

2016

# IMPIANTI TERMOTECNICI - VOLUME III VERIFICA E CERTIFICAZIONE ENERGETICA



**FILE: IMPIANTI TERMOTECNICI - VOLUME 3 - 16.DOCX**  
**AUTORE: GIULIANO;CAMMARATA**  
**DATA: 21 AGOSTO 2016**

[www.giulianocammarata.it](http://www.giulianocammarata.it)  
[cammaratagiuliano@gmail.com](mailto:cammaratagiuliano@gmail.com)

La riproduzione a scopi didattici di quest'opera è libera da parte degli utenti purché non siano cancellati i riferimenti all'Autore sopra indicati.  
Non sono consentiti usi commerciali di alcun genere senza il consenso dell'Autore

## STRUTTURA DEL VOLUME

<b>1.</b>	<b><u>INTRODUZIONE</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>LA GESTIONE DELL'ENERGIA NEGLI EDIFICI</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>VERIFICA ENERGETICA DEGLI EDIFICI</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b>4.</b>	<b><u>LA NORMA INTERNAZIONALE UNI EN ISO 13790:2008</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b>5.</b>	<b><u>NUOVE NORME UNI TS 11300</u></b>	<b><u>62</u></b>
<b>6.</b>	<b><u>NUOVA NORMA UNI 10349:2016</u></b>	<b><u>167</u></b>
<b>7.</b>	<b><u>D.LGS. 28/2011 - PROMOZIONE DELLE FER</u></b>	<b><u>178</u></b>
<b>8.</b>	<b><u>LE RACCOMANDAZIONI DEL CTI</u></b>	<b><u>190</u></b>
<b>9.</b>	<b><u>DIRETTIVA 2010/31/CE</u></b>	<b><u>197</u></b>
<b>10.</b>	<b><u>LEGGE 90/2013</u></b>	<b><u>203</u></b>
<b>11.</b>	<b><u>DECRETO LEGISLATIVO N. 102/2014</u></b>	<b><u>213</u></b>
<b>12.</b>	<b><u>DM 26/06/2015 - NUOVI DECRETI ATTUATIVI</u></b>	<b><u>216</u></b>
<b>13.</b>	<b><u>CERTIFICAZIONE ENERGETICA - CENNI STORICI</u></b>	<b><u>260</u></b>
<b>14.</b>	<b><u>DECRETI ATTUATIVI SULLA CERTIFICAZIONE</u></b>	<b><u>279</u></b>
<b>15.</b>	<b><u>NUOVA CERTIFICAZIONE ENERGETICA – DM 26/06/2015</u></b>	<b><u>282</u></b>
<b>16.</b>	<b><u>INDAGINI ENERGETICHE SUGLI EDIFICI</u></b>	<b><u>307</u></b>
<b>17.</b>	<b><u>STRUMENTI DI INDAGINE SUGLI EDIFICI</u></b>	<b><u>327</u></b>
<b>18.</b>	<b><u>RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA EDIFICI</u></b>	<b><u>343</u></b>

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 LE NORME SULLA VERIFICA ENERGETICA E SULLA CERTIFICAZIONE DEGLI EDIFICI

A seguito delle varie crisi energetiche, l'Europa ha deciso di intervenire nell'uso dell'energia cercando di limitare le importazioni di idrocarburi con due azioni a tenaglia:

*Utilizzare le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER);*

*Ridurre i consumi energetici per usi civili ed industriali.*

A partire dal 1976, con la L. 373/76, il Legislatore ha cercato di limitare i consumi energetici negli edifici con una serie di leggi e norme tecniche che hanno legato le prestazioni energetiche a due parametri fondamentali di progetto: il rapporto di forma  $S/V$  dell'edificio (quindi in qualche modo la sua architettura) e i gradi-giorno ( $GG$ , legati al clima) del luogo.

Alla 373/76 è seguita la L. 10/91 e poi, in seguito al recepimento della direttiva 2002/91/CE, il D.Lgs. 192/05 (che ha introdotta la *certificazione energetica degli edifici*) al quale sono seguite una pletera di altre norme e decreti attuativi ancora in corso ai nostri giorni.

La direttiva 2010/31/CE sugli edifici *QZE (Quasi Zero Energia)* è stata recepita con il decreto 63/2013 che aggiorna ancora il D.Lgs. 192/05. Tuttavia mancano ancora i decreti attuativi.

Infine, quale recepimento della direttiva 2009/28/CE, è stato emesso il D.Lgs. 28/2011 che impone l'utilizzo di fonti rinnovabili con una quota variabile dal 20%, fino al 31/12/2013, al 50% a partire dal 1/01/2017.

Quest'ultimo decreto unitamente all'applicazione delle norme sugli edifici a *QZE* costituiscono la base legislativa e normativa per la progettazione degli impianti meccanici degli edifici.

Questi, infatti, non debbono più essere visti come un'aggiunta più o meno artificiosa degli edifici stessi, come strutture posticce da applicare indipendentemente dall'architettura e dalle prestazioni degli edifici. Adesso gli impianti meccanici debbono far parte integrale, in un unico organismo architettonico-impiantistico, dell'edificio in quanto i suoi componenti sono indispensabili e irrinunciabili per raggiungere gli obiettivi che le leggi e le norme richiedono.

La nuova sfida progettuale è proprio quella di una piena integrazione degli impianti negli edifici e di progettare questi ultimi con una nuova filosofia che li veda come parte attiva nelle prestazioni energetici (edilizia passiva, architettura bioclimatica, ...).

A ottobre del 2014 si è avuta la pubblicazione delle nuove norme UNI TS 11300:2014 che introducono molte variazioni rispetto all'edizione del 2008. Ora si possono avere più centrali termiche, ciascuna dotata di più sottosistemi per fornire i servizi di riscaldamento, raffrescamento, Acqua Calda Sanitaria (ACS), Ventilazione meccanica controllata (VMC). L'applicazione di queste norme è piuttosto onerosa in termini di calcoli ed ha richiesto l'aggiornamento di tutto il software disponibile in Italia.

Nel 2015 si ha la pubblicazione dei decreti attuativi, DM 26/06/2015, della L. 90/2013 di recepimento della direttiva europea 2010/31/CE che entrano in vigore il 1/10/2015.



Questi decreti sostituiscono i precedenti decreti attuativi della D.Lgs. 192/05 (cioè il DPR 59/09 e il DM 06/09) con nuove modalità di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e di certificazione energetica (*Nuove Linee Nazionali*).

Il nuovo insieme di decreti attuativi innova molto il quadro di riferimento normativo per l'energetica degli edifici ed introduce nuove metodologie di calcolo basate, come indicato dalla stessa direttiva 2010/31/CE, il concetto di *edificio di riferimento* al quale riferirsi sia per le caratteristiche termofisiche dell'involucro degli edifici che per le caratteristiche degli impianti di climatizzazione. Si tratta di innovazioni non solo metodologiche ma anche progettuali che certamente influenzeranno le procedure progettuali in modo incisivo. Almeno si spera! Queste innovazioni portano ad un cambiamento sostanziale anche per il software di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e per il rilascio dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE).

## 1.2 STRUTTURA DEL VOLUME

A partire dall'emanazione della direttiva europea 2002/91/CE si è avuto un susseguirsi di decreti, norme e regolamenti che hanno reso tutta la problematica alquanto complessa.

La trattazione completa di tutte le norme tecniche sull'argomento della verifica energetica e sulla certificazione energetica degli edifici ha richiesto la predisposizione di un volume dedicato che tenesse conto sia delle norme attuali che delle norme apparentemente superate dalle nuove norme ma che possono risultare utili per verifiche riferite ad un'epoca diversa dall'attuale.

Pertanto gli argomenti principali (*verifica energetica e certificazione energetica*) sono esposti in sequenza storica per maggiore utilità del lettore.

Nel volume sono affrontati anche i temi delle indagini energetiche negli edifici e la riqualificazione energetica che interessa gran parte del parco edilizio esistente.

Buon lavoro.

Catania domenica 21 agosto 2016

Prof. Ing. Giuliano Cammarata

## 2. LA GESTIONE DELL'ENERGIA NEGLI EDIFICI

### 2.1 LE PROBLEMATICHE ENERGETICHE

Le crisi energetiche prima e quelle finanziarie più recenti hanno sensibilizzato gli stati e l'Unione Europea ad una politica energetica che può essenzialmente riassumersi in tre direttrici:

- 1) riduzione dei consumi energetici sia nel settore industriale che in quello terziario;
- 2) miglioramento delle efficienze energetiche dei componenti e degli impianti;
- 3) utilizzo di fonti di energia rinnovabili (FER).

Quanto detto è esplicitamente indicato nella direttiva del 18/12/2009, la 2009/28/CE, nota anche come *direttiva clima-energia 20-20-20* corrispondenti ai traguardi di riduzione dei consumi del 20%, di riduzione della CO<sub>2</sub> ed utilizzo di *Fonti Energetiche Rinnovabili (FER)* per il 20%.

Nazione	Quota di energia da fonti rinnovabili sul consumi finale di energia, 2005	OBIETTIVO quota di energia da fonti rinnovabili sul consumi finale di energia, 2020
Belgio	2,2 %	13 %
Bulgaria	9,4 %	16 %
Repubblica Ceca	6,1 %	13 %
Danimarca	17,0 %	30 %
Germania	5,8 %	18 %
Estonia	18,0 %	25 %
Irlanda	3,1 %	16 %
Grecia	6,9 %	18 %
Spagna	8,7 %	20 %
Francia	10,3 %	23 %
<b>Italia</b>	<b>5,2 %</b>	<b>17 %</b>
Cipro	2,9 %	13 %
Lettonia	32,6 %	40 %
Lituania	15,9 %	23 %
Lussemburgo	0,9 %	11 %
Ungheria	4,3 %	13 %
Malta	0,0 %	10 %
Paesi Bassi	2,4 %	14 %
Austria	23,3 %	34 %
Polonia	7,2 %	15 %
Portogallo	20,5 %	31 %
Romania	17,8 %	24 %

Tabella 1: Obiettivi nazionali per il 2020 per le FER assegnati ai vari stati

Questi limiti sono rivisti nella nuova Direttiva denominata **Clima – Energia 2030**, del gennaio 2014, che prevede la riduzione del 40% delle emissioni di CO<sub>2</sub>, il 27% di utilizzo delle fonti rinnovabili ed il 20% di efficientamento energetico degli impianti. Questi nuovi valori rappresentano un significativo passo avanti rispetto alla direttiva del 2009 che prevedeva aliquote del 20% per ciascun settore.

Nel settore terziario una percentuale di circa il 40% del consumo totale di energia si ha nell'edilizia (pubblica e privata) e ciò giustifica l'interesse dell'UE ad azioni politiche e tecniche atte a ridurre i consumi energetici in questo settore.

La direttiva **2002/91/CE** introduce per prima il pacchetto di norme *EPBD* sul miglioramento dell'efficienza energetica e sulla certificazione energetica degli edifici. La nuova direttiva **2010/31/CE** sostituisce, a partire dal 2012, la precedente direttiva EPBD ed introduce il concetto di **Edifici a Quasi Zero Energia**. In Italia la direttiva *EPBD* è stata recepita con il D.Lgs. 192/95 e successive modificazioni mentre la **EPBD Recast** (come viene chiamata la **2010/31/CE**) è stata recepita con la L. 90/2013 i cui decreti attuativi sono stati emanati nel 2015.

La direttiva **2009/28/CE** introduce indicazioni sull'utilizzo delle fonti di energia rinnovabili negli edifici, in attuazione della direttiva clima-energia. In Italia tale direttiva è stata recepita con il **D.Lgs. 28/2011** che introduce norme sull'utilizzo delle *FER* con una percentuale di integrazione del 50% a partire dal 2017, sempre sui nuovi edifici. Inoltre la direttiva 2010/31/CE ridefinisce gli standard di efficienza energetica negli edifici (nuova EPBD) introducendo l'obiettivo di avere edifici di nuova costruzione a *quasi zero energia* (QZE) a partire dal 2020 per edilizia privata e dal 2018 per l'edilizia pubblica.

Non sfugge l'azione a tenaglia che il Legislatore vuole realizzare: da un lato vuole ridurre i consumi energetici degli edifici (direttiva 2010/31/CE) e dall'altro vuole incrementare il contributo delle fonti rinnovabili. Tuttavia non è immaginabile agire su un edificio tradizionale con bassa o scarsa efficienza energetica. Occorre intervenire su un edificio che già di suo ha un comportamento energetico virtuoso, cioè un edificio che sia *quasi zero energia* e cioè che richieda un'integrazione energetica esterna molto bassa. Del resto se l'utilizzo di fonti rinnovabili, quale l'energia solare (sia termica che fotovoltaica) richiede la disponibilità di ampie superfici attrezzate non si può pensare di soddisfare il requisito del 50% di integrazione di FER con la superficie disponibile in copertura degli edifici o in aree di pertinenza.

La conseguenza di questo semplice ragionamento è che occorre cambiare i canoni progettuali attualmente utilizzati verso criteri più conservativi. In pratica occorre fin dall'inizio del processo progettuale immaginare un comportamento passivo dell'edificio in modo da ridurre al massimo l'apporto energetico esterno e quindi anche di FER.

Anche la progettazione impiantistica deve tenere conto del cambiamento del soggetto architettonico e deve ricercare tipologie impiantistiche più congruenti sia con la nuova tipologia di edifici che con la migliorata efficienza energetica dei componenti meccanici.

In definitiva gli edifici QZE<sup>1</sup> (*Quasi Zero Energia*) debbono scaturire da una sinergia progettuale fra le varie componenti architettoniche ed impiantistiche.

Così, ad esempio, una vetrata non ha solamente funzioni visive (la trasparenza consente la comunicazione fra gli spazi interni ed esterni) e di illuminazione ma può divenire un elemento fondamentale di una serra addossata, un muro esterno esposto a sud può diventare un componente fondamentale di un sistema *Trombe-Michell* o anche di un sistema *Barra - Costantini*. Il terreno sottostante ed adiacente all'edificio può diventare essenziale per l'utilizzo geotermico a bassa entalpia.

