1.6 Inghilterra

Già nel 1965 il Governo inglese si era dotato di un valido programma di efficienza energetica definendo anche metodologie per la valutazione delle prestazioni energetiche di un edificio.

Tramite il *Building Act* del 1984, il Ministero dell'Ambiente ha introdotto i *Building Regulations*, con l'obiettivo di assicurare la salute e l'incolumità delle persone all'interno e all'esterno degli edifici e di promuovere l'efficienza energetica degli edifici attraverso standard prestazionali minimi. I *Buildings Regulations* si compongono di tredici parti (A-N), ognuna delle quali è corredata dalle indicazioni tecniche per soddisfare i requisiti richiesti: la sezione L, che riguarda il risparmio di energia e di combustibile, nel Marzo 2006 è stata aggiornata introducendo standard più restrittivi, allo scopo di conformarsi alla Direttiva Europea.

Il recepimento effettivo della Direttiva è avvenuto il 29 Marzo 2007 con l'emanazione dello *Statutory Instruments 2007, No.991 - The Energy Performance of Buildings (Certificates and Inspections) - England and Wales*.

1.6.1 Certificazione

L'obbligo di certificazione ha previsto le seguenti scadenze:

1. edifici residenziali di nuova costruzione dal 1 Gennaio 2008;
2. edifici commerciali di nuova costruzione dal 1 Aprile 2008;
3. edifici pubblici con superficie superiore ai 1000 m² dal 1 Aprile 2008;
4. edifici commerciali con superficie maggiore di 500 m², in caso di compravendita o di locazione, dal 1 Aprile 2008;
5. tutti gli edifici in caso di compravendita o locazione dal 1 Ottobre 2008.

Per gli edifici pubblici con superficie superiore ai 1000 m², inoltre, è previsto l'obbligo di esposizione del certificato.

Il Display Energy Certificate

Il *Display Energy Certificate* (DEC) è lo schema di certificazione in vigore per gli edifici pubblici o ad uso pubblico con superficie maggiore di 1000 m², e si basa principalmente su tutti i consumi energetici reali (*Operational Rating* - OR) dell'edificio registrati nei due anni precedenti.

Esso comprende anche l'*Advisory Report*, che dà indicazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica, e i dati relativi ad un eventuale utilizzo standardizzato dell'edificio (*Asset Rating* - AR) confrontato con i consumi di un edificio (benchmarking) di riferimento. Il certificatore, infatti, è tenuto ad analizzare sia i dati relativi ai consumi energetici, sia quelli relativi ad occupazione, intensità d'uso, usi speciali di energia e clima.

Questo metodo ha lo scopo di evidenziare quanto l'ente sappia gestire in modo efficiente l'edificio che ha in carico, confidando che il gestore abbia interesse a mostrare dati virtuosi al pubblico.

Il governo ha annunciato infatti l'intenzione di estendere l'obbligo di affissione anche a quegli edifici commerciali privati con un'elevata e regolare affluenza di pubblico.

L'Energy Performance Certificate

L'*Energy Performance Certificate* (EPC) è lo schema di certificazione in vigore per tutti gli edifici cui non si applica il DEC.

Esso riporta due classi, relative ai consumi energetici valutati sulla base del loro costo complessivo e all'emissione di CO₂, espresse in punteggi su una scala da 0 a 100, calcolati sulla base di un utilizzo standardizzato dell'edificio (*Asset Rating* – AR) e di caratteristiche climatiche standard valide per l'intero paese, allo scopo di rendere facilmente confrontabili tutti gli edifici indipendentemente dalla localizzazione geografica.

La valutazione tiene conto di dati quali l'età, la posizione, le dimensioni e le condizioni dell'edificio, e i fabbisogni energetici considerati comprendono:

- a) riscaldamento;
- b) produzione di acqua calda sanitaria;
- c) illuminazione artificiale.

Il certificato è accompagnato da un rapporto contenente le indicazioni per migliorare l'efficienza energetica ed indica il valore di rendimento energetico ottenibile seguendo tutte le raccomandazioni fornite (Potential Rating – PR).

L'obiettivo di questo certificato è quello di permettere ai futuri compratori, inquilini, proprietari, occupanti e acquirenti di accedere alle informazioni sul rendimento energetico e sulle emissioni di CO₂ della costruzione in esame in modo da poter considerare il rendimento energetico, ed i costi di gestione, come componente del loro investimento.

1.6.2 Procedura di calcolo

La metodologia ufficiale di certificazione energetica è la *Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings* (SAP), ed è obbligatoria dal 1995 per tutti gli edifici di nuova costruzione ad uso residenziale: il suo modello di calcolo si basa sul *British Research Establishment Domestic Energy Model* (BREDEM), e fa riferimento alle indicazioni CEN.

Per la valutazione di edifici esistenti è stata elaborata una metodologia semplificata dal nome di *Reduced Data SAP* (RDSAP) che richiede la raccolta e l'analisi di un numero inferiore di dati rispetto alla procedura completa SAP.

Esiste inoltre il sistema *Simplified Building Energy Model* (SBEM) che fornisce un'analisi dei consumi per gli edifici non residenziali.

Procedura standard per gli edifici residenziali (SAP)

Il fabbisogno di **riscaldamento** viene calcolato come bilancio tra le dispersioni e i guadagni corretti attraverso un fattore di utilizzazione che dipende dal rapporto tra dispersioni e guadagni. Poiché la procedura non si basa su alcun dato climatico specifico, il fabbisogno viene espresso per unità di temperatura (W/K).

Le dispersioni per **ventilazione** sono calcolate come somma delle infiltrazioni, che dipendono dal numero di dispositivi che possono introdurre aria esterna nel volume riscaldato dell'edificio (camini, canne fumarie, ventole e aperture di sicurezza per il gas) e dell'effettiva ventilazione

dovuta ai necessari ricambi d'aria, cui viene associato un valore moltiplicativo a seconda che si tratti di ventilazione meccanica con recuperatore di calore o meno.

Il fabbisogno di **acqua calda sanitaria** viene calcolato in litri/giorno, sulla base della destinazione d'uso dell'edificio e della sua superficie di pavimento.

Ai fabbisogni di **riscaldamento** e di produzione di **acqua calda sanitaria** vengono associati valori di rendimento che dipendono dal tipo di impianto, a cui viene sommato un consumo di elettricità per il funzionamento degli ausiliari.

Il consumo relativo all'**illuminazione artificiale**, invece, viene calcolato sulla base di un valore di consumo specifico standardizzato, moltiplicato per due fattori correttivi che dipendono dall'utilizzo di lampade a basso consumo e dall'ingresso di luce naturale all'interno dei locali.

A partire da questi valori, vengono calcolati gli indici percentuali di valutazione da inserire nei certificati sulla base dei costi e delle emissioni legate alle diverse forme di energia utilizzate.

Procedura di analisi per gli edifici non residenziali (SBEM)

Il metodo di valutazione SBEM per i consumi energetici degli edifici a destinazione d'uso non residenziale prevede di seguire le indicazioni della norma EN 13790.

Il calcolo dei fabbisogni di **riscaldamento** e **raffrescamento** viene effettuato su base mensile attraverso un bilancio tra le dispersioni per trasmissione e ventilazione e i guadagni termici solari e dovuti alle fonti interne dell'edificio, corretto in base ad un fattore di utilizzazione che dipende dalla capacità termica dell'edificio, effettuati su base mensile. Il fabbisogno di **acqua calda sanitaria**, invece, viene associato alla destinazione d'uso dell'edificio sulla base di database nazionali di riferimento.

Ai fabbisogni di climatizzazione e di produzione dell'acqua calda sanitaria vengono poi associati valori di rendimento complessivo che dipendono dalle caratteristiche del sistema impiantistico installato, così da ottenere i consumi energetici cui sommare la porzione di elettricità dovuta al funzionamento degli ausiliari d'impianto.

Applicando fattori nazionali per la conversione dei consumi delle diverse forme di energia, tali dati vengono poi tradotti nei valori di consumo di energia primaria e di emissioni di CO₂.

1.6.3 Software

Non esiste un software ufficiale per la certificazione. In commercio si trovano diversi programmi basati sulle procedure SAP, RDSAP e iSBEM, che sono stati approvati e riconosciuti dagli organi competenti.

È inoltre consentito l'utilizzo di software di simulazione dinamica per la valutazione dei consumi degli edifici con destinazione d'uso non residenziale, ma è necessario che i singoli programmi superino il processo di validazione del Dipartimento per le Comunità e il Governo Locale britannico.

1.6.4 Normativa di riferimento

SAP 2005

The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings.

BR – L1A, 2006

Regolamenti per gli edifici residenziali di nuova costruzione.

BR – L1B, 2006	<i>Regolamento per gli edifici residenziali esistenti.</i>
BR – L2A, 2006	<i>Regolamenti per gli edifici non residenziali di nuova costruzione.</i>
BR – L2B, 2006	<i>Regolamenti per gli edifici non residenziali esistenti.</i>

1.6.5 Requisiti e specifiche

Calcolo delle classi energetiche

Secondo la procedura inglese per gli edifici residenziali, ad ogni edificio sono associate due classi energetiche, una definita in relazione al costo annuale specifico dovuto al consumo energetico e una in relazione alle emissioni di CO₂. Le classi sono identiche per entrambe le valutazioni, e sono rappresentate da percentuali.

Classe	Punteggio
A	92-100
B	81-91
C	69-80
D	55-68
E	39-54
F	21-38
G	1-20

Tabella 25:Classi Energetiche

Il punteggio in funzione del costo dell'energia (ECF, in £/m² anno) è determinato come segue:

- se $ECF \geq 3.5$: Punteggio = $111 - 110 \times \log_{10} ECF$;
- se $ECF < 3.5$: Punteggio = $100 - 13.96 \times ECF$.

Dove:

ECF è la spesa annuale specifica prevista per l'energia nell'edificio che si sta certificando, calcolato secondo le indicazioni della procedura SAP2005 [£/ m²].

Il punteggio correlato alle emissioni di CO₂, invece, è calcolato nel seguente modo:

- se $CF \geq 28.3$: Punteggio = $200 - 95 \times \log_{10} CF$;
- se $CF < 28.3$: Punteggio = $100 - 1,34 \times CF$.

Dove:

CF è il rapporto tra le emissioni annue di CO₂ dell'edificio che si sta certificando, calcolato secondo le indicazioni della procedura SAP2005, e la superficie utile di pavimento maggiorata di 45 m² [kg/m²].

1.7 Portogallo

Il Portogallo ha recepito la Direttiva Europea 2002/91/CE nel 2006, con il Decreto Lei n°78 del 04/04/2006, che disciplina il *Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Air Interior nos Edifícios*, seguito da due decreti che descrivono le procedure di calcolo da utilizzarsi per le certificazioni: il Decreto Lei nr. 79/06, *Regulamento dos Sistemas Energeticos de Climatização em Edifícios – RSECE* e il DL. 80/06, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE*.

Altri due documenti legislativi hanno disciplinato in seguito quanto riguarda i tempi di applicazione della certificazione (Portaria n° 461/2007) e i costi (Portaria n°835/2007).

1.7.1 Certificazione

La Certificazione Energetica è stata resa obbligatoria per gli edifici di nuova costruzione e per gli edifici esistenti soggetti a grandi interventi di riqualificazione e rinnovamento, nei tempi descritti dallo schema seguente:

- 1 Edifici residenziali:
 - 1.1 con una Superficie utile di pavimento superiore ai 1000 m², dal 1/07/2007
 - 1.2 con una Superficie utile di pavimento inferiore ai 1000 m², dal 1/07/2008
- 2 Edifici non residenziali:
 - 2.1 con una superficie superiore ai 1000 m² o a 500 m² in caso di centri commerciali, supermercati, ipermercati e piscine coperte, dal 1/07/2007
 - 2.2 con una superficie inferiore ai 1000 m² o a 500 m² in caso di centri commerciali, supermercati, ipermercati e piscine coperte, dal 1/07/2008
- 3 Edifici non residenziali esistenti e soggetti a grandi interventi di recupero con una superficie di 1000 m² (o di 500 m², secondo la tipologia), certificazione obbligatoria dal 1/07/2007.

Dal mese di Gennaio 2009 è contemplata l'estensione del sistema di certificazione energetica (SCE) a tutti gli edifici, sia nuovi sia esistenti.

La valutazione dei consumi energetici viene fatta in due tempi, prima in fase di progettazione dell'edificio, attraverso la stesura del DCR (*Declaração de Conformidade Regulamentar*), poi in fase di collaudo attraverso il CE (*Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior*).

Il DCR è un documento che attesta la conformità del progetto dell'edificio al regolamento applicativo, che si presenta in allegato al progetto per la richiesta del permesso di costruire, mentre il CE è un documento di conformità della costruzione al regolamento edilizio per la concessione dell'abitabilità.

Per ogni tipologia di edificio, in base alla destinazione d'uso, alle dimensioni e alla potenza degli impianti di climatizzazione, le norme indicano se la procedura di calcolo di riferimento è quella

disciplinata dal regolamento RCCTE (DL. 80/06) o dal regolamento RSECE (DL. 79/06).

In particolare:

- 1 Per edifici residenziali:
 - 1.1 senza impianto di climatizzazione o con un impianto di climatizzazione di potenza inferiore a 25 kW, il riferimento è dato dal regolamento RCCTE;
 - 1.2 se l'impianto di climatizzazione ha una potenza superiore a 25 kW, si fa riferimento ad entrambi i regolamenti (RCCTE e RSECE).
- 2 Per gli edifici non residenziali:
 - 2.1 di area inferiore ai 1000 m² (o 500 m² secondo la tipologia) senza impianto di climatizzazione o con un impianto di potenza inferiore ai 25 kW, il riferimento è il regolamento RCCTE
 - 2.2 di area inferiore ai 1000 m² (o 500 m² secondo la tipologia) con l'impianto di climatizzazione di potenza superiore ai 25 kW o di area superiore ai 1000 m² (o 500 m² secondo la tipologia), il riferimento è dato dal regolamento RSECE
- 3 Per gli edifici esistenti soggetti periodicamente ai controlli ci si riferisce al RSECE.

Il regolamento RCCTE prevede per le abitazioni unifamiliari di superficie utile di pavimento inferiore a 50 m², l'esenzione dall'obbligo di certificazione, a patto che siano verificate alcune condizioni (Punto 4, Anexo IX, DL 80/2006):

1. Gli elementi opachi rispettino dei requisiti massimi di trasmittanza riportati nel par. 6.5.3
2. La copertura sia di colore chiaro;
3. L'edificio appartenga ad una classe di inerzia termica media (da 150 a 400 kg/m²) o alta (maggiore di 400 kg/m²);
4. L'area delle superfici vetrate sia inferiore al 15% della superficie utile di pavimento dell'edificio;
5. Nel caso siano necessari vani vetrati non orientati a nord con una superficie superiore al 5% dell'area utile di pavimento, il fattore solare sia inferiore a un valore massimo di riferimento.

Edifici residenziali o edifici non residenziali in cui il sistema di climatizzazione è assente o ha una potenza inferiore a 25 kW

La classificazione energetica degli edifici è calcolata a partire dall'espressione $R=N_{tc}/N_t$, in cui N_{tc} rappresenta il consumo globale annuale di energia primaria per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria, mentre il valore N_t rappresenta il valore limite di riferimento.

Il consumo di energia primaria è calcolato quindi considerando:

- a) riscaldamento
- b) raffrescamento
- c) produzione di acqua calda sanitaria.

Edifici non residenziali con un impianto di climatizzazione con potenza superiore a 25 kW

La Classificazione Energetica degli edifici di questo tipo è calcolata a partire da tre parametri:

- IEE_{nom} che è l'indice di efficienza energetica nominale ed è calcolato per simulazione con dati su base oraria contenuti nel RSECE
- IEE_{ref} che è l'indice di efficienza energetica limite di riferimento, anch'esso contenuto nell'allegato XI del RSECE, definito in base alla tipologia di edificio
- S che rappresenta la somma dei consumi specifici per il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione nell'edificio.

Il consumo di energia primaria è calcolato considerando:

- a) riscaldamento;
- b) raffrescamento;
- c) produzione di acqua calda sanitaria;
- d) illuminazione.

Procedura di calcolo

Nel sistema portoghese, la procedura di certificazione di un edificio fa riferimento al regolamento RSECE, (Decreto Lei n°79/2006) per quanto riguarda gli interventi edilizi di dimensioni più grandi e gli edifici di servizi, e al regolamento RCCTE (DL. N°80/2006) per quanto riguarda il settore residenziale.

Il regolamento RCCTE descrive una procedura semplificata basata sulla norma europea EN 13970. Il regolamento contiene, oltre alla descrizione delle modalità di calcolo, alcuni parametri climatici di riferimento e valori standard da utilizzare in mancanza di altre specifiche sui materiali o gli impianti.

Il regolamento RSECE, invece, indica i parametri da assumersi per la descrizione dei consumi energetici e i loro valori limite di riferimento per ognuna delle sei condizioni di riferimento (art.3, DL 80/2006) così definite:

1. per quanto riguarda l'involucro degli edifici nuovi o soggetti a grandi ristrutturazioni è previsto il rispetto dei limiti contenuti nel regolamento RCCTE, di cui si applica la relativa procedura;
2. per i grandi edifici del terziario esistenti, il valore dei consumi globali specifici di energia in condizioni normali di funzionamento (IEE_{nom}) viene determinato tramite un audit energetico periodico e fa riferimento a un valore limite contenuto nella normativa per ogni destinazione d'uso dell'edificio (*Anexo X, Valor limite dos consumos globais específicos dos edificios de serviços existentes*). In caso il valore determinato superi il valore limite, per l'edificio deve essere proposto un piano di razionalizzazione energetica (PRE);
3. per i grandi edifici nuovi o per gli edifici soggetti a grandi interventi di ristrutturazione, l'indicatore di efficienza energetica è l' IEE_{nom} , determinato con una simulazione dinamica dettagliata. Anche per questo indicatore, il limite previsto è indicato nella normativa (*Anexo*

XI, Valore limite dos consumos globais especificos dos novos edificios de seriviços).

4. Gli edifici del terziario esistenti non sono soggetti a limitazioni per quanto riguarda i consumi energetici se sono di modeste dimensioni;
5. Gli edifici del terziario di nuova costruzione, se di modeste dimensioni, possono assumere come valori di riferimento tanto l'indicatore energetico equivalente (IEE_{nom}), quanto i valori esplicitati nella procedura RCCTE (N_{ic} per il riscaldamento e N_{vc} per il raffrescamento), che devono essere inferiori all'80% dei valori limite ammessi (N_i e N_v);
6. Per quanto riguarda gli edifici di abitazione nuovi o ricavati da restauri di grandi dimensioni e dotati di un sistema di climatizzazione soggetto a RSECE, i requisiti energetici espressi sotto forma di fabbisogni nominali parziali (N_{ic} e N_{vc}), come da RCCTE, devono rispettare il limite dato dall'80% dei rispettivi valori massimi ammessi (N_i e N_v).

Calcolo dei fabbisogni

Il calcolo del fabbisogno di riscaldamento e raffrescamento avviene su base stagionale per la procedura RCCTE semplificata, secondo la procedura derivata dalla norma EN 13790.

Il fabbisogno di **ventilazione meccanica** per gli edifici soggetti a RCCTE viene calcolato solo per quegli edifici che non rispettano i ricambi d'aria orari previsti dalla normativa (NP 1037-1), posti pari a 0,6 volumi/ora. In tal caso, il fabbisogno di ventilazione meccanica viene calcolato come la somma di un fattore che dipende dal fabbisogno di ricambi d'aria e di un fattore che dipende dalla potenza degli impianti di ventilazione e dal periodo di utilizzo (dato per ogni località sulla base dei dati climatici standardizzati).

Nella procedura RSECE è prevista la possibilità di un calcolo dei fabbisogni per simulazione dinamica su base oraria annuale tramite i software di cui al relativo punto.

Calcolo dei consumi

Il calcolo dei consumi per il riscaldamento e il raffreddamento nella procedura RCCTE è dato dal rapporto tra i fabbisogni e il rendimento del sistema. Il consumo di **acqua calda sanitaria** è calcolato come un bilancio tra i contributi dei sistemi di produzione di energie rinnovabili, quali i collettori solari, e il rapporto tra l'energia spesa dal sistema per la produzione dell'acqua calda sanitaria e il rendimento del sistema stesso.

La determinazione del bilancio finale del consumo di energia avviene considerando i consumi calcolati per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria moltiplicati per un fattore di conversione in energia primaria che dipende dalla fonte di energia che alimenta il sistema.

Nella procedura RSECE i consumi vengono ricavati per simulazione e vengono poi moltiplicati per un coefficiente di conversione in energia primaria e normalizzati per unità di superficie utile di pavimento al fine di ricavare gli indicatori energetici equivalenti per il riscaldamento e il raffrescamento (IEE_i e IEE_v). Tali indicatori vengono quindi sommati agli altri consumi di energia, per ottenere l'indicatore di efficienza energetica finale.

1.7.2 Software

Per l'applicazione della procedura RCCTE non è fornito alcuno software ufficiale, ma è disponibile un programma commerciale, Rccte-Preceram, oppure è possibile reperire in rete alcuni fogli di calcolo, tra cui quello del Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Coimbra.

Per l'applicazione della procedura RSECE possono essere utilizzati tutti i software di simulazione dinamica certificati ASHRAE 140-2004 ed elencati in tabella. In alternativa, per la certificazione di edifici residenziali o di edifici del terziario di modeste dimensioni, si può fare ricorso ad un software a pagamento prodotto dall'Istituto Nazionale di Energia, Tecnologia e Innovazione (INETI), RCCTE-STE, che svolge simulazioni dinamiche semplificate su base oraria annuale in spazi costituiti da un'unica zona. Il limite di questo programma, rispetto a quelli elencati, è dato dall'incapacità di svolgere contemporaneamente la simulazione su tutte le zone in cui l'edificio è suddiviso, anche se non è impedita la possibilità di svolgere separatamente le analisi zona per zona con il software portoghese e di integrare i risultati in un secondo momento.

Programma	Organizzazione
BLAST	CERL-U.S.Army Construction Engineering Research Laboratories, USA
DOE-2	LANL-Los Alamos National Laboratory, USA LBNL-Lawrence Berkeley National Laboratory, USA James J. Hirsch & Associates, USA
ESP	Strathclyde University, GB
SRES/SUN	NREL-National Renewable Energy Laboratory, USA Ecotope, USA
SRES-BRE	NREL, USA BRE-Building Research Establishment, GB
S3PAS	Universidad de Sevilla, Spagna
TASE	Tampere University, Finlandia
TRNSYS	University of Wisconsin, USA
TRNSYS/TUD	University of Wisconsin, USA Technische Universität Dresden, Germania
CA-SIS	Electricité de France, Francia
CLIM2000	Electricité de France, Francia
ENERGYPLUS	LBNL, USA UIUC-University of Illinois Urbana/ Champaign, USA CERL, USA OSU-Oklahoma State University, USA GARD Analytics, USA FSEC-University of Central Florida, Florida Solar Energy Center, USA DOE-OBT Department of Energy, Office of Building Technology, USA

Tabella 26: Programmi utilizzabili per la certificazione secondo la procedura portoghese RSECE.

1.7.3 Normativa di riferimento

Decreto Lei 78/06	<i>Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)</i> [04/04/2006]
Decreto Lei 79/06	<i>Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)</i> [04/04/2006]
Decreto Lei 80/06	<i>Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)</i> [04/04/2006]
Portaria n° 461/07	<i>Definisce i tempi di applicazione dei regolamenti per la certificazione energetica.</i> [2007]
Portaria n° 835/07	<i>Definisce le tasse per la registrazione del Certificato alla Agenzia per l'Energia portoghese (ADENE)</i> [2007]
Despacho n° 10250/08	<i>Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior</i> [2008]

1.7.4 Requisiti e specifiche

Requisiti di qualità termica d'involucro per l'esenzione da certificazione

Per consentire l'esenzione dall'obbligo di certificazione per le abitazioni unifamiliari con superficie utile inferiore ai 50 m², il DL 80/2006 prevede il rispetto dei requisiti d'involucro, indicati nell'Anexo IX della norma stessa.

Elemento dell'involucro	Zona climatica			
	I1	I2	I3	RA
Elementi a contatto con l'esterno				
Elementi opachi verticali	0,70	0,60	0,50	1,40
Elementi opachi orizzontali	0,50	0,45	0,40	0,80
Elementi a contatto con ambienti non riscaldati				
Elementi opachi verticali	1,40	1,20	1	2
Elementi opachi orizzontali	1	0,90	0,80	1,25
Elementi vetrati				
Elementi vetrati (*)	4,30	3,30	3,30	4,30

Tabella 27: Valori limite di trasmittanza (W/m²K) per le abitazioni unifamiliari con superficie utile inferiore a A_{mv} (Quadro IX.3, DL 80/2006). (*) valori di trasmittanza media giorno/notte per le superfici vetrate verticali, mentre le superfici vetrate orizzontali si considerano sempre come se fossero installate in locali non occupati di notte.

Zona climatica	Fattore solare
V1	0,25
V2	0,20
V3	0,15

Tabella 28: Valori limite di fattore solare relativi alle zone climatiche estive (Quadro IX.4, DL.80/2008).

