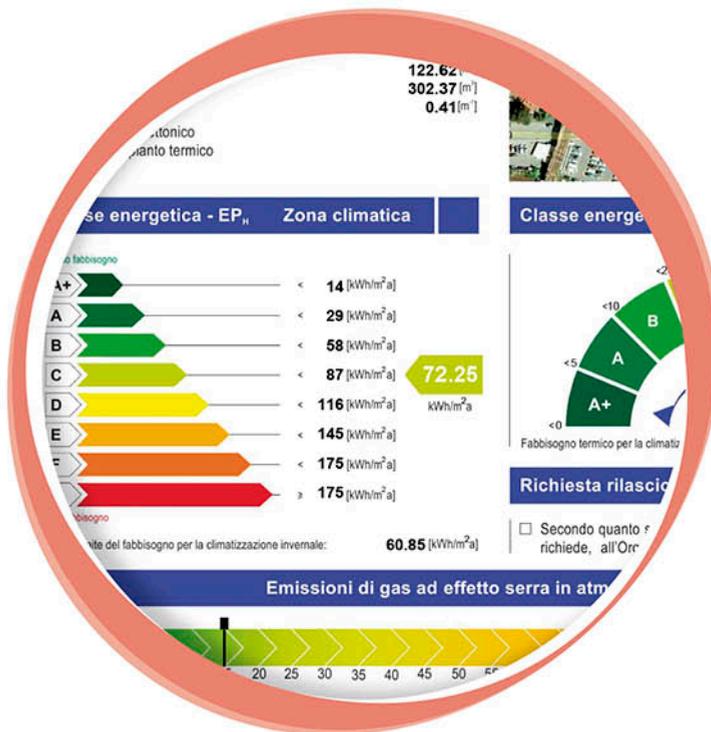




# APE

## ESEMPI PRATICI DI ATTESTATO PRESTAZIONE ENERGETICA

Normativa - Applicazioni - Ripartizione costi



- > 2 casi studio di abitazione isolata (Italia Centrale)
- > 4 casi studio di appartamento in ambiente urbano (Italia Centrale)
- > Contabilizzazione del calore: impianto centralizzato unico
- > Appendice: il rischio del sovrisolamento



*A Lilli, mia moglie*

Giuseppe Dell'Olio

# **APE**

## **Esempi pratici di attestato prestazione energetica**

**NORMATIVA - APPLICAZIONI - RIPARTIZIONE COSTI**



Dario Flaccovio Editore

Giuseppe Dell'Olio

APE: Esempi pratici di attestato prestazione energetica

ISBN 9788857904245

© 2015 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: febbraio 2015

Dell'Olio, Giuseppe <1965->

APE : esempi pratici di attestato prestazione energetica : normativa, applicazioni, ripartizione costi / Giuseppe Dell'Oglio. - Palermo : D. Flaccovio, 2015.

ISBN 978-88-579-0424-5

1. Edifici – Risparmio energetico – Certificazione.  
696 CDD-22 SBN PAL0276754

*CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"*

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, febbraio 2015

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

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

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

# Indice

## Premessa

### 1. L'efficienza energetica

1.1. Generalità .....	pag. 13
1.2. La Direttiva 2010/31/UE: concetti di base .....	» 14
1.2.1. Requisiti di efficienza per gli edifici.....	» 16
1.2.2. Edifici ad energia “quasi zero” .....	» 16
1.2.3. Prestazione energetica degli edifici: sistema di certificazione ...	» 17
1.2.4. Valutazione della prestazione energetica di un edificio .....	» 18
1.2.5. Il metodo comparativo .....	» 19
1.3. Il Decreto Legge 4 giugno 2013, n. 63: gli obiettivi .....	» 19
1.3.1. La prestazione energetica.....	» 19
1.3.2. L’attestato di prestazione energetica.....	» 20
1.3.3. I criteri per il calcolo della prestazione energetica .....	» 20
1.3.4. Prestazione energetica: i requisiti minimi.....	» 20
1.3.5. Edifici “ad energia quasi zero” .....	» 21
1.3.6. Obblighi e responsabilità relative all’APE .....	» 21
1.3.7. I contenuti dell’attestato di prestazione energetica (APE).....	» 22
1.3.8. Le norme tecniche di riferimento.....	» 23
1.4. Ministero dello sviluppo economico: la nota di chiarimento .....	» 23

### 2. Caso studio: abitazione isolata nell'Italia centrale; buon isolamento termico; caldaia unica per riscaldamento e per ACS

2.1. Generalità .....	» 25
2.2. Perdite per trasmissione.....	» 25
2.3. Dispersione per trasmissione: calcolo del coefficiente .....	» 28
2.4. Dispersione attraverso i ponti termici: calcolo del coefficiente.....	» 30
2.5. Dispersione per radiazione verso la volta celeste.....	» 30
2.6. Dispersione per ventilazione: calcolo del coefficiente.....	» 31
2.7. Apporti gratuiti di calore .....	» 32
2.8. Calore fornito dalla radiazione solare .....	» 33
2.9. Superfici opache: area di captazione solare effettiva .....	» 33
2.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva.....	» 34
2.11. Flussi termici di origine solare .....	» 35
2.12. Apporto termico interno .....	» 35
2.13. Apporti termici gratuiti: il fattore di utilizzazione .....	» 36
2.14. Bilancio termico mensile.....	» 37
2.14.1. Considerazioni ulteriori .....	» 40
2.15. Riscaldamento: dal calore all’energia primaria.....	» 40
2.16. L’indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EP <sub>i</sub> ) .....	» 42

2.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale .....	»	44
2.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS) .....	»	45
2.19. Produzione di ACS: dal calore all'energia primaria .....	»	46
2.20. Approfondimento:il rendimento di generazione .....	»	47
2.21. L'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ) .....	»	48
2.22. La classe di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria .....	»	48
2.23. Riscaldamento e produzione di ACS: differenze tra le classificazioni ....	»	49
2.24. La classe di prestazione energetica globale .....	»	49
2.25. Migliorare la precisione nell'attribuire la classe di prestazione energetica	»	51
2.26. L'attestato di prestazione energetica (APE).....	»	52

### **3. Caso studio: abitazione isolata nell'Italia centrale; buon isolamento termico; caldaia per riscaldamento; pannello solare per produzione ACS**

3.1. Generalità .....	»	57
3.2. Perdite per trasmissione.....	»	57
3.3. Dispersione per trasmissione: calcolo del coefficiente .....	»	60
3.4. Dispersione attraverso i ponti termici: calcolo del coefficiente .....	»	61
3.5. Dispersione per radiazione verso la volta celeste .....	»	62
3.6. Dispersione per ventilazione: calcolo del coefficiente.....	»	63
3.7. Apporti gratuiti di calore .....	»	64
3.8. Calore fornito dalla radiazione solare .....	»	65
3.9. Superfici opache: area di captazione solare effettiva .....	»	65
3.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva.....	»	66
3.11. Flussi termici di origine solare .....	»	67
3.12. Apporto termico interno .....	»	67
3.13. Apporti termici gratuiti: il fattore di utilizzazione .....	»	68
3.14. Bilancio termico mensile.....	»	68
3.14.1. Considerazioni ulteriori .....	»	72
3.15. Riscaldamento: dal calore all'energia primaria.....	»	72
3.16. L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ( $EP_i$ )	»	74
3.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale .....	»	75
3.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS).....	»	77
3.19. Produzione di ACS: dal calore all'energia primaria .....	»	78
3.20. L'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ) .....	»	79
3.21. La classe di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria .....	»	79
3.22. Riscaldamento e produzione di ACS: differenze tra le classificazioni ....	»	80
3.23. La classe di prestazione energetica globale .....	»	81
3.24. Migliorare la precisione nell'attribuire la classe di prestazione energetica	»	82

#### **4. Caso studio: appartamento in ambiente urbano (Italia centrale); piano intermedio; isolamento termico scadente; impianto centralizzato per riscaldamento e per produzione ACS**