Un edificio passivo è di fatto un collettore solare naturale in cui ogni elemento architettonico costitutivo ha una funzione anche termo-fluidodinamica e climatologica. In definitiva l'edilizia passiva deve adottare i canoni tipici dell'*Architettura Bioclimatica*.

Lo studio degli edifici vernacolari diviene essenziale per meglio comprendere i meccanismi bioclimatici sperimentati per secoli negli edifici antichi. Occorre analizzare quelle forme, quei materiali, quelle tipologie edilizie nel loro contesto territoriale.

---

<sup>1</sup> La direttiva europea 2010/31/CE li indica come edifici *near Zero Energy Building (nZEB)*.

Un altro concetto importante per la progettazione di edifici QZE è l'ottimizzazione funzionale di ogni componente. Così, ad esempio, occorre ridurre il più possibile i ponti termici con un'accurata progettazione delle giunzioni, della stratigrafia delle pareti, della posizione dell'isolante, etc.

## 2.2 EDIFICI A ZERO ENERGIA

La problematica della riduzione dei fabbisogni energetici negli edifici risale già al periodo delle prime crisi energetiche in occasione delle guerre arabo – israeliane. Già negli anni 'settanta si parlava di case passive a *zero energia*. Lo spirito con cui vennero affrontate queste tematiche sono ancora oggi frutto di interessanti considerazioni.

Anche l'ASHRAE<sup>2</sup> ha sviluppato studi sul tema dei **Zero Energy Building, ZEB**, e in genere si accetta la definizione di **ZEB** come *“un edificio residenziale o terziario con una richiesta di energia globale annuale molto esigua (edifici passivi) e tale da potere essere soddisfatta dalla produzione di energia da fonti rinnovabili in situ”*.

Questa definizione sottende un bilancio continuo fra la domanda energetica e la produzione locale con fonti rinnovabili.

Un tale edificio risulta più complesso da progettare dovendo contare solamente sulla proprie disponibilità energetica e tenendo conto di eventuali sfasamenti fra produzioni energetiche (ad esempio solari) ed utilizzo. In pratica uno ZEB può essere distaccato dalle reti energetiche esterne rimando del tutto autosufficiente.

Meno stringente e certamente più facili da progettare possono essere i **NZEB<sup>3</sup>** (*Net Zero Energy Building*) che, a differenza degli ZEB, presentano *“nell'arco di un anno solare una somma algebrica dei flussi energetici in ingresso e in uscita pari a zero”*.

In definitiva non occorre che istante per istante ci sia un equilibrio fra flussi energetici entranti ed uscenti ma mediamente nell'arco di un anno questi flussi energetici debbono pareggiarsi. In questo caso giocano un ruolo fondamentale gli accumuli energetici e l'interconnessione in rete degli edifici.

Così, ad esempio, il problema dello sfasamento fra la produzione di energia solare fotovoltaica (durante il giorno) e il momento di utilizzo (durante la sera o anche di notte) viene risolto riversando nella rete elettrica esterna l'energia prodotta in eccesso e prelevandola quando l'energia prodotta è in difetto rispetto alle esigenze dell'edificio. Si suol dire che l'edificio è *grid connected* e la rete (*grid*) funge da accumulo energetico. La stessa osservazione può farsi per l'energia eolica autoprodotta.

Un discorso più ampio può essere fatto anche fra bilanci stagionali che possono essere positivi (cioè si produce più energia di quanta richiesta) in estate e negativa in inverno. Il bilancio complessivo viene effettuato nel medio periodo pari ad un anno solare.

Il bilancio dei flussi energetici deve essere effettuato all'interno di un *volume di controllo* dell'edificio ed eventualmente delle sue zone di pertinenza.

Si osservi che ci si può riferire all'energia, ad esempio espressa in kWh/(m<sup>2</sup>.a), ma anche ad altri indicatori quali, ad esempio, quelli economici (costo annuo di energia in €/m<sup>2</sup>) o di inquinamento (emissioni di CO<sub>2</sub>). In tutti i casi il bilancio annuale nullo non significa costo energetico nullo o emissione di CO<sub>2</sub> nulle.

Un concetto meno vincolante del *Net Zero Energy Buildings(NZEB)* è quello di *Net near Zero Energy Buildings, NnZEB*: si tratta di edifici ad altissima prestazione energetica e tali da richiedere

---

<sup>2</sup> American Society of Heating Refrigerating Air Engineering

<sup>3</sup> Si ponga attenzione al simbolismo: **NZEB** è acronimo di Net Zero Energy Building mentre **nZEB** è acronimo di near Zero Energy Building.

un fabbisogno energetico molto basso a sua volta quasi del tutto bilanciato da fonti energetiche rinnovabili in loco o nelle vicinanze.

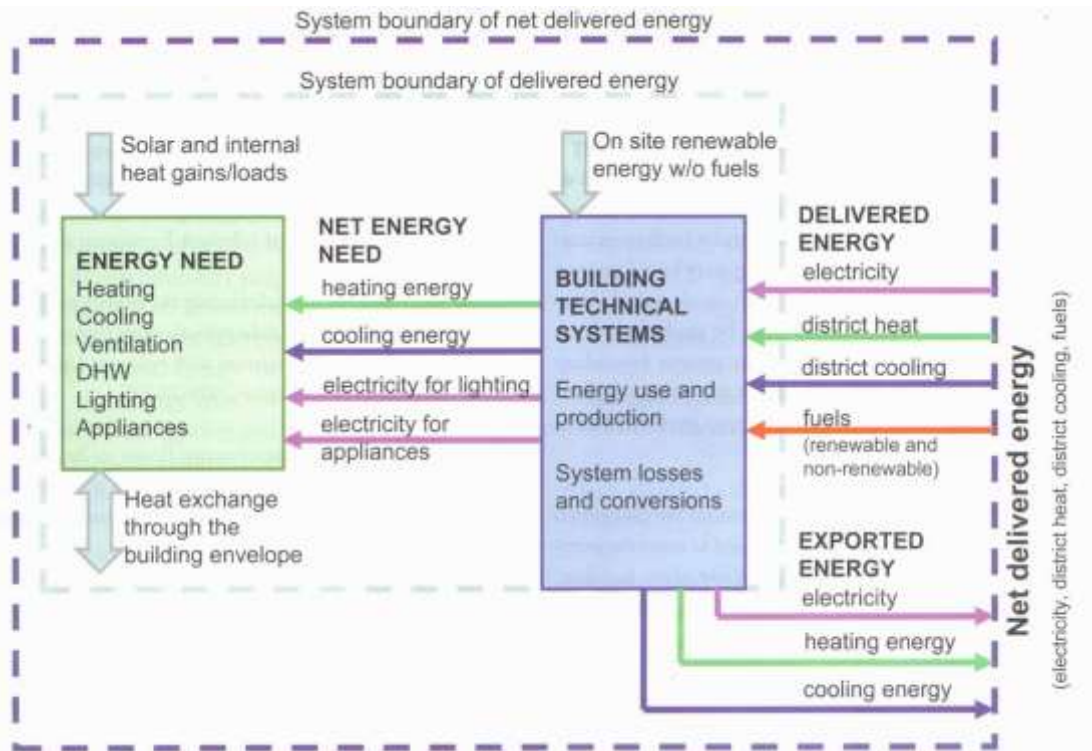


Figura 1: Volume di controllo dell'edificio ai fini degli scambi energetici

Gli edifici NnZEB faranno molto uso di energia elettrica ed utilizzeranno prevalentemente pompe di calore con alimentazione elettriche per raggiungere i limiti che l'UE fisserà entro breve tempo. Questi edifici sostituiranno gli nZEB (vedi dopo) ed avranno nuove regole di progettazione e verifica.

Sul concetto di bilancio quasi nullo l'Unione Europea ha impostato la sua definizione di *Near Zero Energy Buildings (nZEB)*, come si vedrà nel successivo paragrafo.

Da quanto detto appare chiara l'importanza delle pompe di calore che si presentano come i generatori termici del futuro. Esse si prestano ad un utilizzo polifunzionale (vedi Vol. 2° sul riscaldamento degli edifici) e forniscono una buona quota di energia rinnovabile.

Di recente si stanno sviluppando nuovi criteri progettuali che tengono conto dei criteri di risparmio energetico anche per l'urbanistica. Ad esempio un criterio applicato in Danimarca è il *Consumo Di Zona, CDZ*, inteso come **consumo globale per abitante e per anno** per la vita normale in un quartiere (*Zona*) considerando, oltre ai consumi energetici degli edifici, anche quello per il mantenimento della Zona (ad esempio illuminazione) e per gli spostamenti mediante mezzi pubblici. Detto indice tiene conto anche dell'orografia della zona. I consumi di zona raggiungono valori di **10-20 MWh/abitante/anno**.

Si vedrà nel prosieguo come la problematica della riduzione dei consumi energetici nel terziario (e nell'edilizia in particolare) porta ad avere un minore consumo dovuto ai carichi termici degli edifici stessi e ad una maggiore efficienza dei componenti di impianto. Inoltre l'inizio della validità della direttiva **FER (Fonti Energetiche Rinnovabili)** a partire dal 01/06/2011 con integrazione al 20% dell'energia primaria lega fortemente l'impiantistica meccanica agli edifici.

## 3. VERIFICA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

### 3.1 INTRODUZIONE ALLA PROBLEMATICAZIONE

Fra gli impianti di climatizzazione parziali sono da ascrivere gli impianti di riscaldamento che controllano solamente la temperatura interna durante il periodo invernale e gli impianti di raffrescamento per la stagione estiva. Entrambe queste tipologie di impianti controllano solamente la temperatura degli ambienti ma non l'umidità relativa.

Gli impianti di climatizzazione sono soggetti in Italia a numerose norme e leggi che impongono una metodologia di calcolo ben precisa e non modificabile che i progettisti (sia termotecnici che architetturati) debbono rispettare.

Per quasi un secolo i criteri della progettazione degli impianti di riscaldamento hanno visto le problematiche formali proprie dell'Architettura prevalere su quelle funzionali impiantistiche.

A seguito delle crisi energetiche, originatesi negli anni 'settanta con le guerre arabo – israeliane, ci si è resi conto che i tali criteri progettuali non erano più in sintonia con le esigenze temporali che dalle crisi energetiche stavano scaturendo. Tutti gli stati, soprattutto quelli europei energeticamente dipendenti dagli approvvigionamenti petroliferi, hanno cominciato a limitare i consumi energetici in tutti i settori.

L'edilizia rappresenta, come già segnalato, circa il 40% dei consumi totali e pertanto si è cominciato a limitare i consumi energetici degli edifici con norme sia nazionali (in Italia si iniziò con la L. 373 del 1976) che europee (mediante varie direttive, come si è indicato in precedenza).

L'effetto di queste leggi, norme, decreti e regolamenti è quello di ridurre i consumi energetici degli edifici da 250-300 kWh/(m<sup>2</sup>anno) a 10-30 kWh/(m<sup>2</sup>anno).

Per comprendere la portata di questi obiettivi basta osservare che il potere calorifico inferiore (*p.c.i.*) del gasolio corrisponde a circa 10 kWh/Litro e pertanto i consumi specifici sopra indicati dovrebbero passare dai 25-30 L/m<sup>2</sup> a 1-3 L/m<sup>2</sup>.

Il passaggio fra il vecchio modo di progettare gli edifici (definito dall'allora *Commissione Europea* come *energeticamente incosciente*) ed il nuovo modo (di cui si farà cenno nel prosieguo) ha richiesto negli ultimi due decenni l'emanazione di una notevole quantità di norme e regolamenti, tali da creare una possibile confusione sia per il numero che per la variabilità delle stesse norme che vengono continuamente aggiornate e/o modificate.

Dal punto di vista operativo le norme italiane prima (L. 10/91) ed europee dopo (dalla direttiva 91/2002/CE in poi) richiedono due momenti principali di calcolo:

1. La **verifica energetica** degli edifici: questa procedura ha lo scopo di limitare i consumi energetici globali annui per gli impianti di climatizzazione degli edifici. Essa si applica agli edifici nuovi o ristrutturati con varie indicazioni di tipologie di intervento (vedi nel prosieguo il DM 59/09 e il DM 26/06/2015 sui requisiti minimi degli edifici). Questa verifica va fatta in sede di progetto e va rendicontata con una relazione tecnica specifica al Comune di appartenenza;



2. La **certificazione energetica** degli edifici: questa procedura è predisporre una sorta di certificato energetico degli edifici, sia nuovi che esistenti. Viene determinato un consumo annuo di energia per gli impianti di climatizzazione e questo consumo viene poi utilizzato per classificare l'edificio secondo una scala energetica opportunamente predisposta. L'attestato di prestazione energetica (ACE), prima della L. 90/2013, o l'attestato di prestazione energetica (APE), a partire dalla L. 90/2013, hanno validità di dieci anni e debbono essere indicati negli atti di compravendita o anche negli annunci pubblicitari di affitto degli immobili.

Nei prossimi capitoli si vedranno separatamente le procedure di verifica energetica e di certificazione energetica. Queste ultime possono essere effettuate solamente dai soggetti abilitati alla professione di Certificatore Energetico ed iscritti in appositi albi regionali.

Poiché è sempre possibile che debbano essere fatte verifiche energetiche per epoche diverse da quella attuale, si riportano tutti i riferimenti legislativi e normativi dalla L. 10/91 fino al recente DM 26/06/2015.

Qualora si desideri conoscere le procedure valide oggi si può omettere la lettura dei capitoli che si riferiscono al quadro normativo antecedente all'1/10/2015.

### 3.2 PROCEDURE PER LA VERIFICA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

La verifica energetica è necessaria ed obbligatoria<sup>4</sup> e deve essere rendicontata agli uffici tecnici comunali mediante una specifica relazione tecnica secondo un formato indicato dalla normativa vigente.