Limiti per il fabbisogno di energia secondo la procedura RCCTE

Il valore limite del fabbisogno di energia per il **riscaldamento** (N_i) dipende dal Fattore di Forma (FF) dell'edificio e dai Gradi Giorno (GD), ed è calcolato come:

$$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}, \text{ per } FF \leq 0,5$$

$$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}, \text{ per } 0,5 < FF \leq 1$$

$$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF}), \text{ per } 1 < FF \leq 1,5$$

$$N_i = 4,05 + 0,068 \text{ GD}, \text{ per } FF > 1,5$$

Il valore limite del fabbisogno di energia per il **raffrescamento** (N_v) dipende dalla zona climatica estiva a cui appartiene l'edificio, in particolare:

a) Zona V1 (nord), $N_v = 16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

b) Zona V1 (sud), $N_v = 22 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

c) Zona V2 (nord), $N_v = 18 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

d) Zona V2 (sud), $N_v = 32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

e) Zona V3 (nord), $N_v = 26 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

f) Zona V3 (sud), $N_v = 32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

g) Azzorre, $N_v = 21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;

h) Madera, $N_v = 23 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Il valore limite del fabbisogno di energia per l'**acqua calda sanitaria** (N_a) viene calcolato come:

$$N_a = 0,081 \cdot M_{AQS} \cdot n_d / A_p \text{ (kWh/m}^2\text{ano)}$$

Dove:

M_{AQS} rappresenta il consumo medio giornaliero di acqua calda sanitaria sulla base degli occupanti

n_d rappresenta il numero di giorni di consumo dell'acqua calda sanitaria su base annuale

A_p rappresenta la superficie utile di pavimento

Fattori di conversione per l'energia primaria

I valori di energia vengono convertiti in energia primaria (espressa in chilogrammi equivalenti di petrolio)) secondo i seguenti fattori di conversione:

a) Sistemi elettrici: $F_{pu} = 0,290 \text{ kep/kWh}$;

b) Sistemi a combustione: $F_{pu} = 0,086 \text{ kep/kWh}$.

Requisiti minimi di qualità termica d'involucro secondo la procedura RCCTE

Vengono riportate le tabelle che indicano i requisiti che deve soddisfare l'involucro edilizio secondo il DL 80/2006, indicati nell'Anexo IX della norma.

Elemento d'involucro	Zona climatica		
	I1	I2	I3
Elementi a contatto con l'esterno			
Elementi opachi verticali	1,8	1,60	1,45
Elementi opachi orizzontali	1,25	1	0,9
Elementi a contatto con ambienti non riscaldati			
Elementi opachi verticali	2	2	1,90
Elementi opachi orizzontali	1,65	1,30	1,20

Tabella 29: Limiti di trasmittanza per gli elementi opachi ($W/m^2 \cdot K$)

Classe di inerzia termica	Zona climatica		
	V1	V2	V3
Bassa	0,15	0,15	0,10
Media	0,56	0,56	0,50
Elevata	0,56	0,56	0,50

Tabella 30: Fattore solare massimo ammissibile per le parti vetrate nei casi in cui il rapporto aeroilluminante sia superiore al 5%.

Classi energetiche

Procedura RCCTE: la classe energetica di appartenenza dell'edificio nella procedura RCCTE è determinata attraverso un coefficiente R , calcolato come il rapporto tra il fabbisogno annuale globale di energia primaria (N_{ic}) e il valore massimo ammissibile (N_t).

CLASSE	LIMITE [$kWh/m^2 \cdot a$]
A+	$R \leq 2,5$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

Tabella 31: Classi Energetiche in base al coefficiente R (rapporto fra il fabbisogno annuale globale di energia primaria e il valore massimo ammissibile)

Procedura RSECE: la classe energetica di appartenenza dell'edificio nella procedura RSECE è

determinata attraverso il coefficiente IEE_{nom} , calcolato come:

$$IEE_{nom} = IEE_i + IEE_v + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (\text{kep/m}^2\text{a})$$

dove:

IEE_i rappresenta l'indicatore di efficienza energetica relativo al riscaldamento [$\text{kep/m}^2\text{a}$]

IEE_v rappresenta l'indicatore di efficienza energetica relativo al raffrescamento [$\text{kep/m}^2\text{a}$]

Q_{out} rappresenta i consumi di energia non imputabili al riscaldamento e al raffrescamento [kep/a]

A_p rappresenta la superficie utile di pavimento [m^2]

CLASSE	LIMITE [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$
A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$
B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$
B-	$IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos}$
C	$IEE_{ref,novos} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$
D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S$
E	$IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S$
F	$IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S$
G	$IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$

Tabella 32: Classi Energetiche in base all'indicatore di efficienza energetica

1.8 Spagna

L'attuazione della Direttiva 2002/91/CE è a cura del Ministero dell'Industria, del Turismo e del Commercio, e per il suo recepimento sono state emanate le seguenti leggi:

- 1 Decreto Regio 314/2006 del 17/03/2006: approva il nuovo *Código Técnico de la Edificación*, all'interno del quale la nuova sezione *Documento básico HE- ahorro energía* specifica i requisiti di efficienza energetica degli edifici residenziali;
- 2 Decreto Regio 47/2007 del 31/01/2007: definisce la procedura per la certificazione degli edifici di nuova costruzione non residenziali;
- 3 Decreto Regio 1027/2007 del 31/07/2007: stabilisce i requisiti degli impianti termici degli edifici, *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE).

1.8.1 Certificazione

Il sistema spagnolo prevede una serie di distinzioni terminologiche:

- 1 per **qualificazione energetica** degli edifici si intende il consumo di energia necessario per soddisfare la domanda energetica dell'edificio in condizioni normali di occupazione e funzionamento
- 2 per **certificazione energetica** si intende il processo di attestazione di conformità tra il progetto e l'edificio realizzato mediante la produzione di un **certificato di efficienza energetica**:
 - 2.1 il certificato di efficienza energetica di un progetto attesta la conformità delle informazioni contenute nel certificato di qualificazione energetica a quelle del progetto esecutivo;
 - 2.2 il certificato di efficienza energetica di un edificio realizzato attesta la conformità delle informazioni contenute nello stesso a quelle contenute nella qualificazione energetica presentata in precedenza;
- 3 per **etichetta energetica** si intende l'attestato che contiene le informazioni del certificato di efficienza energetica, e che fa parte del *Libro* dell'edificio.

La certificazione di efficienza energetica è divenuta obbligatoria dal 1 Novembre 2007: l'etichetta energetica corrispondente deve essere parte integrante delle offerte di vendita e di affitto. Per il momento il sistema di certificazione riguarda gli edifici di nuova costruzione e gli edifici esistenti modificati o ristrutturati, se presentano una superficie utile superiore a 1000 m² e se gli interventi riguardano almeno il 25% dell'involucro. E' prevista, inoltre, l'emanazione di un nuovo Decreto riguardante la certificazione degli edifici esistenti non interessati da intervento.

Tutti gli edifici pubblici o ad uso pubblico con una superficie utile superiore a 1000 m² hanno l'obbligo di esporre l'etichetta energetica in un luogo ben visibile al pubblico, mentre per i restanti edifici l'esposizione dell'etichetta è volontaria.

Il certificato di efficienza energetica ha una validità massima di 10 anni ed è la *Comunidad*

Autonoma che ne stabilisce le specifiche condizioni di rinnovo o aggiornamento.

Sono esclusi dall'ambito di applicazione della certificazione:

- gli edifici che per la loro destinazione d'uso devono rimanere aperti;
- edifici a carattere monumentale dal punto di vista architettonico e storico;
- edifici di culto;
- edifici provvisori con un tempo previsto di utilizzo uguale o inferiore a due anni;
- parti di edifici agricoli e industriali destinati a processi industriali;
- edifici isolati con una superficie utile inferiore a 50 m²;
- edifici tecnologicamente semplici non a carattere residenziale o pubblico.

L'ottenimento della qualificazione energetica è possibile attraverso una procedura standard (prestazionale) o una procedura semplificata.

Metodo prestazionale

La procedura standard, di carattere prestazionale, si attua attraverso l'utilizzo di un programma informatico che risolve la metodologia di calcolo prevista.

Presso la Segreteria Generale dell'Energia del Ministero dell'Industria, del Turismo e del Commercio è stato istituito un registro contenente l'indicazione di tutti i programmi informatici approvati per la qualificazione energetica.

In questo caso il certificato energetico contiene le informazioni riguardanti:

- 1 l'identificazione dell'edificio;
- 2 le norme di riferimento, in vigore al momento della costruzione;
- 3 la procedura di calcolo utilizzata e il nome del programma informatico utilizzato per la qualificazione energetica;
- 4 la descrizione delle caratteristiche energetiche dell'edificio, in particolare quelle utilizzate per ottenere la qualificazione energetica;
- 5 qualificazione espressa mediante l'etichetta energetica, con indicazione:
 - 5.1 fabbisogno di riscaldamento invernale;
 - 5.2 fabbisogno di raffrescamento estivo;
 - 5.3 consumo di energia finale e primaria per il riscaldamento invernale;
 - 5.4 consumo di energia finale e primaria per il raffrescamento estivo;
 - 5.5 consumo di energia finale e primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;
 - 5.6 consumo di energia finale e primaria per l'illuminazione artificiale (solo edifici terziari);
 - 5.7 emissione di CO₂ dovute all'impianto di riscaldamento;
 - 5.8 emissione di CO₂ dovute all'impianto di raffrescamento;
 - 5.9 emissione di CO₂ dovute all'impianto di produzione di acqua calda sanitaria;
 - 5.10 classe energetica determinata dal consumo totale di energia primaria;
 - 5.11 classe energetica determinata dal totale delle emissioni annue.

Metodo prescrittivi

La procedura semplificata, di carattere prescrittivo, risolve la metodologia di calcolo in modo indiretto e attribuisce una classe di efficienza corrispondente al soddisfacimento di alcune prescrizioni specifiche riguardanti sia l'involucro edilizio sia gli impianti termici installati.

Se vengono rispettate tutte le prescrizioni, questa procedura permette solamente di ottenere le classi energetiche D o E, mentre lo stesso edificio valutato secondo la procedura standard potrebbe ottenere una classe energetica migliore.

1.8.2 Procedura di calcolo

La procedura di qualificazione energetica si basa su un sistema denominato *auto-referente*, mediante il quale l'edificio da certificare è paragonato ad un edificio di riferimento, caratterizzato dalla medesima geometria dell'edificio da certificare, ma le cui componenti costruttive e impiantistiche siano caratterizzate dalle prestazioni minime consentite dal *Codigo Tecnico de la Edificacion*.

I calcoli sono interamente effettuati tramite software di calcolo dinamici su base oraria forniti dal Ministero di Industria, Turismo e Commercio, diversi nel caso degli edifici residenziali e terziari di piccole dimensioni o degli edifici terziari di grandi dimensioni.

Edifici residenziali e terziari di piccole dimensioni

Nel caso degli edifici residenziali e terziari di piccole dimensioni, il programma di riferimento si basa su due motori di calcolo differenti per quanto riguarda il calcolo dei fabbisogni e quello dei consumi.

Il calcolo dei **fabbisogni** viene effettuato attraverso il LIDER, un programma dinamico precedentemente sviluppato dalle autorità spagnole per la verifica delle prescrizioni del regolamento tecnico sul fabbisogno energetico degli edifici.

Il calcolo dei **consumi** viene effettuato attraverso il motore di calcolo ESTO2, che applica ai fabbisogni valori standard basati su curve di variazione orarie che rappresentano il funzionamento orario standard degli impianti tecnici.

Edifici terziari di grandi dimensioni

Nel caso degli edifici terziari di grandi dimensioni, è stata sviluppata una versione apposita del programma di riferimento, basata sul motore di calcolo dinamico DOE-2.2 rilasciato dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti, già ampiamente riconosciuto e validato a livello internazionale.

Basandosi su un motore di calcolo differente e prodotto separatamente rispetto alle norme spagnole, questo programma non serve a verificare la rispondenza dell'edificio a tutti i requisiti presenti nella normativa sull'edilizia, ma serve semplicemente ad ottenere la certificazione e l'etichetta energetiche.

1.8.3 Software

Il programma informatico applicato su tutto il territorio nazionale è iscritto nel registro dei

documenti ufficiali è il CALENER: la versione del software per gli edifici residenziali e gli edifici terziari di piccole dimensioni è il CALENER VYP (Viviendas Y edificios terciarios Pequeños y medianos), mentre quella per gli edifici terziari di grandi dimensioni è il CALENER GT (Grandes edificios Terciarios). E' concesso l'utilizzo di programmi alternativi, a patto che si tratti di software dinamici su base oraria e che soddisfino i requisiti di validazione indicati dal Ministero; è già disponibile una lista di software di simulazione considerati validi dalle autorità spagnole, tra i quali appaiono tutti i software e i codici di calcolo più diffusi nel campo della ricerca e della pratica professionale a livello internazionale.

1.8.4 Normativa di riferimento

RD 47/2007	<i>Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. [17/01/2007]</i>
CTE – HE1	<i>Regolamento tecnico riguardante la limitazione del fabbisogno energetico.</i>
CTE – HE2	<i>Regolamento tecnico riguardante il rendimento degli impianti termici.</i>
CTE – HE3	<i>Regolamento tecnico riguardante l'efficienza energetica dell'impianto di illuminazione artificiale.</i>
CTE – HE4	<i>Regolamento tecnico riguardante il contributo minimo alla produzione di acqua calda sanitaria da ottenere tramite energia solare.</i>
CTE – HE5	<i>Regolamento tecnico riguardante il contributo minimo di energia elettrica da ottenere tramite fotovoltaico.</i>

1.8.5 Requisiti e specifiche

Limiti delle caratteristiche termiche dell'involucro

La norma tecnica spagnola indica diversi valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro, che rappresentano i valori prescrittivi della modalità semplificata di certificazione. Questi valori sono distinti per le diverse zone climatiche del paese.

ZONA CLIMÁTICA A3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,29$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,6 (4,1)	5,3 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

Tabella 33: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica A3

ZONA CLIMÁTICA A4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,29$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,6 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,36	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,56	0,42	0,30	0,42	0,32

Tabella 34: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica A4

ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,30$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,9 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,58	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabella 35: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica B3

ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mm}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Ssm}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Csm}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lsm}: 0,37$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hsm} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hsm}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,3 (3,6)	3,3 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

Tabella 36: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica C1

ZONA CLIMÁTICA C3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mm}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Ssm}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Csm}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lsm}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hsm} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hsm}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,3 (3,6)	3,3 (3,6)	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

Tabella 37: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica C3

ZONA CLIMÁTICA C4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mm}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Ssm}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Csm}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lsm}: 0,27$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hsm} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hsm}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,3 (3,6)	3,3 (3,6)	0,38	0,93	0,39	0,29	0,40	0,30

Tabella 38: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica C4

ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,38$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,57	0,44

Tabella 39: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica D1

ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,31$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,48	-	0,49
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	0,61	0,36	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

Tabella 40: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica D2

ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,67
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,48	0,30	0,43	0,32

Tabella 41: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica D3

ZONA CLIMÁTICA E1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{lim}: 0,57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{lim}: 0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{lim}: 0,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{lim}: 0,36$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N	E/O	S	SE/O	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/O	E/O	S	SE/O
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

Tabella 42: Valori limite per le caratteristiche termiche dell'involucro per la zona climatica E1

Definizione delle classi energetiche per gli edifici residenziali

Classe	Indici di qualificazione energetica
A	$C1 < 0.15$
B	$0.15 \leq C1 < 0.50$
C	$0.50 \leq C1 < 1.00$
D	$1.00 \leq C1 < 1.75$
E	$C1 > 1.75$ e $C2 < 1.00$
F	$C1 > 1.75$ e $1.00 \leq C2 < 1.5$
G	$C1 > 1.75$ e $C2 \geq 1.50$

Tabella 43: Classi Energetiche per gli edifici residenziali

I valori di C1 e C2 sono calcolati con le seguenti formule:

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_0}{I_r} R\right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_0}{I_s} R'\right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

Dove:

I_0 rappresenta le emissioni di CO₂ dell'edificio oggetto della certificazione

I_r rappresenta le emissioni medie di CO₂ per gli edifici residenziali nuovi che abbiano caratteristiche coerenti con le prescrizioni minime del CT-HE

I_s rappresenta le emissioni medie di CO₂ degli edifici residenziali esistenti nell'anno 2006

R rappresenta il rapporto tra I_r e il 10% delle emissioni totali degli edifici residenziali nuovi che abbiano caratteristiche coerenti con le prescrizioni del CT-HE

R' rappresenta il rapporto tra I_s e il 10% delle emissioni totali degli edifici residenziali esistenti nell'anno 2006.

Tutti i valori sopra considerati sono disponibili per i diversi capoluoghi di provincia.

Definizione delle classi energetiche per gli edifici non residenziali

Classi	Indice di qualificazione energetica
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2.00$
G	$2 \leq C$

Tabella 44: Classi Energetiche per gli edifici non residenziali

L'indice C di qualificazione energetica per gli edifici non residenziali è dato dal quoziente tra le emissioni di CO₂ dell'edificio da certificare e le emissioni di CO₂ dell'edificio di riferimento.

1.9 Altri paesi

BELGIO***Regione di Bruxelles***

La direttiva europea è stata implementata in modo parziale , il recepimento completo è previsto entro il 2009.

Il metodo di calcolo differisce a seconda della destinazione d'uso dell'immobile ed è stato implementato un software specifico per il calcolo e la verifica dei requisiti minimi previsti.

I requisiti minimi previsti sono relativi alla trasmittanza degli elementi di involucro e sono funzione delle differenti destinazioni d'uso degli immobili.

Il certificato energetico deve essere prodotto per gli edifici nuovi o rinnovati a partire da luglio 2008; per il resto degli immobili (edifici pubblici e compravendite / affitti) l'obbligo del certificato parte dal 2009.

Regione delle Fiandre

Il recepimento è avvenuto nel 2004. La definizione della procedura di calcolo è stata approvata nel 2005, è stato implementato un software il cui utilizzo è obbligatorio.

I requisiti minimi per gli edifici sono relativi al livello di isolamento, alla prestazione energetica complessiva e alle condizioni microclimatiche interne.

Il certificato è obbligatorio per i nuovi edifici costruiti a partire dal 2006, per gli edifici pubblici da marzo 2008, per gli edifici esistenti venduti o affittati dal 2008 per la destinazione residenziale e dal 2009 per le altre destinazioni.

Regione Vallona

Il recepimento è avvenuto nel 2007. Nello stesso anno è stata anche definita la procedura di calcolo e sviluppato un software per le elaborazioni.

I requisiti minimi da rispettare sono relativi a prestazioni dell'involucro e alla ventilazione degli ambienti.

Il certificato energetico sarà obbligatorio appena verranno definiti i requisiti minimi che dovranno essere rispettati.

BULGARIA

Il recepimento nazionale della direttiva europea è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale nel mese di marzo del 2004. Gli emendamenti legislativi sono poi stati integrati da un'ulteriore pubblicazione del luglio 2007 relativa al "passaporto energetico" dell'edificio.

Sono state definite procedure di calcolo relative a: determinazione del fabbisogno energetico annuale per il riscaldamento degli ambienti, calcolo e definizione di limitazioni per le trasmittanze delle componenti.

La procedura di calcolo è basata sugli standard definiti nei seguenti riferimenti normativi: EN 832 EN 13 370, EN 13 789.

A partire dal 1° marzo 2005 i nuovi edifici devono soddisfare limitazioni relative a consumi di energia per il riscaldamento (specifici per unità di superficie utile), trasmittanze delle componenti edilizie.

NO	Type of building wall constructions and elements	U, W/(m²K)	
		For buildings with standard internal temperature 19 °C	For low temperatures buildings
1.	External walls and those surrounded by non heated areas	0,50	0,83
2.	Bar walls in heated areas	1,60	10,00
3.	External walls, bordering on land	0,70	1,20
4.	Bar walls in heated attic areas	1,35	2,00
5.	Floors, bordering on land	0,45	0,83
6.	Garret plate on cold roof	0,35	
7.	Floor plate on non heated undersurface floor	0,50	
8.	Wall, attic or floor, bordering on external air or with land, at built-in area heating.	0,50	0,57
9.	Warm roof	0,35	0,83

Standard minimi e lay-out del certificato energetico.

Vengono definite imposizioni anche nel caso di pratiche edilizie relative a incrementi volumetrici - superiori a 30m³ - o a interventi sull'involucro che comportano un aumento minimo del 25% della superficie disperdente.

Sono state definite sette classi energetiche sulla base delle prestazioni energetiche che tengono in considerazione: riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda sanitaria e illuminazione.

Il certificato energetico viene emesso solo per interi edifici, non per porzioni e/o appartamenti. La certificazione è obbligatoria per edifici pubblici con superficie in pianta superiore a 1.000 mq e per il rilascio del permesso di costruire.

CIPRO

Nel 2006 sono state pubblicate quattro leggi per il recepimento nazionale della Direttiva Europea e per il completo recepimento devono essere approvate, entro il 2008, una serie di emendamenti legislativi secondari.

Sono stati definiti i requisiti minimi che devono essere rispettati dai nuovi edifici e da quelli soggetti a ristrutturazioni.

La procedura di calcolo è una metodologia semplificata, basata sugli standard EN e valida per gli edifici residenziali e non, per la quale è stato sviluppato un software specifico



Schermate del software di calcolo. Lay-out de, certificato energetico.

CROAZIA

La trasposizione nella legislazione nazionale della direttiva EPBD non è stata ancora completata. Ad oggi la procedura di calcolo definita si riferisce alla metodologia descritta dalla norma EN 832. Al momento il raffrescamento non è incluso nella procedura di calcolo ma è pianificato che possa rientrare nella messa a punto della procedura.

Sono stati definiti limiti per il fabbisogno energetico specifico per edifici residenziali e non residenziali, riferiti rispettivamente alla superficie o al volume riscaldato e dipendenti dal rapporto S/V. Sono presenti anche limitazioni per le trasmittanze dell'involucro, tali valori sono differenziati a seconda che si tratti di nuovi edifici o edifici esistenti (in questa seconda categoria rientrano anche edifici nuovi di piccole dimensioni, con volume inferiore a 100 m³).

Il rispetto dei requisiti definiti è obbligatorio per nuovi edifici ed edifici riqualificati / ampliati a partire dal 1° luglio 2006.

Non esiste un archivio dei certificati, che sono considerati parte integrante del progetto e che ricadono sotto la responsabilità del proprietario e del certificatore.

DANIMARCA

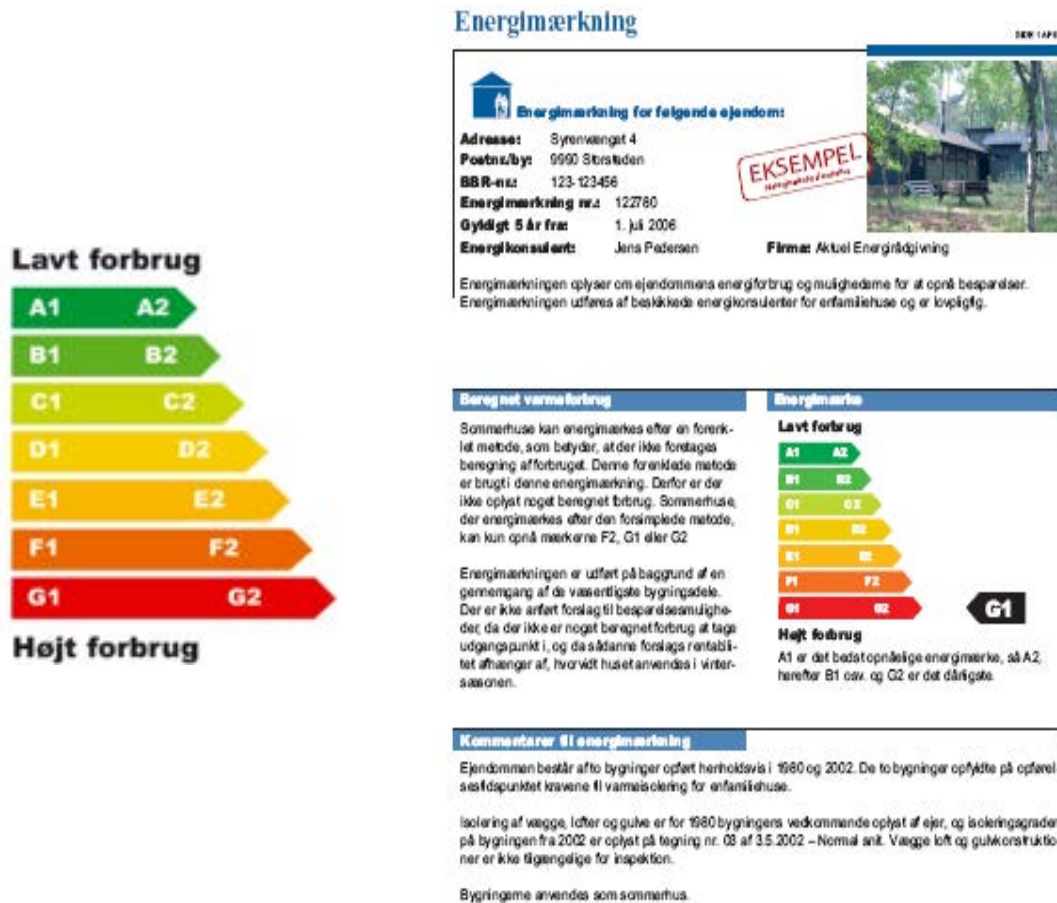
Al momento del recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE, la Danimarca aveva già una quinquennale esperienza nell'ambito della certificazione energetica degli edifici. La prima legge emanata in proposito è stato un atto pubblicato nel 1996, Act to promote energy and water savings in buildings, n°485, 12/06/1996, che definisce le regole per la certificazione energetica dei piccoli edifici (EM), la gestione energetica di grandi edifici (ELO), le regole specifiche per gli edifici pubblici e per la manutenzione dei sistemi di riscaldamento e delle altre apparecchiature installate che hanno un alto consumo energetico. La procedura ELO riguardava gli edifici con superficie superiore ai 1500 m², esclusi gli edifici industriali, le chiese e tutti gli edifici con un consumo energetico limitato o nullo e prescriveva la redazione di un certificato energetico e un piano energetico a sviluppo triennale rilasciati da un consulente autorizzato. La determinazione della classe energetica, da A a M, era il risultato della valutazione dei consumi relativi all'elettricità, al riscaldamento, ai consumi di acqua e all'emissione di CO₂. Un'analoga procedura (EM) era definita per gli edifici con superficie inferiore ai 1500 m², le cui classi energetiche erano sulla scala da A1 a C5 (A:basso, B:medio, C:alto). I certificati emessi prima del 2006 avevano validità annuale per quanto riguarda gli edifici di grandi dimensioni e dovevano essere rilasciati da ingegneri abilitati, mentre per gli edifici più piccoli il certificato era un documento necessario al momento della vendita dell'edificio e poteva essere rilasciato anche da architetti, purché avessero conseguito l'abilitazione.