4.1. Generalità .....	»	85
4.2. Perdite per trasmissione.....	»	85
4.3. Dispersione per trasmissione: calcolo del coefficiente .....	»	88
4.4. Dispersione attraverso i ponti termici: calcolo del coefficiente.....	»	90
4.5. Dispersione per radiazione verso la volta celeste .....	»	91
4.6. Dispersione per ventilazione: calcolo del coefficiente.....	»	92
4.7. Apporti gratuiti di calore .....	»	93
4.8. Calore fornito dalla radiazione solare .....	»	93
4.9. Superfici opache: area di captazione solare effettiva .....	»	94
4.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva.....	»	94
4.11. Flussi termici di origine solare .....	»	95
4.12. Apporto termico interno .....	»	96
4.13. Apporti termici gratuiti: il fattore di utilizzazione .....	»	96
4.14. Bilancio termico mensile.....	»	97
4.14.1. Considerazioni ulteriori .....	»	100
4.15. Riscaldamento: dal calore all'energia primaria.....	»	101
4.16. L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EP <sub>i</sub> ) .....	»	102
4.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale .....	»	104
4.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS) .....	»	105
4.19. Produzione di ACS: dal calore all'energia primaria .....	»	106
4.20. Approfondimento: il rendimento di generazione .....	»	107
4.21. L'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria (EP <sub>acs</sub> ) .....	»	108
4.22. La classe di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria .....	»	108
4.23. Riscaldamento e produzione di ACS: differenze tra le classificazioni ....	»	109
4.24. La classe di prestazione energetica globale .....	»	110
4.25. Migliorare la precisione nell'attribuire la classe di prestazione energetica .....	»	111
4.26. L'attestato di prestazione energetica (APE).....	»	112

#### **5. Caso studio: appartamento in ambiente urbano (Italia centrale); piano intermedio; buon isolamento termico; impianto centralizzato per riscaldamento e per produzione ACS**

5.1. Generalità .....	»	117
5.2. Perdite per trasmissione.....	»	117
5.3. Dispersione per trasmissione: calcolo del coefficiente .....	»	120
5.4. Dispersione attraverso i ponti termici: calcolo del coefficiente.....	»	122
5.5. Dispersione per radiazione verso la volta celeste .....	»	122
5.6. Dispersione per ventilazione: calcolo del coefficiente.....	»	123
5.7. Apporti gratuiti di calore .....	»	124

5.8. Calore fornito dalla radiazione solare .....	»	125
5.9. Superfici opache: area di captazione solare effettiva .....	»	125
5.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva.....	»	126
5.11. Flussi termici di origine solare .....	»	127
5.12. Apporto termico interno .....	»	128
5.13. Apporti termici gratuiti: il fattore di utilizzazione .....	»	128
5.14. Bilancio termico mensile.....	»	129
5.14.1. Considerazioni ulteriori .....	»	132
5.15. Riscaldamento: dal calore all'energia primaria.....	»	132
5.16. L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EP <sub>1</sub> )	»	134
5.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale .....	»	136
5.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS) .....	»	137
5.19. Produzione di ACS: dal calore all'energia primaria .....	»	138
5.20. Approfondimento:il rendimento di generazione .....	»	139
5.21. L'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria (EP <sub>acs</sub> ) .....	»	140
5.22. La classe di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria .....	»	140
5.23. Riscaldamento e produzione di ACS: differenze tra le classificazioni ....	»	141
5.24. La classe di prestazione energetica globale .....	»	141
5.25. Migliorare la precisione nell'attribuire la classe di prestazione energetica	»	143

## **6. Caso studio: appartamento in ambiente urbano (Italia centrale); piano attico; isolamento termico scadente**

6.1. Generalità .....	»	145
6.2. Perdite per trasmissione.....	»	145
6.3. Dispersione per trasmissione: calcolo del coefficiente .....	»	148
6.4. Dispersione attraverso i ponti termici: calcolo del coefficiente .....	»	150
6.5. Dispersione per radiazione verso la volta celeste .....	»	151
6.6. Dispersione per ventilazione: calcolo del coefficiente.....	»	152
6.7. Apporti gratuiti di calore .....	»	153
6.8. Calore fornito dalla radiazione solare .....	»	153
6.9. Superfici opache: area di captazione solare effettiva .....	»	154
6.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva.....	»	155
6.11. Flussi termici di origine solare .....	»	156
6.12. Apporto termico interno .....	»	157
6.13. Apporti termici gratuiti: il fattore di utilizzazione .....	»	157
6.14. Bilancio termico mensile.....	»	158
6.14.1. Considerazioni ulteriori .....	»	161
6.15. Riscaldamento: dal calore all'energia primaria.....	»	161
6.16. L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EP <sub>1</sub> )	»	163
6.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale .....	»	165
6.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS) .....	»	166

6.19. Produzione di ACS: dal calore all'energia primaria .....	» 167
6.20. L'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ) .....	» 168
6.21. La classe di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria .....	» 169
6.22. Riscaldamento e produzione di ACS: differenze tra le classificazioni ....	» 170
6.23. La classe di prestazione energetica globale .....	» 170
6.24. Migliorare la precisione nell'attribuire la classe di prestazione energetica	» 171
6.25. L'attestato di prestazione energetica (APE).....	» 172

## **7. Caso studio: appartamento in ambiente urbano (Italia centrale); piano attico; buon isolamento termico**

7.1. Generalità .....	» 177
7.2. Perdite per trasmissione.....	» 177
7.3. Dispersione per trasmissione: calcolo del coefficiente .....	» 180
7.4. Dispersione attraverso i ponti termici: calcolo del coefficiente.....	» 182
7.5. Dispersione per radiazione verso la volta celeste .....	» 183
7.6. Dispersione per ventilazione: calcolo del coefficiente.....	» 184
7.7. Apporti gratuiti di calore .....	» 185
7.8. Calore fornito dalla radiazione solare .....	» 185
7.9. Superfici opache: area di captazione solare effettiva .....	» 186
7.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva.....	» 187
7.11. Flussi termici di origine solare .....	» 188
7.12. Apporto termico interno .....	» 189
7.13. Apporti termici gratuiti: il fattore di utilizzazione .....	» 189
7.14. Bilancio termico mensile.....	» 189
7.14.1. Considerazioni ulteriori .....	» 192
7.15. Riscaldamento: dal calore all'energia primaria.....	» 193
7.16. L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ( $EP_i$ )	» 195
7.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale .....	» 196
7.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS) .....	» 197
7.19. Produzione di ACS: dal calore all'energia primaria .....	» 199
7.20. L'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{acs}$ ) .....	» 200
7.21. La classe di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria .....	» 200
7.22. Riscaldamento e produzione di ACS: differenze tra le classificazioni ....	» 201
7.23. La classe di prestazione energetica globale .....	» 202
7.24. Migliorare la precisione nell'attribuire la classe di prestazione energetica	» 203

## **8. Contabilizzazione del calore: impianto centralizzato unico, per riscaldamento e per produzione ACS; contatori di calore; contatori volumetrici**

8.1. Generalità .....	» 205
-----------------------	-------

8.2. Calore prodotto dalla caldaia: ripartizione .....	» 205
8.3. Gas naturale: ripartizione dei consumi .....	» 206
8.4. Energia elettrica: ripartizione dei consumi.....	» 208
8.5. Calcolo della spesa annua totale.....	» 208
8.6. La spesa per potenza termica installata .....	» 212

**9. Contabilizzazione del calore: impianto centralizzato unico,  
per riscaldamento e per produzione ACS; ripartitori; contatori volumetrici**

9.1. Generalità .....	» 217
9.2. Calore prodotto dalla caldaia: ripartizione .....	» 217
9.3. Gas naturale: ripartizione dei consumi.....	» 218
9.4. Energia elettrica: ripartizione dei consumi.....	» 219
9.5. Calcolo della spesa annua totale.....	» 220
9.6. Consumi di calore individuali: riscaldamento.....	» 222
9.7. Consumi di calore individuali: produzione di ACS .....	» 225
9.8. La spesa energetica.....	» 225
9.9. La spesa per potenza termica installata .....	» 226

**Appendice**

<b>Il rischio del sovraisolamento .....</b>	<b>» 229</b>
---	--------------

## Premessa

Il tema dell'efficienza energetica, nell'edilizia in particolare, sembra aver finalmente conquistato il posto che merita nella coscienza collettiva. Proprio per questo motivo, forse, esso ha subito e ancora subisce un susseguirsi tumultuoso di leggi, decreti attuativi, norme tecniche, modifiche, integrazioni, abrogazioni, aggiornamenti. Come aiutare gli operatori ad orientarsi in un mondo tanto complesso e mutevole? L'unica è esporre alcune nozioni tecniche di base: quelle essenziali, che sopravvivono ad ogni aggiornamento. Chi si rende padrone di queste sarà poi in grado di consultare, rapidamente e con poca fatica, l'ultima "edizione" di qualsiasi legge, decreto, norma tecnica.