Lo scopo della verifica energetica, già a partire dalla L. 10/91, è quello di limitare i consumi energetici medi annui. Questo può essere raggiunto in primo luogo coibentando le pareti degli edifici ed utilizzando infissi a bassa trasmittanza termica. Queste azioni sono pertanto rivolte all'involucro degli edifici e costituiscono una sorta di interventi passivi da effettuare già in fase di progettazione.

Successivamente alla direttiva 2010/31/CE alla riduzione dei consumi energetici globali si è aggiunta la necessità di rendere gli edifici a quasi zero energia (nZEB) e quindi di fare in modo che gli edifici (nuovi e/o ristrutturati) abbiano alte prestazioni energetiche (cioè bassi indici di prestazione energetica) ricorrendo anche a fonti energetiche rinnovabili (FER).

Quest'ultima necessità, sancita anche e principalmente dal D.Lgs. 28/2011, deriva dall'obbligo di ridurre l'energia primaria non rinnovabile e di garantire che la quota di energia rinnovabile (QR) sia non inferiore al 35% oggi e 50% dal 1/01/2017.

Pertanto oltre alle usuali considerazioni energetiche introdotte dalla precedente L. 10/91 si aggiungono oggi gli obblighi derivanti dal DM 26/06/2015 e dal D.Lgs 28/2011 di utilizzare sia direttamente le FER (ad esempio pannelli solari termici e fotovoltaici, pale eoliche, ...) che componenti di impianto ad alte prestazioni e che utilizzino meno energia non rinnovabile (ad esempio le **pompe di calore** e le **caldaie a biomassa** forniscono un'elevata percentuale di utilizzo di energia rinnovabile mentre le caldaie a metano o a gasolio no).

In definitiva la verifica energetica può essere effettuata agendo sinergicamente con:

*L'ottimizzazione dell'involucro: cioè incrementando l'isolamento termico dei componenti edilizi;*

*L'ottimizzazione delle prestazioni energetiche degli impianti: cioè scegliendo tipologie di impianto e/o componenti di impianto ad alte prestazioni in modo da aumentare il più possibile il rendimento globale di impianto;*

---

<sup>4</sup> Le leggi, i decreti e le norme tecniche relative alla verifica energetica degli edifici sono cogenti.

**L'utilizzo delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER):** cioè l'integrazione nell'edificio di impianti che utilizzano le FER quali i collettori solari termici, i pannelli fotovoltaici, le mini turbine eoliche, le fonti geotermiche, il teleriscaldamento, la cogenerazione termica.

### 3.3 UNA RETROSPETTIVA STORICA SULLA LEGISLAZIONE ITALIANA

La prima legge che pose il problema della riduzione dei consumi negli edifici fu la L. 373/76 (entrata in vigore nel 1978) che proponeva alcune procedure di calcolo per la verifica solamente dell'isolamento termico degli edifici.

Questa Legge, sostituita dalla L. 10/91, limitava la potenza termica dei generatori introducendo degli indici specifici ( $C_g$ ,  $C_d$  e  $C_v$  descritti nel prosieguo) che dovevano risultare inferiori ai valori limiti tabellati per zona climatica e per il rapporto S/V fra la superficie lorda disperdente ed il volume lordo riscaldato.

Essa non indicava alcun limite sulle prestazioni energetiche degli edifici.

Con la direttiva europea 91/2002/CE (direttiva EPBD) si è posta l'esigenza di costruire (e/o ristrutturare) edifici con prestazioni energetiche elevate e tali da ridurre sensibilmente i consumi energetici nell'edilizia. Da questo punto di vista la L. 10/91 era già avanti ma le norme europee, unitamente ad un insieme di norme definite *umbrella documents*, ha dettato vincoli ancora più stringenti fino ad arrivare, con la direttiva 2010/31/CE (EPBD recast), agli edifici a quasi zero energia.

### 3.4 LA LEGGE 10/91 SUL RISPARMIO ENERGETICO

Successivamente alla prima legge 376/76, la L. 10/91 e il suo regolamento di esecuzione DPR 412/93 modificavano in parte quanto la L. 373/76 aveva per circa vent'anni fissato, introducendo un limite non più alla potenza massima della caldaia (o del generatore in genere) bensì alla **quantità di energia** che nell'arco di un anno è possibile consumare per il riscaldamento ambientale.

Essa modificava l'impianto normativo che la precedente L. 373/76 aggiungendo una notevole quantità di calcoli di verifica aggiuntivi che rendevano il calcolo relativo alla L. 10/91 uno dei più onerosi per la progettazione termotecnica nell'edilizia.

L'aver imposto non più la potenza massima ma l'energia massima utilizzabile (detta *FEN Fabbisogno Limite Normalizzato*) ha in un certo senso reso più semplice<sup>5</sup> l'impiantistica ma a spese di un maggiore isolamento termico, a parità di condizioni rispetto alla precedente L. 373/76.

La L.10/91<sup>6</sup> si componeva, essenzialmente, di due corpi distinti (ma interdipendenti): il corpo legislativo (dato dal testo della L. 10/91 e dal DPR 412/93) e il corpo normativo (*dato dall'insieme delle norme UNI emesse in attuazione delle disposizioni di legge*).

Per quanto riguarda i criteri di calcolo e di progettazione, il citato D.P.R. 412/93 rimandava ad una serie di norme UNI che ne facevano parte integrante.

---

<sup>5</sup> La maggior potenza del generatore è elemento essenziale per ridurre il tempo di accensione dell'impianto. La necessità di aumentare il carico termico per l'avviamento nasce proprio dall'esigenza di ridurre a tempi brevi il tempo necessario al raggiungimento delle condizioni di regime stazionario (cioè 20 °C interni). Maggiore è la potenza del generatore rispetto al minimo pari al carico termico e minore sarà il tempo di salita della temperatura interna degli ambienti. Con la L. 373/76 non era possibile maggiore la potenza del generatore, se non per l'esposizione delle pareti, e ciò rendeva più problematica la riduzione del transitorio di avviamento. La L. 10/91 non imponeva più il limite della potenza massima del generatore e quindi è stato possibile avere un generatore che fornisse, almeno nella fase di avviamento, una maggiore potenza rispetto a quella minima del carico termico. Occorre, però, limitare il consumo annuo di energia e quindi si è costretti a limitare principalmente le dispersioni termiche attraverso le pareti e gli infissi.

<sup>6</sup> Si tenga presente che la L. 10/91 è stata quasi del tutto abrogata dal D.Lgs. 192/05 e successivamente dalla L. 90/2013 con i suoi nuovi regolamenti attuativi, DM 26/06/2015. Questa trattazione è solo un riferimento storico in quanto superata dalla normativa vigente. Essa resta valida per calcoli riferiti agli anni di validità della stessa L. 10/91.



Successivamente è stato emesso il D.Lgs 192 del 19/08/2005, di recepimento della direttiva 2002/91/CE, entrato in vigore l'8/10/2005 (ed integrato dal D.Lgs 311/06) che ha modificato sostanzialmente l'applicazione della L. 10/91.

Le verifiche di picco ed energetica introdotte dalla L. 10/91 sono state eliminate e sostituite da verifiche più semplici ma, si spera, egualmente efficaci ai fini del risparmio energetico quali la verifica delle trasmittanze termiche degli elementi disperdenti (opachi verticali ed orizzontali e dei componenti vetrati) e la verifica del consumo energetico specifico annuo (espresso in  $kWh/m^2\text{-anno}$ ).

Va inoltre detto che a seguito del recepimento della direttiva 2002/91/CE (detta EPBD) le regioni hanno piena autonomia nella gestione energetica del territorio. Pertanto diverse regioni, soprattutto quelle del Nord Italia e le provincia autonome di Trento e Bolzano hanno già emesso norme che si discostano da quelle esaminate in sede nazionale. La *clausola di cedevolezza* (art. 17 del D.Lgs 192/05) stabilisce che le norme del decreto 192/05 e dei decreti ministeriali applicativi nelle materie di legislazione concorrente si applicano per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto al recepimento della suddetta direttiva 2002/91/CE.

I progettisti debbono, quindi, informarsi sia sulle norme nazionali che sulle norma regionali di loro pertinenza.

La successiva direttiva europea 2010/31/CE (detta *EPBD Recast*) ha sostituito la precedente 2002/91/CE ed è stata recepita dalla L. 90/2013 ora in vigore in Italia. Questa direttiva introduce il concetto di *Edificio a Quasi Zero Energia* e segna una svolta importante anche per la progettazione degli edifici.

Le nuove norme attuative, DM 26/06/2015 in vigore dal 1/07/2015, sostituiscono tutte le precedenti modificando ampiamente le procedura di calcolo e verifica delle prestazioni energetiche degli edifici.

Infine il D.Lgs. 28/2011 che recepisce la direttiva 2009/2/CE sulle FER, obbliga ad integrare negli edifici le fonti energetiche rinnovabili in percentuali che vanno dagli attuali 35% al 50% dal 1/01/2017. Questo decreto legislativo è stato inglobato nel DM 26/06/2015 ora in vigore.

#### **3.4.1 D.P.R. N. 551/99 E SUE MODIFICHE AL D.P.R. 412/93**

Il 21 dicembre 1999 è stato emanato il *DPR 551/99* che apporta alcune modifiche al *DPR 412/93* in alcuni articoli e in particolare recepisce la direttiva europea 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua calda alimentate con combustibili liquidi e gassosi e anche per uniformarsi alla sentenza della *Corte di Giustizia Europea* che ha condannato lo Stato Italiano per non avere autorizzato l'installazione di caldaie murali di tipo B1 (*che richiedono la ventilazione dei locali e che pure sono conformi alle direttive europee sulla sicurezza*) ma solo quelle di tipo C che non richiedono (*apparentemente!*) ventilazione dei locali.

Con il nuovo decreto si dice che si possono utilizzare anche le caldaie di tipo B1 con l'obbligo di praticare un'apertura di  $0,4\text{ m}^2$  pari ad quadrato di  $0,65\text{ m}$  di lato. E' cambiata anche la normativa sul rendimento minimo dei generatori termici (vedi più avanti per altri dettagli).

Viene inoltre fissato l'obbligo per le costruzioni autorizzate dopo il 30 giugno 2000 a contabilizzare il calore in ogni unità abitativa. Le caratteristiche dei coibenti termici sono ora adeguate alla necessità di offrire anche un'adeguata permeabilità al vapore.

Sono poi aggiornate le norme per il *Terzo Responsabile*

### 3.4.2 DECRETO 13/12/2003

Approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991 n. 10, attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici.

Il decreto approva e riporta i modelli da utilizzare per la compilazione della relazione tecnica da depositare presso gli uffici comunali, nei seguenti casi:

- a) opere relative ad edifici di nuova costruzione o a ristrutturazione di edifici (con riferimento all'intero sistema edificio-impianto termico);
- b) opere relative agli impianti termici di nuova installazione in edifici esistenti e opere relative alla ristrutturazione degli impianti termici;
- c) sostituzione dei generatori di calore.

### 3.5 CRITERI DI CALCOLO PER L'APPLICAZIONE DELLA L. 10/91

Le procedure di calcolo indicate dal DPR 412/93 prevedevano, fino all'entrata in vigore dei decreti attuativi del D.Lgs. 192/05 e del D.Lgs. 311/06 prima e del DM 26/06/2015 ora, una serie di verifiche che possiamo suddividere in due fasi ben distinte.

#### 3.5.1 CRITERI GENERALI DI APPLICAZIONE DELLA L. 10/91

L'applicazione di questa legge richiedeva **due fasi** distinte di calcolo e verifica: nella prima si calcolano alcuni parametri caratteristici relativi alle capacità dispersive degli edifici (in particolare il  $C_d$  e il  $C_g$ ) che si confrontavano con i valori massimi consentiti per tipologia edilizia e per zona climatica, nella seconda si calcolava il  $FEN$  dell'edificio e lo si confrontava con il  $FEN_{limite}$  indicato dalla norma.

La L. 10/91, come pure la L. 373/76 prima di essa, catalogava gli edifici in base alla loro destinazione d'uso e classifica il territorio italiano in sei zone climatiche. Il parametro utilizzato per la classificazione delle suddette zone è il *Numero dei Gradi-Giorno* (GG). Tale classificazione è ancora valida. Il numero dei gradi-giorno rappresenta un parametro oggettivo perfettamente calcolabile per ciascuna zona climatica e località e definiti come indicato nel prosieguo.

Quanto indicato per le fasi 1 e 2 vale per l'applicazione della L. 10/91 nei casi in cui ciò sia ancora possibile, ad esempio per una verifica di edifici riferita a tempi di applicazione della citata L. 10/91. Negli altri casi si applica ormai il D.Lgs. 311/06 e successivi aggiornamenti e, a partire dalla data di pubblicazione, i nuovi decreti attuativi della L. 90/2013 che entrano in vigore il 1/07/2015.

#### 3.5.2 FASE 1: CARICO TERMICO DI PICCO DI RISCALDAMENTO E VERIFICA DI ISOLAMENTO

Per determinare il carico termico di un edificio occorre calcolare tutte le possibili perdite di energia fra edificio e ambiente esterno nell'ipotesi di regime stazionario.

Le procedure di calcolo presuppongono la scelta di una temperatura di progetto interna ed una di progetto esterna, entrambe supposte costanti ai fini del calcolo. Varie norme tecniche sono state emanate per la corretta selezione di questi valori.

Qui basta osservare che sia la L. 373/76 prima e la L. 10/91 con il suo Regolamento di esecuzione *DPR 412/93* ora fissano<sup>7</sup> di norma la temperatura interna di progetto a 20 °C con una

---

<sup>7</sup> Sono ammesse deroghe solo in casi particolari, quali ad esempio ospedali, asili infantili.

tolleranza<sup>8</sup> di  $\pm 2^\circ\text{C}$ . La temperatura esterna di progetto è selezionata in base alle tabelle predisposte dalle UNI-10344 per ogni Comune d'Italia e pertanto anche questo valore risulta obbligato nella fase di calcolo del carico termico.