In un contesto, quindi, in cui la certificazione degli edifici era già stata diffusa e sperimentata, è stata quindi recepita la direttiva europea, che ha portato all'introduzione di alcune modifiche al sistema, tra cui la definizione di una nuova procedura di calcolo definita non in base alle dimensioni dell'edificio, ma al tipo di utenza, la creazione di un software di supporto alla procedura e l'unificazione del sistema di classificazione secondo una scala da A1 a G2, che comprende due ulteriori classi costituite dagli edifici a basso impatto (*Low Energy Class 1 e 2*) con l'obiettivo di ridurre i consumi del 25% entro il 2020. A supporto della procedura è stato prodotto un software (Be06) dal Danish Building Research Institute (BSi), accompagnato da un manuale di utilizzazione (*SBi-direction 213: Energy demand in buildings*), entrambi scaricabili a pagamento dal sito web dell'istituto SBi.

Ad integrazione della procedura di certificazione, sono stati definiti dal governo nelle Building Regulations (BR08) alcuni valori limite di consumo di energia primaria per unità di superficie riscaldata di pavimento, calcolati sulla base dei consumi per riscaldamento, ventilazione, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria e, nel caso degli edifici del terziario, illuminazione. Inoltre nelle BR08 sono definiti i valori limite di trasmittanza per gli elementi costruttivi e i ponti termici lineari in caso di ambienti riscaldati, non riscaldati e occupati solo in alcuni periodi dell'anno, come le case per le vacanze.

La decisione di definire 14 classi energetiche è dovuto alla volontà di poter ottenere, con relativa facilità, degli scatti di prestazione mediante l'applicazione di misure di contenimento del fabbisogno energetico. I nuovi edifici devono raggiungere almeno la classe B per ottenere l'agibilità, mentre la classe massima per gli edifici a basso consumo è data dalle classi 1 e 2.

Il certificato energetico deve essere prodotto quando gli edifici vengono costruiti, venduti o affittati. Nel caso di compra-vendita o affitto il certificato energetico non deve essere anteriore a cinque anni.



Edificio	Valore limite per il consumo di energia primaria per edifici residenziali [kWh/m ² year]	Valore limite per il consumo di energia primaria per edifici non residenziali [kWh/m ² year]
Edificio tradizionale	70 + 2200/A	95 + 2200/A
Edificio di classe 1	35 + 1100/A	50 + 1100/A
Edificio di classe 2	50 + 1600/A	70 + 1600/A

*Limiti per il consumo di energia primaria per i differenti edifici previsti dalla normativa (BR08),
 A è la superficie riscaldata di pavimento.*

ESTONIA

La legge del recepimento nazionale è stata approvata dal Parlamento il 27 settembre 2006. Le imposizioni definite sono obbligatorie a partire dal 1° Gennaio 2008.

La prestazione energetica è espressa in termini di energia primaria, dalla dunque in relazione alla tipologia di combustibile utilizzato per coprire il fabbisogno energetico. Oltre alla prestazione relativa al fabbisogno per il riscaldamento, deve essere verificata la temperatura interna all'edificio durante il periodo estivo, al fine di determinare il tempo di surriscaldamento.

Nel caso dei nuovi edifici sono state individuate limitazioni relativamente alle trasmittanze dell'involucro e al fabbisogno termico massimo per unità di superficie riscaldata. I valori individuati sono differenti a seconda della destinazione d'uso dell'edificio. Anche per gli edifici ristrutturati sono stati definiti appositi requisiti minimi.



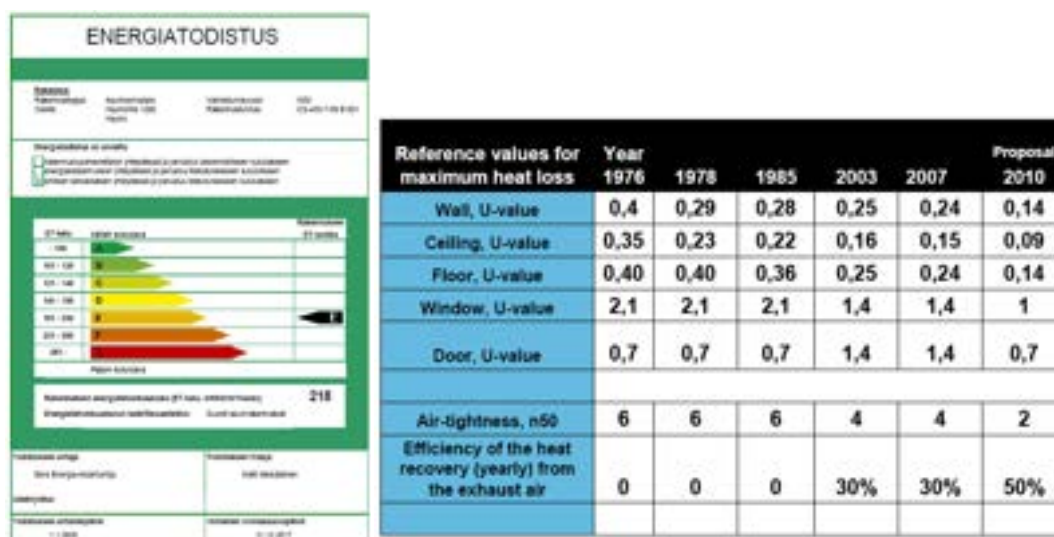
Certificato Energetico.

A partire dal 1° Gennaio 2009 la certificazione energetica deve essere prodotta: per le nuove costruzioni per i quali viene richiesto il permesso di costruire, per gli edifici pubblici, per tutti gli immobili che verranno venduti o affittati.

FINLANDIA

Il 13 Aprile 2007 il Parlamento Finlandese ha approvato i provvedimenti legislativi che disciplinano il recepimento nazionale della Direttiva Europea. Il decreto attuativo è in vigore a partire dal 1° Gennaio 2008. La certificazione energetica è obbligatoria per gli edifici realizzati a partire dal 1° Gennaio 2008. Tutti gli edifici, venduti o affittati a partire dal 1° Gennaio 2009, devono possedere un certificato energetico. La certificazione energetica non è richiesta per case indipendenti esistenti, per edifici con superficie inferiore a 50m² e per le case di villeggiatura. Il certificato ha validità di 10 anni, la durata scende a 4 anni per nuovi immobili commerciali e grandi complessi residenziali. La valutazione della prestazione energetica per gli immobili residenziali di piccole dimensioni e per gli immobili non residenziali considerano i consumi per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria, l'illuminazione e il raffrescamento. Nel caso di complessi residenziali di grandi dimensioni non vengono considerati i consumi elettrici.

La prestazione energetica viene codificata mediante sette differenti classi energetiche (A-G).



Certificato Energetico. Andamento dei requisiti minimi previsti dalla normativa nel corso degli anni.

Fin dal 1985 i regolamenti nazionali hanno contemplato metodologie per il calcolo del fabbisogno per il riscaldamento degli edifici. La procedura di calcolo è stata modificata con il recepimento della direttiva e segue i principi generali della EN13790.

Il calcolo può essere eseguito con l'ausilio di software commerciali disponibili sul mercato.

In merito ai requisiti minimi che gli edifici devono rispettare, esistono limitazioni a partire dal 1976. A partire dal 1° Gennaio 2008, per i nuovi edifici, sono state introdotte limitazioni relative a: massimi valori di trasmittanza, livelli di isolamento medio dell'edificio, requisiti legati alle dispersioni termiche (con riferimento anche alle perdite per ventilazione), livelli massimi per il fabbisogno energetico specifico.

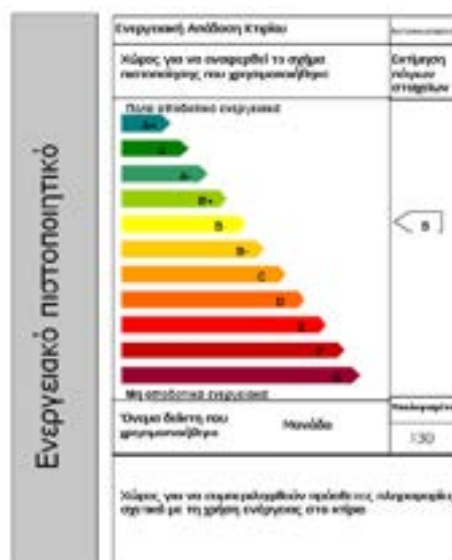
In maniera meno restrittiva gli stessi requisiti devono essere rispettati nel caso di ristrutturazioni degli edifici.

GRECIA

La Grecia ha richiesto e ottenuto il posticipo dell'applicazione dell'EPBD al 2009. Il parlamento greco ha approvato un decreto nel maggio del 2008 che ha recepito la direttiva nella legislazione nazionale. I decreti attuativi dovrebbero essere in fase di emanazione.

La procedura di calcolo, in fase di sviluppo parallelamente alla definizione dei regolamenti attuativo, prevede metodologie differenti a seconda che l'edificio sia residenziale o non residenziale. Il mercato delle software house provvederà alla realizzazione di prodotti commerciali per il recepimento della procedura di calcolo.

La tipologia e il livello dei requisiti sono funzione della destinazione d'uso dell'immobile e comprendono: massimo livello di trasmittanza, livello di isolamento medio dell'edificio, massimo valore di energia primaria per unità di superficie riscaldata, efficienza dei generatori di acqua calda sanitaria e dei condizionatori d'aria.



Lay-out del certificato energetico.

Il rispetto dei requisiti deve essere dimostrato al termine della costruzione dei nuovi edifici il cui permesso viene richiesto a partire dal 1° Gennaio 2009, la stessa data vale anche per l'entrata in vigore delle restrizioni per gli edifici riqualificati.

Relativamente alla certificazione energetica degli edifici, obbligatoria per i nuovi edifici, per gli edifici pubblici e per gli immobili oggetto di compravendita o affitto a partire sempre dal 1° Gennaio 2009.

Sono in fase di definizione anche metodi standardizzati per la valutazione delle prestazioni dell'involucro degli edifici esistenti. La metodologia sarà basata su un questionario standardizzato per la definizione delle caratteristiche termiche.

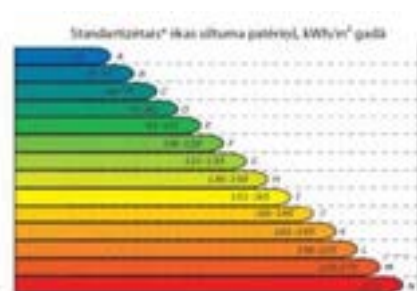
LETTONIA

Il termine per l'implementazione nazionale della Direttiva Europea era il 4 Gennaio 2006, la Lettonia ha richiesto e ottenuto una proroga di tre anni.

Il parlamento ha approvato, il 13 marzo 2008, la legge per il recepimento della direttiva europea che pianifica l'emanazione di una serie di decreti attuativi entro il 2009.

Sono previste due differenti tipologie di certificati energetici: il primo avrà validità due anni e sarà emanato per edifici nuovi e riqualificati, il secondo, valido per edifici esistenti, avrà validità 10 anni.

La classificazione energetica degli edifici è tuttora in fase di discussione. Anche la procedura di calcolo è attualmente presente in versione non definitiva. Il metodo, basato sugli standard CEN, sarà unico per edifici residenziali e non. Una volta definita la procedura verrà realizzato un tool specifico per l'analisi energetica degli immobili. Per il momento sono stati definiti una serie di requisiti minimi che dovranno essere rispettati dai nuovi edifici e da quelli oggetto di ristrutturazioni importanti (ristrutturazioni che interessano oltre il 25% dell'involucro o che comportano aumenti volumetrici per oltre il 25%). Tra i parametri da rispettare è contemplato il coefficiente di dispersione termica per trasmissione (HTR).



Heat transmission coefficients	Type of building	Residential, pensions, hospitals and kindergartens	Public, excl. pensions, hospitals and kindergartens	Industrial
U_{eq} , $W/(m^2 \times K)$	Envelope			
	Roofs and external coverings	0,2 k	0,25 k	0,35 k
	Floors on the ground	0,25 k	0,35 k	0,5 k
	Walls:			
	- with mass less than 100 kg/m ²	0,25 k	0,35 k	0,45 k
$U_{T_{iso}}$, $W/(m^2 \times K)$	- with mass 100 kg/m ² and more	0,3 k	0,4 k	0,5 k
	Windows, doors and glazed walls	1,8 k	2,2 k	2,4 k
	Thermal bridges	0,2 k	0,25 k	0,35 k

k - temperature factor.

Proposta di Classificazione energetica. Requisiti minimi definiti per le diverse destinazioni d'uso.

LITUANIA

Il metodo di calcolo è basato sulla procedura definita dalla norma EN 15217 e EN 15203. Il calcolo può essere effettuato solo con l'utilizzo di uno specifico software predisposto dal Ministero dello Sviluppo, valido sia per i nuovi edifici che per gli edifici esistenti.

Nel calcolo del fabbisogno termico non viene considerato il raffrescamento dell'edificio, si fa riferimento all'energia utilizzata per l'acqua calda sanitaria e l'illuminazione. Tutti gli edifici devono essere progettati secondo standard minimi, in termini di trasmittanze degli elementi costruttivi, differenti a seconda della destinazione degli edifici. Di seguito si riporta il caso degli edifici residenziali.

Building element	Normative U-value, W/(m ² K)
Roofs	$U_N=0,16 \cdot \kappa$
Ceiling in contact with outdoor air	
Building elements in contact with ground	$U_N=0,25 \cdot \kappa$
Ceilings over unheated basements and crawls	
External walls	$U_N=0,20 \cdot \kappa$
Windows and transparent building elements	$U_N=1,6 \cdot \kappa$ ¹⁾
Doors and gates	$U_N=1,6 \cdot \kappa$
Linear thermal bridges	$\Psi_N = 0,18 \cdot \kappa$

Standard minimi definiti per gli edifici residenziali.

La certificazione energetica è obbligatoria a partire dall'1 gennaio 2007.

Per gli edifici esistenti, a partire dall'1 gennaio 2009, nel caso di interventi di ristrutturazione è obbligatorio produrre l'attestato di certificazione energetica.

LUSSEMBURGO

L'implementazione dell'EPBD consiste nell'aggiornamento di due regolamenti nazionali relativi all'uso razionale dell'energia risalenti alla prima metà degli anni 90. I suddetti regolamenti fissavano valori massimi della trasmittanza media dell'intero edificio.

Ad un primo livello di recepimento della Direttiva Europea le specifiche del 1995 restano valide per tutti gli edifici non residenziali.

La nuova legislazione definisce una metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche di edifici residenziali nuovi ed esistenti.

Il rispetto dei requisiti aggiornati con il recepimento della Direttiva Europea comporterà una riduzione del fabbisogno di circa il 30-50%. Le misure da adottare sono relative a valori massimi delle trasmittanze, dispositivi di oscuramento, specifiche relative ai sistemi di produzione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria, caratteristiche dei sistemi di ventilazione.

Nel caso di edifici esistenti che subiscono ampliamenti volumetrici superiori a 75 m³ si devono rispettare i limiti imposti per il fabbisogno di energia primaria.

Il certificato energetico deve essere prodotto per i nuovi edifici e per quelli con ampliamenti volumetrici superiori ai limiti definiti. All'interno del certificato devono essere definiti i seguenti aspetti: proprietario dell'immobile, esecutore della valutazione energetica, fabbisogno di energia primaria, fabbisogno energetico per il riscaldamento, caratteristiche dei sistemi di produzione di acqua calda sanitaria e di climatizzazione invernale, suggerimenti per il miglioramento delle prestazioni dell'edificio.

MALTA

Malta ha approvato la normativa per il recepimento della direttiva europea nel novembre del 2006. È stata anche pubblicata una guida, parte integrante della regolamentazione nazionale, per agevolare il recepimento delle procedure di calcolo e del rispetto dei requisiti.

La legislazione prevede che quando viene richiesto il permesso di costruire per un nuovo edificio, o si procede alla ristrutturazione di un immobile con superficie superiore a 1.000 m², debba essere prodotto il certificato energetico dell'edificio. È previsto che il certificato energetico diventi obbligatorio entro il 2009, da allegare agli atti di compravendita o di affitto degli immobili. Per quanto riguarda il software per l'applicazione della procedura di calcolo il governo sta valutando due differenti programmi (EPA-NR; ISBEM). Il software selezionato verrà integrato con i file climatici di Malta.

Building type	Windows and rooflights with the following U' values in W/m ² K	Aggregate area as % of the area of the exposed walls bounding the building.	
		Windows & doors	Rooflights
Residential buildings*	5.8	20%	10% of roof area
Industrial and storage buildings	5.8	15%	
Offices, places of assembly	5.8	25%	
Showrooms, shops	5.8	50%	

Esempio di requisiti minimi definiti.

NORVEGIA

Nel 2006 il Governo Norvegese ha promulgato la legge per fissare i nuovi requisiti che le costruzioni a partire dal 1° Febbraio 2007 devono soddisfare.

Le tipologie edilizie vengono suddivise in 13 differenti categorie per le quali è stato individuato un valore limite del fabbisogno di energia per il riscaldamento degli spazi.

Il fabbisogno deve essere calcolato riferendosi alla nuova procedura di calcolo definita con il recepimento della direttiva europea. In alternativa alla verifica del fabbisogno di energia specifica per il riscaldamento degli spazi, si può scegliere di rispettare 11 misure per la riduzione dei consumi, tra le quali i valori limite per le trasmittanze e i valori massimi di superfici finestrate.

Building category	2007 kWh/sqm heated floor area per year
One family house	125 * 1600/sqm heated floor area
Apartment building	120
Kindergarten	150
Office building	165
School building	135
University	180
Hospital	325
Nursing home	235
Hotel	240
Sports facility	185
Commercial building	235
Culture facility	180
Light industry, workshop	185

Limiti per il fabbisogno di energia (per gli usi totali) per le differenti destinazioni d'uso.

Il rispetto delle suddette specifiche vale, oltre al caso dei nuovi edifici, anche per gli edifici per i quali è prevista una ristrutturazione riguardante una porzione di immobile superiore al 50%.

Nonostante la Norvegia riveli un clima rigido, il governo ha definito anche requisiti minimi estivi, al fine di evitare i consumi energetici estivi che in molti edifici esistenti si sono rivelati eccessivi. Ad esempio, negli edifici per uffici e commerciali devono essere installati sistemi automatici di ombreggiamento esterno, al fine di evitare sistemi locali di climatizzazione, e per alcune categorie di edifici (ospedali, uffici, ...) deve essere realizzato un calcolo delle prestazioni di tipo dinamico su base oraria.

OLANDA

La direttiva europea è stata recepita con un decreto nel dicembre 2006.

La certificazione energetica per gli edifici pubblici è obbligatoria a partire dal 1° Gennaio 2009.

Il metodo di calcolo si riferisce agli standard EN, per gli edifici esistenti la procedura è semplificata. Il Governo ha lasciato piena libertà di scelta per quanto riguarda il tool utilizzabile per l'implementazione della procedura di calcolo.

Il requisito fondamentale per i nuovi edifici e per quelli esistenti soggetti a ristrutturazioni maggiori consiste nel rispetto di un valore massimo di coefficiente energetico di performance (EPC < 0,8).



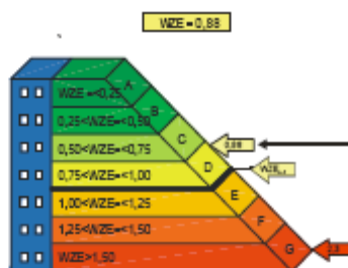
Lay-out del certificato energetico.

Il certificato energetico è composto da due pagine, nella prima sono riportati dati relativi alla classe energetica, alla validità del documento, al certificatore. Nella seconda pagina è riportata la versione del metodo di calcolo che è stato utilizzato e gli accorgimenti che potrebbero essere utilizzati per la riduzione del fabbisogno.

POLONIA

È in fase di definizione un metodo di calcolo comune per tutte le differenti tipologie di edifici e destinazioni d'uso.

Per le nuove costruzioni sono stati definiti dei requisiti minimi per tutti gli edifici costruiti a partire dal mese di Aprile del 2002. Le prescrizioni sono relative a: livelli di isolamento, livelli di permeabilità all'aria dei serramenti, superfici finestrate massime. Tali valori sono funzione della destinazione d'uso degli immobili. Nel caso di riqualificazione degli immobili le prescrizioni sono le stesse valide per le nuove costruzioni.



Classi energetiche presenti nella legislazione nazionale.

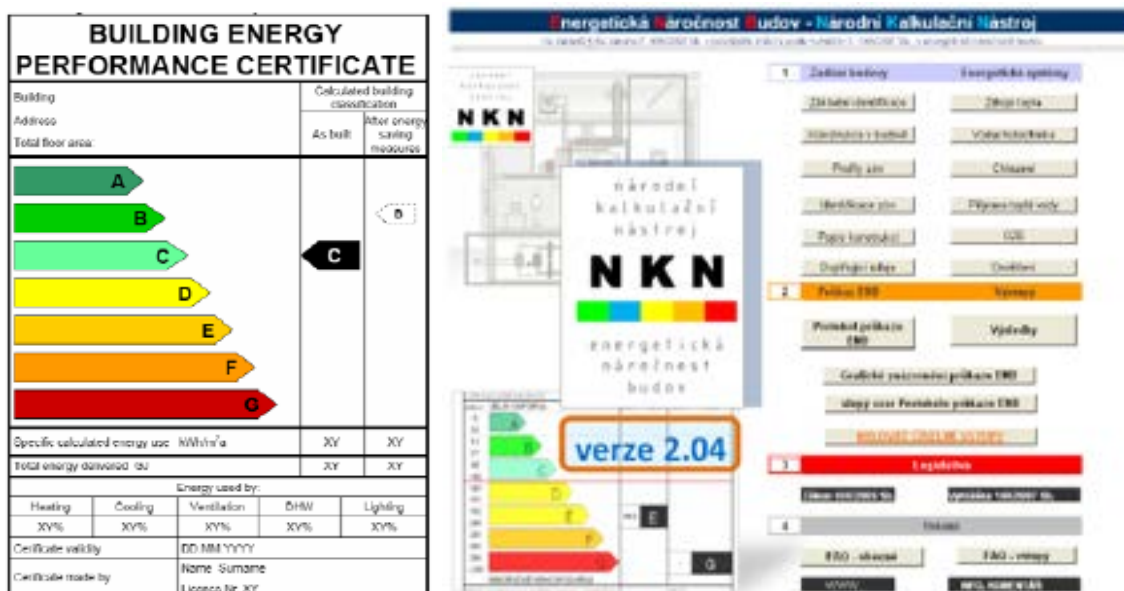
La certificazione energetica è obbligatoria per i nuovi edifici costruiti a partire dal 1° Gennaio 2008. Tutti gli immobili venduti o affittati a partire dal 1° Gennaio 2009 devono essere in possesso del certificato energetico.

I requisiti saranno aggiornati al massimo ogni 5 anni.

REPUBBLICA CECA

La trasposizione nazionale della Direttiva Europea è stata emendata il 29 Marzo 2006. Nel 2007 sono stati pubblicati tre differenti regolamenti inerenti la certificazione energetica, i sistemi di condizionamento e i generatori di acqua calda sanitaria.

E' stato definito un metodo di calcolo uniformato per tutte le regioni e per tutte le tipologie di edifici. La performance energetica è espressa dall'energia utilizzata annualmente per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione meccanica e l'illuminazione. E' stato implementato un tool nazionale gratuito per il calcolo della prestazione energetica. Il calcolo consiste in un metodo multi - zona semplificato, i file climatici sono 4 e relativi alle differenti zone climatiche.



Aspetto del certificato energetico. Lay-out del tool definito per l'applicazione della procedura di calcolo.

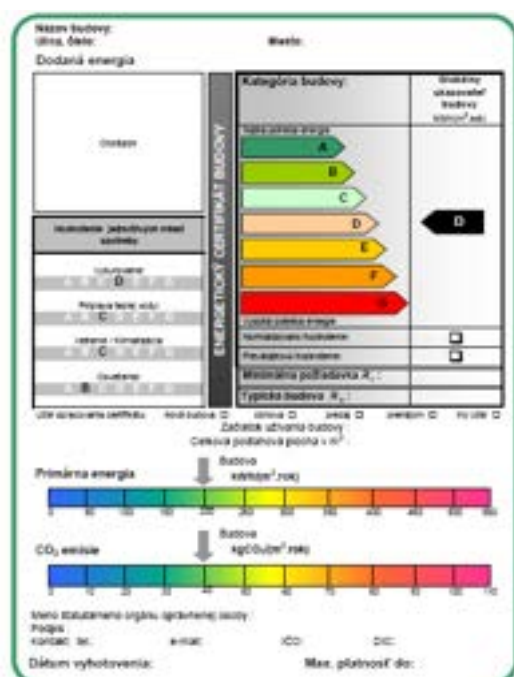
I decreti nazionali indicano prestazioni minime per i nuovi edifici e per quelli esistenti soggetti ad ampie ristrutturazioni (che coinvolgono più del 25% dell'involucro). Oltre al rispetto di trasmittanze massime differenziate, per i differenti componenti dell'involucro, è previsto il rispetto della classe energetica C.

La certificazione energetica è obbligatoria a partire dal 1° Gennaio 2009 per i nuovi edifici (con superficie superiore a 50m²) e per gli edifici rinnovati (con superficie superiore a 1000 m²).

REPUBBLICA SLOVACCA

Nel Novembre 2005 è stata approvata la legge che recepisce la Direttiva Europea, l'anno successivo è stato emendato il regolamento attuativo.

La certificazione è obbligatoria, dal primo Gennaio 2008, per tutti i nuovi edifici e per quelli venduti o affittati residenziali e non (non è necessaria nel caso di porzioni di edifici o appartamenti). Il certificato viene prodotto riferendosi a una procedura di calcolo normalizzata, basata strettamente sugli standard EN. La procedura porta alla valutazione dell'energia utilizzata per riscaldamento, ventilazione, acqua calda sanitaria e illuminazione. Il certificato ha validità di 10 anni.