Una esposizione siffatta rischia però di risultare arida ed astratta, qualora non sia accompagnata da una applicazione puntuale a casi concreti.

Sono queste alcune delle considerazioni che hanno dato origine a questo volume. Il suo tratto più originale consiste appunto nei casi di studio: numerosi e dettagliati, essi si riferiscono invariabilmente ad edifici reali, che l'autore ha avuto occasione di "toccar con mano" nel corso della sua vita professionale.

Per evitare continui rimandi ad altre parti del volume, ciascun caso studio è stato redatto in modo sostanzialmente indipendente, così da poter essere letto anche singolarmente.

L'approccio adottato è di carattere discorsivo: gli sviluppi matematici sono limitati al minimo indispensabile. Nondimeno, tutte le operazioni sono descritte in modo completo e senza omissioni; a partire dal rilievo sull'edificio fino alla redazione dell'attestato di prestazione energetica (APE). Ogni ipotesi, ogni assunzione viene giustificata e, quando opportuno, accompagnata dal riferimento puntuale ad un testo legislativo o normativo.

Tutto ciò aiuterà il lettore volenteroso a svolgere operazioni analoghe in modo autonomo, senza far necessariamente ricorso a strumenti software commerciali. Ed anche chi vorrà utilizzare comunque tali strumenti sarà in grado di farlo in modo consapevole e responsabile.

Non poteva mancare, naturalmente, una introduzione generale sulla normativa tecnica e di legge in materia di efficienza energetica degli edifici.

È parso infine opportuno dedicare gli ultimi capitoli a due esempi di calcolo riguardanti la ripartizione, all'interno di un condominio, delle spese relative al calore prodotto con un impianto centralizzato. È questo un argomento di grande attualità, la cui rilevanza per l'efficienza energetica di un edificio non ha bisogno di essere sottolineata.

Le valutazioni formulate dall'autore in questo volume hanno carattere personale.

# 1. L'efficienza energetica

## 1.1. Generalità

Difficile, in un mondo affamato di beni di consumo (ma anche di posti di lavoro), esagerare l'importanza di quella che potremmo chiamare la *questione energetica*. Questione resa ancora più complessa da una consapevolezza ormai ben diffusa e radicata: non possiamo limitarci a chiedere al nostro pianeta sempre più energia, senza riguardo per la natura di tale energia. Così facendo, andremmo incontro, nel giro di pochi decenni, all'esaurimento delle risorse e – quel che è peggio, forse – a danni sull'ambiente naturale così ingenti da risultare inaccettabili.

Dobbiamo invece distinguere le varie fonti energetiche, preferendo, per quanto possibile, quelle rinnovabili.

L'attenzione verso le fonti rinnovabili è stata una prima, grande rivoluzione nell'approccio alla questione energetica. Vi è però alla base un tacito presupposto: quanta più energia si produce tanto meglio, purché lo si faccia, appunto, a partire da fonti rinnovabili.

Da alcuni anni, questo principio viene da più parti messo in discussione.

Se perfino le fonti rinnovabili hanno un impatto – per piccolo che sia – sull'ambiente, è davvero opportuno sfruttarle nel modo più ampio possibile? Non sarebbe più conveniente, invece, utilizzarle nel modo più efficiente possibile?

La domanda nasce, in realtà, da un fenomeno assai più vasto. Cresciuto man mano negli ultimi anni, esso non riguarda le sole fonti rinnovabili, e neppure la sola energia elettrica: è l'esigenza, sempre più sentita e diffusa, di aumentare la nostra efficienza energetica. Potremmo riassumerla così: non preoccupiamoci di produrre sempre più energia, ma piuttosto di sprecarne sempre meno.

È questa una seconda rivoluzione; meno visibile della prima, forse, più silenziosa, ma non meno importante.

Parlarne come di un deciso cambio di rotta sarebbe forse impreciso, visto che esso non ha fatto venir meno l'interesse per le fonti rinnovabili. Senza dubbio, però, ha comportato un enorme ampliamento dell'angolo visuale.

Fino a ieri, le decisioni in materia energetica riguardavano, e spesso coinvolgevano, unicamente chi produceva energia. Oggi si affacciano sulla scena nuovi attori, assai più numerosi di quelli eppure rimasti, finora, in penombra: coloro che l'energia utilizzano. Di chi si tratta? Di tutti noi, evidentemente. Non solo industriali e commercianti, ma anche operatori del terziario e dei servizi, dipendenti pubblici, via via fino al singolo, privato cittadino. Tutti costoro possono – tutti possiamo – compiere scelte energetiche efficienti, ed avere così un ruolo e una voce laddove si decidono politiche, tecnologie, prezzi.

La questione energetica, insomma, non può più essere affrontata unicamente “dal lato della produzione”. Occorre ormai introdurre, al suo fianco, una gestione dal lato della domanda: e il *Demand Side Management* è la moderna sfida che governi, organismi di normazione e di ricerca, aziende si troveranno assai presto (si trovano, anzi, già oggi) ad affrontare.

Pura accademia? Tutt'altro: il contrario, piuttosto. La questione energetica cessa di riguardare pochi grandi professionisti del settore; si estende invece fino a toccare i “piccoli”, i cittadini che possono contribuire all'efficienza energetica semplicemente sostituendo una caldaia o il vetro di una finestra.

Esempi, questi, scelti non a caso; il settore dell'edilizia offre infatti, in tutta Europa, innumerevoli occasioni per migliorare l'efficienza energetica. Lo sanno bene a Bruxelles, dove è comparsa, alcuni anni or sono, una Direttiva (2010/31/UE) dedicata espressamente alla prestazione energetica degli edifici.

La direttiva (d'ora in avanti la chiameremo semplicemente così) nasce da una considerazione fondamentale: gli edifici sono responsabili del 40% dell'energia consumata nell'Unione Europea. Una riduzione del loro consumo energetico – accompagnata da una maggiore diffusione delle fonti rinnovabili – favorirebbe in misura significativa il raggiungimento degli obiettivi che l'Unione Europea si è data in materia di energia: quelli legati al Protocollo di Kyoto, in primo luogo; ma anche l'impegno a contenere, nel lungo termine, il riscaldamento globale; e naturalmente quello di ridurre, entro il 2020, le emissioni di gas serra di almeno il 20% (rispetto ai livelli del 1990).

La direttiva è stata recepita in Italia con il decreto legge 4 giugno 2013, n. 63 (il “decreto”, da qui in avanti), successivamente convertito in legge (legge di conversione 3 agosto 2013, n. 90).

Direttiva e decreto costituiscono la base normativa che ha portato alla stesura di questo volume. Nei prossimi paragrafi esamineremo l'una e l'altro con un certo dettaglio.