La procedura di calcolo del carico termico di riscaldamento è in gran parte ancora<sup>9</sup> codificata nella norma UNI-7357/74 e quindi il calcolo delle dispersioni termiche (viene di norma trascurato l'apporto<sup>10</sup> delle sorgenti solari e interne) è effettuato relativamente a:

- dispersioni attraverso le strutture murarie verso l'ambiente esterno;
- dispersioni attraverso le strutture verso ambienti interni non riscaldati o a diversa temperatura rispetto a quella di progetto;
- dispersioni attraverso ponti termici delle strutture murarie, porte, finestre,...;
- dispersione mediante ventilazione dei locali.

Pertanto il bilancio energetico suddetto si riduce molto divenendo:

$$Q_{\text{uscente}} = Q_{\text{impianto}}$$

con :

$$Q_{\text{uscente}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ponti termici}} + Q_{\text{ventilazione}}$$

e in particolare:

$$Q_{\text{uscente}} = \underbrace{\sum_{i=1}^n K_i S_i \Delta T_i}_{\text{Elementi Disperdenti}} + \underbrace{\sum_j \psi_j l_j \Delta T_j}_{\text{Ponti Termici}} + \underbrace{\sum_k n_k V_k c_{pa} \rho (t_{i,k} - t_e)}_{\text{Ventilazione Ambienti}} \quad [1]$$

ove vale il simboli sono i seguenti:

- $K_i$  *Trasmittanza termica della generica parete,  $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$*
- $S_i$  *Superficie disperdente della generica parete,  $\text{m}^2$*
- $\Delta T_i$  *Differenza di temperatura per la generica parete,  $^\circ\text{C}$*
- $\psi_j$  *fattore lineare per il generico ponte termico,  $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ,*
- $l_j$  *lunghezza di dispersione del generico ponte termico,  $\text{m}$ ,*
- $n_k$  *Numero di ricambi orari del generico ambiente,  $1/\text{h}$ ,*
- $V_k$  *Volume interno del generico ambiente,  $\text{m}^3$ ,*
- $t_{i,k}$  *Temperatura interna del generico ambiente,  $^\circ\text{C}$*
- $t_e$  *Temperatura esterna di progetto,  $^\circ\text{C}$*
- $c_{pa}$  *calore specifico a pressione costante dell'aria,  $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$*

<sup>8</sup> La tolleranza non è concessa per avere una temperatura più elevata rispetto ai  $20^\circ\text{C}$  nominali ma per ridurre le possibilità di formazione di condense superficiali nelle pareti. Vedi dopo la verifica Glaser.

<sup>9</sup> In realtà questa norma è seguita solo parzialmente perché superata dal DPR 412/93 e dalle norme UNI-10344, 10346 e 10349. Per la parte relativa al carico termico convenzionale la UNI 7357/74 è seguita come regola generale ad esclusione delle maggiorazioni previste per l'intermittenza.

<sup>10</sup> Questi contributi non sono trascurabili per l'applicazione della L. 10/91, come si dirà nel prosieguo, in base alla UNI-10344 per il calcolo del FEN (*fabbisogno Energetico Normalizzato*).

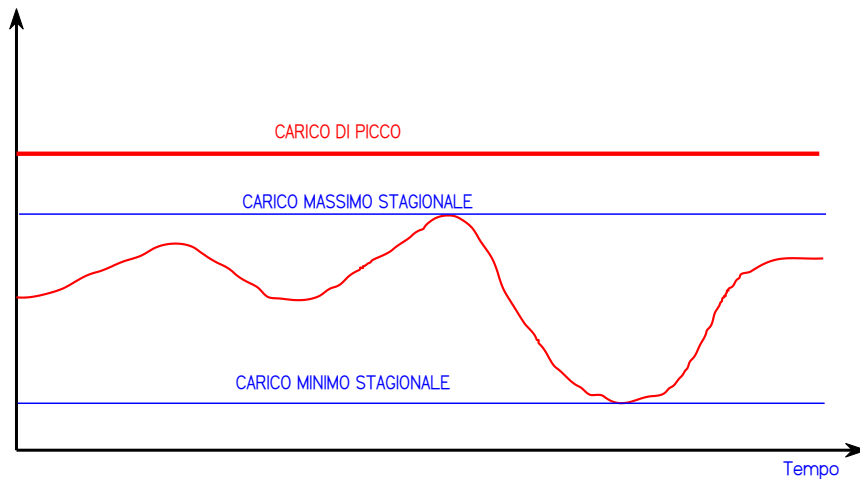


Figura 2: Rapporto fra carico di picco e carico giornaliero

Il calcolo delle singole trasmittanze termiche viene effettuato con i metodi della *Fisica Tecnica* e dipende dai materiali e dalla stratigrafia delle pareti disperdenti (sia esterne che interne) e delle superfici vetrate.

### Caratterizzazione delle capacità dispersive degli edifici

Le caratteristiche dispersive degli edifici sono sintetizzabili in un *coefficiente di dispersione volumico*<sup>11</sup>  $C_d$  dato dall'espressione:

$$C_d = \frac{\Phi_{trasmesso}}{V \cdot \Delta T_{progetto}} \quad [4]$$

ove si ha:

- $\Phi_{trasmesso}$  Flusso per trasmissione attraverso l'involucro, W,
- $V$  Volume lordo riscaldato,  $m^3$ ,
- $\Delta T_{progetto}$  Differenza di temperatura di progetto,  $(t_i - t_e)$ , °C.

$C_d$  rappresenta la potenza dispersa per trasmissione attraverso l'involucro, dato dalla somma dei disperdimenti attraverso le pareti e i ponti termici, per unità di volume riscaldato e per differenza di temperatura (fra interno a 20 °C ed esterno a temperatura  $t_e$ ) di 1°C.

Il valore di progetto di  $C_d$  deve sempre risultare inferiore ad un  $C_{d,max}$  che il DPR 412/93 impone in funzione del sito e del rapporto geometrico  $S/V$  fra *superficie disperdente* e *volume riscaldato*, come indicato nella tabella seguente.

Si definisce anche un *coefficiente di dispersione per ventilazione* definito dalla relazione:

$$C_v = \frac{n \cdot V \cdot c_a \cdot \rho \cdot \Delta T_p}{V \cdot \Delta T_a} = n \cdot c_a = 0.34 \cdot n \quad (\text{S.I.}) \quad [5]$$

ove  $n$  è il numero di ricambi orari. Per le normali abitazioni è  $n=0.5$  e pertanto  $C_v=0.5 \times 0.34 = 0.17$  ( $W/m^3K$ ). Si definisce poi un *coefficiente globale di perdita* la somma di  $C_d$  e di  $C_v$ , cioè:

$$C_g = C_d + C_v$$

<sup>11</sup> Questa verifica viene cancellata dal D.Lgs 192/05 e sostituita dalla verifica prestazionale delle trasmittanze delle pareti, solai, pavimenti e superfici vetrate che debbono essere inferiori, a secondo della zona climatica, ai valori limite superiori indicate dalla stessa nuova normativa (vedi più avanti). Si riporta in questa sede la verifica del  $C_d$  in attesa dei decreti attuativi del D.Lgs 192/05.

Questo parametro caratterizza tutte le perdite (per dispersione e per ventilazione) di un edificio.

Rapporto S/V (Superficie disperdente/Volume)								
Gradi giorno	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
600	0.49	0.59	0.68	0.78	0.87	0.97	1.06	1.16
700	0.48	0.57	0.67	0.76	0.85	0.95	1.04	1.13
800	0.47	0.56	0.65	0.74	0.83	0.92	1.02	1.11
900	0.46	0.55	0.64	0.73	0.81	0.90	0.99	1.08
1000	0.45	0.54	0.62	0.71	0.80	0.88	0.97	1.05
1100	0.44	0.53	0.61	0.69	0.78	0.86	0.94	1.03
1200	0.44	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00
1300	0.43	0.51	0.58	0.66	0.74	0.82	0.90	0.98
1400	0.42	0.50	0.57	0.65	0.72	0.80	0.87	0.95
1500	0.41	0.48	0.56	0.63	0.70	0.78	0.85	0.93
1600	0.40	0.47	0.54	0.61	0.69	0.76	0.83	0.90
1700	0.39	0.46	0.53	0.60	0.67	0.74	0.81	0.88
1800	0.37	0.44	0.51	0.58	0.65	0.72	0.78	0.85
1900	0.36	0.43	0.50	0.56	0.63	0.70	0.76	0.83
2000	0.35	0.42	0.48	0.55	0.61	0.67	0.74	0.80
2100	0.34	0.40	0.47	0.53	0.59	0.65	0.72	0.78
2200	0.34	0.40	0.46	0.52	0.59	0.65	0.71	0.77
2300	0.33	0.39	0.46	0.52	0.58	0.64	0.71	0.77
2400	0.33	0.39	0.45	0.51	0.58	0.64	0.70	0.76
2500	0.32	0.38	0.45	0.51	0.57	0.63	0.70	0.76
2600	0.32	0.38	0.44	0.50	0.57	0.63	0.69	0.75
2700	0.31	0.37	0.44	0.50	0.56	0.62	0.68	0.75
2800	0.31	0.37	0.43	0.49	0.56	0.62	0.68	0.74
2900	0.30	0.36	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.74
3000	0.30	0.36	0.42	0.48	0.55	0.61	0.67	0.73

Tabella 2: Cd massimi previsti dal DPR 412/93

### 3.5.3 FASE 2: CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Il DPR 412/93 introduce il concetto che un edificio non possa utilizzare più di una quantità massima di energia per il riscaldamento invernale (o meglio per il periodo convenzionale di riscaldamento). Esso, quindi, definisce un *Fabbisogno Limite Normalizzato*<sup>12</sup> (*FEN*) per la climatizzazione invernale dato dalla relazione:

$$FEN = \frac{Q_{st}}{GG \cdot V} \quad [6]$$

ove si ha:

*FEN* Fabbisogno Energetico Normalizzato, kJ/m<sup>3</sup>GG,

*Q<sub>st</sub>* Fabbisogno energetico convenzionale, kJ,

*GG* Gradi Giorno del sito, °Cgg,

*V* Volume lordo riscaldato, m<sup>3</sup>.

In base alla precedente equazione il *Fabbisogno Energetico Normalizzato (FEN)* è dato dall'energia primaria necessaria per mantenere gli ambienti alla temperatura di 20 °C, compresi un opportuno ricambio d'aria e l'energia per le apparecchiature ausiliarie (pompe, bruciatore, ...), per il periodo di riscaldamento fissato per la zona climatica di appartenenza. In pratica la *UNI-10344* indica le modalità di calcolo del *FEN* che deve tenere conto delle seguenti quantità di energia:

<sup>12</sup> Il D.Lgs 192/05 ha cancellato la verifica del *FEN* sostituendola con la verifica del fabbisogno energetico medio annuo (espresso in kWh/m<sup>2</sup>.anno) che deve risultare inferiore ad un valore limite ottenuto in funzione del rapporto S/V e della zona climatica, vedi nel prosieguo le tabelle. Anche se la verifica del *FEN* non è più richiesta il suo calcolo risulta necessario al fine del calcolo del nuovo indice di prestazione energetica.

- *Energia primaria immessa nella centrale termica (da gasolio, gas, energia elettrica);*
- *Apporti solari gratuiti forniti all’edificio;*
- *Apporti gratuiti dovuti a tutte le sorgenti interne (persone, cucine, elettrodomestici, illuminazione);*
- *Energia dispersa per trasmissione e ventilazione attraverso le pareti esterne dell’edificio;*
- *Energia dissipata per la distribuzione del calore e per la regolazione termica.*

Il *FEN* di progetto deve essere sempre inferiore ad una quantità di energia massima, detta *FEN<sub>lim</sub>* che il DPR 412/93 dice di calcolare mediante la relazione:

$$FEN_{lim} = \left[ (C_d + 0.34n) - k_u \left( \frac{0.01 \cdot I}{\Delta T_m} + \frac{a}{\Delta T_m} \right) \right] \frac{86.4}{\eta_g} \quad [7]$$

ove vale il seguente simbolismo:

- *C<sub>d</sub>* coefficiente di dispersione volumica dell’edificio, W/m<sup>3</sup>.K
- *n* numero di ricambi orari, 1/h,
- *0.34* calore specifico dell’aria per unità di volume, Wh/m<sup>3</sup>.K
- *I* media oraria della radiazione solare, W/m<sup>2</sup>,
- *0.01* valore convenzionale della superficie all’assorbimento solare totale per m<sup>3</sup>, (1/m),
- *a* valore degli apporti interni, (W/m<sup>3</sup>),
- *k<sub>u</sub>* fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti,
- *86.4* costante di conversione da W/m<sup>2</sup>.K a kJ/m<sup>3</sup>.GG
- *η<sub>g</sub>* rendimento globale medio stagionale.

Il valore del *rendimento medio stagionale* è dato dalla relazione:

$$\eta_g = (65 + 3 \text{Log } P_n) \quad \% \quad [8]$$

dove *P<sub>n</sub>* è la potenza utile nominale del generatore (o del complesso di generatori) espressa in kW<sup>13</sup>. Come si vede il *FEN<sub>lim</sub>* tiene conto di tutte le quantità di energia in gioco con riferimento ad edificio a comportamento ideale. Qualora risulti *FEN > FEN<sub>lim</sub>* occorre rivedere tutto il progetto essendo il *FEN* funzione di tutti i flussi energetici e del *C<sub>d</sub>* che dipende, a sua volta, anche dal *fattore di forma S/V* e quindi dall’architettura dell’edificio.