Building Categories	Energy classes						
	Total delivered Energy - kWh/(m ² ·year)						
	A	B	C	D	E	F	G
Family houses	< 40	40-95	95-130	130-191	192-239	240-286	> 286
Apartment houses	< 38	38-76	77-114	115-152	153-190	191-228	> 228
Office buildings	< 57	57-109	110-156	157-204	205-255	256-305	> 305
Schools	< 43	43-73	74-114	115-152	153-189	190-228	> 228
Hospitals	< 99	99-188	189-276	277-364	365-454	455-544	> 544
Hotels and restaurants	< 93	93-177	178-260	261-343	344-429	430-514	> 514
Sports facilities	< 48	48-91	92-128	129-172	173-214	215-258	> 258
Wholesale and retail trade services buildings	< 61	61-105	106-161	162-212	213-263	264-314	> 314

Attestato Energetico e definizione delle classi energetiche presenti.

Attualmente non è ancora stato implementato un software per l'applicazione della procedura di calcolo, i professionisti devono svolgere il calcolo autonomamente.

Sono inoltre definiti requisiti per gli edifici nuovi ed esistenti obbligatori a partire dal 1° Gennaio 2007, tra i quali i valori delle trasmittanze massime dei diversi componenti e i ricambi d'aria minimi da contemplare.

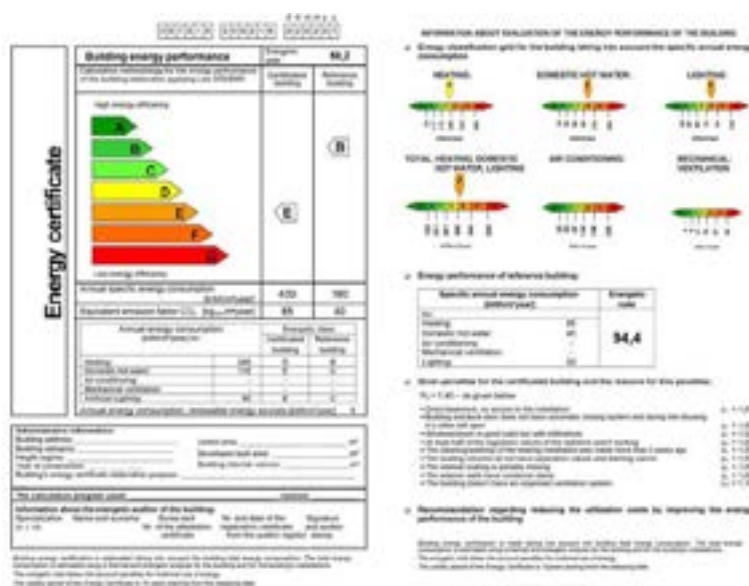
ROMANIA

Nel dicembre del 2005 il Parlamento ha approvato il recepimento nazionale della direttiva europea. Il primo febbraio 2007 è stata approvata la metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici. Tale metodologia ha preso in considerazione tutti gli standard CEN disponibili fino al 2006 e i risultati delle ricerche rumene disponibili entro tale data.

Al momento non risulta ancora disponibile un software specifico, sono stati predisposti dei fogli Excel per l'elaborazione dei calcoli (sia per gli edifici residenziali che per quelli non residenziali).

A partire dal 2007 la certificazione è obbligatoria per tutti i nuovi edifici e per gli immobili non residenziali venduti o affittati. Dal primo gennaio 2010 l'obbligo verrà esteso anche al caso degli edifici residenziali, inclusi i singoli appartamenti. La validità del certificato è di 10 anni.

L'edificio viene classificato entro una delle sette categorie di performance, variabile dalla A alla G, a seconda del suo fabbisogno annuale relativo a riscaldamento, acqua calda sanitaria, ricambi d'aria e climatizzazione. Nella procedura di calcolo sono previsti coefficienti di penalizzazione relativi alla cattiva conduzione / manutenzione degli edifici esistenti.



Layout delle due pagine del certificato energetico.

minime Sono inoltre previsti, per i nuovi edifici e per le ristrutturazioni maggiori, requisiti minimi in funzione della tipologia e della destinazione d'uso del fabbricato relativi a livelli di isolamento dei singoli componenti e isolamento medio dell'edificio (coefficiente G [$\text{W/m}^2\text{K}$]).

SLOVENIA

Nel novembre del 2006 è stato pubblicato il recepimento sloveno della direttiva EPBD.

Il metodo di calcolo si risolve con l'estensione della procedura precedente (risalente al 2002), relativa al calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento degli edifici, considerando anche l'energia per la produzione di acqua calda sanitaria, il raffrescamento, la ventilazione, e l'illuminazione.

Per i nuovi edifici i requisiti da rispettare sono espressi sia in termini di energia annuale per il riscaldamento e raffrescamento, che in relazione a valori di trasmittanza limite. Indicatori aggiuntivi delle prestazioni sono individuati nelle emissioni di CO₂ e nel fabbisogno di energia primaria. I valori limite sono all'incirca il 30% più restrittivi di quelli definiti dalla normativa in vigore nel 2002.

Il rispetto dei requisiti minimi deve essere dimostrato sia in via preventiva, con il progetto, sia a edificio ultimato. Gli stessi requisiti dovranno essere rispettati per le parti di edifici esistenti soggette a riqualificazione.

La certificazione energetica è obbligatoria a partire dall'inizio del 2008 per i nuovi edifici e per gli edifici pubblici, a partire dal 2009 per tutti gli altri edifici.

SVEZIA

La trasposizione nella legislazione nazionale della direttiva EPBD risale al 21 giugno 2006; dal mese di marzo del 2007 i regolamenti sono entrati in vigore.

La legislazione ha imposto che, a partire dal 1° Gennaio 2009, tutti gli edifici pubblici con superficie superiore a 1.000 m² e tutti gli immobili che dovranno essere venduti o affittati, devono essere in possesso del certificato energetico.

Per gli edifici il cui permesso a costruire è stato richiesto dopo il 1° luglio 2007, è obbligatorio il rispetto di una serie di requisiti: valori massimi di fabbisogno per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria e il raffrescamento, valori massimi per le trasmittanze, utilizzo di sistemi di ombreggiamento. I parametri dipendono dalla regione climatica di appartenenza (nord e sud), e dalla destinazione d'uso dell'edificio.

	South [kWh/m ²]	North [kWh/m ²]
Residential	110	130
One and two family with direct electrical panels	75	95
Non residential	100	120
Allowed additional energy use due to extra ventilation flow	70*(q-0.35)	90*(q-0.35)

Requisiti minimi suddivisi per zona climatica e destinazione d'uso.

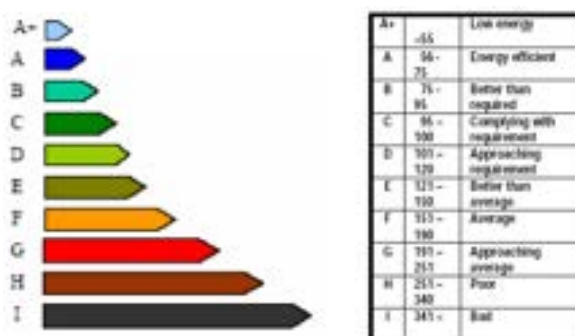
La performance energetica deve essere provata entro due anni dal completamento dell'edificio.

Gli edifici esistenti che vengono ristrutturati o ampliati devono rispondere ai requisiti per i nuovi edifici relativamente alla parte rinnovata o ampliata.

UNGHERIA

L'azione preparatoria per l'implementazione della direttiva EPBD è stata completata nell'inizio del 2006. Dal 1° settembre 2006, nel caso di edifici di nuova costruzione e per gli edifici con superficie maggiore di 1000 m² per i quali si realizzano ristrutturazioni, devono essere rispettate le disposizioni minime previste dalla normativa.

Sono previste 10 categorie differenti per la classificazione energetica degli edifici. La classe energetica viene definita dal rapporto tra il consumo di energia primaria calcolato per l'edificio e il valore di energia primaria prescritto per l'edificio stesso. Il rapporto risulta essere unitario per la classe C, la scala è di tipo non lineare. Il range di variabilità del rapporto definito risulta essere più ampio per le classi più basse. Questo fa sì che per gli edifici esistenti, per i quali esiste una maggiore incertezza nella definizione delle caratteristiche specifiche, un errore nella valutazione di alcuni parametri possa difficilmente portare ad un errore nella valutazione della classe di appartenenza.



Definizione delle 10 differenti classi energetiche previste.

È stato sviluppato un software specifico, a pagamento, per la determinazione della classe energetica dell'edificio, ma le elaborazioni possono essere effettuate anche autonomamente rispettando la procedura prevista (esistono una serie di esempi di calcolo). Viene contemplato anche l'utilizzo di software avanzati (TRNSYS, Energy plus, ESP-r).

Sono state definite anche limitazioni per le trasmittanze delle diverse componenti dell'edificio. Deve essere considerato il rischio di surriscaldamento degli ambienti e la differenza tra la temperatura interna ed esterna deve essere limitata al di sotto di range variabili in funzione della tecnologia dell'edificio. Esistono limitazioni per il fabbisogno di energia primaria specifica relazionato al rapporto superficie disperdente su volume riscaldato.

2 Analisi comparata delle metodologie applicate a edifici-tipo

Premessa

Nella prima fase dello studio sono state effettuate alcune valutazioni energetiche su quattro tipologie di edifici residenziali, rappresentative di altrettanti rapporti S/V, volte a confrontare la sensibilità del metodo di stima del bilancio energetico semplificato nazionale rispetto ad una valutazione energetica dettagliata con codice di calcolo dinamico (cfr. relazione sulle “attività svolte nel periodo 06/’07 -09/’08” e memorie riportate in allegato al presente studio).

Successivamente l’indagine ha visto l’applicazione dei metodi di calcolo adottati nei paesi europei precedentemente selezionati (utilizzando fogli di calcolo/tools di libero accesso, verosimilmente più utilizzati nella prassi professionale ricorrente) a due edifici residenziali (monofamiliare e plurifamiliare) ed una palazzina del terziario (uso uffici), confrontandone i risultati con quelli ottenuti in applicazione delle più recenti norme nazionali italiane UNI/TS11300.

Agli edifici-tipo sono state assegnate caratteristiche di involucro differenziate, al fine di valutare la sensibilità dimostrata da ciascuna metodologia di bilancio nel considerare gli effetti della capacità termica, considerati i risultati evidenziati nella fase precedente, contrapponendo ad una stratigrafia di involucro “standard”, costituita da due strati di mattoni forati con interposto isolante, una stratigrafia più leggera e una più massiva.

Diversamente da quanto inizialmente prefigurato, i confronti tra le diverse metodologie di calcolo sono stati risolti in riferimento ai fabbisogni termici dell’edificio, eludendo le attribuzioni impiantistiche che riconducono alla stima dei consumi energetici. Tale strategia, coerente con la prioritaria importanza da attribuirsi alla prestazione passiva dell’edificio (responsabile delle attribuzioni impiantistiche), ha consentito di contenere il numero delle perturbazioni influenti gli esiti delle analisi da confrontare¹.

¹ Gli aspetti impiantistici contemplati dalle diverse procedure si possono riassumere nel modo seguente.

Per la definizione del contributo degli impianti ai consumi energetici per la climatizzazione, le procedure di certificazione europee seguono tre modalità principali:

1. il calcolo attraverso i rendimenti;
2. il bilancio dei guadagni e delle perdite connesse al funzionamento dell’impianto;
3. le curve di funzionamento dinamiche degli impianti che utilizzano una variazione statistica oraria dell’efficienza del sistema.

Metodo dei rendimenti

La modalità che considera i rendimenti del sistema si risolve con il calcolo di un fattore di correzione dei fabbisogni di riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria che dipende dalla qualità del sistema e che è funzione dei semplici rendimenti di generazione, distribuzione, emissione e regolazione.

Nella maggior parte dei casi questi fattori sono tabellati all’interno di norme nazionali a seconda delle diverse tipologie disponibili, quindi il grado di complessità nella descrizione delle componenti impiantistiche è piuttosto basso.

Metodo del bilancio

Questa modalità prevede un’implementazione del bilancio energetico effettuato per la stima del fabbisogno tramite correzioni dovute alle perdite e i guadagni imputabili al sistema impiantistico, relative alle componenti di generazione, distribuzione, emissione, regolazione.

Anche in questo caso il metodo di calcolo degli elementi contenuti nel bilancio consente di fare riferimento a valori medi tabellati a seconda della tipologia di sistema previsto, e si risolve dunque con una definizione semplificata delle caratteristiche d’impianto. E’ data però possibilità di determinare parametri più raffinati, attraverso opportuni approfondimenti di calcolo, rilevando dunque un livello di dettaglio potenzialmente maggiore rispetto a quello previsto

Inoltre, la preventivata normalizzazione dei risultati ottenuti in applicazione delle diverse procedure esaminate, contemplando le relative realtà climatiche, secondo il clima italiano è stata accantonata poiché non evidenziava esiti apprezzabili: da un lato a causa di alcuni parametri procedurali che, dal confronto tra le metodologie, sono risultati incoerenti (e non modificabili dall'utente), e, dall'altro lato, a causa degli eccessivi scostamenti rilevati tra i dati caratterizzanti le fluttuazioni climatiche nel tempo delle diverse realtà considerate (tra l'altro, in alcuni casi i dati climatici sono resi inaccessibili alla lettura dagli stessi software). Per l'applicazione della procedura italiana, dunque, gli edifici sono stati considerati in una località climatica del nord Italia (Milano), allo scopo di concertare mediamente risultati di ordine di grandezza proporzionato a quello dei risultati ottenuti in applicazione delle procedure contemplate delle altre nazioni europee.

Le eventuali semplificazioni contemplate dalle diverse metodologie sono state recepite ad adottate per le analisi condotte nel presente studio allo scopo di preservare una maggiore coerenza con la prassi procedurale verosimilmente più diffusa.

dal metodo dei rendimenti.

Metodo delle curve di funzionamento

In questo caso il funzionamento degli impianti viene simulato in regime dinamico orario. In pratica vengono utilizzate delle funzioni che descrivono il comportamento del sistema impiantistico sulla base delle condizioni al contorno in cui esso si trova ad operare, che vanno a costituire le variabili indipendenti delle espressioni matematiche.

Questo approccio, in virtù di un calcolo estremamente preciso, prevede dunque un livello di definizione degli impianti maggiormente dettagliato rispetto ai metodi precedentemente descritti (caratteristiche prestazionali specifiche di ciascun componente impiantistico, inclusi gli equipment ausiliari). I software applicativi di queste procedure complesse contengono sovente anche dati interne relative a sistemi impiantistici predeterminati, al fine di agevolare gli utenti in fase di progettazione preliminare.

I criteri di valutazione delle prestazioni impiantistiche adottate dai paesi selezionati al fine del presente studio sono riportati nella tabella che segue.

PAESE	RESIDENZIALI	NON RESIDENZIALI
Italia	Rendimenti	Rendimenti
Austria	Bilancio	Bilancio
Francia	Rendimenti	Rendimenti
Germania	Bilancio	Bilancio
Inghilterra	Rendimenti	Rendimenti
Spagna	Curve	Curve
Portogallo	Rendimenti	curve

2.1 Definizione degli edifici-tipo

2.1.1 Edificio Plurifamiliare

L'edificio plurifamiliare preso in esame, a pianta rettangolare, ha quattro piani fuori terra, di cui il primo, a contatto con il terreno, non è riscaldato (es. garage). I restanti piani sono riscaldati e divisi in appartamenti da 120 m², in cui si è ipotizzato un indice di affollamento pari a 0,03 persone/m².

L'orientamento dell'edificio rispetta la direttrice est-ovest, dunque presenta affacci prevalenti verso sud e nord

Per ottemperare ai requisiti di quelle procedure di calcolo che ne richiedono la distinzione, l'edificio è suddiviso in zone termiche omogenee, che si differenziano per il loro orientamento.

Per gli elementi orizzontali e le murature perimetrali, da un punto di vista geometrico, è stato assunto lo spessore nominale pari a 30 cm.. L'altezza di interpiano è posta pari a 3 m. L'edificio che ne risulta presenta le dimensioni in pianta di 12x30 m, al netto delle pareti perimetrali, e un'altezza lorda dell'involucro riscaldato pari a 9,30 m.

Le superfici finestrate sono dimensionate secondo un rapporto pari a 1/8 della superficie di pavimento, e presentano un rapporto vetro/finestra pari a 0.8.

Per le pareti di involucro verticale sono definite, oltre alle superfici disperdenti misurate dall'interno, al netto degli spessori strutturali, le superfici lorde misurate dall'esterno, al fine di consentire l'applicazione delle procedure semplificate che contemplano l'omissione del computo dettagliato dei ponti termici.

Esposizione	Superfici finestrate lorde [m ²]	Superfici finestrate al netto dei telai [m ²]	Superfici opache lorde [m ²]	Superfici opache nette [m ²]
Nord	56,09	44,90	228.49	186.91
Sud	62,61	50.09	221.97	180.39
Est	13,91	11,13	103.27	83.29
Ovest	13,91	11,13	103.27	83.29
Orizzontale	385,56 lorda – 360 netta			

Tabella 1: Edificio plurifamiliare - superfici disperdenti lorde dell'involucro edilizio.

Dai dati precedenti si ricava una superficie disperdente totale di 1574,64 m² di cui 146,52 m² sono rappresentati dalle superfici finestrate comprensive di telaio (117,22 m² le superfici trasparenti nette) e i rimanenti 1428,12 m² di superficie opaca. Confrontando tale superficie con il volume riscaldato lordo, si ottiene un rapporto S/V (superficie disperdente/volume lordo riscaldato) per l'edificio plurifamiliare pari a 0,44.



Immagine 1: Vista tridimensionale, pianta quotata e prospetti dell'edificio tipo plurifamiliare.

2.1.2 Edificio Unifamiliare

L'edificio di modeste dimensioni scelto vuole rappresentare un esempio di villetta unifamiliare, a pianta rettangolare (15 x 10 m di dimensioni al netto dei muri perimetrali), costituita da un piano riscaldato che poggia su livello non riscaldato (es. garage/taverna). Si ipotizza la presenza di cinque occupanti.

L'edificio presenta esposizione prevalente rivolta a sud (maggiore superficie finestrata).

Al pari di quanto assunto per l'edificio plurifamiliare, lo spessore degli elementi di involucro e delle partizioni orizzontali è considerato pari a 0,30 m nominali. L'edificio presenta dunque un'altezza lorda di involucro riscaldato pari a 3,30 m.

I dati geometrici di involucro sono riassunti nella tabella che segue.

Esposizione	Superfici finestate lorde [m ²]	Superfici finestrate al netto dei telai [m ²]	Superfici opache lorde [m ²]	Superfici opache nette [m ²]
Nord	3,20	2,56	48.28	37.30
Sud	9,60	7,68	41.88	30.90
Est	3,20	2,56	31.78	23.80
Ovest	3,20	2,56	31.78	23.80
Orizzontale	385,56 lorda – 360 netta			

Tabella 2: Edificio unifamiliare - superfici disperdenti lorde dell'involucro edilizio.

In base ai dati riportati si evidenzia una superficie disperdente totale di $503,64 \text{ m}^2$ di cui $19,20 \text{ m}^2$ sono rappresentati dalle superfici finestrate comprensive di telaio ($15,36 \text{ m}^2$ le superfici trasparenti nette) e i rimanenti $484,44 \text{ m}^2$ di superficie opaca. Confrontando tale superficie con il volume riscaldato lordo, si ottiene un rapporto S/V (superficie disperdente/volume riscaldato) per l'edificio unifamiliare pari a 0,92.

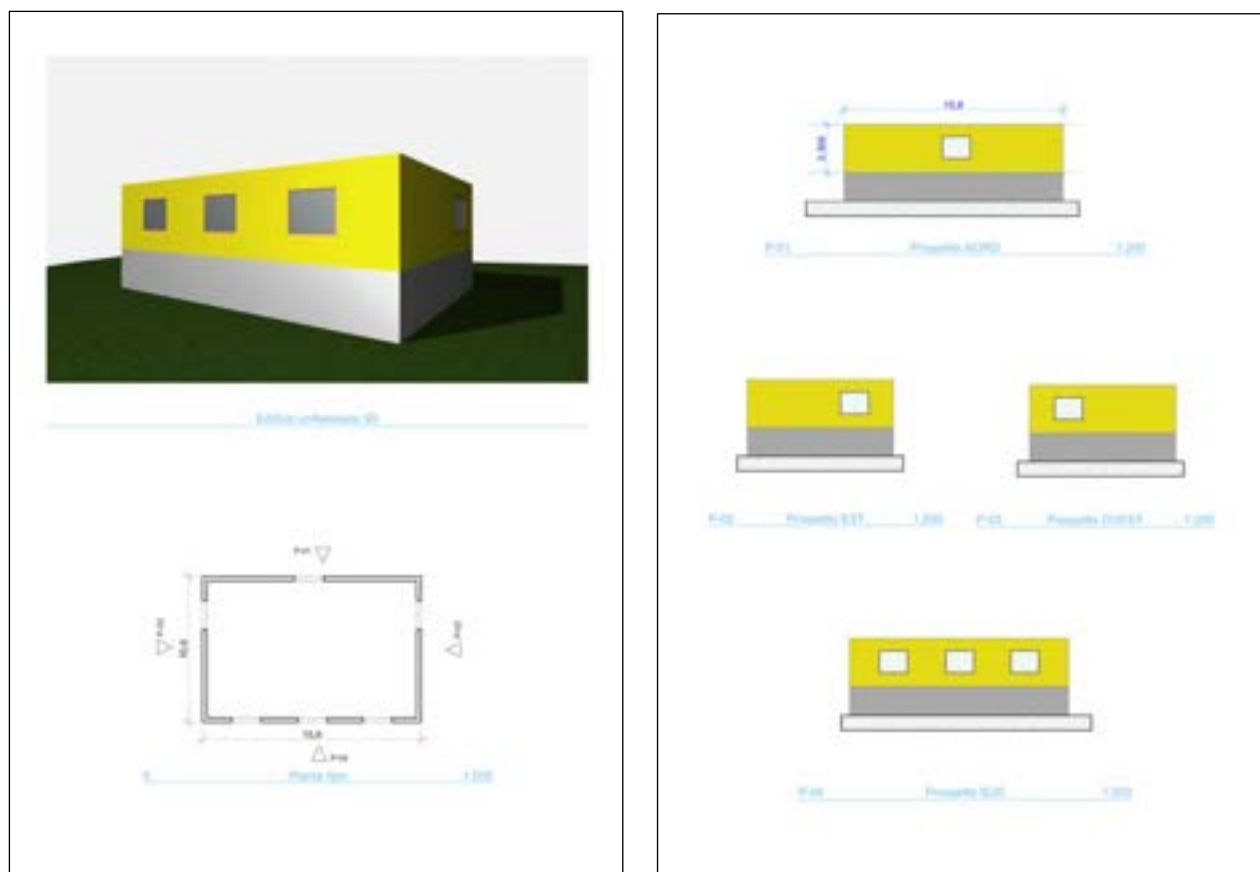


Immagine 2: Vista tridimensionale, pianta quotata e prospetti dell'edificio tipo unifamiliare

2.1.3 Edificio per uffici

Per le prove di certificazione di edifici non residenziali è stata definita una palazzina per il terziario, costituita da cinque piani fuori terra interamente adibiti a uffici e da un piano terra non riscaldato a destinazione parcheggio. La palazzina, di forma rettangolare disposta lungo l'asse Nord-Sud ha una pianta rettangolare, delle dimensioni di $12 \times 30 \text{ m}$ al netto dei muri perimetrali, ed è suddivisa in quattro ambienti open space delle dimensioni di $6 \times 12 \text{ m}$.

Le superfici finestrate sono disposte lungo le pareti principali, come si può leggere nella tabella seguente, che riassume i dati relativi all'involucro dell'edificio.

Esposizione	Superfici finestrate lorde [m ²]	Superfici finestrate al netto dei telai [m ²]	Superfici opache lorde [m ²]	Superfici opache nette [m ²]
Nord	0,00	0,00	192,78	162,00
Sud	0,00	0,00	192,78	162,00
Est	112,50	90,00	355,68	292,50
Ovest	112,50	90,00	355,68	292,50
Orizzontale	385,56 lorde – 360 netta			

Tabella 3: Edificio unifamiliare - superfici disperdenti lorde dell'involucro edilizio.

Dai dati riportati si ricava che la superficie disperdente totale è pari a 2093,04 m², costituita da 1096,92 m² di superficie opaca e da 225 m² di superfici finestrate (180 m² se si considerano le superfici trasparenti nette). Il rapporto S/V tra la superficie disperdente e il volume riscaldato per l'edificio è pari a 0,35.