## **1.2. La Direttiva 2010/31/UE: concetti di base**

La Direttiva 2010/31/UE si basa su alcuni concetti fondamentali, molti dei quali fanno così la loro comparsa nel panorama normativo. Vediamo i principali:

- *edificio ad energia quasi zero*: indica un edificio con una elevatissima prestazione energetica (da calcolarsi come descritto nell'Allegato I alla direttiva). Il fabbisogno di energia – quasi nullo, o comunque molto piccolo – deve essere soddisfatto, per una parte significativa, con energia da fonti rinnovabili, prodotta sul posto o poco lontano;
- *sistema tecnico per l'edilizia*: apparecchiatura tecnica al servizio di un edificio (o di una unità immobiliare), la quale provvede al riscaldamento, al raffreddamento, alla ventilazione, alla produzione di acqua calda, all'illuminazione o ad una combinazione di queste funzioni;
- *prestazione energetica di un edificio*: è la quantità – calcolata o misurata – di energia necessaria per poter utilizzare l'edificio in modo “tipico”. Comprende, tra l'altro, l'energia impiegata per il riscaldamento, il raffreddamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda, l'illuminazione;
- *energia da fonti rinnovabili*: è l'energia che origina da fonti rinnovabili non fossili. Comprende: l'energia del vento e quella del sole; il calore estratto dall'aria, dalla terra, dall'acqua; l'energia oceanica e quella idrica; l'energia contenuta nella biomassa, nei gas di discariche o di impianti di trattamento fognari, nel biogas;
- *involucro di un edificio*: è l'insieme degli elementi che separano l'interno di un edificio dall'ambiente esterno;
- *unità immobiliare*: all'interno di un edificio, è una sezione (ad esempio, un piano o un appartamento) progettata per essere usata separatamente;
- *ristrutturazione importante di un edificio*: è un intervento di rifacimento che soddisfi una delle due condizioni seguenti (la scelta è lasciata a ciascuno Stato Membro):
  - a) il costo complessivo dell'intervento sull'involucro dell'edificio (o sui sistemi tecnici per l'edilizia) supera il 25% del valore dell'edificio stesso (valutato escludendo il valore del terreno);
  - b) l'intervento interessa più del 25% della superficie dell'involucro dell'edificio.
- *attestato di prestazione energetica*: è un documento che attesta la prestazione energetica di un edificio o di un'unità immobiliare. Viene riconosciuto da uno Stato Membro, direttamente o per tramite di un organismo delegato. Lo Stato Membro sceglie anche il metodo di calcolo della prestazione energetica, secondo i principi stabiliti dalla direttiva;
- *cogenerazione*: è la produzione simultanea, in un unico processo, di calore e di energia elettrica, oppure di calore e di energia meccanica;
- *livello ottimale in funzione dei costi*: è il livello di prestazione energetica che dà luogo al costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato. Il costo più basso viene determinato in base ai costi energetici per investimenti,

manutenzione, esercizio e smaltimento. Si tiene conto, inoltre, dell'energia risparmiata, della categoria dell'edificio e di altro ancora. La stima del ciclo di vita economico è lasciata a ciascuno Stato Membro; i requisiti di prestazione energetica possono essere fissati per un edificio nel suo complesso, oppure per singoli elementi di esso;

- *teleriscaldamento, telerinfrescamento*: è la distribuzione di energia a scopo di riscaldamento o raffreddamento, al servizio di ambienti oppure di processi industriali. La distribuzione avviene sotto forma di vapore, di acqua calda o di liquidi raffreddati: a partire da un luogo di produzione centralizzato, questi vengono condotti, attraverso una rete, fino ad una molteplicità di edifici o di siti.

### *1.2.1. Requisiti di efficienza per gli edifici*

Ciascuno Stato Membro ha la responsabilità di fissare requisiti minimi di efficienza energetica per gli edifici (o le unità immobiliari), che corrispondano a livelli ottimali in funzione dei costi.

I livelli ottimali vanno calcolati con il “metodo comparativo”, quando esso sarà disponibile. I requisiti minimi dovranno riguardare elementi edilizi facenti parte dell'involucro e che abbiano un impatto significativo sulla prestazione energetica dell'edificio. Si potrà distinguere tra edifici nuovi ed esistenti, ed anche tra diverse categorie di edifici.

I requisiti fissati andranno rivisti almeno una volta ogni cinque anni, per tenere conto del progresso tecnologico.

A discrezione di ciascuno Stato, alcune categorie di edifici potranno essere esentate dal rispetto dei requisiti minimi. Tra queste, ad esempio: edifici di particolare interesse storico o architettonico; luoghi di culto o dedicati ad attività religiose; edifici residenziali utilizzati (o che si prevede vengano utilizzati) soltanto per una parte limitata dell'anno.

Nel caso di edifici nuovi, prima di cominciare la costruzione, andrà analizzata la fattibilità (sotto il profilo tecnico, ambientale ed economico) di sistemi di approvvigionamento energetico ad elevata efficienza. In particolare: produzione in loco di energia da fonti rinnovabili; cogenerazione; teleriscaldamento o telerinfrescamento, specie se basati su fonti rinnovabili di energia; pompe di calore. L'analisi potrà riguardare singoli edifici, oppure gruppi di edifici simili che si trovino in una stessa zona.

### *1.2.2. Edifici ad energia “quasi zero”*

Entro il 2020, tutti gli edifici nuovi dovranno essere ad energia quasi zero. Tale

termine è anticipato al 2018 per i nuovi edifici che appartengano e siano occupati da pubbliche amministrazioni.

Ciascuno Stato Membro è tenuto a redigere un piano nazionale per la diffusione di edifici ad energia quasi zero. Il piano nazionale riguarderà, tra l'altro: l'applicazione pratica del concetto di edificio ad energia quasi zero, basata sulle condizioni locali; obiettivi intermedi per il miglioramento della prestazione energetica degli edifici nuovi; informazioni sui provvedimenti adottati per favorire la diffusione di edifici ad energia quasi zero.

### *1.2.3. Prestazione energetica degli edifici: sistema di certificazione*

Ciascuno Stato Membro è tenuto a stabilire un sistema per la certificazione della prestazione energetica degli edifici. L'attestato di prestazione deve riportare non solo il valore numerico che quantifica la prestazione energetica effettiva, ma anche il corrispondente valore minimo richiesto (valore di riferimento). L'intento è consentire al proprietario (o al locatario) dell'edificio di valutarne in modo immediato la prestazione energetica.

L'attestato deve comprendere, tra l'altro, raccomandazioni per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio, purché un tale miglioramento sia ragionevolmente possibile. Può inoltre essere compresa una stima del tempo di ritorno dei relativi investimenti.

Le singole unità immobiliari possono essere certificate:

- sulla base di una certificazione comune riferita all'intero edificio, oppure
- con riferimento ad un'altra unità immobiliare, che faccia parte dello stesso edificio e che abbia le stesse caratteristiche energetiche.

Nel caso di un edificio unifamiliare, la certificazione può basarsi su valutazioni relative ad un altro edificio, simile a quello per dimensioni, caratteristiche progettuali e prestazioni energetiche. La corrispondenza tra i due edifici deve essere garantita dal soggetto che redige l'attestato.

L'attestato di prestazione energetica non può avere un periodo di validità superiore a dieci anni.

A parte alcune limitate eccezioni, l'attestato di prestazione energetica va redatto per tutti gli edifici (o unità immobiliari) che vengono costruiti, venduti o affittati ad un nuovo conduttore. Va redatto, inoltre, per ogni edificio occupato da una amministrazione pubblica e con frequente accesso di pubblico, se la superficie utile è superiore a 500 m<sup>2</sup>. Tale soglia si abbasserà a 250 m<sup>2</sup> a partire dal 9 luglio 2015. Allorché un edificio, o una unità immobiliare, viene costruito, venduto o affittato, l'attestato di prestazione energetica deve essere consegnato all'acquirente (ovvero al conduttore, secondo i casi), in originale oppure in copia. Gli indicatori

## 2. Caso studio: abitazione isolata nell'Italia centrale; buon isolamento termico; caldaia unica per riscaldamento e per ACS

### 2.1. Generalità

Per illustrare il metodo di calcolo della prestazione energetica, si propone qui il caso di una abitazione isolata nell'Italia centrale. La superficie utile (superficie calpestabile) è pari a 106 metri quadrati. I gradi giorno della località sono 1550 (zona climatica: D). L'edificio, composto da un solo piano, è servito da una caldaia che provvede sia al riscaldamento che alla produzione di acqua calda.

Per valutare il fabbisogno di calore dell'abitazione occorre anzitutto stimare le perdite di calore che essa subisce.

### 2.2. Perdite per trasmissione

La principale causa di perdite termiche in un edificio è la trasmissione di calore attraverso gli elementi (pareti esterne, finestre ecc.) che ne separano lo spazio interno dall'ambiente esterno; tali elementi, nel loro insieme, costituiscono l'involucro dell'edificio stesso.