### 3.5.4 LA VERIFICA ENERGETICA DELLA L. 10/91

L’applicazione della L. 10/91 non è semplice dovendosi far riferimento a numerose norme tecniche<sup>14</sup> emesse a seguito del DPR 412/93. Occorre effettuare numerosi calcoli, spesso ripetitivi e tediosi, secondo un algoritmo procedurale che qui si schematizza:

*Individuare il periodo di riscaldamento per data zona climatica secondo la seguente tabella<sup>15</sup>:*

Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	Zona F
121 Giorni <sup>16</sup>	121 Giorni	137 Giorni	166 Giorni	180 Giorni	Senza Limite

Tabella 3: Periodo convenzionale di riscaldamento

La UNI TS 11300/1 cambia il periodo di riscaldamento secondo la nuova tabella:

<sup>13</sup> Il D.Lgs 192/05 modifica questa espressione nella seguente:  $\eta_g = (75 + 3 \text{Log } P)$  rendendo questa verifica molto più difficile che in precedenza. Di fatto questo significa che si dovranno utilizzare generatori ad alto rendimento.

<sup>14</sup> Si tratta di *norme cogenti* e quindi obbligatorie per la progettazione definita *a regola d’arte*.

<sup>15</sup> Il periodo di riscaldamento per la zona A indicato dalla UNI TS 11300/1 è di 106 giorni.

<sup>16</sup> Con il DPR 59/09 il periodo di riscaldamento per la zona A scende a 105 giorni dal 15 dicembre al 31 marzo.

Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	Zona F
116 Giorni <sup>17</sup>	121 Giorni	137 Giorni	166 Giorni	180 Giorni	Senza Limite

Tabella 4bis: Periodo convenzionale di riscaldamento aggiornato

*Individuazione della destinazione d'uso dell'edificio secondo quanto indicato dal DPR 412/93 e riporto nella seguente tabella 6. Per ciascuna tipologia il DPR 412/93 prevede sia la temperatura interna di progetto (solitamente pari a 20 °C) che il numero di ricambi orari.*

*Per data località ove l'edificio risiede valutare i parametri climatici essenziali: temperatura esterna media mensile, radiazione solare globale media mensile sui diversi orientamenti, velocità del vento. L'Italia è suddivisa in zone di vento secondo la mappa di figura 1. A ciascuna zona corrispondono velocità minime, massime e medie e direzioni prevalenti date dalle tabelle CNR-UNI alle quali si rimanda per un maggiore approfondimento.*

*Suddivisione dell'edificio in zone termiche aventi ciascuna una determinata temperatura interna, qualora sussistano i presupposti della deroga dai 20 °C imposti dal DPR 412/93.*

*Calcolo dei valori mensili dell'energia dispersa per trasmissione e ventilazione,  $Q_L$ , attraverso tutti gli elementi disperdenti.*

*Calcolo degli apporti gratuiti medi mensili solari interni ed esterni,  $Q_{si}$  e  $Q_{se}$ , di ciascuna zona termica.*

*Calcolo degli apporti gratuiti interni medi mensili,  $Q_i$ , di ciascuna zona.*

*Calcolo del Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti (solari ed interni),  $\eta_u$ .*

*Calcolo del fabbisogno energetico utile medio mensile per ciascuna zona,  $Q_h$ .*

*Calcolo dei rendimenti che tengono conto dell'intermittenza, dell'attenuazione notturna (se presente) delle caratteristiche di emissione dei corpi scaldanti,  $\eta_e$ , e delle caratteristiche del sistema di regolazione termica,  $\eta_c$ .*

*Calcolo del fabbisogno energetico mensile utile per ciascuna zona.*

*Calcolo del fabbisogno energetico mensile utile dell'edificio, data dalla somma estesa a tutte le zone del fabbisogno energetico mensile utile di zona, come calcolato precedentemente.*

*Calcolo dei rendimenti di distribuzione del fluido vettore,  $\eta_d$ , e del rendimento del generatore di energia primaria,  $\eta_p$ .*

*Calcolo del fabbisogno medio mensile di energia primaria,  $Q$ .*

*Calcolo dell'energia totale annua prodotta dal generatore.*

*Calcolo del fabbisogno annuale di energia primaria.*

Il calcolo di ciascuna grandezza sopra indicata richiede l'applicazione delle norme UNI 10344 e 10349. Queste risultano complesse e laboriose, come schematizzato nelle figure 2 e 3. Qui si fornisce un breve schema applicativo.

Va osservato che l'impianto calcolistico della L. 10/91 è ancora valido pur con alcune modifiche introdotte dal DPR 59/09 e dalle nuove UNI TS11300:2014.

### **Calcolo dell'energia dispersa per trasmissione e ventilazione**

Si applica la seguente relazione:

$$Q_L = (Q_T + Q_G + Q_U) + Q_V + Q_A \quad [9]$$

ove vale il seguente simbolismo:

<sup>17</sup> Con il DPR 59/09 il periodo di riscaldamento per la zona A scende a 105 giorni dal 15 dicembre al 31 marzo.

- $Q_T$  energia scambiata con l'aria esterna,
- $Q_G$  energia scambiata con il terreno,
- $Q_U$  energia scambiata con ambienti adiacenti non riscaldati,
- $Q_V$  energia per ventilazione,
- $Q_A$  energia totale scambiata con zone termiche a diversa temperatura.

Risultano poi<sup>18</sup>:

$$Q_T = 86400 \cdot N \cdot H_T \cdot \Delta T \quad [10]$$

ove è:

- $N$  numero giorni nel mese,
- $86400$  numero di secondi in un giorno,
- $H_T$  coefficiente di trasmissione aria interna/aria esterna, (W/K),
- $\Delta T$  differenza di temperatura fra aria interna ed esterna.

Il coefficiente  $H_T$  è dato dalla relazione:

$$H_T = \sum_{j=1}^d A_j U_j + \sum_{j=1}^p \psi_j l_j \quad [11]$$

ove si ha:

- $d$  numero degli elementi dispersivi dell'edificio,
- $p$  numero dei ponti termici presenti,
- $A$  area della superficie di ciascun componente,  $m^2$ , netta o lorda,
- $U$  trasmittanza<sup>19</sup> termica di ciascun componente, (W/m<sup>2</sup>K),
- $\psi$  trasmittanza termica lineare del ponte termico, (W/m.K),
- $l$  lunghezza del ponte termico.

Per i ponti termici si veda quanto già detto in precedenza con i coefficienti lineari.

Per l'energia scambiata con il terreno si ha la relazione:

$$Q_G = 86400 \cdot N \cdot H_G \cdot \Delta T_s \quad [12]$$

ove, oltre al simbolismo già indicato, si ha:

- $H_G$  coefficiente di trasmissione aria esterna - terreno, (W/K), vedi norma UNI-10346,
- $\Delta T_s$  differenza di temperatura interna-esterna media stagionale, (K).

Si osservi che l'applicazione della precedente relazione prescinde dalla presenza di acqua nel terreno ed è sempre riferita alle condizioni stazionarie. Per il calore di ventilazione vale la relazione:

$$Q_V = 86400 \cdot N \cdot H_V \cdot \Delta T \quad [13]$$

ove è:

- $H_V$  coefficiente di infiltrazione e ventilazione, (W/K),
- $\Delta T$  differenza di temperatura tra aria interna ed esterna, (K).

Il coefficiente di ventilazione ed infiltrazione è dato dalla relazione:

$$H_V = c_p \rho \varphi$$

<sup>18</sup> Il calcolo dei coefficienti di trasmissione  $H_x$  si mantiene valido anche con le norme attuali.

<sup>19</sup> Le norme UNI 10344 e 10349 utilizzano il simbolismo anglosassone per cui la trasmittanza ha il simbolo  $U$  anziché  $K$ . In effetti le norme sopra citate sono conformi alle norme europee EN e quindi la necessità di un simbolismo comune fra gli stati ha portato alla variazione citata.



ove è:

$C_p$  *calore specifico a pressione costante dell'aria, 1000 J/(kg.K),*

$\rho$  *densità dell'aria, (1.2 kg/m<sup>3</sup>),*

$\varphi$  *portata volumetrica dell'aria, (m<sup>3</sup>/h) che può essere posta pari a  $\varphi=nV$  con  $n$  numeri di ricambi orari e  $V$  volume dell'ambiente.*

L'energia scambiata con ambienti a temperatura diversa da quella della zona in elaborazione è data dalla relazione:

$$Q_U = 86400 \cdot N \cdot H_{ie} \cdot \Delta T \quad [14]$$

ove è:

$H_{ie}$  *coefficiente di dispersione termica equivalente fra ambienti non riscaldati, (W/K),*

$\Delta T$  *differenza di temperatura tra aria interna ed esterna, (K).*

Il coefficiente di dispersione termica equivalente fra ambienti non riscaldati,  $H_{ie}$ , deve tenere conto dei disperdimenti fra zona riscaldata e zona non riscaldata e da quest'ultima con l'ambiente esterno, secondo quanto indicato dalle *UNI 10344* e *10349*<sup>20</sup>.

---

E.1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili:
E.1 (1)	abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;
E.1 (2)	abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;
E.1 (3)	edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari.
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorparabili agli effetti dell'isolamento termico.
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici.
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative associative o di culto e assimilabili:
E.4 (1)	cinema e teatri, sale di riunioni per congressi;
E.4 (2)	mostre, musei e biblioteche, luoghi di culti;
E.4 (3)	bar, ristoranti, sale da ballo.
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni.
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive:
E.6 (1)	piscine, saune e assimilabili;
E.6 (2)	palestre e assimilabili;
E.6 (3)	servizi di supporto alle attività sportive.
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili

---

Tabella 5: Classificazione degli edifici

<sup>20</sup> La UNI 10349 sui dati climatici è stata aggiornata il 29/03/2016 ed entrerà in funzione il 29/06/2016.

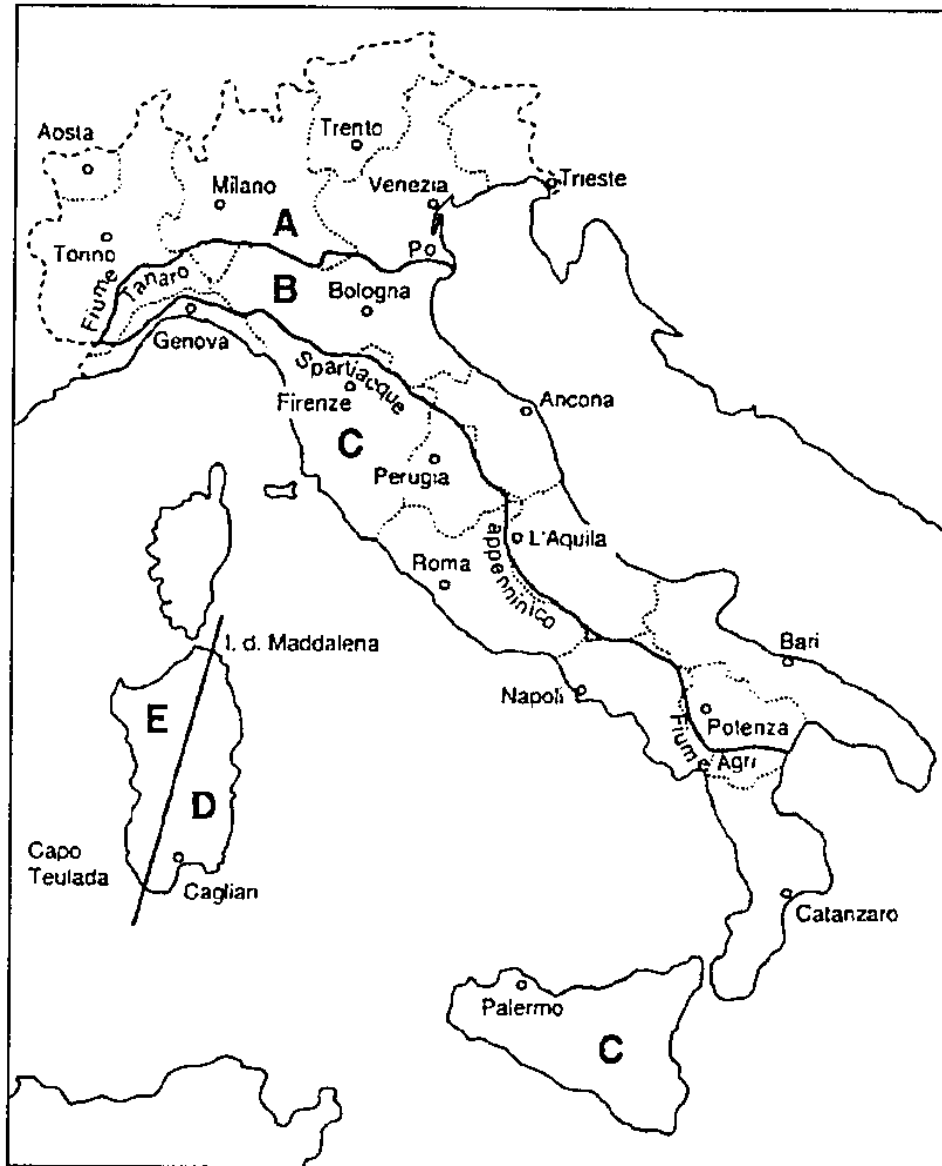


Figura 3: Zone del vento in Italia

Per il calore scambiato con zone a temperatura fissa diversa da quella della zona in elaborazione si applica la relazione:

$$Q_A = 86400 \cdot N \cdot \sum_{j=1}^q (H_a \Delta T_a)_j \quad [15]$$

ove vale il simbolismo:

- $q$  numero delle zone a temperatura fissa che scambiano calore con la zona in esame,
- $H_a$  coefficiente di trasmissione fra zona in esame e ciascuna zona adiacente a temperatura fissa, (W/K),
- $\Delta T_a$  differenza di temperatura tra l'ambiente esaminato e quello della j.ma zona adiacente, (K).