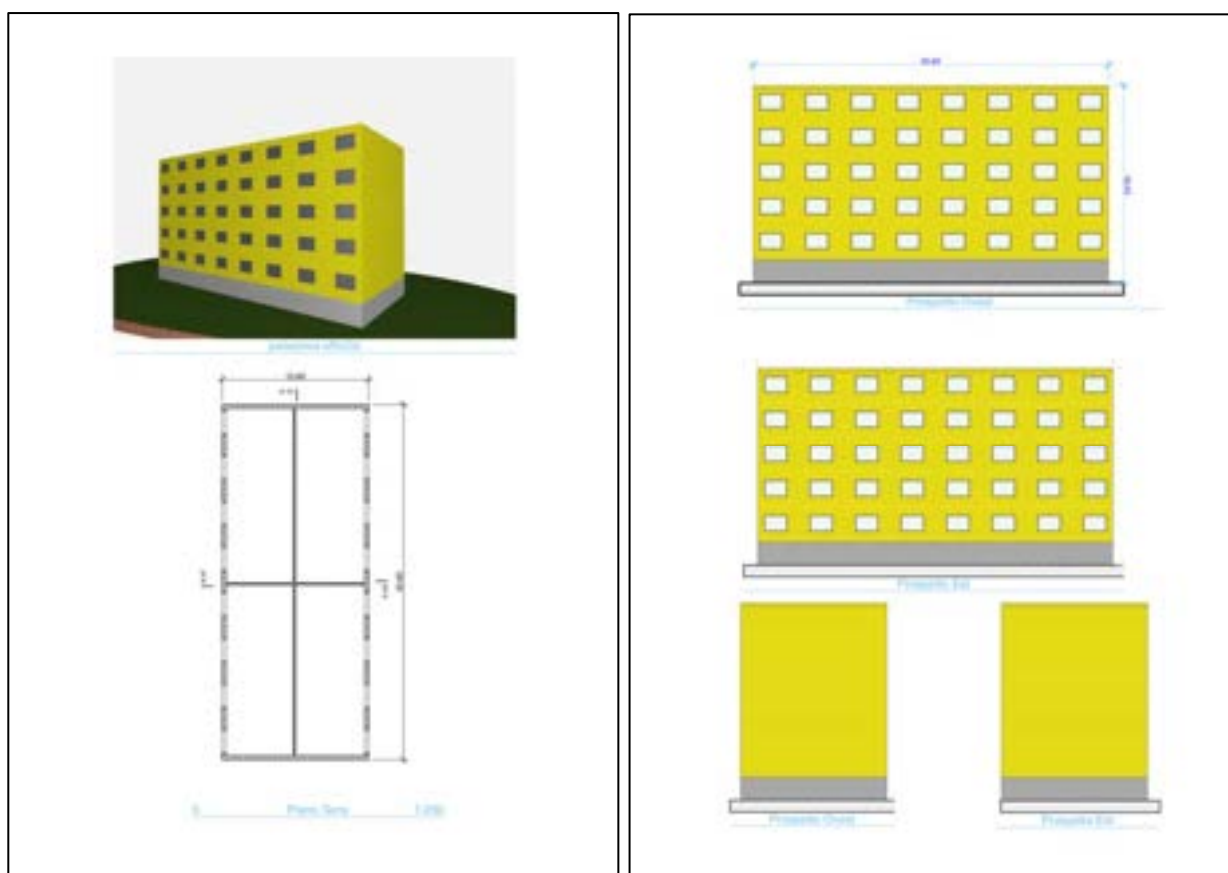


Immagine 3: Vista tridimensionale, pianta quotata e prospetti dell'edificio per uffici

2.1.4 Caratteristiche termofisiche degli involucri

Le definizioni dei pacchetti edilizi che seguono riguardano gli elementi dell'involucro considerato per gli edifici-tipo, espressi attraverso la stratigrafia e le caratteristiche termofisiche di ogni strato. Mentre le descrizioni degli elementi orizzontali e delle partizioni interne sono comuni a tutte le prove, per quanto riguarda gli elementi esterni verticali si distinguono i tre tipi di stratigrafia standard, massiva e leggera.

Pareti perimetrali verticali

Stratigrafia massiva

	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _e			0,04				
Intonaco	0,015	0,09	0,02	1800	27,00	910	24.570
Isolante in lana di roccia	0,065	0,04	1,63	80	5,20	670	3.484
Mattoni pieni	0,500	0,72	0,69	1800	900,00	840	756.000
Intonaco	0,015	0,09	0,02	1800	27,00	910	24.570
1/h _i			0,13				
S [m]	0,595	R [m ² K/W]	2,52	m [kg/m ²]	959,20	C [kJ/m ² K]	808,62
		K [W/m ² K]	0,40	d [kg/m ³]	1.612,10		

Coefficiente di assorbimento della radiazione solare: 0,6.

Coefficiente di riemissione nell'infrarosso della radiazione assorbita: 0,8.

Tabella 4: Caratteristiche termofisiche del pacchetto “massivo” per le pareti perimetrali verticali.

Stratigrafia standard

	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _e			0,04				
Intonaco	0,015	0,09	0,02	1800	27,00	910	24.570
Mattoni forati	0,085	0,30	0,28	800	68,00	840	57.120
Isolante in lana di roccia	0,070	0,04	1,75	80	5,60	670	3.752
Mattoni forati	0,085	0,30	0,28	800	68,00	840	57.120
Intonaco	0,015	0,09	0,02	1800	27,00	910	24.570
1/h _i			0,13				
S [m]	0,270	R [m ² K/W]	2,52	m [kg/m ²]	195,60	C [kJ/m ² K]	167,13
		K [W/m ² K]	0,40	d [kg/m ³]	724,44		

Coefficiente di assorbimento della radiazione solare: 0,6.

Coefficiente di riemissione nell'infrarosso della radiazione assorbita: 0,8.

Tabella 5: Caratteristiche termofisiche del pacchetto “standard” per le pareti perimetrali verticali.

Stratigrafia leggera

	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _e			0,04				
Fibrocemento	0,013	0,59	0,02	1800	23,40	910	23.634
Isolante in lana di roccia	0,090	0,04	2,20	80	7,20	670	4.824
Cartongesso	0,015	0,21	0,12	900	23,40	1010	21.294
1/h _i			0,13				
S [m]	0,129	R [m ² K/W] K [W/m ² K]	2,51 0,40	m [kg/m ²] d [kg/m ³]	54,00 418,60	C [kJ/m ² K]	49,75

Coefficiente di assorbimento della radiazione solare: 0,6.

Coefficiente di riemissione nell'infrarosso della radiazione assorbita: 0,8.

Tabella 6: Caratteristiche termofisiche del pacchetto “leggero” per le pareti perimetrali verticali.

Elementi orizzontali**Solaio di copertura**

	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _e			0,04				
Ghiaia	0,120	0,70	0,17	1500	180,00	840	151.200
Massetto di pendenza	0,050	0,15	0,33	400	20,00	880	17.600
Isolante in lana di roccia	0,075	0,04	1,88	80	6,00	670	4.020
Massettp	0,050	1,40	0,04	2000	100,00	840	84.000
Solaio in laterocemento	0,200	-	0,30	700	140,00	840	117.600
Intonaco	0,015	0,35	0,04	1200	18,00	1010	18.180
1/h _i			0,13				
S [m]	0,510	R [m ² K/W] K [W/m ² K]	2,90 0,35	m [kg/m ²] d [kg/m ³]	464,00 909,80	C [kJ/m ² K]	392,60

Coefficiente di assorbimento della radiazione solare: 0,7.

Coefficiente di riemissione nell'infrarosso della radiazione assorbita: 0,9.

Tabella 7: Caratteristiche termofisiche del pacchetto per il solaio di copertura.

Solaio verso ambienti non riscaldati

	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _i			0,13				
Piastrelle in ceramica	0,015	1,00	0,02	2300	34,50	800	27.600
Massetto	0,050	0,90	0,06	1800	90,00	910	81.900
Isolante in fibra	0,080	0,04	1,86	9,61	0,77	837	643
Solaio in laterocemento	0,200	-	0,30	700	140,00	840	117.600
1/h _i			0,13				
S [m]	0,345	R [m ² K/W]	2,44	m [kg/m ²]	265,27	C [kJ/m ² K]	227,74
		K [W/m ² K]	0,41	d [kg/m ³]	768,90		

Tabella 8: Caratteristiche termofisiche del pacchetto per il solaio verso il garage primo livello non riscaldato.

Elementi vetrati

Tipologia di vetro	Vetrocamera basso emissiva	
Trasmittanza del vetro	1,74	W/m ² K
Fattore di guadagno solare	0,59	

Tipologia di telaio	Alluminio a taglio termico	
Trasmittanza del telaio	2,10	W/m ² K
Frame shading	0,80	

Trasmittanza del serramento	1,81	W/m ² K
------------------------------------	------	--------------------

Tabella 9: Caratteristiche termofisiche di vetri e serramenti

Partizioni interne

Per i casi in cui sia richiesta la descrizione dettagliata delle strutture interne all'edificio, sono stati adottate le specifiche riportate nelle tabelle che seguono.

Tramezze interne							
	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _i			0,13				
Intonaco	0,015	0,69	0,02	1400	21,00	1010	21.210
Mattoni forati	0,080	0,25	0,32	600	48,00	840	40.320
Intonaco	0,015	0,69	0,02	1400	21,00	1010	21.210
1/h _i			0,13				
S [m]	0,110	R [m ² K/W]	0,61	m [kg/m ²]	90,00	C [kJ/m ² K]	82,74
		K [W/m ² K]	1,63	d [kg/m ³]	818,18		

Tabella 10: Caratteristiche termofisiche delle tramezze interne.

Solai intermedi							
	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _i			0,13				
Piastrelle di ceramica	0,014	1,00	0,01	2300	32,20	800	25.760
Massetto	0,050	0,90	0,06	1800	90,00	910	81.900
Solaio in laterocemento	0,200	-	0,30	700	140,00	840	117.600
Intonaco	0,015	0,70	0,02	1400	21,00	1010	21.210
1/h _i			0,13				
S [m]	0,279	R [m ² K/W]	0,64	m [kg/m ²]	283,20	C [kJ/m ² K]	246,47
		K [W/m ² K]	1,56	d [kg/m ³]	1.015,05		

Tabella 11: Caratteristiche termofisiche dei solai di interpiano.

Solaio contro terra (dei locali non riscaldati)

	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Densità	Massa superficiale	Calore specifico	Capacità termica areica
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[J/kgK]	[J/m ² K]
1/h _i			0,13				
Piastrelle di	0,015	1,00	0,02	2300	34,50	800	27.600
Massetto	0,050	0,90	0,06	1800	90,00	910	81.900
Isolante in lana di roccia	0,070	0,04	1,63	80	5,60	670	3.752
Solaio in laterocemento	0,200	-	0,30	700	140,00	840	117.600
Ghiaia	0,300	0,69	0,43				
S [m]	0,335	R [m ² K/W]	2,56	m [kg/m ²]	270,10	C [kJ/m ² K]	230,85
		K [W/m ² K]	0,39	d [kg/m ³]	806,27		

Tabella 12: Caratteristiche termofisiche del solaio contro terra.

2.1.5 Caratteristiche impiantistiche

In alcuni casi per rilevare il dato di fabbisogno energetico dell'edificio stimato con gli strumenti di riferimento per la certificazione energetica è necessario definire l'intero sistema edilizio, incluse le dotazioni impiantistiche.

A tale scopo, e qualora le suddette procedure non contemplino dati di default, per i casi-studio affrontati è stata ipotizzata una dotazione impiantistica convenzionale, costituita da una caldaia a gas per coprire la domanda di energia necessaria al riscaldamento invernale e da una pompa di calore che soddisfi il fabbisogno di raffrescamento estivo.

Per la tipologia d'impianto sopra considerata sono stati assunti i seguenti rendimenti nominali:

- generazione invernale: 0,95;
- generazione estiva: 2,5;
- distribuzione: 0,98;
- emissione: 0,95;
- regolazione: 0,96.

I rendimenti globali d'impianto risultano rispettivamente pari a 0,85 (riscaldamento) e pari a 2,23 (raffrescamento).

2.2 Italia

Per l'applicazione della procedura di calcolo nazionale secondo UNI TS 11300 è stato elaborato un apposito foglio di calcolo.

2.2.1 Dati di input

Dati climatici

Il clima di Milano, località scelta per lo studio degli edifici tipo in applicazione della procedura italiana, è classificato, dal punto di vista invernale, in zona climatica E, registrando un numero di Gradi Giorno pari a 2404. In tale zona è previsto un periodo di riscaldamento compreso tra il 15 ottobre ed il 15 aprile e, di conseguenza, questo intervallo temporale ha costituito il riferimento sui cui basare il calcolo del fabbisogno energetico invernale. Per quanto riguarda il fabbisogno energetico estivo, non sono stati posti limiti di valutazione nell'arco dell'anno.

La procedura di calcolo considera i dati medi mensili di temperatura dell'aria e di irradianza solare sul piano orizzontale e sulle superfici verticali distinte per i diversi orientamenti.

	Radiazione solare media giornaliera [MJ/m²]							T _{media} della aria esterna [°C]
	Orizzontale			Verticale (globale)				
	Diretta	Diffusa	Globale	Nord	Sud	Est	Ovest	
Gennaio	2,3	1,5	3,8	1,5	6,0	2,9	2,9	1,8
Febbraio	3,5	3,2	6,7	2,4	8,7	5,1	5,1	4,2
Marzo	5,1	6,5	11,6	3,7	11,2	8,5	8,5	9,2
Aprile	6,7	9,8	16,5	5,4	10,9	11,4	11,4	14,0
Maggio	7,9	12,1	20,0	7,8	10,0	13,2	13,2	17,9
Giugno	8,3	13,9	22,2	9,4	9,8	14,4	14,4	22,5
Luglio	7,5	16,5	24,0	9,2	10,8	15,8	15,8	25,1
Agosto	6,9	12,5	19,4	6,4	11,3	13,2	13,2	24,1
Settembre	5,6	8,4	14,0	4,2	11,8	10,1	10,1	20,4
Ottobre	3,9	4,5	8,4	2,8	10,3	6,4	6,4	14,0
Novembre	2,5	1,9	4,4	1,7	6,7	3,4	3,4	7,9
Dicembre	2,0	1,3	3,3	1,3	5,4	2,6	2,6	3,1

Tabella 13: Dati climatici relativi alla zona di Milano desunti da UNI-10349

Caratteristiche geometriche

La procedura di calcolo non comporta vincoli di inserimento dei dati geometrici, dunque gli edifici-tipo, da un punto di vista dimensionale, sono stati recepiti così come precedentemente definiti, in assenza di variazioni o approssimazioni descrittive.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

La procedura prevede l'inserimento di un dato sintetico (trasmissione termica) che si riferisce all'intero pacchetto della struttura muraria. Di conseguenza non è stato necessario specificare in modo dettagliato la stratigrafia delle componenti dell'involucro.

Ponti termici

Le dispersioni dovute ai ponti termici possono essere calcolate tramite la determinazione di un coefficiente di maggiorazione da applicare al valore delle dispersioni della parete opaca. I coefficienti di maggiorazione, che dipendono dalla stratigrafia dell'involucro, si trovano nel Prospetto 4 della UNI TS 11300-1. Nel caso in esame è considerato un valore di maggiorazione pari al 10%.

Capacità termica

Per quanto riguarda il calcolo della capacità termica, ai fini della determinazione dei fattori di utilizzazione, la specifica tecnica fa riferimento alla procedura dettagliata descritta nella norma UNI EN ISO 13786. Nel caso in cui non siano disponibili dati sufficientemente dettagliati relativi alla costituzione delle strutture edilizie (es. edifici esistenti), viene fornito un prospetto da cui desumere la capacità termica areica (per unità di superficie d'involucro) relativa alle diverse strutture edilizie (Prospetto 16, UNI TS 11300).

Capacità termica per unità di superficie di involucro [$\text{kJ}/\text{m}^2 \times \text{K}$]

Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi				Numero di piani		
Infonaci	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥3
				Capacità termica areica		
gesso	interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggeri/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggeri/blocchi	legno	115	115	115
	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggeri/blocchi	piastrelle	115	125	135
	assente/esterno	medie/pesanti	piastrelle	125	135	135
malta	interno	qualsiasi	tessile	105	105	105
	interno	qualsiasi	legno	115	125	135
	interno	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
	assente/esterno	leggeri/blocchi	tessile	125	125	115
	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
	assente/esterno	leggeri/blocchi	legno	145	145	145
	assente/esterno	medie	legno	155	155	155
	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
	assente/esterno	leggeri/blocchi	piastrelle	145	155	155
	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

Tabella 14: Capacità termica per unità di superficie di involucro [$\text{kJ}/\text{m}^2 \text{K}$]

In ragione di una verifica dei margini previsti da tale semplificazione, sono stati assunti i due valori

di capacità termica estremi ed uno intermedio da associare agli edifici-tipo in funzione dei diversi involucri individuati: pari a $165 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ per l'involucro di tipo massivo, pari a $85 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ per l'involucro di tipo leggero e pari a $125 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ per l'involucro standard.

Ricambi d'aria

Nella descrizione del sistema di ventilazione, la specifica tecnica distingue i valori di ricambi d'aria da utilizzarsi per il calcolo delle dispersioni per ventilazione estive e invernali in base al tipo di ventilazione (naturale/meccanica), alla destinazione d'uso (residenziale/terziario) e al comportamento dell'utenza.

Per i casi relativi agli edifici a destinazione d'uso residenziale, è stato assunto un valore di $0,3 \text{ vol/h}$ (standard relativo a edifici residenziali privi di ventilazione meccanica).

Nel caso associato all'edificio a uso uffici si è proceduto a calcolare il valore di ricambi aria attraverso l'utilizzo della norma UNI 10339:2005 (Impianti areaulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura). Il valore di ricambi aria ricavato è pari a 1.056 vol/h assumendo un indice di affollamento pari a 0.12 , corretto applicando una riduzione del 40% (come previsto dalla UNI TS 11300) e un valore di portata d'aria per persona di 11 l/s .

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

In modo analogo a quanto descritto per i valori di ricambi aria, la specifica tecnica prevede l'utilizzo di differenti valori per gli apporti termici interni a seconda che si debbano affrontare valutazioni standard o adattate all'utenza (UNI/TS 11300 par. 13).

Per i casi relativi agli edifici a destinazione d'uso residenziale si è fatto riferimento ai valori riportati nel prospetto 9: **“Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali)”**. In particolare sono stati assunti i valori medi giornalieri di 9 W/m^2 e 3 W/m^2 relativi rispettivamente ai locali soggiorno/cucina e alle altre aree climatizzate. Ipotizzato un peso pari al 25% della superficie abitata per soggiorno/cucina ne è risultato un valore medio rappresentativo per la residenza pari a 4.5 W/m^2 , assunto per l'applicazione della procedura ad entrambi gli edifici-tipo.

Per il caso relativo all'edificio a destinazione d'uso uffici si è fatto riferimento ai valori riportati nel prospetto 8: **“dati convenzionali relativi all'utenza”**. In particolare si è assunto il valore medio giornaliero di 6 W/m^2 relativo ai locali adibiti a uffici ed assimilabili.

2.2.2 Risultati per gli edifici residenziali

In applicazione della procedura italiana, gli edifici-tipo residenziali analizzati hanno rivelato i risultati di fabbisogno energetico annuale riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	26.87	27.53	28.72
	Fabbisogno Ed. Unifam.	57.81	58.18	58.94

Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	29.24	29.36	30.29
	Fabbisogno Ed. Unifam.	27.60	27.76	27.77

Tabella 15: Risultati della procedura di certificazione italiana per gli edifici residenziali.

Il fabbisogno energetico specifico invernale è ovviamente maggiore per l'edificio unifamiliare (maggiore superficie disperdente in rapporto al volume riscaldato). Diversamente, il fabbisogno energetico specifico estivo attribuisce valori simili tra un edificio-tipo e l'altro, a causa del preponderante effetto dato dall'apporto termico gratuito (carichi termici interni uguali per le due soluzioni).

Entrambi gli edifici-tipo attestano valori con andamento decrescente all'aumentare della capacità termica degli involucri, sia in estate che in inverno.

2.2.3 Risultati per l'edificio ad uso uffici

In applicazione della procedura italiana, l'edificio-tipo ad uso uffici analizzato ha rivelato i risultati di fabbisogno energetico annuale riportati nella tabella che segue (espressi per unità di volume riscaldato).

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ³ a]	Fabbisogno Ed. Uffici	16.89	17.17	17.61
Raffrescamento [kWh/m ³ a]	Fabbisogno Ed. Uffici	8.15	8.19	8.33

Tabella 16: Risultati della procedura di certificazione austriaca per l'edificio ad uso uffici.

L'edificio-tipo ad uso uffici attesta valori di fabbisogno energetico con andamento decrescente all'aumentare della capacità termica degli involucri, sia in estate che in inverno.

2.3 Austria

Per applicare la procedura di certificazione austriaca si è proceduto utilizzando i fogli elettronici prodotto dall'Istituto Austriaco dell'Ingegneria delle Costruzioni: Excel-Schulungs-Tool, sia nella versione per edifici residenziali sia nella versione per edifici non residenziali.

Al fine di verificare l'aspetto estivo anche per gli edifici residenziali, è stata utilizzata la versione del tool dedicata agli edifici del terziario, adattandone i contenuti, per quanto possibile, alle condizioni definite per gli edifici-tipo residenziali.

2.3.1 Dati di input

Dati climatici

La procedura di certificazione austriaca, come descritto in precedenza, prevede una valutazione delle prestazioni energetiche dell'edificio sulla base di un clima standard nazionale, detto clima di riferimento, caratterizzato da 3400 GG invernali calcolati su base 20°C, ed una valutazione delle prestazioni condotta in riferimento alla zona climatica nazionale in cui ricade la località di progetto. I valori di temperatura dell'aria e di radiazione solare relativi alle diverse zone climatiche austriache sono riportati all'interno della guida OIB-382-010.

La zona climatica adottata per le valutazioni del presente studio è relativa alla regione occidentale del paese (Vorarlberg, il cui capoluogo è Bregenz) con un'altitudine di 103 m s.l.m., caratterizzata dal clima meno rigido tra quelli presenti all'interno del paese: 3143 GG invernali calcolati su base 20°C.

	Radiazione solare media giornaliera [kWh/m ²]							T _{media} della aria esterna [°C]
	Orizz.	Sud	S-E/S-W	Est	Ovest	N-W/N-E	Nord	
Gennaio	24,81	33,00	26,55	16,38	16,38	11,41	10,92	0,21
Febbraio	41,41	48,45	39,76	26,09	26,09	18,22	16,98	2,06
Marzo	72,32	67,98	60,02	45,56	45,56	30,37	24,59	5,85
Aprile	107,29	75,10	74,03	64,38	64,38	48,28	37,55	10,34
Maggio	145,06	82,68	87,03	84,13	84,13	66,73	52,22	14,74
Giugno	149,97	74,99	83,98	85,48	85,48	71,99	56,99	17,86
Luglio	159,71	81,45	91,03	92,63	92,63	75,06	59,09	19,89
Agosto	135,39	82,29	88,00	79,88	79,88	58,22	43,32	19,18
Settembre	93,79	77,84	71,28	57,21	57,21	41,27	33,76	15,72
Ottobre	54,11	58,98	49,78	34,63	34,63	22,73	20,02	10,53
Novembre	25,43	33,83	26,96	16,28	16,28	11,19	10,68	5,31
Dicembre	19,21	29,59	23,25	12,68	12,68	8,65	8,26	1,78

Tabella 17: Dati climatici relativi al clima della regione occidentale austriaca, secondo la OIB-382-010.

Caratteristiche geometriche

Il foglio elettronico prevede l'inserimento delle dimensioni lorde dell'edificio, in particolare per quanto riguarda la superficie di pavimento e il volume riscaldato. Sulla base di questi dati di input, vengono desunti i valori netti, considerando la superficie utile pari all'80% della superficie lorda, e stimando il volume netto pari alla superficie utile moltiplicata per un'altezza nominale di 2.60 m.

I dati geometrici lordi relativi agli edifici-tipo in analisi sono stati inseriti in modo tale che il dato netto di superficie utile di pavimento risultante coincidesse con quello di progetto.

Per l'edificio plurifamiliare, avente superficie netta di 1080 m^2 , la superficie lorda è stata posta pari a 1350 m^2 (conseguentemente il volume lordo è risultato pari a 4185 m^3 e quello netto pari a 2808 m^3).

Per l'edificio unifamiliare, avente superficie netta di 150 m^2 , la superficie lorda è stata posta pari a 188 m^2 (di conseguenza, il volume lordo risulta pari a 619 m^3 e quello netto pari a 390 m^3).

Per l'edificio ad uso uffici, avente superficie netta 1800 m^2 , la superficie lorda è stata posta pari a 2250 m^2 (di conseguenza, il volume lordo è risultato pari a 6886 m^3 e quello netto pari a 4680 m^3).

I dati dimensionali relativi alle superfici disperdenti sono stati inseriti rispettando quelli di progetto.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Le caratteristiche termofisiche dell'involucro² sono state inserite secondo i seguenti criteri:

- e) per le superfici opache sono stati impostati i valori di trasmittanza, corrispondenti a quelli definiti per gli edifici-tipo;
- f) per le superfici vetrate sono stati impostati i valori di trasmittanza e di guadagno solare come da edificio tipo, mentre il fattore correttivo dovuto al telaio è per default pari a 0,75 per gli edifici plurifamiliari e a 0,70 per quelli unifamiliari e per quelli ad uso uffici (valori non modificabili).

Ponti termici

Le dispersioni dovute ai ponti termici vengono calcolate come maggiorazione del 10% delle dispersioni per trasmissione attraverso gli elementi costruttivi di involucro.

Capacità termica

Il valore di capacità termica efficace dell'involucro, necessario per valutare il fattore di utilizzazione degli apporti termici, può essere calcolato nel dettaglio come indicato all'interno della norma

² Come descritto in precedenza, il riferimento utilizzato in Austria per controllare in via preliminare le prestazioni dell'involucro edilizio è il valore LEK, dipendente dalle trasmittanze e dal fattore di forma dell'involucro, che per gli edifici di nuova costruzione a destinazione d'uso residenziale deve risultare inferiore a 32, mentre per quelli con destinazione d'uso non residenziale deve risultare inferiore a 36. Entrambi gli edifici-tipo residenziali non risultano rispettare tale requisito, essendo caratterizzati da un LEK pari a 33,48 nel caso dell'edificio plurifamiliare e 38,44 nel caso di quello unifamiliare. L'edificio ad uso uffici, invece, risulta di poco rispettare tale requisiti, essendo caratterizzato da un LEK pari a 35,21.

Önorm 8110-3.

Le linee guida sulla certificazione consentono in alternativa di utilizzare un metodo semplificato, tramite il quale è possibile stimare la quantità di energia termica accumulabile dalla struttura in riferimento a valori tabellati, specifici in riferimento al volume lordo, sulla base della struttura considerata associata a quattro categorie:

3. agli edifici leggeri, con tutti gli elementi costruttivi (anche tramezzi e solai) di tipo leggero o provvisti di controsoffitto, viene attribuito il valore di $10 \text{ Wh/m}^3\text{K}$;
4. agli edifici di peso medio, provvisti di elementi leggeri, ma i cui elementi costruttivi interni (tramezzi e solai) siano di tipo massivo, viene attribuito il valore di $20 \text{ Wh/m}^3\text{K}$;
5. agli edifici massivi, costituiti da una maggioranza di elementi costruttivi massivi e privi di controsoffitto, viene attribuito un valore di $30 \text{ Wh/m}^3\text{K}$;
6. agli edifici molto massivi, costituiti da elementi costruttivi molto massivi (valido per edifici storici), viene attribuito un valore di $60 \text{ Wh/m}^3\text{K}$.