Consideriamo, ad esempio, una parete esterna omogenea e cerchiamo di calcolare la quantità di calore che la attraversa (potenza termica; verrà indicata con  $Q$  e misurata in watt).

$Q$  è determinata: dai materiali che compongono la parete; dalle sue caratteristiche geometriche (superficie e spessore); dalla differenza di temperatura tra le due facce (l'interna e l'esterna).

Per tenere conto, in modo sintetico, di tutto ciò, è possibile procedere come segue:

- si attribuirà alla parete un dato valore di trasmittanza. Tale grandezza, che indicheremo con  $U$ , è la potenza termica che attraverserebbe la parete se essa avesse un'area pari ad 1 metro quadrato e fosse sottoposta, tra le due facce,

ad una differenza di temperatura di un grado centigrado.  $U$  si misura quindi in watt per metro quadrato e per grado centigrado;

- si moltiplicherà poi  $U$  per l'area effettiva della parete. Si ottiene così il coefficiente di trasmissione  $H$ : esso è pari alla potenza termica che attraverserebbe la parete se la differenza di temperatura fosse pari ad un grado. Lo si misura in watt per grado centigrado ( $W/^\circ C$ );
- si moltiplicherà infine  $H$  per la differenza di temperatura (vedremo più avanti come determinarla) tra la faccia interna e l'esterna. Si ottiene così  $Q$ , espressa in watt.

Calcoliamo dunque la trasmittanza  $U$  delle pareti esterne dell'abitazione. Solitamente, tali pareti sono costituite di più strati: occorre conoscere di ciascuno il materiale che lo costituisce e lo spessore. Tutte queste informazioni si desumono dalla stratigrafia della parete, che di solito è compresa nella documentazione di progetto. Nel caso in esame, la stratigrafia porge:

- intonaco esterno (spessore: 1,5 cm; conducibilità termica: 0,55  $W/m^\circ C$ );
- muratura TVI 202C (spessore: 8 cm; conducibilità termica: 0,209  $W/m^\circ C$ );
- lastra EPS (spessore: 4 cm; conducibilità termica: 0,035  $W/m^\circ C$ );
- muratura TV 2204V (spessore: 26 cm; conducibilità termica: 0,14  $W/m^\circ C$ );
- intonaco interno (spessore: 1,5 cm; conducibilità termica: 0,55  $W/m^\circ C$ ).

Ciascuno degli strati si oppone al passaggio del calore offrendo una certa resistenza; questa è data dal rapporto tra lo spessore di quello strato e la sua conducibilità termica.

Per calcolare il potere isolante complessivo della parete, sommeremo anzitutto tutte queste resistenze. Aggiungeremo poi altri due contributi: le ulteriori resistenze offerte dai due strati d'aria immediatamente a contatto con la parete dal lato esterno (0,04) e, rispettivamente, da quello interno (0,13).

Complessivamente, avremo una resistenza termica pari a:

$$0,04 + \frac{0,015}{0,55} + \frac{0,08}{0,209} + \frac{0,04}{0,035} + \frac{0,26}{0,14} + \frac{0,015}{0,55} + 0,13 = 3,61 \text{ m}^2 \text{ }^\circ C/W$$

La trasmittanza  $U$  della parete non è altro che l'inverso di questo valore:

$$\frac{1}{3,61} = 0,28 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ C$$

Così come le pareti, anche le finestre si possono caratterizzare con un valore di trasmittanza  $U$ . Con una avvertenza: occorre tenere conto tanto del calore trasmesso attraverso la superficie vetrata, quanto di quello che attraversa il telaio. Nel caso in esame, tutte le finestre hanno la stessa trasmittanza globale, pari a 1,9  $W/m^2 \text{ }^\circ C$ .

- si moltiplica tale area per la trasmittanza della muratura – già calcolata in precedenza – ed eventualmente per il coefficiente correttivo. Si ottiene un primo coefficiente di trasmissione;
- si calcola l'area di ciascuna finestra e si moltiplica per la differenza tra due trasmittanze: quella della muratura e quella delle finestre. Se opportuno, si applica anche qui il coefficiente correttivo. Si determinano così ulteriori coefficienti di trasmissione (uno per ogni finestra): sommandoli a quello relativo alla muratura, si ottiene il coefficiente complessivo di quel prospetto;
- si ripetono i passi precedenti per ciascuno dei prospetti;
- si sommano i coefficienti di trasmissione dei vari prospetti. Si aggiungono quelli relativi al pavimento e al soffitto, per ottenere il coefficiente dell'intero involucro.

**Tabella 2.1. Calcolo del coefficiente di trasmissione ( $H_T$ )**

	Elemento	Area (m <sup>2</sup> )	Trasmittanza (W/m <sup>2</sup> °C)	Trasmittanza sostituita (W/m <sup>2</sup> °C)	Coeff. correttivo	Coeff. di trasmissione (W/°C)
		a	b	c	d	e = a · (b - c) · d
<b>Prospetto sud est</b>	Area rettangolare	48,90	0,28	0,00	1,00	13,56
	Finestra H1	1,89	1,15	0,28	1,00	1,66
	Finestra I1	1,89	1,15	0,28	1,00	1,66
	Porta A1	2,11	1,15	0,28	1,00	1,85
	Porta C1	2,11	1,15	0,28	1,00	1,85
<b>Prospetto nord ovest</b>	Area rettangolare	48,90	0,28	0,00	1,00	13,56
	Porta	2,07	1,15	0,28	1,00	1,81
	Finestra E3	0,95	1,15	0,28	1,00	0,83
	Finestra D3	0,95	1,15	0,28	1,00	0,83
	Finestra A3	1,84	1,15	0,28	1,00	1,61
<b>Prospetto nord est</b>	Area rettangolare	23,17	0,28	0,00	1,00	6,42
	Area triangolare	0,00	1,15	0,28	1,00	0,00
	Finestra G4	1,89	0,28	0,00	1,00	0,52
	Finestra G5	0,00	1,15	0,28	1,00	0,00
<b>Prospetto sud ovest</b>	Area rettangolare	23,17	0,28	0,00	1,00	6,42
	Area triangolare	0,00	1,15	0,28	1,00	0,00
	Finestra A2	7,36	1,15	0,28	1,00	6,45
	Finestra A5	0,00	1,15	0,28	1,00	0,00
<b>Copertura</b>	Area rettangolare	106,45	0,43	0,00	0,70	32,30
<b>Pavimento</b>	Area rettangolare	105,78	0,64	0,00	0,80	54,26
					TOT	145,58

$^{\circ}\text{C}$ ); la resistenza superficiale esterna, che abbiamo già incontrato ( $\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); il fattore di assorbimento solare. Quest'ultimo dipende dal colore della superficie esterna del componente; in mancanza di informazioni più precise, si può assumere pari a 0,3 nel caso di superficie chiara, oppure a 0,6 per colore medio o, infine, a 0,9 per colore scuro.

Nel caso in esame, il calcolo è quello illustrato nella tabella 2.2.

**Tabella 2.2. Calcolo dell'area di captazione solare effettiva ( $A_{sol}$ ) per i componenti opachi dell'involucro**

	$\alpha$	$R_{se}$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )	$U_c$ ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )	Area effettiva ( $\text{m}^2$ )	$A_{sol}$ ( $\text{m}^2$ )
	a	b	c	d	e = a · b · c · d
<b>Riepilogo prosp. A</b> (sud est)	0,60	0,04	0,28	40,91	0,27
<b>Riepilogo prosp. B</b> (nord ovest)	0,60	0,04	0,28	43,11	0,29
<b>Riepilogo prosp. C</b> (nord est)	0,60	0,04	0,28	21,28	0,14
<b>Riepilogo prosp. D</b> (sud ovest)	0,60	0,04	0,28	15,81	0,11

## 2.10. Superfici trasparenti: area di captazione solare effettiva

Per ciascun componente vetrato dell'involucro, l'area di captazione effettiva ( $A_{sol}$ ) si ottiene moltiplicando tra loro i seguenti fattori (tabella 2.3):

- l'area del componente ( $\text{m}^2$ );
- un fattore che tiene conto della presenza del telaio e della conseguente riduzione della radiazione entrante. Lo si indica come *fattore telaio*; in mancanza di informazioni più precise, lo si può assumere pari a 0,8;
- la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente. Valori orientativi sono riportati, per vari tipi di vetro nel prospetto 13 della UNI/TS 11300-1. Tali valori, da utilizzare quando mancano dati certi, si riferiscono ad una radiazione solare che incida ortogonalmente sul componente. Vanno moltiplicati per 0,9 per tenere conto del fatto che la direzione di incidenza è, in generale, diversa dall'ortogonale;

un ulteriore fattore di riduzione (tabella 2.3, colonna a), che tiene conto della presenza di schermature mobili. Si tratta di un fattore particolarmente difficile da determinare in modo realistico: cautelativamente, abbiamo scelto per esso (cfr. UNI/TS 11300-2; equazione 24; prospetto 15) valori che danno luogo ad una sottostima di  $A_{sol}$ . Ma su questo torneremo in seguito.