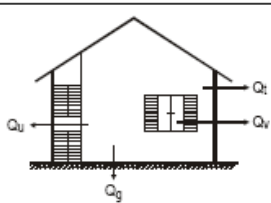
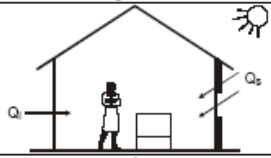
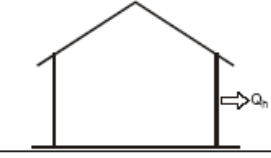
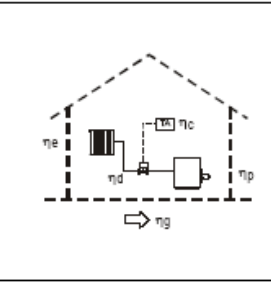
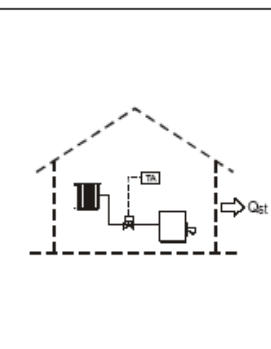
<b>EDIFICIO</b>	Il calcolo sull'edificio senza considerare l'impianto determina $Q_h$ (MJ)
	<p><b>PERDITE</b> <math>Q_L = Q_t + Q_u + Q_g + Q_v</math></p> <p><math>Q_L</math> = TOTALE PERDITE (mensile)  <math>Q_t</math> = Perdite per trasmissione verso l'esterno  <math>Q_u</math> = Perdite per trasmissione verso locali non riscaldati  <math>Q_g</math> = Perdite per trasmissione verso il terreno  <math>Q_v</math> = Perdite per ventilazione</p>
	<p><b>GUADAGNI</b> <math>Q_G = Q_s + Q_i</math></p> <p><math>Q_G</math> = TOTALE GUADAGNI (mensili)  <math>Q_s</math> = Guadagni per energia solare  <math>Q_i</math> = Guadagni per apporti interni</p>
	<p><b>ENERGIA UTILE</b> <math>Q_h = \text{Somma dei } Q_{h \text{ mensile}}</math></p> <p><math>Q_h</math> = Fabbisogno di energia utile dell'edificio per riscaldamento invernale  <math>Q_{h \text{ mensile}} = Q_L - \eta \cdot Q_G = \text{Fabbisogno di energia utile mensile dell'edificio}</math>  <math>\eta</math> = Fattore di utilizzazione dei guadagni</p>
<b>IMPIANTO</b>	Il calcolo sull'impianto determina $\eta_g$
	<p><b>RENDIMENTO</b> <math>\eta_g = \eta_e \cdot \eta_c \cdot \eta_d \cdot \eta_p</math></p> <p><math>\eta_g</math> = Rendimento globale medio stagionale  <math>\eta_e</math> = Rendimento di emissione *  <math>\eta_c</math> = Rendimento di regolazione *  <math>\eta_d</math> = Rendimento di distribuzione *  <math>\eta_p</math> = Rendimento di produzione medio stagionale **</p> <p>* Dipendono dal tipo impianto e dagli apparecchi utilizzati          ** Dipende dalle caratteristiche del generatore ed i modo considerevole dal confronto tra potenza del generatore e Energia <math>Q_h</math> mensile</p>
<b>SISTEMA EDIFICIO + IMPIANTO</b>	Il calcolo sul sistema edificio + impianto determina $Q_{st}$
	<p><b>ENERGIA PRIMARIA</b> <math>Q_{st} = \frac{Q_{hvs}}{\eta_g}</math> (MJ)</p> <p><math>Q_{st}</math> = Fabbisogno di energia primaria del sistema edificio + impianto per riscaldamento invernale  <math>Q_{hvs}</math> = Fabbisogno di energia utile che tiene conto del regime di funzionamento (continuo, attenuato, intermittente)</p> $FEN = \frac{Q_{st}}{GG \cdot V}$ <p>V = Volume          GG = Gradi Giorno          FEN = Fabbisogno di Energia Normalizzato</p>

Figura 4: Schema semplificato proposto dalle UNI-10344 e 10348

**Calcolo degli apporti gratuiti**

Gli apporti gratuiti sono quei contributi d'energia che non derivano dall'impianto di riscaldamento e che provengono da sorgenti interne (persone, illuminazione, cucine, macchinari, ...) e dall'esterno (radiazione solare, riscaldamento passivo, ...). Non è facile calcolare questi apporti poiché essi dipendono anche dal profilo d'uso degli ambienti (accensione dell'illuminazione, chiusura/apertura delle serrande, accensione di macchinari, presenza di persone all'interno degli ambienti in determinati orari, ...). Si cerca, quindi, di effettuare un calcolo fittizio supponendo un profilo d'uso standard per data tipologia di edifici (abitazioni, scuole, ospedali, ...).

Il valore degli apporti gratuiti delle sorgenti interne è dato da:

$$Q_I = \sum_{j=1}^s Q_{I,j} \quad [16]$$

ove è:

- $s$  numero delle sorgenti interne,
- $Q_{ij}$  apporto energetico gratuito di ciascuna sorgente, (J/mese).

Il calcolo degli apporti gratuiti può essere fatto sia in modo analitico (conoscendo l'esatto profilo d'uso degli ambienti) che forfettario mediante la seguente Tabella 6 desunta dalla norma UNI-10344<sup>21</sup>.

Utilizzazione	Apporti gratuiti globali	Unità di misura
Appartamento di superficie lorda in pianta < 200 m <sup>2</sup>	6.25 – 0.02 S	W/m <sup>2</sup>
Appartamento di superficie lorda in pianta > 200 m <sup>2</sup>	450	W
Edifici adibiti ad uffici	6	W/m <sup>2</sup>
Edifici adibiti ad attività commerciali	8	W/m <sup>2</sup>

Tabella 6: Valori medi degli apporti gratuiti

Il valore degli apporti gratuiti per energia solare dipende dal sito (latitudine e radiazione media mensile) e dalle caratteristiche termofisiche dei componenti edilizi sia opachi che trasparenti.

In particolare si utilizza la relazione:

$$Q_S = N \cdot \sum_{j=1}^c q_{s,j} \left( \sum_{i=1}^v A_{e,i} \right) \quad [17]$$

con il simbolismo:

- $N$  numeri di giorni del mese,
- $e$  numero di esposizioni,
- $v$  numero di superfici per esposizione,
- $q_s$  radiazione globale giornaliera media mensile sulla parete avente esposizione  $j$ ,
- $A_{e,i}$  area equivalente della superficie avente esposizione  $i$ .

Il valore medio mensile della radiazione globale giornaliera per le diverse esposizioni è data dalla norma UNI-10349. Gli apporti gratuiti solari si suddividono in due categorie:

- $Q_{se}$  apporti dovuti alle radiazioni solari sulle superfici opache,
- $Q_{si}$  apporti dovuti alle radiazioni solari sulle superfici trasparenti.

Per gli apporti delle pareti opache vale la relazione, per la generica parete:

$$A_{e,i} = F_{s,i} F_{e,r,i} A_i \alpha_i \frac{U_i}{h_e} \quad [18]$$

ove si ha il simbolismo:

- $\alpha$  fattore di assorbimento della radiazione solare,
- $h_e$  coefficiente superficiale di scambio termico esterno, (W/m<sup>2</sup>K),
- $U$  trasmittanza termica della parete, (W/m<sup>2</sup>K),
- $F_{er}$  fattore d'angolatura della radiazione solare sulla parete  $i$ -ma,
- $F_s$  fattore di schermatura della parete  $i$ -esima.

Per i fattori di assorbimento si possono considerare i seguenti valori:

Colore chiaro	$\alpha = 0.3$
Colore medio	$\alpha = 0.5$
Colore scuro	$\alpha = 0.8$

Tabella 7: Fattori di correzione per i colori

<sup>21</sup> Gli apporti gratuiti sono valutati diversamente dalle UNI TS11300:2014.

Per i fattori di incidenza della radiazioni solari si possono considerare i seguenti valori:

Superfici orizzontali	F <sub>er</sub> =0.8
Superfici inclinate	F <sub>er</sub> =0.9
Superfici verticali	F <sub>er</sub> =1.0

Tabella 8: Fattori di utilizzazione

Il fattore di schermatura, F<sub>s</sub>, va calcolato in funzione dell’orografia del terreno e della disposizione degli edifici vicini. La UNI-10349 fornisce anche una metodologia di calcolo che tiene conto anche della eventuale presenza di componenti passivi (muro *Trombe*, serra addossata, collettori solari ad aria, ...). Per gli apporti gratuiti dovuti alle superfici trasparenti si utilizza la relazione, per la generica vetrata:

$$A_{e,i} = F_{s,i} F_{c,i} F_{f,i} g_i A_i \quad [19]$$

con il simbolismo:

- F<sub>s</sub>     *fattore ombre portate da ostruzioni esterne,*
- F<sub>c</sub>     *fattore di riduzione per schermi interni e/o esterni,*
- F<sub>f</sub>     *fattore di riduzione per l’area del telaio del componente vetrato,*
- g        *fattore di trasmissione solare,*
- A        *area dell’apertura vetrata, (m<sup>2</sup>).*

La UNI-10344 fornisce i valori dei fattori di schermatura F<sub>s</sub> ed F<sub>c</sub>. Il fattore di riduzione del telaio può essere assunto pari a 0.87 mentre il fattore di trasmissione solare, g, può essere desunto dalla seguente Tabella 11.

Per il calcolo del *fattore di utilizzazione*<sup>22</sup> degli apporti gratuiti, η<sub>u</sub>, occorre valutare gli effettivi contributi degli apporti solari e di quelli interni. Indichiamo con γ il rapporto fra gli apporti solari più quelli interni (Q<sub>S</sub>+Q<sub>I</sub>) e l’energia globalmente dispersa (trasmissione e ventilazione) ridotta del contributo degli apporti solari esterni, Q<sub>Se</sub>.

Tipo di Vetro	Fattore di trasmissione
Vetro singolo	0.82
Vetro singolo selettivo	0.66
Vetro doppio normale	0.70
Vetro con rivestimento selettivo pirolitico	0.64
Doppio vetro con rivestimento selettivo catodico	0.62
Triplo vetro normale	0.60
Triplo vetro con rivestimento selettivo pirolitico	0.55
Triplo vetro con rivestimento selettivo catodico	0.53

Tabella 9: Fattori di trasmissione per le tipologie di vetri

In pratica indichiamo con:

$$\gamma = \frac{Q_{Si} + Q_I}{Q_L - Q_{Se}}$$

Allora risulta, per γ=1:

---

<sup>22</sup> Il metodo di calcolo indicato dalla L. 10/91, come pure le attuali norme UNI TS 11300, è quello detto *Quasi – Stazionario* nel quale si presume che gli impianti siano in funzione 24 ore al giorno e che gli scambi energetici siano effettuati rispetto alla temperatura media giornaliera mensile per ciascun mese calcolato. Tale metodo è detto *statico* perché non considera alcuna variabilità delle condizioni climatiche esterne e dei profili d’uso sia interni che degli impianti (vedi modello dinamico R5C1 più avanti). Il *fattore di utilizzazione* degli apporti gratuiti cerca in qualche modo di tener conto degli effetti della capacità termica dell’edificio nell’utilizzo degli apporti gratuiti, soprattutto negli scambi radiativi solari interni.

$$\eta_u = \frac{\tau}{\tau + 1}$$

e per  $\gamma \neq 1$  si ha:

$$\eta_u = \frac{1 - \gamma^\tau}{1 - \gamma^{\tau+1}}$$

ove  $\tau$  è legato alla costante di tempo  $t_c$  dell'edificio:

$$t_c = \frac{C}{H_K \cdot 3600}$$

dalla relazione:

$$\tau = 1 + \frac{t_c}{16}$$

La costante di tempo  $t_c$  è legata alla capacità termica  $C$  che a sua volta è legata alla *massa efficace*  $M$  che dipende dal tipo di materiali delle pareti e dei pavimenti secondo la seguente Tabella 12. Infine  $H_K$  è definito dalla relazione:

$$H_K = \frac{Q_L}{86400 \cdot N \cdot \Delta T}$$

e precisamente è:

$$C = M \cdot c \cdot \left( A_d + 0.06 \frac{n_p - 1}{n_p} \right)$$

con :

- $c$       *calore specifico di riferimento pari a 1000 J/kg.K;*
- $A_d$     *superficie esterna dell'involucro, (m<sup>2</sup>);*
- $n_p$     *numero dei piani.*

### Calcolo dell'energia utile

L'energia utile, cioè il fabbisogno mensile per il riscaldamento dell'edificio è data dalla relazione<sup>23</sup>:

$$Q_h = (Q_L - Q_{se}) - \eta_{ig} (Q_I + Q_{si}) \quad [20]$$

ove  $\eta_{ig}$  è il *fattore di utilizzazione* degli apporti gratuiti che tiene conto dell'inerzia dell'edificio e del rapporto fra i guadagni e le perdite specifiche del mese,  $Q_{se}$  e  $Q_{si}$  sono i guadagni solari esterni ed interni la cui somma è indicata con  $Q_s$ .

In pratica non tutta l'energia gratuita viene utilizzata per effetto di dispersioni e/o proprietà termofisiche dell'edificio.

Per il periodo di riscaldamento si può fare riferimento a quello convenzionale o reale, definito in base al calcolo dei GG (gradi giorno). Il fabbisogno stagionale è la somma dei fabbisogni mensili  $\sum Q_h$ .