Per gli edifici-tipo del presente studio sono stati considerati:

- per l'edificio con stratigrafia massiva, il valore assegnato agli edifici molto massivi, pari a $60 \text{ Wh/m}^3\text{K}$;
- per l'edificio con stratigrafia standard, il valore assegnato agli edifici massivi, pari a $30 \text{ Wh/m}^3\text{K}$;
- per l'edificio con stratigrafia leggera, il valore assegnato agli edifici medi, pari a $20 \text{ Wh/m}^3\text{K}$.

Ricambi d'aria

Per quanto riguarda il volume di ricambio d'aria, il caso di ventilazione naturale negli edifici residenziali prevede l'attribuzione del requisito minimo igienico pari a $0,5 \text{ vol/h}$ invernali. Il foglio elettronico utilizzato per la stima del fabbisogno estivo prevede invece $1,0 \text{ vol/h}$ durante il giorno e $1,5 \text{ vol/h}$ nelle ore notturne (free-cooling).

Per gli edifici ad uso uffici, nel caso di ventilazione naturale si assegnano $1,2 \text{ vol/h}$ di ricambio d'aria per la stagione invernale e le ore diurne della stagione estiva, mentre per le ore notturne estive si assumono $1,5 \text{ vol/h}$ di ricambio allo scopo di preventivare una quota passiva di raffrescamento.

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

Gli apporti termici interni vengono determinati in base alla destinazione d'uso dell'edificio, come indicato nell'allegato K della guida OIB-300.2-039.

Per gli edifici residenziali viene considerato un valore medio, specifico in riferimento alla superficie utile di pavimento, pari a $3,75 \text{ W/m}^2$. Il foglio elettronico utilizzato per la stima del fabbisogno estivo prevede un carico termico doppio, pari dunque a $7,50 \text{ W/m}^2$. Queste sorgenti vengono assunte attive costantemente, senza interruzioni, sia nel calcolo invernale sia in quello estivo.

Anche per quanto riguarda gli edifici ad uso uffici il valore medio specifico viene assunto pari a $3,75 \text{ W/m}^2$ nella stima del fabbisogno invernale, e pari al doppio, ovvero $7,50 \text{ W/m}^2$, nella stima del fabbisogno estivo. Queste sorgenti, però, non sono assunte costanti, ma viene applicata loro profilo di funzionamento standard nazionale: per gli edifici ad uso uffici sono previste 12 ore giornaliere per 5 giorni alla settimana (pari a 269 giorni all'anno).

Temperature di setpoint

Le temperature di setpoint per la climatizzazione invernale ed estiva vengono determinate in base alla destinazione d'uso, come indicato nell'allegato K della guida OIB-300.2-039.

Per gli edifici residenziali si considerano temperature interne di riferimento costanti pari a 20°C per il riscaldamento invernale e 26°C per il raffrescamento estivo.

Per gli edifici ad uso uffici vengono assunte le stesse temperature interne di setpoint di 20°C invernali e 26°C estivi, ma per quanto riguarda il funzionamento degli impianti di climatizzazione viene applicata un profilo di funzionamento standard nazionale: per gli edifici ad uso uffici è previsto che gli impianti di climatizzazione siano attivi 14 ore giornaliere per 5 giorni alla settimana (pari a 269 giorni all'anno).

2.3.2 Risultati per gli edifici residenziali

I limiti di fabbisogno di energia termica invernale imposti dalle linee guida OIB-Richtlinie 6, non risultano ovviamente rispettati con nessuna delle ipotesi di tecnologia costruttiva d'involucro (causa il mancato rispetto dei valori di trasmittanza con quelli imposti in Austria secondo il valore LEK).

Secondo il clima standard, infatti, nel caso dell'edificio plurifamiliare, il limite relativo al solo fabbisogno di riscaldamento invernale è pari a 45,60 kWh/m²a e a 69,40 kWh/m²a per l'edificio plurifamiliare e per quello unifamiliare rispettivamente, mentre i fabbisogni calcolati per gli edifici-tipo residenziali considerati sono i seguenti:

edificio plurifamiliare

- stratigrafia massiva, 49,24 kWh/m²a;
- stratigrafia standard, 49,57 kWh/m²a;
- stratigrafia leggera, 49,98 kWh/m²a.

edificio unifamiliare

- stratigrafia massiva, 92,87 kWh/m²a;
- stratigrafia standard, 93,48 kWh/m²a;
- stratigrafia leggera, 131,77 kWh/m²a.

La procedura applicata considerando il clima locale ha dato i risultati riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	44.82	45.05	45.41
	Fabbisogno Ed. Unifam.	82.15	82.76	83.34

Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	18.91	31.00	35.88
	Fabbisogno Ed. Unifam.	11.94	19.56	25.23

Tabella 18: Risultati della procedura di certificazione austriaca per gli edifici residenziali.

Per quanto riguarda il fabbisogno energetico specifico invernale valgono le stesse considerazioni fatte per il caso italiano. Il fabbisogno energetico specifico estivo, invece, in questo caso attribuisce valori maggiori all'edificio-tipo plurifamiliare: evidentemente la prevista strategia di free-cooling notturno, comporta effetti maggiormente apprezzabili sull'edificio di piccole dimensioni poiché coinvolge una maggiore superficie di involucro interno (in rapporto al volume da condizionare). Per il medesimo motivo l'andamento decrescente dei valori di fabbisogno (all'aumentare della capacità termica degli involucri) risulta particolarmente accentuato per la fase estiva.

2.3.3 Risultati per l'edificio ad uso uffici

Il limite di fabbisogno di energia termica invernale imposto dalle linee guida OIB-Richtlinie 6 sulla base delle caratteristiche del clima standard risultano pari a 14,50 kWh/m³a, mentre i fabbisogni calcolati per l'edificio tipo ad uso uffici risultano pari a:

- stratigrafia massiva, 14,46 kWh/m³a;
- stratigrafia standard, 14,53 kWh/m³a;
- stratigrafia leggera, 14,64 kWh/m³a.

Soltanto attraverso l'utilizzo della tecnologia costruttiva massiva è stato possibile rispettare il limite imposto, nonostante l'edificio rispetti le caratteristiche limite di trasmittanza d'involucro espressi dal valore LEK.

La procedura applicata considerando il clima locale ha dato i risultati riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	37.89	38.56	39.34
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	25.75	39.77	44.17

Tabella 19: Risultati della procedura di certificazione austriaca per l'edificio ad uso uffici.

L'edificio-tipo ad uso uffici attesta valori di fabbisogno energetico decrescenti all'aumentare della capacità termica degli involucri, in inverno e, in particolar modo, in estate.

2.4 Francia

La valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici-tipo residenziale è stata svolta secondo procedura di certificazione francese utilizzando i fogli di calcolo messi a disposizione dal Ministère du Logement, in riferimento alla metodo semplificato 3CL-DPE.

Come già indicato nel paragrafo 1.4.2., non è ancora stato messo a disposizione un software ufficiale per il metodo di calcolo completo necessario per effettuare la certificazione degli edifici con destinazione d'uso non residenziale. Per questa ragione non è stata condotta la valutazione relativa all'edificio ad uso uffici, che sarà oggetto di approfondimento nella fase di implementazione successiva al presente studio.

2.4.1 Dati di input

Dati climatici

I dati climatici vengono automaticamente associati alla zona geografica in cui è localizzato l'edificio, e rappresentano una sintesi stagionale delle caratteristiche climatiche delle singole province francesi.

La provincia selezionata per localizzare gli edifici-tipo residenziali dello studio è Deux Sèvres, che ha come capoluogo Niort (latitudine 46°19' N), i cui gradi giorno invernali calcolati su base 18°C dall'ADEME corrispondono a 2330.

La procedura di calcolo semplificata assume, per la provincia selezionata, i valori stagionali standardizzati desumibili dalla tabella che segue.

Altitudine [m]	Zona climatica invernale	Periodo di riscaldamento [h]	Gradi ora [°C/h]	Text di base [°C]	Irradiazione globale [W/m ²]	Soleggiamento stagionale [kWh/m ²]	Zona climatica estiva
≤ 400	H2b	5300	56000	-7	85	451	Eb

Tabella 20: Dati climatici stagionali di riferimento per la provincia di Deux Sèvres, secondo il documento 3CL-DPE.

Caratteristiche geometriche

I fogli di calcolo relativi alla metodologia affrontata sono estremamente semplificati: prevedono l'inserimento del dato globale di estensione delle superfici disperdenti e l'attribuzione di un valore di altezza media di interpiano per il calcolo della volumetria edilizia. In particolare bisogna sottolineare come la procedura non preveda di distinguere le facciate dell'edificio secondo la diversa esposizione, neppure per quanto riguarda le superfici vetrate.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Le caratteristiche di trasmittanza delle diverse superfici d'involucro possono essere inserite dettagliatamente, coincidenti quindi con quanto definito per gli edifici-tipo.

Per quanto riguarda le superfici finestrate è previsto il solo inserimento della trasmittanza del vetro,

a cui va associata la tipologia di telaio, selezionata tra quelle disponibili come “metallica con taglio termico”: secondo tali impostazioni la trasmittanza totale delle finestre è risultata pari a $1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$, leggermente differente dunque rispetto al valore $K=1,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ definito per gli edifici tipo in fase preliminare.

Ponti termici

I ponti termici vengono calcolati secondo un valore correttivo di default delle dispersioni non dichiarato.

Capacità termica dell'involucro

Il valore di capacità termica dell'involucro non viene considerato quale dato di imputazione all'interno della procedura semplificata.

In realtà la formula per il calcolo dei guadagni gratuiti contemplata dalla procedura consentirebbe di distinguere gli edifici ad inerzia termica bassa e media da quelli ad alta inerzia termica, grazie alla variazione di un esponente. Tale specifica non è prevista foglio di calcolo fornito dal Ministère du Logement e, di conseguenza, la certificazione edilizia si risolve in termini del tutto cautelativi dal punto di vista del fabbisogno energetico (prestazioni termiche attribuite ipotizzando, in qualunque caso, l'edificio come leggero).

Ricambi d'aria

Secondo il metodo francese recepito per il presente studio il valore della portata di rinnovo viene determinato sulla base della prevista modalità di ventilazione degli ambienti: per la ventilazione naturale il valore di riferimento è pari a $2,6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, corrispondenti a $0,96 \text{ vol/h}$ di ricambio.

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

Gli apporti termici interni sono attribuiti sulla base di valori di default non dichiarati. Sommati a quelli solari, che dipendono esclusivamente dalla zona climatica in cui è localizzato l'edificio da certificare, danno luogo al dato complessivo di apporti gratuiti che viene utilizzato dal foglio elettronico al fine di calcolare il fattore COMPL (cfr. descrizione procedura francese).

2.4.2 Risultati per gli edifici residenziali

Sulla base dei dati di input sopra descritti, i risultati della procedura applicata agli edifici-tipo residenziali del presente studio ovviamente non mostrano alcuna differenza tra le diverse tecnologie costruttive proposte, poiché nella semplificazione ministeriale non viene considerata alcuna variabile caratterizzante la capacità termica dell'involucro edilizio.

		Tutte le stratigrafie
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	46,78
	Fabbisogno Ed. Unifam.	92,45

Tabella 21: Risultati della procedura di certificazione francese.

Per quanto riguarda il fabbisogno energetico specifico invernale valgono le stesse considerazioni fatte per i precedenti casi.

2.5 Germania

Nonostante la legislazione attualmente in vigore (EnEV 2007) preveda per gli edifici residenziali una procedura semplificata sulla base della norma DIN EN 832, nel presente studio si è deciso di anticipare i contenuti della legge EnEV 2009, di prossima promulgazione, applicando anche agli edifici residenziali l'utilizzo della procedura descritta nella DIN V 18599. Secondo tale approccio, di conseguenza, è stata inoltre considerata la valutazione del fabbisogno energetico durante il periodo estivo. Per applicare la procedura agli edifici-tipo è stato dunque utilizzato un apposito foglio elettronico prodotto dal Fraunhofer Institut für Bauphysik e liberamente scaricabile da internet. Lo strumento, realizzato in origine per applicare la procedura agli edifici del terziario, presenta una discreta flessibilità dunque permette anche l'inserimento di valori parametrici caratterizzanti le destinazioni d'uso residenziali.

2.5.1 Dati di input

Dati climatici

La procedura tedesca non prevede l'utilizzo di valori climatici tipici di diverse località, ma si risolve facendo riferimento ad una località rappresentativa per l'intero paese. Tale località "nazionale" corrisponde alla città di Würzburg, i cui dati medi mensili e di progetto sono descritti all'interno della norma DIN V 18599-10 e riassunti nella tabella che segue.

	Radiazione solare media giornaliera [kWh/m ²]							T _{media} della aria esterna [°C]
	Orizz.	Sud	S-E/S-W	Est	Ovest	N-W/N-E	Nord	
Gennaio	33	56	44	25	25	14	14	-1,3
Febbraio	52	61	52	37	37	25	23	0,6
Marzo	82	80	70	53	53	38	34	4,1
Aprile	190	137	140	125	125	89	64	9,5
Maggio	211	119	132	131	131	105	81	12,9
Giugno	256	130	146	150	150	124	99	15,7
Luglio	255	135	153	156	156	128	100	18,0
Agosto	179	112	120	115	115	90	70	18,3
Settembre	135	115	109	90	90	62	48	14,4
Ottobre	75	81	69	51	51	35	33	9,1
Novembre	39	54	44	28	28	18	18	4,7
Dicembre	22	33	26	15	15	10	10	1,3

Tabella 22: Dati climatici relativi al clima di riferimento nazionale tedesco, secondo la DIN V 18599-10.

Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche geometriche degli edifici-tipo sono state dettagliatamente inserite all'interno del

foglio elettronico, senza limitazioni o approssimazioni, dunque corrispondenti ai valori definiti in fase preliminare.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Come dati di input riferiti all'involucro opaco sono stati inseriti i valori di trasmittanza relativi alle singole stratigrafie ed i coefficienti di assorbimento della radiazione solare relativi alle finiture superficiali esterne (rispettando i valori definiti per gli edifici-tipo in fase preliminare). Per quanto riguarda il solaio rivolto verso i locali non riscaldati, oltre al valore di trasmittanza del pacchetto edilizio, è stato specificato un valore correttivo della temperatura esterna pari a 0,5 (Tabella 3 della norma DIN V 18599-2).

Per quanto riguarda le superfici vetrate sono stati impostati, coerentemente con i dati assunti in fase preliminare, i valori di trasmittanza, il fattore di riduzione per il telaio, il fattore di guadagno solare del vetro.

Ponti termici

Le dispersioni dovute alla presenza di ponti termici possono essere considerate come maggiorazione della trasmittanza delle superfici di involucro (valori corrispondenti tabellati nella norma DIN V 18599-2). Per gli edifici-tipo del presente studio le trasmittanze di involucro sono state maggiorate di $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$, valore di riferimento per le strutture di cui non si abbiano informazioni dettagliate relative alle discontinuità strutturali dell'involucro disperdente.

Capacità termica dell'involucro

Il valore di capacità termica efficace dell'involucro, necessario per valutare il fattore di utilizzazione degli apporti termici, può essere calcolato nel dettaglio seguendo le indicazioni della norma DIN EN ISO 13786.

Con approccio semplificato, diversamente, il paragrafo 6.7.1. della norma DIN V 18599-2 indica valori stimati di capacità termica, riferiti alla superficie utile di pavimento, distinti per le seguenti categorie edilizie:

- per edifici realizzati con tecnologie “leggere”, è definito un valore di capacità termica specifica pari a $50 \text{ Wh/m}^2\text{K}$;
- per edifici realizzati con tecnologie “medie”, ovvero edifici privi di isolamento rivolto verso l'interno dei locali, privi di controsoffitto e con volumetrie standard (senza doppie altezze), se la densità delle strutture è pari o superiore a 600 kg/m^3 , viene attribuito un valore di capacità termica specifica pari a $90 \text{ Wh/m}^2\text{K}$;
- per edifici realizzati con tecnologie “pesanti”, ovvero edifici analoghi a quelli descritti nel precedente punto ma aventi densità delle strutture pari o superiore a 1000 kg/m^3 , è da considerarsi un valore di capacità termica specifica pari a $130 \text{ Wh/m}^2\text{K}$.

Nel caso degli edifici-tipo in analisi, dunque, sono stati considerati:

- per la stratigrafia massiva, le cui strutture hanno una densità media di $1198,68 \text{ kg/m}^3$ nel caso dell'edificio residenziale plurifamiliare, $1151,15 \text{ kg/m}^3$ nel caso di quello residenziale unifamiliare e $1239,04 \text{ kg/m}^3$ nel caso di quello ad uso uffici, il valore $130 \text{ Wh/m}^2\text{K}$;
- per la stratigrafia standard, le cui strutture hanno una densità media di $674,50 \text{ kg/m}^3$ nel caso dell'edificio residenziale plurifamiliare, $647,03 \text{ kg/m}^3$ nel caso di quello residenziale

- unifamiliare e $875,83 \text{ kg/m}^3$ nel caso di quello ad uso uffici, il valore $90 \text{ Wh/m}^2\text{K}$;
- per la stratigrafia leggera, che presenta isolante rivolto verso l'interno degli ambienti, il valore minimo $50 \text{ Wh/m}^2\text{K}$.

E' da porre in evidenza che, nel caso dell'edificio unifamiliare, i diversi valori di capacità termica assegnati alle stratigrafie standard e leggera non vengono tradotti dalla procedura di calcolo in valori differenziati di fattore di utilizzazione.

Questo è dovuto al fatto che il valore di capacità termica di riferimento per le strutture dipende dalla superficie utile di pavimento, dunque per bassi valori di capacità termica, nel caso di edifici di piccole dimensioni, non determina differenze apprezzabili.

Ricambi d'aria

I ricambi d'aria da associare agli edifici di tipo residenziale con ventilazione naturale (secondo la Tabella 3 nella norma DIN V 18599-10) corrispondono a 0.50 vol/h .

Poiché i campi del foglio elettronico utilizzato sono in realtà predisposti al recepimento di dati caratterizzanti gli edifici del terziario (per i ricambi d'aria di rinnovo è previsto l'inserimento di un valore di portata oraria per unità di superficie di pavimento), il requisito residenziale è stato tradotto in una portata d'aria di rinnovo corrispondente a $1.35 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Per quanto riguarda gli edifici ad uso uffici la portata minima d'aria di rinnovo nel caso di ventilazione naturale è assunta pari a $6,00 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, nel caso in cui si tratti di uffici open-plan.

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

Gli apporti termici interni attribuiti agli edifici residenziali, secondo la Tabella 3 nella norma DIN V 18599-10, corrispondono a $100 \text{ Wh/m}^2\text{g}$ per gli edifici plurifamiliari e a $50 \text{ Wh/m}^2\text{g}$ per quelli unifamiliari (che risultano dimezzati).

In realtà il foglio elettronico, basandosi sul modello di calcolo riferito agli edifici a destinazioni d'uso non residenziali, richiede valori distinti per carichi termici dovuti alla presenza di persone e apporti di calore dovuti alle apparecchiature. A tale scopo i valori globali attribuiti alla destinazione residenziale sono stati equamente suddivisi nelle due componenti.

Per gli edifici ad uso terziario gli apporti termici dovuti alle sorgenti interne di calore sono suddivisi tra le componenti:

- persone e apparecchiature;
- illuminazione elettrica.

Per quanto riguarda gli apporti dovuti alla presenza di persone ed apparecchiature, la norma DIN V 18599-10 riporta tre valori standard per i carichi giornalieri specifici, distinti per bassi, medi e bassi. Assumendo i valori medi per gli edifici adibiti ad uffici open-plan, si considerano $102 \text{ Wh/m}^2\text{g}$ calcolati per il numero totale di giorni annuali di utilizzo dell'edificio, anch'essi esplicitati all'interno della succitata norma, pari a 250.

Per quanto riguarda gli apporti dovuti all'illuminazione elettrica, invece, essi vengono calcolati sulla base dell'impianto installato, che calcola consumi e carichi termici correlati a partire dal livello di illuminamento medio richiesto dalla destinazione d'uso dell'edificio, dal tipo di lampade

installate e dall'ingresso di luce naturale all'interno dell'edificio sulla base delle sue caratteristiche costruttive.

Temperature di setpoint

Le temperature di setpoint per la climatizzazione invernale ed estiva vengono determinate in base alla destinazione d'uso, come indicato nella norma DIN V 18599-10.

Per gli edifici residenziali si considerano temperature interne di riferimento costanti pari a 20°C per il riscaldamento invernale e 26°C per il raffrescamento estivo.

Per gli edifici ad uso uffici, invece, vengono assunte le temperature interne di setpoint di 21°C invernali e 24°C estivi. Anche per quanto riguarda il funzionamento degli impianti di climatizzazione, però, viene applicata un profilo di funzionamento standard nazionale: per gli edifici ad uso uffici è previsto che gli impianti di climatizzazione siano attivi dalle 5:00 alle 18:00 (13 ore) per 250 giorni all'anno. Per le ore notturne e i periodi in cui l'edificio non è utilizzato, è previsto il calcolo di una temperatura di setback, che può differire dalla temperatura a regime di un massimo di 4°C e che viene calcolata sulla base della costante di tempo di risposta dell'edificio, dipendente dalla capacità termica delle strutture.

2.5.2 Risultati per gli edifici residenziali

Sulla base dei valori di input sopra considerati, l'applicazione della procedura ha dato i risultati riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	58,00	58,80	60,10
	Fabbisogno Ed. Unifam.	111,60	112,40	112,40
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	8,20	9,40	11,00
	Fabbisogno Ed. Unifam.	3,40	4,40	4,40

Tabella 23: Risultati della procedura di certificazione tedesca per gli edifici residenziali.

Il fabbisogno energetico specifico invernale è ovviamente maggiore per l'edificio unifamiliare (maggiore superficie disperdente in rapporto al volume riscaldato).

Nell'edificio unifamiliare invece il valore di fabbisogno specifico di raffrescamento si rivela inferiore: tale differenza è prevalentemente riconducibile ai minori carichi interni che, rispettando il requisito descritto in precedenza, sono considerati dimezzati nel caso di edificio unifamiliare.

Entrambi gli edifici-tipo residenziali attestano valori con andamento decrescente all'aumentare della capacità termica degli involucri, in inverno e, in particolar modo, d'estate.

Tra soluzione standard e soluzione leggera l'edificio unifamiliare in realtà non attesta differenze di fabbisogno, poiché il valore di capacità termica di riferimento per le strutture, secondo la procedura

tedesca, è assegnato in funzione della superficie utile di pavimento (è stato verificato che, per questo motivo, differenze non significative tra i valori di capacità termica, nel caso di edifici di piccole dimensioni, non comportano variazioni sui rispettivi fattori di utilizzazione).

2.5.3 Risultati per l'edificio ad uso uffici

Sulla base dei valori di input sopra considerati, l'applicazione della procedura ha dato i risultati riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	56.68	58.43	58.10
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	29.96	32.22	32.23

Tabella 45: Risultati della procedura di certificazione tedesca per l'edificio ad uso uffici.

Tra soluzione standard e soluzione leggera l'edificio ad uso uffici attesta differenze di fabbisogno minime che, nel caso del riscaldamento invernale, rivelano un fabbisogno lievemente inferiore nel caso della tecnologia leggera. La causa è probabilmente da ricercarsi nella determinazione della temperatura di setback invernale, che è calcolata in funzione della capacità termica dell'edificio, di cui però non è dato modo all'utente di verificarne l'andamento.

2.6 Inghilterra

Per applicare la procedura di certificazione britannica agli edifici-tipo residenziali si è proceduto utilizzando un foglio elettronico basato sul documento SAP2005 di recente pubblicazione (2008).

La valutazione dell'edificio ad uso uffici è stata invece effettuata attraverso il software iSBEM, pubblicato dal Dipartimento per le Comunità e il Governo Locale britannico in applicazione del *Simplified Building Energy Model* per l'analisi dei consumi negli edifici non residenziali.

2.6.1 Dati di input per gli edifici residenziali

Dati climatici

Il calcolo del fabbisogno energetico viene effettuato a partire da un clima standard valido per l'intero paese (caratterizzato da un valore di gradi giorno invernali pari a 3210, calcolati su base 20°C), con valori stagionali di radiazione solare distinti per i diversi orientamenti.

	Radiazione solare stagionale [W/m ²]						
	Orizz.	Sud	S-E/S-W	Est	Ovest	N-W/N-E	Nord
Invernale	75	72	64	64	48	34	29
Estiva	187	107	112	112	109	89	75

Tabella 24: Dati di radiazione solare relativi al clima di riferimento nazionale inglese, secondo SAP2005.

La procedura di calcolo invernale muove dalla stima di una temperatura-base di riferimento (desunta in funzione della destinazione d'uso dell'edificio, del tipo di terminali di emissione del calore previsti e sulla base del rapporto tra i guadagni termici gratuiti e il coefficiente di dispersione termica globale dell'involucro) che viene utilizzata per definire i Gradi Giorno caratterizzanti l'edificio in esame al fine di calcolare il fabbisogno energetico.

L'applicazione della procedura sopra descritta ha comportato l'assegnazione di un valore pari a 2190 GG per l'edificio plurifamiliare ($t_{base} = 15.76^{\circ}\text{C}$) e di un valore pari a 2368 GG per quello unifamiliare ($t_{base} = 16.49^{\circ}\text{C}$).

La verifica della prestazione estiva (probabilità che si manifesti una temperatura interna elevata) avviene assegnando il valore medio della temperatura esterna stagionale, in base alla zona climatica di appartenenza: per effettuare la valutazione nel nostro caso si è fatto riferimento alla zona più "calda" (valle del Tamigi, temperatura media pari a 17°C).

Caratteristiche geometriche

E' stato possibile inserire le caratteristiche geometriche degli edifici-tipo residenziali nel foglio elettronico in totale rispondenza alle assunzioni definite in fase di progetto (è richiesto l'inserimento delle superfici disperdenti nette).