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
Edifici Residenziali			
1. INFORMAZIONI GENERALI			
Codice Certificato	2014-X-GDO	Validità	10 anni (*)
Riferimenti catastali	Civ. XXX; foglio XXX; particella XXX; subparticella XXX		
Indirizzo edificio	XXX		
Nuova costruzione	Passaggio di proprietà	X	Riqualificazione energetica
Proprietà	XXX	Telefono	XXX
Indirizzo	XXX	E-mail	XXX
2. CLASSE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO			
Edificio di classe: D			
3. GRAFICO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE GLOBALE E PARZIALI			



4. QUALITA' INVOLUCRO (raffrescamento)	I	II	III	IV	V
5. Metodologie di calcolo adottate	Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio				

6. RACCOMANDAZIONI																				
Interventi	Prestazione energetica/classe a valle del singolo intervento		Tempo di ritorno (anni)																	
1) Installaz di un pannello solare termico per produzione di ACS (superficie: 4 metri quadrati)	Classe																			
2)	Classe																			
3)	Classe																			
4)	Classe																			
5)	Classe																			
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE</b>	<b>Classe Cgl;</b>	<b>72,20</b>	<b>&lt;10 anni</b>																	
<b>7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO</b>																				
SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE	Riscaldamento SI	Raffrescamento NO	Acqua calda sanitaria SI																	
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>A+</td> <td>&lt;24,30 kWh/m2 anno</td> <td rowspan="8">           Rif legislativo : 79,19 kWh/m2 anno   <b>95,66 kWh/m2 anno</b> </td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>&lt;39,59 kWh/m2 anno</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>&lt;57,89 kWh/m2 anno</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>&lt;79,19 kWh/m2 anno</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>&lt;97,48 kWh/m2 anno</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>&lt;131,07 kWh/m2 anno</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>&lt;182,96 kWh/m2 anno</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>&gt;=182,96 kWh/m2 anno</td> </tr> </tbody> </table>				A+	<24,30 kWh/m2 anno	Rif legislativo : 79,19 kWh/m2 anno  <b>95,66 kWh/m2 anno</b>	A	<39,59 kWh/m2 anno	B	<57,89 kWh/m2 anno	C	<79,19 kWh/m2 anno	D	<97,48 kWh/m2 anno	E	<131,07 kWh/m2 anno	F	<182,96 kWh/m2 anno	G	>=182,96 kWh/m2 anno
A+	<24,30 kWh/m2 anno	Rif legislativo : 79,19 kWh/m2 anno  <b>95,66 kWh/m2 anno</b>																		
A	<39,59 kWh/m2 anno																			
B	<57,89 kWh/m2 anno																			
C	<79,19 kWh/m2 anno																			
D	<97,48 kWh/m2 anno																			
E	<131,07 kWh/m2 anno																			
F	<182,96 kWh/m2 anno																			
G	>=182,96 kWh/m2 anno																			
<b>8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI</b>																				
8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA																
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPi)	<b>72,20</b>	Indice energia primaria (EPacs)	<b>21,39</b>															
		Indice en. primaria di legge (d.lgs. 192/05)	<b>61,19</b>																	
Indice involucro (EPE,invol)		Indice involucro (EPi,invol)	<b>55,59</b>																	
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto ( $\eta_p$ )	<b>0,77</b>																	
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili	<b>NO</b>																	
<b>9. NOTE</b>																				
<p>(*) Poiché è stato impossibile prendere visione del libretto di centrale dell'impianto termico, la validità massima di dieci anni è legata alla successiva allegazione, all'APE in possesso del proprietario (o dell'acquirente, o del locatario), del libretto, opportunamente aggiornato dopo aver effettuato le operazioni di manutenzione della caldaia e di controllo dei fumi previsti per legge; al rispetto, da parte del proprietario (o dell'inquilino, o del terzo responsabile), delle disposizioni di cui all'art. 6, c. 5 del dlgs 192/2005 e all'art. 6, commi 1,2, e 3 del DM 26/6/2009 MiSE (manutenzione periodica della caldaia e controllo dei fumi). Nel caso in cui le operazioni di manutenzione e controllo dei fumi previste per legge non vengano eseguite, la validità dell'APE è limitata al 31 dicembre dell'anno successivo a quello del rilascio, intendendosi non soddisfatte le disposizioni di cui sopra.</p>																				

10. EDIFICIO					
Tipologia edilizia		Fabbricato isolato			Foto dell'edificio (non obbligatoria)
Tipologia costruttiva		Muratura con isolamento in intercapedine			
Anno di costruzione		2007	N. appartamenti	1	
Volume lordo riscaldato V (m3)		482	Sup. utile m2	106	
Superficie disperdente S (m2)		356	Zona clim./GG	D/1550	
Rapporto SV		0,74	Destinaz. d'uso	E.1	
11. IMPIANTI					
Riscaldamento	Anno di installazione	2007	Tipologia	Caldaia	
	Potenza nominale (kW)	24	Combustione	Metano	
Acqua calda sanitaria	Anno di installazione	2007	Tipologia	Caldaia	
	Potenza nominale (kW)	24	Combustione	Metano	
Fonti rinnovabili	Anno di installazione		Tipologia		
	Energia annua prodotta (kWh/kWh)				
12. PROGETTAZIONE					
Progettista architettonico					
Indirizzo				Tel/E-mail	
Progettista impianti					
Indirizzo				Tel/E-mail	
13. COSTRUZIONE					
Costruttore					
Indirizzo				Tel/E-mail	
Direttore lavori					
Indirizzo				Tel/E-mail	
14. SOGGETTO VERIFICATORE					
Ente/Organismo pubblico	Tecnico abilitato X	Energy Manager	Organismo/Società		
Nome e cognome/Denominaz.	Giuseppe Dell'Olio				
Indirizzo	Via Val di Sangro, 13 - 00141 Roma	Tel/E-mail	<a href="mailto:gdellolio@libero.it">gdellolio@libero.it</a>		
Titolo	Ingegnere				
Dichiarazione di indipendenza	Ai sensi dell'art. 3 del DPR 75/13, il sottoscritto soggetto certificatore esprime l'assenza di conflitto di interessi, ovvero di non coinvolgimento diretto o indiretto con i produttori dei materiali e dei componenti incorporati nell'edificio da certificare, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente, il quale non è né coniuge né parente fino al quarto grado.				
Informazioni aggiuntive					
15. SOPRALLUOGHI					
1) 5 marzo 2014					
2)					
3)					
16. DATI DI INGRESSO					
Progetto energetico		Rilievo sull'edificio X			
Provenienza e responsabilità	Tecnico certificatore				
	Proprietario				
17. SOFTWARE					
Denominazione			Produttore		
Ai sensi dell'art.15, comma 1 del d.lgs. 192/2005, come modificato dall'art. 12 del decreto legge 63/13 (ora legge 90/2013), il presente attestato di prestazione energetica è reso dal sottoscritto in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'art. 47 del DPR 445/2000. Si allega copia del documento di identità.					
Data emissione	15 marzo 2014		Firma del tecnico		