---

<sup>23</sup> Si osservi che questa relazione ha subito diversi aggiornamenti. Con il DPR 59/09 (cioè con il decreto attuativo del D.Lgs. 192/05) gli apporti solari esterni sono inglobati con quelli interni e quindi si ha:  $Q_h = Q_L - \eta_{ig} (Q_I + Q_s)$  ove  $Q_s$  è la somma dell'energia solare esterna e di quella interna. Dal 2/10/2014 le nuove UNI TS 11300/1:2014 prevedono un'ulteriore modifica:  $Q_h = Q_L - \eta_{ig} (Q_I + Q_{si})$  e cioè si considerano solo gli apporti gratuiti solari interni mentre gli apporti solari esterni vanno a ridurre per perdite per extra flusso radiativo all'infrarosso lontano che la L. 10/91 non prendeva in considerazione. (Vedi dopo per ulteriori dettagli)

### Intermittenza dell’impianto di riscaldamento

L’accensione o lo spegnimento degli impianti di riscaldamento comporta sempre del tempo e pertanto la temperatura media degli ambienti, calcolata nel periodo di accensione, risulta inferiore a quella di progetto (supposta, invece, costante). Il valore  $Q_{hvs}$  è dato dalla relazione:

$$Q_{hvs} = k \left[ F_{il} (Q_L - Q_{Se}) - \eta_u F_{ig} (Q_I + Q_{Si}) \right] \quad [21]$$

ove  $k$  è un fattore che dipende dal tipo di funzionamento dell’impianto (attenuazione notturna, spegnimento, ..) e non può mai essere minore di 1, mentre  $F_{il}$  e  $F_{ig}$  sono parametri che dipendono dalla costante di tempo dell’edificio, dal tipo di terminali utilizzati (radiatori, convettori, ...) e forniti dalla UNI 10344.

Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi				Numero dei piani		
Intonaci	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	np=1	np=2	np≥3
Valori di $M$ [kg/m <sup>2</sup> ]						
gesso	interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
gesso	interno	qualsiasi	legno	85	95	105
gesso	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
gesso	assente/esterno	legg./blocchi	tessile	95	95	95
gesso	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
gesso	assente/esterno	legg./blocchi	legno	115	115	115
gesso	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
gesso	assente/esterno	legg./blocchi	piastrelle	115	125	135
gesso	assente/esterno	medie/pesanti	piastrelle	125	135	135
malta	interno	qualsiasi	tessile	105	105	105
malta	interno	qualsiasi	legno	115	125	135
malta	interno	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
malta	assente/esterno	legg./blocchi	tessile	125	125	115
malta	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
malta	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
malta	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
malta	assente/esterno	legg./blocchi	legno	145	145	145
malta	assente/esterno	medie	legno	165	155	155
malta	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
malta	assente/esterno	legg./blocchi	piastrelle	145	155	155
malta	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
malta	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

Tabella 10: Masse efficaci per il calcolo della costante di tempo dell’edificio

Si osservi che il transitorio di accensione o spegnimento o l’attenuazione degli impianti (per le zone climatiche più fredde) in un metodo quasi – stazionario non è tenuto in conto direttamente ma mediante fattori correttivi come sopra definiti.

Il fabbisogno di energia,  $Q_{hvs}$ , è inferiore a  $Q_h$  (per ciascun mese e per ciascuna zona). L’entità della riduzione dipende:

dall’inerzia termica dell’edificio data da  $C = \sum_i^P m_i c_{pi}$  ove  $m_i$  è la massa di ogni parete,  $c_{pi}$  è il

calore specifico della singola parete e  $P$  è il numero di pareti dell’edificio.

dal periodo dell’anno e quindi dal mese considerato,

dalla durata del periodo di spegnimento o di attenuazione notturna e dalla temperatura media interna degli ambienti.

### Fabbisogno utile mensile

Nota il fabbisogno mensile  $Q_{hvs}$  si può calcolare il fabbisogno utile mensile in condizioni reali di funzionamento,  $Q_{hr}$ , dato dalla relazione:

$$Q_{hr} = \frac{Q_{hvs}}{\eta_e \eta_c} \quad [22]$$

ove i rendimenti di emissione dei terminali,  $\eta_e$ , e di regolazione,  $\eta_c$ , possono essere calcolati in funzione della tipologia di impianto selezionato in conformità a quanto prescritto dalla *UNI 10348*. In particolare si hanno le seguenti tabelle:

Terminale	Rendimento di emissione, $\eta_e$
Termoconvettori	0,99
Ventilconvettori	0,98
Bocchette aria	0,97
Radiatori	0,96
Pannelli Radianti	0,96

Tabella 11: Rendimenti di emissione

Sistema	Rendimento di regolazione	
	Radiatori, Convettori	Pannelli radianti
Singolo Ambiente	0,94	0,90
Climatizzazione per singolo ambiente	0,98	0,96
Zona	0,97	0,94
Climatizzazione per zona	0,98	0,96

Tabella 12: Rendimenti di regolazione

Noti i rendimenti sopra indicati si può calcolare il *rendimento globale medio stagionale* dell'impianto,  $\eta_g$ , che è il rapporto fra l'energia necessaria per il riscaldamento dell'edificio e l'energia fornita dal combustibile. Esso è dato dalla relazione<sup>24</sup>:

$$\eta_g = \eta_e \cdot \eta_c \cdot \eta_d \cdot \eta_p$$

### 3.5.5 RENDIMENTI DI IMPIANTO

Per sua definizione, l'energia utile  $Q_h$ , è il fabbisogno teorico stagionale per il riscaldamento dell'edificio nell'ipotesi di temperatura interna costante e pari al valore di progetto di 20 °C. In realtà occorre considerare il binomio *edificio-impianto* e di conseguenza se il generatore di calore produce una data quantità di energia non tutta arriva agli ambienti per il loro riscaldamento. Il fluido termovettore (*acqua o aria*) disperde calore durante il trasporto nelle tubazioni o nei canali d'aria, anche se ben coibentati termicamente. Inoltre non tutta l'energia chimica del combustibile viene trasformata in energia resa al fluido termovettore perché occorre sempre considerare il rendimento di combustione e quindi la frazione di energia dispersa con i fumi.

<sup>24</sup> Si osservi che il rendimento globale è dato dal prodotto di quattro rendimenti, ciascuno dei quali è minore di zero. Il prodotto, pertanto, è minore del più piccolo dei fattori! Questo non deve essere mai dimenticato in sede progettuale perché quasi sempre la verifica della L. 10/91 si blocca in questo punto. Basti fare un esempio molto semplice. Se i quattro rendimenti valgono ciascuno 0.9 allora si ha  $\eta_g = 0.9 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.9 = 0.6561$ . Ne segue che per aumentare il rendimento globale occorre massimizzare sempre tutti i rendimenti parziali poiché il minore di essi penalizza tutto il prodotto.



Si aggiunga, inoltre, che i terminali di erogazione dell'energia negli ambienti (radiatori, termoconvettori, piastre radianti, ...) sono anch'essi soggetti ad un rendimento (sempre minore di 1) che aggrava ancora le condizioni di distribuzione dell'energia. Lo stesso si può dire per la regolazione della temperatura interna: solitamente si ha un pendolare attorno al valore centrale di riferimento, 20°C, che comporta perdite energetiche. Il risultato di quanto detto è che bisogna sempre fornire all'impianto una quantità di energia utile,  $Q_{hr}$ , superiore al fabbisogno teorico  $Q_h$  e questa quantità può essere calcolata una volta noti i rendimenti di ciascun passaggio.

*Il rendimento di emissione,  $\eta_e$ , è definito come il rapporto fra il calore di riscaldamento richiesto con uno scambiatore di riferimento in grado di mantenere una temperatura ambiente uniforme nei vari ambienti ed il calore realmente fornito nelle stesse condizioni operative (cioè di temperature interna ed esterna) dal corpo scaldante utilizzato. Per le varie tipologie la UNI-10348 fornisce i valori di rendimento da utilizzare nel calcolo, vedi figura.*

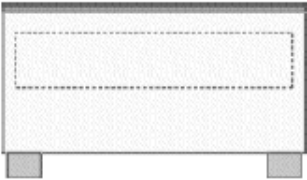
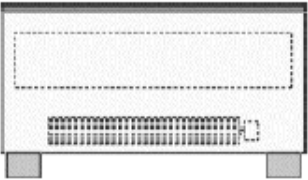

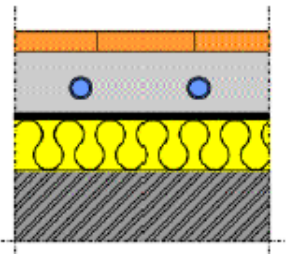
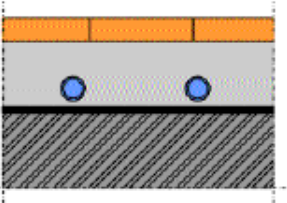
VALORI DEL RENDIMENTO DI EMISSIONE $\eta_e$			
<p>Termoconvettori</p> 	$\eta_e = 0,99$	<p>Ventiloconvettori</p> 	$\eta_e = 0,98$
<p>Bocchette aria calda</p> 	$\eta_e = 0,97$	<p>Pannelli radianti isolati dalla struttura (*)</p> 	$\eta_e = 0,97$
<p>Pannelli radianti annegati nelle strutture (*)</p> 	$\eta_e = 0,95$	<p>(*) Riferiti ad una installazione tra ambienti riscaldati oppure in una struttura muraria isolata esternamente ed avente un coefficiente globale di trasmissione termica minore di 0,8 W/m<sup>2</sup>K.</p>	

Figura 5: Rendimenti di emissione di alcuni terminali

Si osserva che la distribuzione del calore negli ambienti non è mai uniforme a causa dei vari sistemi di cessione dell'energia. Ad esempio si considerino i moti convettivi generati da un radiatore in un ambiente, come illustrato in Figura 17.

Questa disuniformità caratterizza il rendimento di emissione. Per migliorare il rendimento di emissione è bene isolare la parete su cui insiste il corpo scaldante, vedi figura, oppure (specialmente per ambienti di altezza maggiore dell'usuale) applicare i destratificatori, vedi figura, che rimescolano l'aria interna migliorando l'uniformità di distribuzione della temperatura interna.

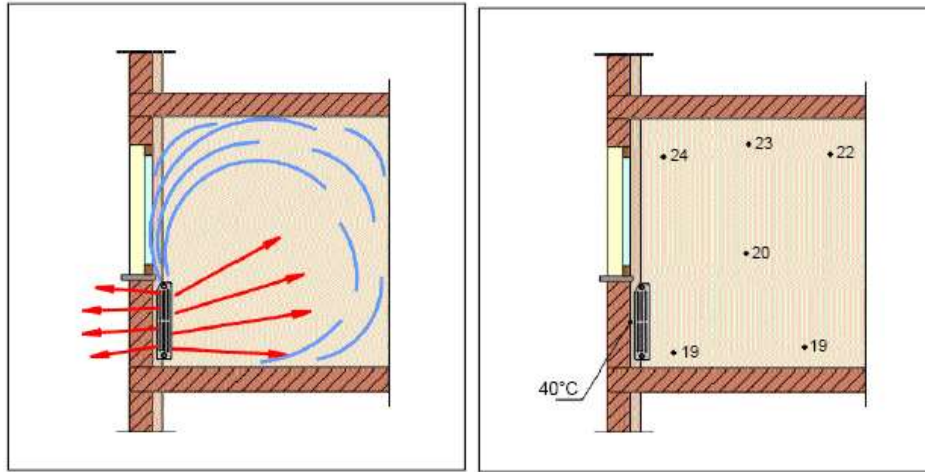


Figura 6: Esempio di disuniformità nella distribuzione del calore negli ambienti

VALORI DEL RENDIMENTO DI EMISSIONE $\eta_e$ : RADIATORI			
Posizione di installazione		Temperatura di mandata di progetto	
		65 °C	85 °C
Su parete divisoria interna di locale privo di pareti disperdenti.		<b>0,99</b>	<b>0,96</b>
Su parete esterna isolata e con superficie riflettente.			
Su parete divisoria interna di fronte a pareti disperdenti.		<b>0,97</b>	<b>0,94</b>
Su parete esterna isolata, senza superficie riflettente.			
Su parete esterna non isolata ( $U > 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).		<b>0,93</b>	<b>0,90</b>

Figura 7: effetti dei sistemi di montaggio sui rendimenti di emissione

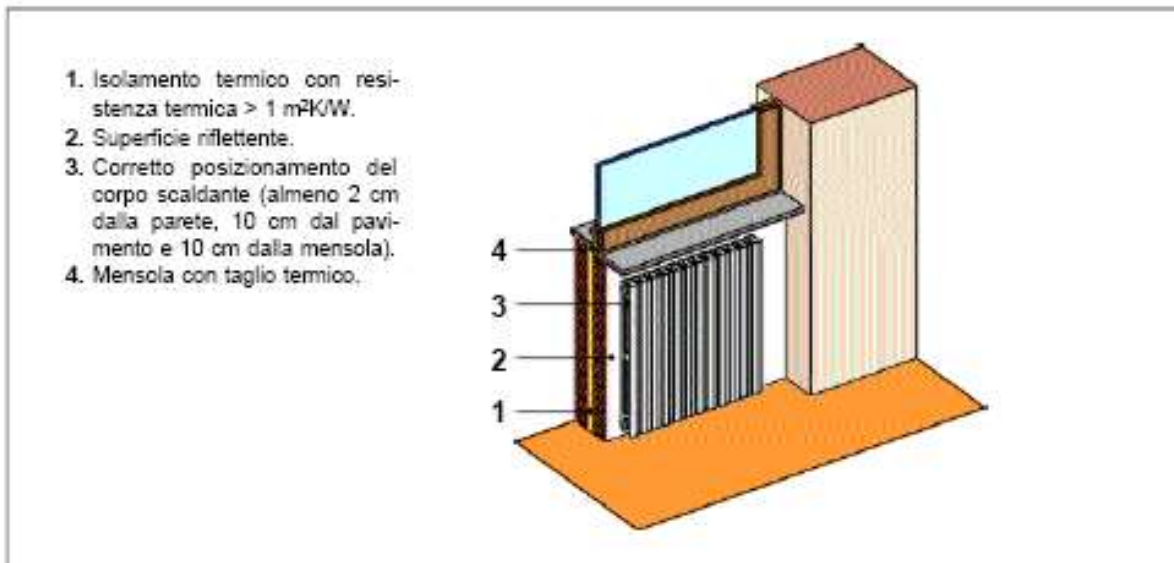


Figura 8: Corretta installazione di un radiatore

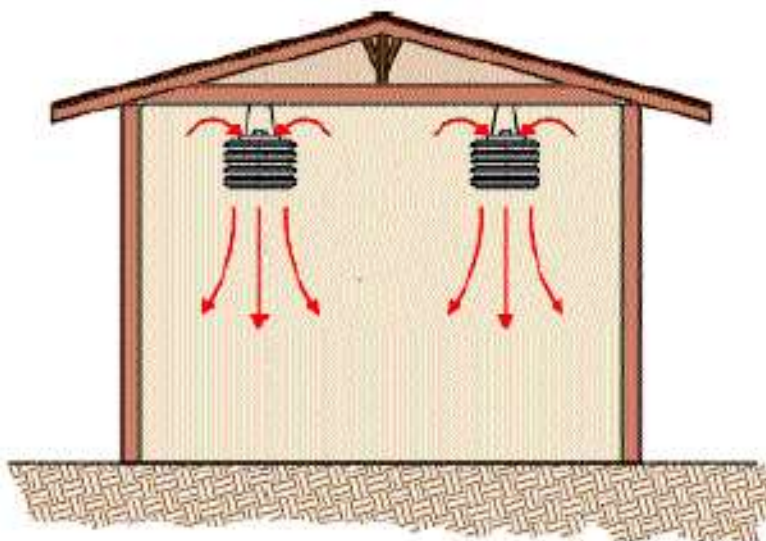


Figura 9: Applicazione di destratificatori

Il rendimento di regolazione,  $\eta_c$ , è il rapporto fra il calore necessario per riscaldare un ambiente a temperatura fissata con una regolazione teorica perfetta ed il calore richiesto per il riscaldamento dello stesso con l'impianto di regolazione realmente utilizzato.