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Anche le caratteristiche termofisiche dell'involucro sono state inserite in ottemperanza ai valori definiti per gli edificio-tipo:

- trasmittanza delle strutture opache;
- trasmittanza, fattore di guadagno solare e fattore correttivo dovuto al telaio per le strutture trasparenti.

Ponti termici

Le dispersioni dovute ai ponti termici possono essere dettagliatamente calcolate grazie ai coefficienti di trasmissione lineare corrispondenti ai diversi tipi di giunto, oppure, per approssimazione, è possibile considerare una maggiorazione percentuale delle superfici disperdenti: 0,08 se l'edificio rispetta le raccomandazioni normative relative ai dettagli costruttivi, 0,15 in caso contrario. Per gli edifici residenziali in oggetto di studio, non essendo state definite le diverse tipologie di giunto, si è assunto il valore maggiorativo 0,15.

Capacità termica dell'involucro

La valutazione della capacità termica dell'involucro non è contemplata dalla procedura di certificazione, ma rientra nella valutazione delle condizioni di temperatura interna all'edificio durante la stagione estiva (metodo dell'ammettenza) ai fini di diagnosticare la possibilità di surriscaldamento interno.

Volendo effettuare un calcolo dettagliato, la Tabella P8 dà valori di ammettenza, espressi in $\text{W/m}^2\text{K}$, per diversi pacchetti costruttivi di riferimento: la media pesata sulla superficie utile di pavimento dei prodotti delle ammettenze dei pacchetti edilizi per le relative superfici dà luogo ad un "parametro di massa termica" specifico (dimensionato in $\text{W/m}^2\text{K}$).

Il calcolo può essere effettuato anche in modo semplificato, individuando gli elementi costruttivi "leggeri", "medi" e "pesanti" all'interno di un'apposita tabella che consente di risalire direttamente al "parametro massa termica" corrispondente.

Per le nostre valutazioni sono stati desunti dalla citata tabella i seguenti parametri di massa termica:

1. per la stratigrafia massiva, corrispondente a strutture medie per solai e tramezzi, e pesanti per le pareti perimetrali, un valore di $10 \text{ W/m}^2\text{K}$;
2. per la stratigrafia massiva, corrispondente a strutture medie per solai e tramezzi, e pesanti per le pareti perimetrali, un valore di $8 \text{ W/m}^2\text{K}$;
3. per la stratigrafia leggera, corrispondente a strutture medie per solai e tramezzi, e leggere per le pareti perimetrali, un valore di $7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ricambi d'aria

Il valore dei ricambi d'aria invernali viene calcolato sommando al valore 0,5 vol/h (ventilazione naturale) il contributo dato dalle infiltrazioni d'aria dipendenti dalla tipologia delle strutture costruttive e dall'eventuale presenza di elementi tecnologici che comportino ulteriore introduzione di aria esterna (quali, ad esempio, canne fumarie).

Durante i mesi estivi, per la valutazione della temperatura interna, viene considerato un valore di ricambio d'aria definito in base alle previste strategie di ventilazione trasversale (ventilazione

incrociata) o verticale (effetto camino), e in funzione di un valore rappresentativo della strategia di apertura delle finestre: per i casi affrontati nel presente studio è stato considerato il valore 0,8 vol/h, associato alla condizione di finestre socchiuse con ventilazione trasversale.

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

Gli apporti termici interni, dovuti ad illuminazione, apparecchiature e presenza di persone, vengono attribuiti in riferimento a valori di letteratura, riportati nella Tabella 5 della procedura SAP2005, per superficie utile di pavimento della singola unità immobiliare.

Le assunzioni caratterizzanti gli edifici-tipo residenziali del presente studio hanno rivelato un valore di apporto interno pari a 3,53 W/m².

2.6.2 Dati di input per l'edificio ad uso uffici

Il software iSBEM per la valutazione dei consumi degli edifici non residenziali si basa sull'utilizzo di diversi database riguardo i dati di input utilizzati nel calcolo. Alcuni di essi sono accessibili all'utenza, mentre altri sono bloccati e non ne è consentita né la visualizzazione né, ovviamente, la modifica.

Dati climatici

I dati climatici fanno parte della categoria di dati celati all'utenza: la fonte da cui sono stati desunti i valori medi mensili di riferimento per il calcolo sono i Test Reference Years ufficiali pubblicati dal CIBSE nel 2006 per le principali città britanniche. All'utenza è data la possibilità di scegliere la località tra quelle disponibili più vicina alla posizione effettiva dell'edificio.

La località adottata per l'analisi dell'edificio ad uso uffici è Londra.

Caratteristiche geometriche

E' stato possibile inserire le caratteristiche geometriche dell'edificio-tipo ad uso uffici nel programma in totale rispondenza alle assunzioni definite in fase di progetto (è richiesto l'inserimento delle superfici disperdenti nette).

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Anche le caratteristiche termofisiche dell'involucro sono state inserite in ottemperanza ai valori definiti per l'edificio-tipo ad uso uffici:

- trasmittanza delle strutture opache;
- trasmittanza, fattore di guadagno solare e fattore correttivo dovuto al telaio per le strutture trasparenti.

Ponti termici

Le dispersioni dovute ai ponti termici vengono dettagliatamente calcolate grazie ai coefficienti di trasmissione lineare corrispondenti ai diversi tipi di giunto determinati in accordo al metodo BRE IP

1/06.

Capacità termica dell'involucro

La valutazione della capacità termica dell'involucro viene effettuata singolarmente per le singole componenti costruttive, attraverso il valore di capacità termica efficace.

Essa deve essere calcolata come capacità termica totale degli strati che costituiscono l'elemento, da quello rivolto verso l'interno degli ambienti fino a quello dei seguenti casi che comporta lo spessore inferiore:

- 10 cm di spessore;
- il primo strato di isolente;
- la metà dell'elemento tecnologico.

Per gli elementi costruttivi d'involucro dell'edificio-tipo ad uso uffici sono stati calcolati i seguenti valori di capacità termica efficace:

Elemento costruttivo	Capacità termica efficace [kJ/m ² K]
Parete perimetrale massiva	153
Parete perimetrale standard	82
Parete perimetrale leggera	24
Copertura	68
Solaio verso i box	110

Tabella 25: valori di capacità termica efficace per gli elementi tecnologici d'involucro.

Dati relativi alla destinazione d'uso dell'edificio

Tutti i dati relativi alla destinazione d'uso dell'edificio, considerati sia nel valore di riferimento sia nel profilo orario di applicazione, fanno parte dei dati inaccessibili all'utenza.

I principali dati che fanno parte di questa categoria sono:

- la densità di occupazione e gli apporti termici correlati;
- le temperature di setpoint e setback per il riscaldamento e il raffrescamento;
- gli standard di illuminazione artificiale;
- i requisiti di ventilazione per mantenere le condizioni minime di qualità dell'aria interna;
- gli apporti termici dovuti alle apparecchiature interne;
- i requisiti di umidità dell'aria;
- i requisiti di acqua calda sanitaria.

Per ottenere una valutazione dei consumi è necessario scegliere la destinazione d'uso desiderata, cui sono associati tutti i valori citati, e nel caso dell'edificio-tipo ad uso uffici è stata scelta la definizione di "ufficio open-plan".

2.6.3 Risultati per gli edifici residenziali

Sulla base dei valori di input descritti si sono ottenuti i risultati riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	80,77
	Fabbisogno Ed. Unifam.	116,93

Tabella 26: Risultati della procedura di certificazione inglese per gli edifici residenziali.

E' stata inoltre valutata la temperatura interna raggiunta durante la stagione estiva, che per l'edificio plurifamiliare ha portato ad individuare una soglia media di temperatura per tutte le stratigrafie pari a 20,76°C nell'edificio massivo, pari a 21,16°C nell'edificio standard e corrispondente a 21,36°C nell'edificio leggero. Ognuna di queste temperature, secondo la Tabella P3, corrisponde ad una leggera tendenza al surriscaldamento durante la stagione calda.

Diversamente, per l'edificio unifamiliare la verifica delle temperature interne estive ha portato ad individuare una soglia di temperatura pari a 20,08°C nell'edificio massivo e 20,48°C in quello standard, che, secondo la Tabella P3, determina l'assenza di rischio di surriscaldamento estivo; nell'edificio leggero, invece, la diagnosi ha prodotto un valore di temperatura pari a 20,68°C, che corrisponde ad una leggera tendenza al surriscaldamento durante la stagione calda.

Secondo tale approccio, dunque, in condizioni climatiche estive i diversi involucri edilizi non comportano differenze apprezzabili, ad eccezione dell'involucro leggero associato all'edificio unifamiliare che penalizza le prestazioni termiche. L'elevato rapporto S/V dell'edificio di piccole dimensioni, infatti, implica un maggior contributo dato dall'effetto prestazionale dell'involucro sul carico termico complessivo del sistema edilizio.

2.6.4 Risultati per l'edificio ad uso uffici

Sulla base dei valori di input descritti si sono ottenuti i risultati riportati nella tabella che segue.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	31.64	27.17	24.89
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	86.56	90.44	94.17

Tabella 27: Risultati della procedura di certificazione inglese per l'edificio ad uso uffici.

Va notato come, pur basando i suoi calcoli sulla stessa norma EN 13790 utilizzata dalla gran parte delle altre procedure europee, i risultati della procedura SBEM mostrino un andamento del fabbisogno di riscaldamento al variare della capacità termica dell'edificio inverso rispetto ai risultati ottenuti per gli altri paesi presi in esame: come rilevato per alcuni dei dati di input utilizzati per il calcolo, anche i risultati intermedi non vengono mostrati dal software, non consentendo di approfondire i motivi di questa incongruenza. Il fabbisogno di raffrescamento in tutti i casi, coerentemente con la destinazione edilizia caratterizzata da carichi termici elevati, è decisamente superiore a quello invernale.

2.7 Portogallo

L'applicazione della procedura di certificazione portoghese ha reso necessario l'utilizzo di due strumenti diversi per le due tipologie di edifici, residenziale e terziario. I fabbisogni relativi agli edifici residenziali sono stati calcolati tramite un foglio di calcolo distribuito dall'Università di Coimbra, che contempla le indicazioni del Decreto Lei n°80/2006 per il calcolo del comportamento energetico degli edifici residenziali (RCCTE) e del Despacho n° 10250/2008, riferito alle classi di certificazione energetica. Per la simulazione dell'edificio per uffici, invece, si è proceduto alla definizione di un modello utilizzando lo strumento spagnolo (Calener GT, cfr. caso spagnolo), ritenuto assimilabile, in prima analisi, ai software certificati ASHRAE 140-2004, come indicato nella procedura RSECE (*D.L. n°79/2006*), poiché si avvale del codice di calcolo DOE-2. Secondo tale approccio è stato inoltre possibile avere riscontro degli effetti dovuti all'adozione di diversi schedule orari di funzionamento del sistema edilizio (secondo la banca dati del software per il caso spagnolo e secondo le prescrizioni più avanti riportate per il caso portoghese).

2.7.1 Dati di input per gli edifici residenziali

Dati climatici

La procedura RCCTE individua alcuni parametri climatici standard, che fanno riferimento alle zone climatiche in cui è suddiviso il paese. La legge individua infatti tre zone climatiche estive e tre invernali e, per ogni località nazionale, esplicita la zona di appartenenza, i gradi giorno invernali, i mesi di attivazione dell'impianto di riscaldamento, la temperatura esterna di progetto estiva e l'escursione termica media (*DL. 80/2006, Quadro III.1, pag. 2478*). Tali indicazioni vengono ulteriormente dettagliate in base all'altimetria e la distanza dalla costa di ogni località (dati che possono essere inseriti direttamente nel foglio di calcolo). Una condizione climatica a parte è prevista per quanto riguarda le regioni autonome di Madera e delle Azzorre.

Sulla base dell'azzoneamento climatico, il Quadro III.9 definisce i valori di radiazione solare e di temperatura dell'aria media riferiti alla stagione estiva.

La località presa come riferimento per il presente studio è Tabuaço, a cui corrispondono i seguenti dati:

- d) Zona climatica invernale: I3
- e) Numero di gradi giorno: 2460
- f) Durata del periodo di riscaldamento: 6,3 mesi
- g) Radiazione solare media incidente in inverno su una superficie verticale orientata a sud: 90 kW/m² mese
- h) Zona climatica estiva: V3-N
- i) Temperatura media esterna riferita al periodo estivo: 22°C
- j) Intensità di radiazione solare stagionale estiva: valori riportati nella tabella che segue

	Radiazione solare estiva [kWh/m ²]					
	Nord	N-E/N-O	Est	Ovest	S-E/S-O	Sud
Superfici verticali	200	320	450	450	460	400
Superfici Orizzontali	800					

Tabella 28: Dati di radiazione solare stagionale estiva relativi alla località di riferimento secondo il Quadro III.9, DL 80/2006.

Caratteristiche geometriche

Il foglio di calcolo adottato permette l'inserimento dettagliato di tutte le caratteristiche geometriche degli edifici in esame. Per il calcolo delle dispersioni sono state considerate le superfici nette.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Le caratteristiche termofisiche dell'involucro degli edifici-tipo sono state inserite in conformità con i dati definiti in fase di progetto. Le strutture trasparenti sono caratterizzate da trasmittanza, fattore di guadagno solare e fattori correttivi dovuti al telaio, suddivise per orientamento. Le superfici opache sono descritte dai valori di massa superficiale efficace di ogni elemento e dai valori di trasmittanza.

La normativa relativa al calcolo degli edifici residenziali prevede la possibilità di inserire un valore di trasmittanza differenziato in funzione dei valori di resistenza termica superficiale interna riferiti alla stagione estiva e invernale, come da Quadro VII.1, pag. 2507. Nel calcolo è stato dunque considerato un unico dato di trasmittanza per le pareti dell'involucro, ma sono stati differenziati i valori per quanto riguarda il calcolo dello strato di copertura: il valore della trasmittanza estivo (flusso di calore discendente) risulta differente da quello invernale (flusso ascendente).

Ponti termici

Le dispersioni dovute ai punti termici sono stati calcolati, come tabulato da normativa (Tab. IV.3, pagg 2494-2498), sulla base dei valori dei coefficienti di trasmissione lineare, che dipendono dal tipo di giunto di involucro verticale e di innesto di soletta orizzontale e dalla posizione dell'isolante nelle relative stratigrafie.

Capacità termica

Nella valutazione del comportamento termico dell'involucro non è considerata dettagliatamente la capacità termica, perché la procedura tiene conto di valori di inerzia termica degli elementi sulla base di tre classi di edifici: leggeri ($It < 150 \text{ kg/m}^2$), medi ($150 \leq It \leq 400 \text{ kg/m}^2$) ed pesanti ($It > 400 \text{ kg/m}^2$). L'inerzia termica è calcolata dunque in base alla massa superficiale utile di ogni elemento, valutata come la massa relativa agli strati di materiale interni all'edificio fino all'isolante, con valori massimi di riferimento pari a 150 kg/m^2 per quanto riguarda gli elementi di involucro e pari a 300 kg/m^2 per i valori delle partizioni interne e dei solai intermedi. Dai calcoli effettuati si è osservato che il contributo delle partizioni interne costituisce circa il 20% del valore complessivo dell'inerzia termica dell'edificio.

	Pareti esterne		Solaio di copertura		Solaio a contatto con il box		Solai intermedi		Partizioni interne		I_t [kg/m ²]	Classe di I_t
	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]		
Str. massiva	534	150	360	150	360	124	720	283	972	90	435	Alta
Str. standard	534	95	360	150	360	124	720	283	972	90	408	Alta
Str. leggera	534	23	360	150	360	124	720	283	972	90	373	Media

Tabella 29: Determinazione della classe di inerzia termica dell'involucro per l'edificio plurifamiliare.

	Pareti esterne		Solaio di copertura		Solaio a contatto con il box		Partizioni interne		I_t [kg/m ²]	Classe di I_t
	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]	Area [m ²]	Msi [kg/m ²]		
Str. massiva	116	150	150	150	150	124	135	90	471	Alta
Str. standard	116	95	150	150	150	124	135	90	428	Alta
Str. leggera	116	23	150	150	150	124	135	90	373	Media

Tabella 30: Determinazione della classe di inerzia termica dell'involucro per l'edificio unifamiliare.

Ricambi d'aria

Per quanto riguarda i ricambi d'aria, la normativa richiede il rispetto della norma NP 1037-1, che prescrive un valore di 0,6 vol/h per la ventilazione naturale. Tale valore è stato assunto per gli edifici-tipo residenziali in esame.

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

Gli apporti termici interni sono calcolati sulla base di valori medi specifici (per superficie utile di pavimento) indicati dalla normativa per gli edifici residenziali differenziati in base alla destinazione d'uso dei locali e alla posizione geografica dell'edificio (che determina la durata del periodo di riscaldamento). Per un edificio residenziale è previsto un apporto termico medio di 4 W/m².

2.7.2 Dati di input per gli edifici ad uso uffici

Dati climatici

Per la simulazione dinamica dell'edificio ad uso uffici è stata utilizzata la città di Bragança. Il

cambio di località rispetto al calcolo degli edifici residenziali è stato necessario a causa della irreperibilità del file climatico orario della località di Tabuaço nel formato compatibile con il software CALENER GT spagnolo.

Si riportano a seguire i dati climatici di Bragança.

- a) Zona climatica invernale: I3
- b) Numero di gradi giorno: 2850
- c) Durata del periodo di riscaldamento: 8 mesi
- d) Radiazione solare media incidente in inverno su una superficie verticale orientata a sud: 90 kW/m² mese
- e) Zona climatica estiva: V2-N
- f) Temperatura media esterna riferita al periodo estivo: 19°C
- g) Intensità di radiazione solare stagionale estiva: valori riportati nella tabella che segue

	Radiazione solare estiva [kWh/m ²]					
	Nord	N-E/N-O	Est	Ovest	S-E/S-O	Sud
Superfici verticali	200	320	450	450	470	420
Superfici Orizzontali	790					

Tabella 31: Dati di radiazione solare stagionale estiva relativi alla località di riferimento secondo il Quadro III.9, DL 80/2006.

Caratteristiche geometriche

Il programma permette l'inserimento coerente della geometria dell'edificio.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

Le caratteristiche termofisiche dell'involucro degli edifici-tipo sono state inserite in conformità con i dati definiti in fase di progetto. Per ogni stratigrafia delle strutture opache, sono state definite le proprietà di ogni strato, specificandone i valori di spessore, conducibilità, densità e calore specifico. Le superfici trasparenti sono state invece caratterizzate dal valore della trasmittanza termica e del fattore solare.

Ponti termici

Il programma non considera nel calcolo gli effetti dei ponti termici.

Capacità termica

Il calcolo del valore della capacità termica non è previsto esplicitamente, ma il software considera le proprietà dei materiali che compongono le stratigrafie per determinare l'effetto della massa sul bilancio energetico dinamico su base oraria.

Ricambi d'aria

La procedura RSECE specifica i valori di ricambi d'aria prescritti sulla base della tipologia di edificio (*Anexo VI, D.L. n°79/2006*). Per quanto riguarda i locali adibiti ad uffici i valori di riferimento ivi riportati sono pari a $30 \text{ m}^3/(\text{h occupante})$, che corrispondono a un valore di input di $0,74 \text{ vol/h}$.

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

La normativa portoghese riporta, per ogni destinazione d'uso degli edifici del terziario, i dati di picco relativi ai carichi termici interni dovuti all'occupazione e alle apparecchiature installate e i profili orari che li regolano (*Anexo XV, D.L. n°79/2006*). Tali valori e profili sono stati inseriti nel programma di simulazione per il calcolo in regime dinamico. Analogamente sono stati inseriti i dati e il profilo orario relativo all'illuminazione.

2.7.3 Risultati per gli edifici residenziali

Sulla base dei valori di input descritti si sono ottenuti i seguenti risultati per gli edifici-tipo residenziali.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	46,01	46,01	48,01
	Fabbisogno Ed. Unifam.	98,31	98,31	99,22
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	19,67	19,67	19,98
	Fabbisogno Ed. Unifam.	21,82	21,82	22,32

Tabella 32: Risultati della procedura di certificazione portoghese.

Anche in questo caso il fabbisogno energetico specifico invernale è maggiore per l'edificio unifamiliare (maggiore superficie disperdente in rapporto al volume riscaldato). Diversamente, il fabbisogno energetico specifico estivo attribuisce valori simili tra un edificio-tipo e l'altro, a causa del preponderante effetto dato dall'apporto termico gratuito (carichi termici interni uguali per le due soluzioni).

Entrambi gli edifici-tipo attestano valori con andamento decrescente all'aumentare della capacità termica degli involucri, sia in estate che in inverno.

Per entrambi gli edifici-tipo in oggetto la procedura è risultata sensibile alle variazioni di stratigrafia da leggero a standard, ma non alla differenza tra standard a massivo. La ragione di questo risultato risiede nella modalità di determinazione del fattore di utilizzazione, che dipende dalla classe di inerzia termica in cui è collocato l'edificio: nei casi in esame i valori limite che caratterizzano gli intervalli delle classi sono troppo ampi per permettere un passaggio di classe dovuto alla variazione

di massa termica superficiale dell'involucro (da standard in massivo). Per questo motivo, infatti, entrambi gli involucri rientrano nella classe ad inerzia termica “alta”, mentre la stratigrafia leggera è considerata ad inerzia termica “media”.

2.7.4 Risultati per l'edificio ad uso Uffici

Sulla base dei valori di input descritti si sono ottenuti i seguenti risultati per l'edificio del terziario:

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	11.25	11.65	12.39
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	97.60	100.42	101.01

Tabella 33: Risultati della procedura di certificazione portoghese per l'Edificio ad uso Uffici.

In questo caso emerge un andamento dei fabbisogni energetici decrescente al crescere della capacità termica dell'involucro edilizio³. Il fabbisogno di raffrescamento in tutti i casi, coerentemente con la destinazione edilizia caratterizzata da carichi termici elevati, è superiore a quello invernale di un ordine di grandezza.

³ I risultati ottenuti rivelano il rispetto dei limiti imposti dalla procedura spagnola (cui il software utilizzato si riferisce) che rivela un fabbisogno energetico limite (edificio di riferimento) rispettivamente pari a 14 kWh/m²a per riscaldamento invernale e pari a 115.7 kWh/m²a per il raffrescamento estivo.

2.8 Spagna

L'applicazione della procedura spagnola è stata eseguita attraverso l'utilizzo del software CALENER, distribuito gratuitamente e necessario per effettuare la certificazione energetica degli edifici. Per il calcolo degli edifici-tipo residenziali è stato usato il programma CALENER-VYP (versione 1.0 del 31/10/2007) che sfrutta il codice di calcolo spagnolo LIDER per determinare i fabbisogni e il codice ESTO2 per determinare il funzionamento degli impianti, entrambi dinamici su base oraria. Per il calcolo dell'edificio del terziario è stato invece utilizzato il software CALENER-GT (versione 3.0 del 17/01/2008), basato sul motore di calcolo statunitense DOE 2.2.

2.8.1 Dati di input

Dati climatici

Il programma richiede di selezionare la zona termica e la città in cui è ubicato l'edificio, per poi utilizzare il file climatico corrispondente nella sessione di calcolo. Le città inserite nel database sono solo quelle spagnole, di cui si trovano all'interno del CTE-HE1 i valori di temperatura media mensile e di radiazione solare media annuale.

In base alle temperature medie mensili è stata scelta una località che presentasse caratteristiche analoghe a quelle climatiche di Milano, avendo constatato che il contemporaneo abbinamento con un apporto di radiazione solare assimilabile a quello del capoluogo lombardo non fosse riscontrabile tra le località spagnole.

Sulla base di tali considerazioni è stata selezionata la città di Lleida (zona climatica D3).

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T _{media esterna}	5,5	7,8	10,3	13,0	17,1	21,2	24,6	24,0	21,1	15,7	9,2	5,8

Tabella 34: Dati di temperatura dell'aria esterna relativi al clima di Lleida, secondo la CTE-HE1.

Caratteristiche geometriche

Dal punto di vista geometrico l'edificio è stato descritto tramite il tool grafico del programma, utilizzando le sue dimensioni nette.

Per rappresentare la massa termica interna sono state definite tutte le partizioni interne degli edifici in esame, che comprendono solai intermedi e tramezzi. In tal modo risulta, per gli edifici residenziali, un numero di zone termiche pari alle singole stanze, mentre per l'edificio ad uso uffici tali zone sono costituite dai quattro ambienti che suddividono ogni piano.

Caratteristiche termofisiche dell'involucro

L'inserimento dei dati relativi all'involucro è previsto in modo molto dettagliato, e, per gli edifici del presente studio, ha consentito di definire caratteristiche termofisiche coincidenti con quelle ipotizzate inizialmente.

Le strutture opache devono essere descritte tramite ogni singolo materiale, ognuno dei quali deve essere correlato alle sue caratteristiche di conducibilità, densità e calore specifico.

Anche per quanto riguarda le strutture trasparenti vanno definite sia le caratteristiche dei vetri sia quelle del telaio, oltre alla percentuale di superficie totale di serramento coperta dal telaio.

Ponti termici

Nel programma di calcolo previsto per gli edifici residenziali, i ponti termici non sono calcolati attraverso un metodo semplificato, ma tramite la selezione delle tipologie proposte da una libreria interna al programma che caratterizza, attraverso un valore di conduttanza termica lineare e un fattore di temperatura superficiale, la specifica che il codice di calcolo considererà nel computo di bilancio energetico.

Il software usato per la simulazione degli edifici del terziario non considera l'effetto dei ponti termici.

Capacità termica dell'involucro

Ovviamente non è previsto il calcolo della capacità termica secondo le metodologie argomentate finora, poiché il software utilizza i dati specifici relativi ai diversi materiali che costituiscono le tecnologie costruttive per determinare l'effetto della massa sul bilancio energetico dinamico su base oraria.

Ricambi d'aria

I ricambi d'aria minimi necessari per edifici di tipo residenziale vengono calcolati secondo quanto indicato per la salubrità degli edifici nel CT-HS (in particolare nel capitolo 3, relativo alla qualità dell'aria). La tabella 2.1 del citato documento indica i valori minimi di ventilazione in l/s per le diverse destinazioni d'uso dei locali, sulla base di alcuni indicatori (occupazione, superficie utile o locale).