**Tabella 5.4. Calcolo del calore disperso per trasmissione attraverso le pareti dell'involucro ( $Q_{hr}$ ); per trasmissione attraverso i ponti termici ( $Q_{hpt}$ ); per ventilazione ( $Q_{hve}$ )**

	Temp. interna (°C)	Temp. esterna (°C)	$t$ (ore)	$H_{hr}$ (W/°C)	$Q_{hr}$ (kWh)
	a	b	c	d	$e = (a - b) \cdot c \cdot d/1000$
Gennaio	20,00	7,60	744,00	75,26	694,34
Febbraio	20,00	8,70	672,00	75,26	571,51
Marzo	20,00	11,40	744,00	75,26	481,56
Aprile	20,00	14,70	360,00	75,26	143,60
Maggio	20,00	18,50	0,00	75,26	0,00
Giugno	20,00	22,90	0,00	75,26	0,00
Luglio	20,00	25,70	0,00	75,26	0,00
Agosto	20,00	25,30	0,00	75,26	0,00
Settembre	20,00	22,40	0,00	75,26	0,00
Ottobre	20,00	17,40	0,00	75,26	0,00
Novembre	20,00	12,60	720,00	75,26	401,00
Dicembre	20,00	8,90	744,00	75,26	621,55

	Temp. interna (°C)	Temp. esterna (°C)	$t$ (ore)	$H_{pt}$ (W/°C)	$Q_{hpt}$ (kWh)
	a	b	c	f	$g = (a - b) \cdot c \cdot f/1000$
Gennaio	20,00	7,60	744,00	10,23	94,41
Febbraio	20,00	8,70	672,00	10,23	77,71
Marzo	20,00	11,40	744,00	10,23	65,48
Aprile	20,00	14,70	360,00	10,23	19,53
Maggio	20,00	18,50	0,00	10,23	0,00
Giugno	20,00	22,90	0,00	10,23	0,00
Luglio	20,00	25,70	0,00	10,23	0,00
Agosto	20,00	25,30	0,00	10,23	0,00
Settembre	20,00	22,40	0,00	10,23	0,00
Ottobre	20,00	17,40	0,00	10,23	0,00
Novembre	20,00	12,60	720,00	10,23	54,52
Dicembre	20,00	8,90	744,00	10,23	84,51

	Temp. interna (°C)	Temp. esterna (°C)	$t$ (ore)	$H_{ve}$ (W/°C)	$Q_{hve}$ (kWh)
	a	b	c	h	$i = (a - b) \cdot c \cdot h/1000$
Gennaio	20,00	7,60	744,00	44,62	411,65
Febbraio	20,00	8,70	672,00	44,62	338,83
Marzo	20,00	11,40	744,00	44,62	285,50
Aprile	20,00	14,70	360,00	44,62	85,13
Maggio	20,00	18,50	0,00	44,62	0,00
Giugno	20,00	22,90	0,00	44,62	0,00
Luglio	20,00	25,70	0,00	44,62	0,00
Agosto	20,00	25,30	0,00	44,62	0,00
Settembre	20,00	22,40	0,00	44,62	0,00
Ottobre	20,00	17,40	0,00	44,62	0,00
Novembre	20,00	12,60	720,00	44,62	237,73
Dicembre	20,00	8,90	744,00	44,62	368,49

### 5.17. La classe di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

Il valore di 31,19 kWh/m<sup>2</sup> annui che abbiamo appena determinato non ha soltanto il significato di limite da non superare. Esso serve anche a definire, per il riscaldamento dell'edificio, le otto possibili classi di prestazione energetica.

Le varie classi sono indicate con lettere, dalla A<sub>i</sub> alla G<sub>i</sub>, in ordine decrescente di prestazione. Il pedice “i” ricorda che le classi si riferiscono alla climatizzazione invernale (più oltre incontreremo l'analogo pedice “acs”, relativo alla produzione di acqua calda sanitaria). Esiste inoltre una classe A<sub>i</sub>+, caratterizzata dalle prestazioni più elevate.

A ciascuna classe corrisponde un intervallo di valori di EP<sub>i</sub>. Gli estremi dell'intervallo si ottengono, in tutti i casi, moltiplicando 31,19 per opportuni coefficienti stabiliti dal decreto 26 giugno 2009 del Ministro dello sviluppo economico.

Le classi sono dunque le seguenti:

classe A<sub>i</sub>+

- valore minimo: 0 kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $0,25 \cdot 31,19 = 7,80$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe A<sub>i</sub>

- valore minimo:  $0,25 \cdot 31,19 = 7,80$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $0,50 \cdot 31,19 = 15,60$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe B<sub>i</sub>

- valore minimo:  $0,50 \cdot 31,19 = 15,60$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $0,75 \cdot 31,19 = 23,39$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe C<sub>i</sub>

- valore minimo:  $0,75 \cdot 31,19 = 23,39$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $1 \cdot 31,19 = 31,19$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe D<sub>i</sub>

- valore minimo:  $1 \cdot 31,19 = 31,19$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $1,25 \cdot 31,19 = 38,99$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe E<sub>i</sub>

- valore minimo:  $1,25 \cdot 31,19 = 38,99$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $1,75 \cdot 31,19 = 54,58$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe F<sub>i</sub>

- valore minimo:  $1,75 \cdot 31,19 = 54,58$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo:  $2,50 \cdot 31,19 = 77,98$  kWh/m<sup>2</sup> anno

classe G<sub>i</sub>

- valore minimo:  $2,50 \cdot 31,19 = 77,98$  kWh/m<sup>2</sup> anno
- valore massimo: n.a.

Quale classe possiamo infine attribuire al nostro edificio?

Il suo indice di prestazione, pari a 27,58 kilowattora per metro quadrato e per anno, è compreso tra 23,39 e 31,19. Ciò corrisponde alla classe di prestazione C<sub>i</sub>.

### 5.18. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS)

La classe che abbiamo attribuito al nostro edificio nel paragrafo precedente riguarda unicamente – non sarà inutile rammentarlo – il consumo energetico per il suo riscaldamento. Per arrivare a definire una classe di prestazione globale occorre considerare anche altri consumi: in particolare, quello per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria dipende dal numero di persone che occupano l'appartamento. Sfortunatamente, si tratta di un dato difficilmente verificabile, poco adatto per definire una prestazione oggettiva. Si ammette allora – ragionevolmente – che il numero di occupanti sia tanto maggiore quanto più estesa è la superficie dell'appartamento: è quest'ultima, in definitiva, il parametro da considerare nel calcolo. Nel nostro caso, essa è pari a 134,60 metri quadrati.

La relazione tra il fabbisogno di ACS e la superficie è stabilita dalla UNI/TS 11300-2, e si basa sul fabbisogno giornaliero specifico. Quest'ultimo, essendo la superficie compresa tra 50 e 200 metri quadrati, è dato da:

$$4,514 \cdot 134,60^{-0,2356} = 1,42 \text{ litri al giorno, per ogni metro quadrato}$$

Il fabbisogno giornaliero di acqua calda sanitaria è dato allora da

$$1,5 \cdot 134,60 = 191,43 \text{ litri al giorno}$$

A noi interessa però un fabbisogno espresso in termini di energia termica, piuttosto che di volume. Dobbiamo cioè calcolare la quantità di calore che occorre fornire ai nostri 191 litri giornalieri di acqua potabile, per portarli dalla temperatura a cui ci vengono forniti fino a quella desiderata.

Per convertire il volume d'acqua in una quantità di calore, occorre anzitutto moltiplicare per la densità e per il calore specifico dell'acqua stessa. Si dovrà poi moltiplicare ulteriormente per la differenza tra la temperatura di fornitura dell'acqua potabile e la temperatura di utilizzo.