	Per occupante	Per m ² utili	Per locale
Locali per dormire	5	-	-
Locali di permanenza	2	-	-
Locali di bagno	-	-	15
Cucine	-	2	50
Locali di passaggio o comuni	-	0,7	-
Parcheggi o garage	-	-	120
Almacenes de residuos	-	10	-

Tabella 35: Dati per il calcolo della necessità di ricambi d'aria secondo la CT-HS3.

Per gli edifici-tipo residenziali, a seguito di opportune elaborazioni, è stato desunto il valore di portata corrispondente a 1,15 vol/h di ricambio d'aria.

Per gli edifici residenziali il codice di calcolo LIDER considera, per le ore notturne dei mesi estivi (dalle 00:00 alle 08:00), 4 vol/h di ricambio d'aria, per tenere conto della prassi di raffrescamento passivo garantita dalla ventilazione notturna.

Per quanto riguarda gli edifici non residenziali è stato considerato un valore di ricambio d'aria orario nominale pari a 1.67 vol/h, ricavato con riferimento al Reglamento de instalaciones térmicas nos edificios (REAL DECRETO 1027/2007, basato sulla uni 13799 del 2005), assumendo cioè una

portata d'aria pari a $12,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ per persona (edifici per uffici di categoria IDA-2, che necessitano di aria di "buona qualità") ed assegnando un numero di occupanti pari a $10/\text{m}^2$, secondo quanto è indicato nel regolamento CTE- DB-SI (Sez.3 : evacuación de ocupantes).

Apporti termici dovuti alle sorgenti di calore interne

Nel codice di calcolo gli apporti termici interni vengono definiti in W/m^2 , distinguendo le diverse fonti e valori specifici per le diverse ore del giorno.

Valori considerati per gli edifici-tipo residenziali:

Carichi sensibili per occupazione [W/m^2]	00:00-07:00	07:00-15:00	15:00-23:00	23:00-24:00
Giorni feriali	2,15	0,54	1,08	2,15
Sabato	2,15	2,15	2,15	2,15
Giorni festivi	2,15	2,15	2,15	2,15

Tabella 36: Dati di carichi interni sensibili dovuti alla presenza di occupanti.

Carichi latenti per occupazione [W/m^2]	00:00-07:00	07:00-15:00	15:00-23:00	23:00-24:00
Giorni feriali	1,36	0,34	0,68	1,36
Sabato	1,36	1,36	1,36	1,36
Giorni festivi	1,36	1,36	1,36	1,36

Tabella 37: Dati di carichi interni latenti dovuti alla presenza di occupanti.

Carichi termici per illuminazione [W/m^2]	00:00-07:00	07:00-18:00	18:00-19:00	19:00-23:00	23:00-24:00
Giorni feriali, sabato e giorni festivi	0,44	1,32	2,20	4,40	2,20

Tabella 38: Dati di carichi interni dovuti all'impianto di illuminazione.

Carichi termici per attrezzature [W/m^2]	00:00-07:00	07:00-18:00	18:00-19:00	19:00-23:00	23:00-24:00
Giorni feriali, sabato e giorni festivi	0,44	1,32	2,20	4,40	2,20

Tabella 39: Dati di carichi interni dovuti alla presenza di attrezzature.

Valori considerati per l'edificio ad uso uffici.

La determinazione dei carichi termici interni avviene pesando i valori di picco dei carichi attraverso profili orari di occupazione e di illuminazione disponibili nelle librerie del software o definibili dall'utente. Nel caso in esame sono stati assunti come valori quelli riportati dalle librerie, che definiscono un profilo orario annuale composto da profili differenti per quanto riguarda i giorni lavorativi, la giornata del sabato e i festivi.

Temperature di setpoint

Nel calcolo dei fabbisogni per riscaldamento e raffrescamento degli edifici residenziali, il codice di calcolo non considera un funzionamento continuo degli impianti a setpoint fisso, ma calcola diversi periodi durante il giorno, a cui vengono associate temperature di setpoint e di setback.

Il periodo di riscaldamento è compreso tra Ottobre e Maggio, mentre quello di raffrescamento tra Giugno a Settembre, secondo gli orari di attivazione riportati nella tabella che segue.

Temperatura di riferimento [°C]	00:00-07:00	07:00-15:00	15:00-23:00	23:00-24:00
Riscaldamento (Ott-Mag)	17	20	20	17
Raffrescamento (Giu-Set)	27	-	25	27

Tabella 40: Temperature di riferimento per la determinazione del fabbisogno di riscaldamento e raffrescamento.

Nel calcolo dei fabbisogni relativi all'edificio per uffici, le temperature di setpoint sono state fissate a 20°C in regime invernale e 25°C in regime estivo.

2.8.2 Risultati per gli edifici residenziali

Sulla base dei valori di input sopra considerati, sono stati ottenuti i risultati riportati nella tabella seguente.

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	38.20	38.90	39.10
	Fabbisogno Ed. Unifam.	64.10	66.50	67.00
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Plurifam.	12.00	12.50	13.20
	Fabbisogno Ed. Unifam.	12.50	13.40	14.80

Tabella 41: Risultati della procedura di certificazione spagnola.

Entrambi gli edifici-tipo attestano valori con andamento decrescente all'aumentare della capacità termica degli involucri, sia in estate che in inverno.

Le differenze di risultato tra le diverse scelte tecnologiche sono più consistenti nel caso di edificio unifamiliare, poiché in un edificio di piccole dimensioni maggiore è l'incidenza dell'involucro, rispetto al volumetria e alla superficie utile di calpestio.

La stratigrafia leggera in entrambi i casi (edificio plurifamiliare e unifamiliare), inoltre, non rispetta il valore limite di riferimento relativo al raffrescamento estivo (pari a 13.80 kWh/m²a per l'edificio plurifamiliare e pari a 15.50 kWh/m²a per quello unifamiliare).

2.8.3 Risultati per l'edificio ad uso Uffici

Sulla base dei valori di input descritti si sono ottenuti i seguenti risultati per l'edificio del terziario:

		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
Riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	44.12	44.15	45.83
Raffrescamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno Ed. Uffici	81.34	83.45	85.28

Tabella 46: Risultati della procedura di certificazione portoghese per l'Edificio ad uso Uffici.

L'edificio-tipo uso uffici attesta valori di fabbisogno energetico con andamento decrescente all'aumentare della capacità termica degli involucri, sia in estate che in inverno.

Tutte le stratigrafie rispettano il valore limite di riferimento relativo al raffrescamento estivo (pari a 99.80 kWh/m²a) mentre non soddisfano quello per riscaldamento invernale (pari a 28 kWh/m²a, di gran lunga inferiore). L'incongruenza del caso invernale è probabilmente da ricondurre alla tipologia di carichi (e relative modulazioni) selezionati tra quelli proposti dal data-base del software. Il medesimo edificio, infatti, valutato con lo stesso strumento per il caso precedente (cfr. par. Portogallo) assumendo carichi e modulazioni previsti dalla procedura portoghese, rispetta i limiti dati dall'edificio di riferimento⁴.

⁴ Tale considerazione, più in generale, rafforza le perplessità rivolte alla discrezionalità di scelta di alcuni parametri fondamentali consentita dalle procedure di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

2.9 Analisi delle potenzialità date da ciascuna metodologia

Per quanto riguarda l'applicazione delle metodologie relative agli edifici residenziali, dal punto di vista delle differenze di risultato apprezzabili in ciascuna procedura tra le diverse strutture di involucro (laddove la variazione di involucro sia contemplata, dunque ad esclusione della procedura francese e di quella inglese), si riassumono prestazioni crescenti all'aumentare della capacità termica. I valori di fabbisogno energetico annuale rilevati in applicazione delle diverse procedure analizzate nel presente studio sono riassunti nelle tabelle che seguono⁵.

Edifici-tipo residenziali - Fabbisogno di energia stagionale per riscaldamento [kWh/m²a]				
Nazione	Edificio	Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
ITALIA	Ed. Plurifam.	26.87	27.53	28.72
	Ed. Unifam.	57.81	58.18	58.94
AUSTRIA	Ed. Plurifam.	44,82	45,05	45,41
	Ed. Unifam.	82.15	82.76	83.34
FRANCIA	Ed. Plurifam.		46,78	
	Ed. Unifam.		92,45	
GERMANIA	Ed. Plurifam.	58,00	58,80	60,10
	Ed. Unifam.	111,60	112,40	112,40
INGHILTERRA	Ed. Plurifam.		80,77	
	Ed. Unifam.		116,93	
PORTOGALLO	Ed. Plurifam.	46,01	46,01	48,01
	Ed. Unifam.	98,31	98,31	99,22
SPAGNA	Ed. Plurifam.	38.20	38.90	39.10
	Ed. Unifam.	64.10	66.50	67.00

Tabella 42: Fabbisogno energetico per riscaldamento determinato in applicazione delle diverse metodologie (edifici-tipo residenziali).

⁵ Come premesso, in termini assoluti i risultati dello studio sono difficilmente confrontabili, non solo a causa delle diverse realtà climatiche considerate, ma, soprattutto, a causa delle differenti assunzioni determinate da alcuni parametri di default contemplati dalle singole procedure.

Edifici-tipo residenziali - Fabbisogno di energia stagionale per raffrescamento [kWh/m ² a]		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
ITALIA	Ed. Plurifam.	29.24	29.36	30.29
	Ed. Unifam.	27.60	27.76	27.77
AUSTRIA	Ed. Plurifam.	18.91	31.00	35.88
	Ed. Unifam.	11.94	19.56	25.23
GERMANIA	Ed. Plurifam.	8,20	9,40	11,00
	Ed. Unifam.	3,40	4,40	4,40
PORTOGALLO	Ed. Plurifam.	19,67	19,67	19,98
	Ed. Unifam.	21,82	21,82	22,32
SPAGNA	Ed. Plurifam.	12.00	12.50	13.20
	Ed. Unifam.	12.50	13.40	14.80

Tabella 43: Fabbisogno energetico per raffrescamento determinato in applicazione delle diverse metodologie (edifici-tipo residenziali).

In particolare, il diverso “peso” attribuito alla capacità termica è rappresentato nei grafici che seguono, in termini di differenze percentuali di fabbisogno energetico rilevabili con le tipologie di involucro standard e massivo rispetto alla tipologia leggera.

Per quanto riguarda il riscaldamento invernale, le differenze percentuali di fabbisogno risultano contenute nell’ambito di pochi punti percentuali.

Nell’ambito di questo margine, emerge una maggiore sensibilità attestata in applicazione della procedura italiana⁶ per l’edificio plurifamiliare ed in applicazione di quella spagnola per l’edificio unifamiliare.

La procedura portoghese non distingue incidenza diversa tra involucro massivo e standard, e quella tedesca non distingue, per il solo edificio unifamiliare, una differenza tra involucro standard e leggero per i motivi già descritti in fase di definizione dei dati di input.

La procedura spagnola attribuisce un maggiore peso al contributo dell’involucro edilizio, rivelando per l’edificio unifamiliare (maggiore rapporto S/V) un significativo aumento della riduzione percentuale dei fabbisogni (nell’ordine del 200%) per entrambe le soluzioni, massiva e standard.

⁶ E’ stato verificato che molto peso è dato, qui come per anche le altre procedure, dal carico termico interno: riducendo l’apporto da 4.5 W/m² a 3 W/m² lo scarto del 6.4 % si riduce al 4 %

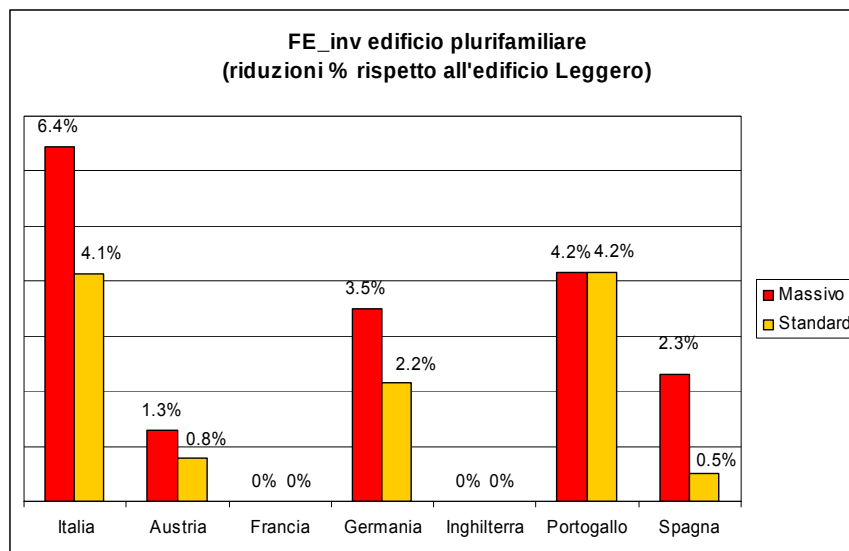


Grafico1: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per riscaldamento invernale (edificio plurifamiliare)

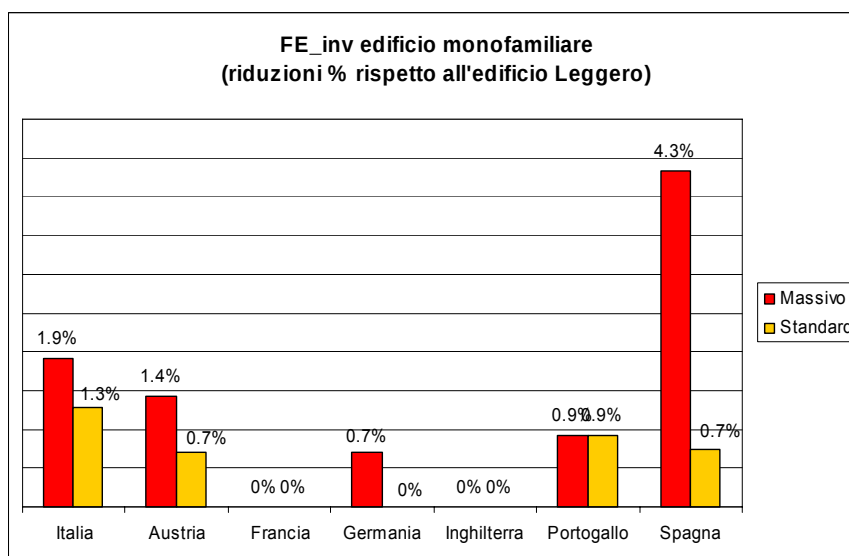


Grafico2: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per riscaldamento invernale (edificio monofamiliare)

Per quanto riguarda il raffrescamento estivo, le differenze percentuali di fabbisogno risultano particolarmente accentuate in applicazione della procedura austriaca (a causa, da un lato, del carico termico interno doppio rispetto al corrispondente caso invernale e, dall'altro lato, della strategia di raffrescamento notturno) e, in seconda istanza, in applicazione di quella tedesca.

Per quest'ultima, relativamente al caso di edificio unifamiliare, se confrontato con quello relativo all'edificio plurifamiliare, si evidenzia che, da un lato, lo scarto percentuale tra massivo e leggero diminuisce, a causa dei carichi termici interni considerati dimezzati rispetto a quelli attribuiti all'edificio plurifamiliare, e che, dall'altro lato, lo scarto tra standard e leggero si azzerava, per i motivi già descritti in fase di definizione dei dati di input.

La procedura spagnola anche per il caso estivo attribuisce inequivocabilmente un maggiore peso al contributo dell'involucro edilizio, rivelando per l'edificio unifamiliare (maggiore rapporto S/V) un

aumento delle riduzioni percentuali di fabbisogno per entrambe le soluzioni, massiva e standard, di entità analoga a quanto precedentemente citato per il caso invernale.

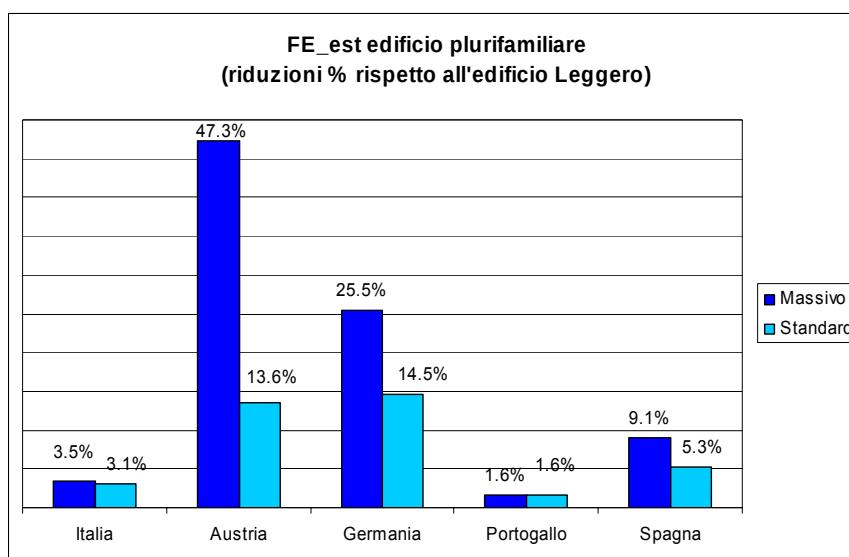


Grafico3: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per raffrescamento estivo (edificio plurifamiliare)

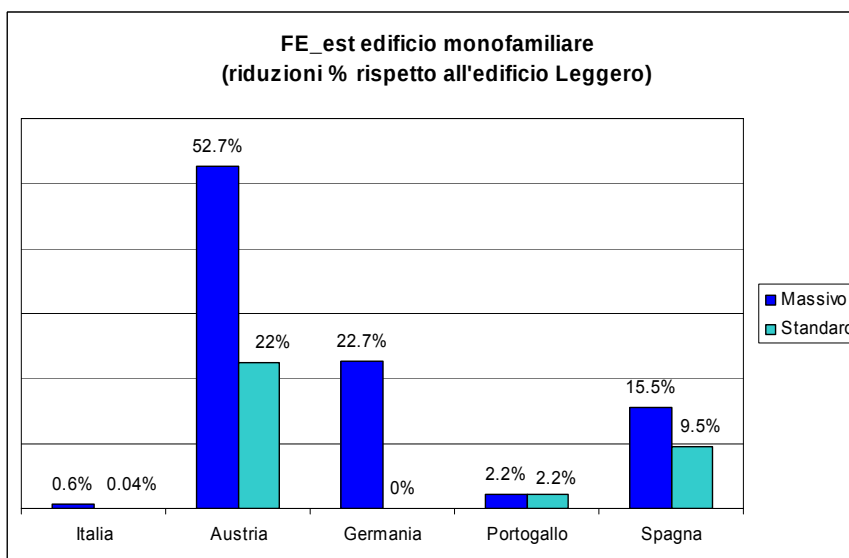


Grafico4: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per raffrescamento estivo (edificio monofamiliare)

Per quanto riguarda l'applicazione delle metodologie relative all'edificio per uso uffici, dal punto di vista delle differenze di risultato apprezzabili in ciascuna procedura tra le diverse strutture di involucro, si riassumono prestazioni crescenti all'aumentare della capacità termica ad eccezione del caso invernale inglese, come precedentemente descritto.

I valori di fabbisogno energetico stagionale rilevati in applicazione delle diverse procedure analizzate nel presente studio sono riassunti nella tabella che segue.

Edificio-tipo per uffici - Fabbisogno di energia stagionale [kWh/m ² a]				
Nazione	Edificio	Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
ITALIA	Riscaldamento.	55.35	56.27	57.71
	Raffrescamento	26.71	26.84	27.30
AUSTRIA	Riscaldamento.	37.89	38.56	39.34
	Raffrescamento	25.75	39.77	44.17
GERMANIA	Riscaldamento.	56.68	58.43	58.10
	Raffrescamento	29.96	32.22	32.23
INGHILTERRA	Riscaldamento.	31.64	27.17	24.89
	Raffrescamento	86.56	90.44	95.17
PORTOGALLO	Riscaldamento.	11.25	11.65	12.39
	Raffrescamento	97.60	100.42	101.01
SPAGNA	Riscaldamento.	44.13	44.15	45.83
	Raffrescamento	81.34	83.45	85.28

Tabella 44: Fabbisogno energetico determinato in applicazione delle diverse metodologie (edificio-tipo uffici).

Mediamente il diverso “peso” attribuito alla capacità termica, in termini di differenze percentuali di fabbisogno energetico invernale rilevabili con le tipologie di involucro standard e massivo rispetto alla tipologia leggera, varia nell’ordine del 2-4% (ad esclusione dell’anomalia registrata per il caso inglese) mentre gli standard contemplati dalla procedura portoghese applicati tramite il software spagnolo (che rimanda al codice di calcolo DOE-2, contemplato dallo standard ASHRAE 140-2004) attestano uno scostamento di oltre il 9% di fabbisogno termico tra tipologia massiva e leggera.

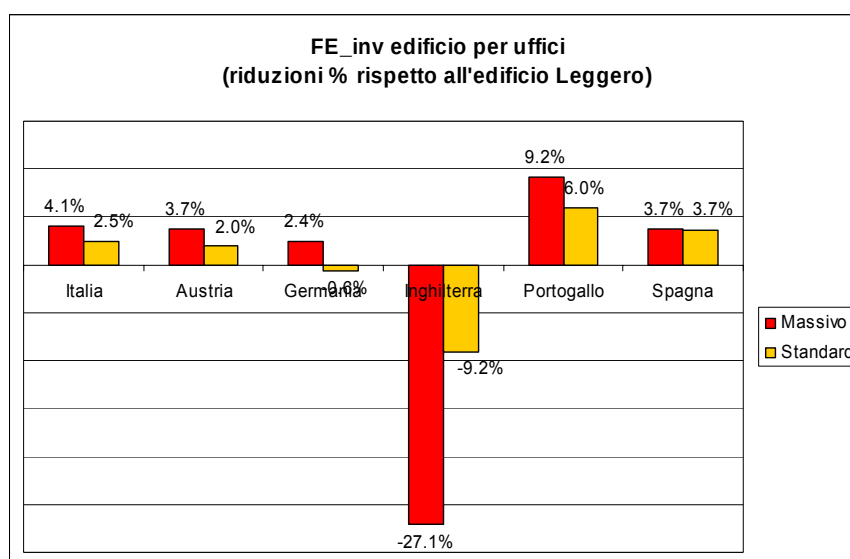


Grafico5: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per riscaldamento invernale (edificio per uffici)

Per quanto riguarda il fabbisogno estivo, analogamente ai casi residenziali emerge una distinta sensibilità della procedura austriaca nel diagnosticare la differenza prestazionale degli involucri più “pesanti” rispetto alla soluzione leggera, riducendo di oltre il 40% la domanda di energia frigorifera con la soluzione massiva.

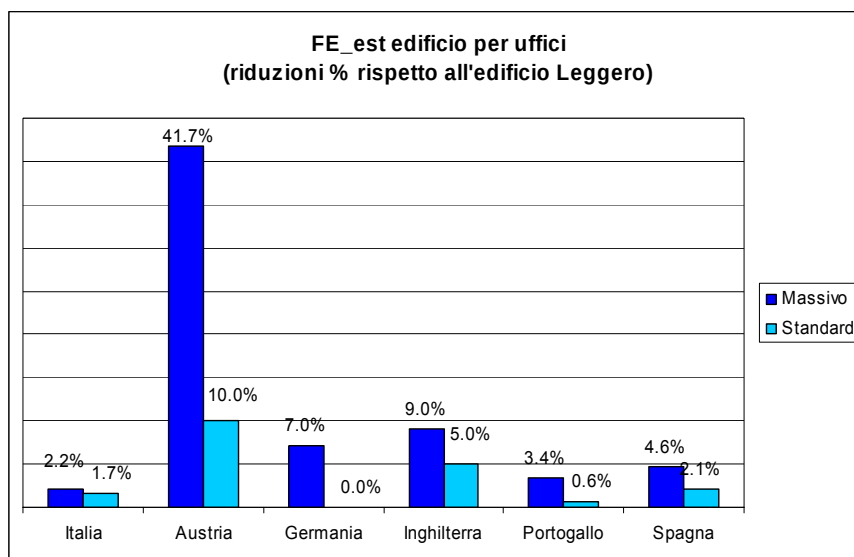


Grafico6: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per raffrescamento estivo (edificio per uffici)

2.10 Proposta di un modello di calcolo semplificato da implementare in contesto nazionale

In ragione dell'analisi delle diverse metodologie di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici e dei risultati emersi a seguito della loro applicazione, una proposta di modello di calcolo semplificato per implementare una procedura nazionale non può eludere le considerazioni seguenti:

- qualunque sia il modello di calcolo, è indispensabile definire un set di parametri di input che non lasci ampia discrezionalità di scelta all'utente, al fine di garantire coerenza di confronto sui risultati dei diversi edifici sottoposti a certificazione
- i carichi interni e i ricambi d'aria da considerare nel bilancio energetico dell'edificio assumono un ruolo fondamentale nella determinazione dei fabbisogni termici, in particolar modo durante la stagione estiva e distinguendo la fase diurna da quella notturna
- le procedure di assegnazione della capacità termica dell'edificio di prima approssimazione possono rivelarsi lacunose per alcune morfologie edilizie e per determinate tecnologie costruttive

Ciò premesso, si prefigurano due possibili approcci: da un lato emerge la possibilità di affinare opportunamente le procedure di bilancio energetico di derivazione CEN, traducendole in strumenti semplici ma efficaci (anche assimilabili a fogli elettronici, quale quello austriaco) nel rispetto dei

requisiti precedentemente citati, dall'altro lato risulta percorribile lo sviluppo di un software che, come nel caso spagnolo, consenta di avvalersi delle potenzialità date dai codici di calcolo complessi (che risolvono l'analisi energetica del sistema edilizio in regime dinamico, con l'opportunità di assegnare le caratteristiche impiantistiche modulate secondo curve di funzionamento) tramite un'interfaccia semplificata che contempli impostazioni parametriche appositamente vincolate (come previsto dalla procedura portoghese).

ALLEGATI ALLA RELAZIONE (su CD in formato elettronico):

Leggi, norme e regolamenti dei Paesi Europei selezionati