In mancanza di informazioni più precise, si può assumere che l'acqua potabile ci venga fornita ad una temperatura di 15 °C e che la temperatura di utilizzo sia 40 °C. La produzione di acqua calda sanitaria dà quindi luogo ad un fabbisogno giornaliero di calore pari a:

**Tabella 6.4. Calcolo del calore disperso per trasmissione attraverso le pareti dell'involucro ( $Q_{ht}$ ); per trasmissione attraverso i ponti termici ( $Q_{hpt}$ ); per ventilazione ( $Q_{hve}$ )**

	Temp. interna (°C)	Temp. esterna (°C)	$t$ (ore)	$H_{tr}$ (W/°C)	$Q_{ht}$ (kWh)
	a	b	c	d	$e = (a - b) \cdot c \cdot d/1000$
Gennaio	20,00	7,60	744,00	830,59	7662,72
Febbraio	20,00	8,70	672,00	830,59	6307,19
Marzo	20,00	11,40	744,00	830,59	5314,47
Aprile	20,00	14,70	360,00	830,59	1584,77
Maggio	20,00	18,50	0,00	830,59	0,00
Giugno	20,00	22,90	0,00	830,59	0,00
Luglio	20,00	25,70	0,00	830,59	0,00
Agosto	20,00	25,30	0,00	830,59	0,00
Settembre	20,00	22,40	0,00	830,59	0,00
Ottobre	20,00	17,40	0,00	830,59	0,00
Novembre	20,00	12,60	720,00	830,59	4425,40
Dicembre	20,00	8,90	744,00	830,59	6859,37

	Temp. interna (°C)	Temp. esterna (°C)	$t$ (ore)	$H_{pt}$ (W/°C)	$Q_{hpt}$ (kWh)
	a	b	c	f	$g = (a - b) \cdot c \cdot f/1000$
Gennaio	20,00	7,60	744,00	49,97	460,99
Febbraio	20,00	8,70	672,00	49,97	379,44
Marzo	20,00	11,40	744,00	49,97	319,72
Aprile	20,00	14,70	360,00	49,97	95,34
Maggio	20,00	18,50	0,00	49,97	0,00
Giugno	20,00	22,90	0,00	49,97	0,00
Luglio	20,00	25,70	0,00	49,97	0,00
Agosto	20,00	25,30	0,00	49,97	0,00
Settembre	20,00	22,40	0,00	49,97	0,00
Ottobre	20,00	17,40	0,00	49,97	0,00
Novembre	20,00	12,60	720,00	49,97	266,23
Dicembre	20,00	8,90	744,00	49,97	412,66

	Temp. interna (°C)	Temp. esterna (°C)	$t$ (ore)	$H_{ve}$ (W/°C)	$Q_{hve}$ (kWh)
	a	b	c	h	$i = (a - b) \cdot c \cdot h/1000$
Gennaio	20,00	7,60	744,00	122,51	1130,23
Febbraio	20,00	8,70	672,00	122,51	930,29
Marzo	20,00	11,40	744,00	122,51	783,87
Aprile	20,00	14,70	360,00	122,51	233,75
Maggio	20,00	18,50	0,00	122,51	0,00
Giugno	20,00	22,90	0,00	122,51	0,00
Luglio	20,00	25,70	0,00	122,51	0,00
Agosto	20,00	25,30	0,00	122,51	0,00
Settembre	20,00	22,40	0,00	122,51	0,00
Ottobre	20,00	17,40	0,00	122,51	0,00
Novembre	20,00	12,60	720,00	122,51	652,73
Dicembre	20,00	8,90	744,00	122,51	1011,74

Tabella 6.5. Calcolo degli apporti gratuiti di origine solare ( $Q_{sol}$ ) e di origine interna ( $Q_{int}$ )

	$t$ (ore)	$FI_{sol}$ (W)	$Q_{sol}$ (kWh)	$FI_{int}$ (W)	$Q_{int}$ (kWh)
	a	b	$c = a \cdot b/1000$	d	$e = a \cdot d/1000$
Gennaio	744	2037,46	1516	450,00	334,80
Febbraio	672	2789,37	1874	450,00	302,40
Marzo	744	3898,31	2900	450,00	334,80
Aprile	360	5129,10	1846	450,00	162,00
Maggio	0	6309,48	0	450,00	0,00
Giugno	0	6860,23	0	450,00	0,00
Luglio	0	7194,83	0	450,00	0,00
Agosto	0	6214,28	0	450,00	0,00
Settembre	0	4863,80	0	450,00	0,00
Ottobre	0	3622,78	0	450,00	0,00
Novembre	720	2319,72	1670	450,00	324,00
Dicembre	744	1756,90	1307	450,00	334,80

I bilanci mensili di energia sono infine, per tutta la stagione di riscaldamento, quelli illustrati nella tabella 6.6.

Tabella 6.6. Bilancio termico mensile

	$Q_{htr}$ (kWh)	$Q_{hpt}$ (kWh)	$F \cdot FI \cdot t$ (kWh)	$Q_{hve}$ (kWh)	$Eta$	$Q_{int}$ (kWh)	$Q_{sol}$ (kWh)	$Q_h$ (kWh)
	a	b	c	d	e	f	g	$h = (a + b + c + d) - e \cdot (f + g)$
Gennaio	7662,72	460,99	917,14	1130,23	1,00	334,80	1515,87	8320,41
Febbraio	6307,19	379,44	828,38	930,29	1,00	302,40	1874,46	6268,48
Marzo	5314,47	319,72	917,14	783,87	1,00	334,80	2900,34	4104,91
Aprile	1584,77	95,34	443,78	233,75	0,85	162,00	1846,47	649,68
Maggio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Giugno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luglio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Settembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ottobre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	4425,40	266,23	887,55	652,73	1,00	324,00	1670,20	4237,97
Dicembre	6859,37	412,66	917,14	1011,74	1,00	334,80	1307,14	7558,97
							TOT	31140,42

Come può vedersi, gli apporti gratuiti intervengono nel bilancio non direttamente, ma dopo essere stati moltiplicati per il fattore mensile di utilizzo. Sommando i valori risultanti dal bilancio dei vari mesi (colonna h), si ottiene la quantità di calore complessiva che occorre fornire allo spazio riscaldato per mantenerlo alla temperatura desiderata durante tutta la stagione di riscaldamento.

#### *6.14.1. Considerazioni ulteriori*

Non sarà inutile, a questo punto, qualche considerazione sull'importanza relativa di alcuni dei termini che contribuiscono alla dispersione complessiva di calore. Su base annuale, il termine più importante appare la trasmissione attraverso le pareti dell'involucro esterno dell'edificio: si tratta di oltre il 73% della dispersione totale. Ciò conferma – se ve ne fosse bisogno – il vantaggio derivante da un buon isolamento termico dell'involucro stesso.

Balza però agli occhi, per il suo peso percentuale, un'altra forma di dispersione: quella attraverso i ponti termici. Pur minore della prima, essa ammonta tuttavia ad oltre il 4% del totale. Vantaggi sono dunque da attendersi anche dalla eliminazione (o almeno dalla parziale “correzione”) dei ponti termici. Tanto più che essa non richiede, sull'edificio, che interventi localizzati e quindi non troppo onerosi: il rapporto costi-benefici è, insomma, assai favorevole.

Per convincersene, è sufficiente un confronto con gli interventi per ridurre la dispersione attraverso le pareti: si tratta, in quel caso, di intervenire su superfici estese (ad esempio, applicandovi pannelli isolanti), con costi presumibilmente maggiori, a parità di risultato.

La radiazione verso la volta celeste, pur con il suo 11% del totale, è di scarsa importanza. Basterà osservare, a suo riguardo, che la riducono efficacemente quegli stessi provvedimenti che già si adottano per diminuire la trasmissione attraverso l'involucro (aumento dell'isolamento termico).

Sulla dispersione per ventilazione, infine, non vi è molto da dire, sebbene essa rappresenti l'11% della dispersione totale. In questo caso, infatti, le possibilità di miglioramento sono intrinsecamente limitate dalla necessità di garantire una ventilazione sufficiente. Non resta che ricorrere, quando possibile, a scambiatori che consentano di recuperare in parte il calore contenuto nell'aria in uscita e di utilizzarlo per riscaldare quella in ingresso. Naturalmente, gli effettivi vantaggi di un tale intervento andranno preventivamente verificati con un'analisi accurata.

### **6.15. Riscaldamento: dal calore all'energia primaria**

Considerato per sé solo, il calore totale che abbiamo calcolato nel paragrafo precedente non ha grande importanza. Più interessante, invece, la quantità di energia