I valori consigliati sono riportati dalla norma UNI-10348.

Sistema di regolazione	Tipologia di prodotto	Radiatori e convettori	Pannelli radianti isolati dalla struttura	Pannelli radianti annessi alla struttura
(3) Per singolo ambiente senza preregolazione	Regolatore on-off	0,94	0,92	0,88
	Regolatore modulante (1 °C)	0,98	0,96	0,92
	Regolatore modulante (2 °C)	0,96	0,94	0,90

Figura 10: Rendimenti di regolazione secondo la UNI-10348

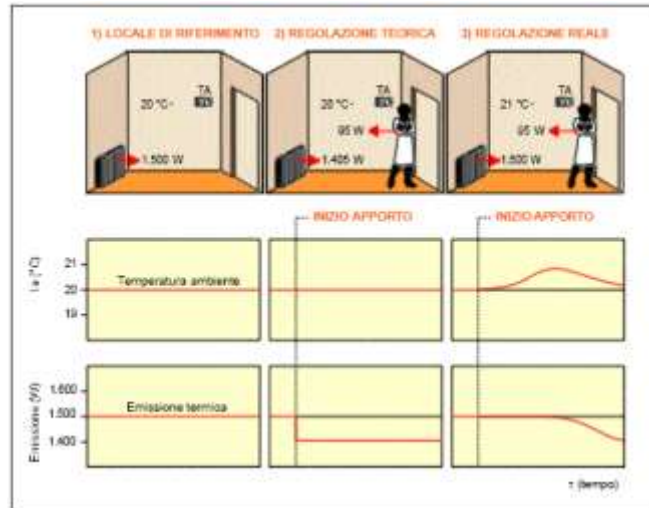


Figura 11: Schema della regolazione della temperatura ambientale

Il rendimento di distribuzione,  $\eta_d$ , è il rapporto fra il calore fornito ai corpi scaldanti ed il calore prodotto in centrale prima dell'immissione nella rete di distribuzione. Esso viene calcolato mediante una procedura indicata dalla norma UNI-10347.

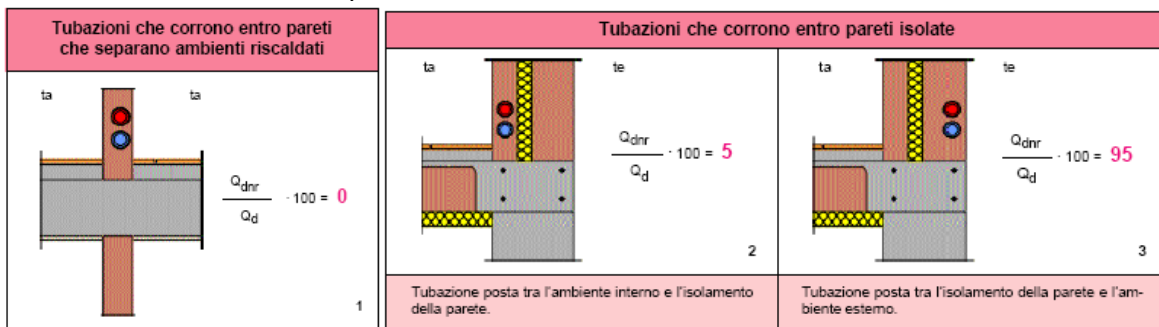


Figura 12: Effetti della posizione delle tubazioni sul rendimento di distribuzione

Il rendimento di produzione,  $\eta_p$ , è il rapporto fra il calore prodotto in centrale termica ed immesso nella rete di distribuzione ed l'energia corrispondente alla sorgente utilizzata. Per i combustibili fossili si fa riferimento al potere calorifico inferiore. Questo rendimento dipende dalla potenza dei generatori, dal rendimento di combustione, dalle perdite attraverso l'involucro dei generatori, dalle perdite attraverso il camino e dai consumi di energia elettrica per le apparecchiature ausiliarie (bruciatori, pompe di circolazione, ...).

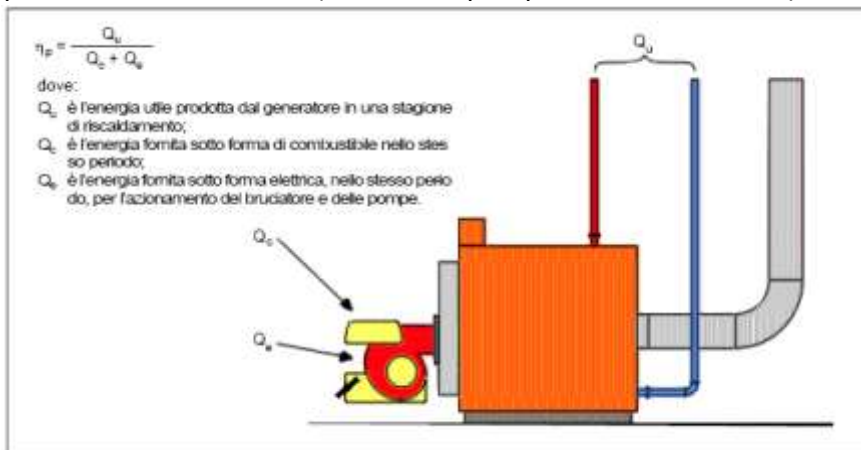


Figura 13: Rendimento di produzione



Vanno considerati i due casi possibili:

- A) generatore per acqua sanitaria separato;
- B) generatore per acqua sanitaria combinato.

I due casi sono raffigurati nelle figure seguenti:

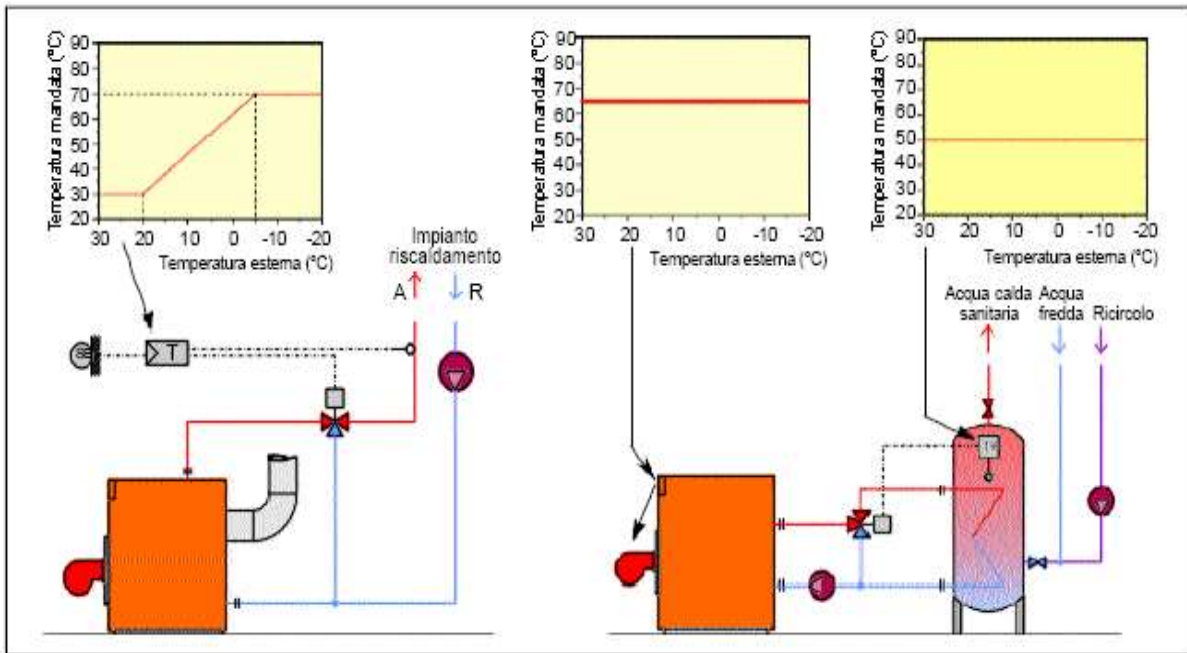


Figura 14: Generatori separati per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria

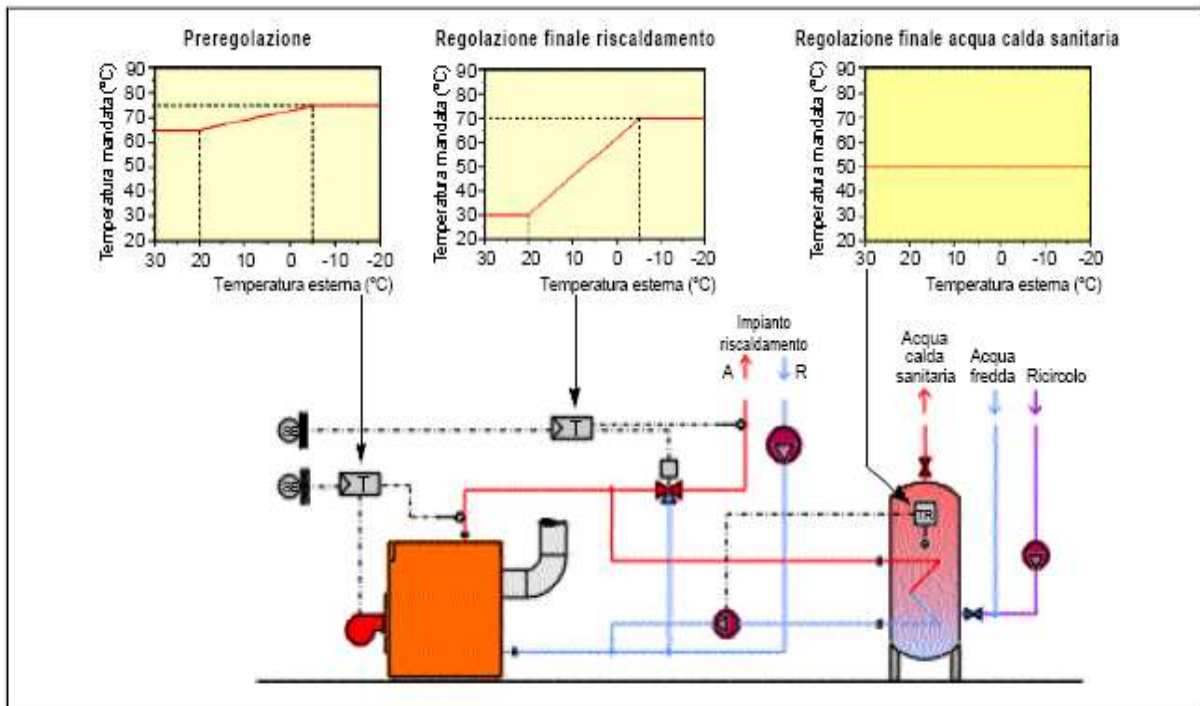


Figura 15: Generatore combinato per riscaldamento e acqua sanitaria

### Rendimenti utili del generatore e DPR 551/1999

Con il DPR 551 del 21/12/1999 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica n. 412/93" sono state introdotte modifiche formali e di calcolo della relazione tecnica richiesta dalla L. 10/91.

L'art. 4 sopprime il punto 1 (*Valore minimo del rendimento dei generatori di calore*) dell'allegato E del DPR 412/93 e lo sostituisce con la tabella proposta nell'Allegato VI del DPR 660/96 e cioè:

Tipo di caldaia	Intervalli di potenza	Rendimento	A potenza nominale	Rendimento	A carico parziale
	kW	Temperatura media dell'acqua in caldaia (°C)	Espressione del requisito di rendimento (%)	Temperatura media dell'acqua in caldaia (°C)	Espressione del requisito di rendimento (%)
Caldaie standard	4 ÷ 400	70	$\geq 84 + 2\text{Log Pn}$	$\geq 50$	$\geq 84 + 3\text{Log Pn}$
Caldaie a bassa temperatura (*)	4 ÷ 400	70	$\geq 87.5 + 1.5\text{Log Pn}$	40	$\geq 87.5 + 1.5\text{Log Pn}$
Caldaia a gas a condensazione	4 ÷ 400	70	$\geq 91 + 1\text{Log Pn}$	$\geq 30$ (**)	$\geq 97 + 1\text{Log Pn}$
* Comprese le caldaie a condensazione che utilizzano i combustibili liquidi.					
** Temperatura dell'acqua di alimentazione della caldaia					

Tabella 13: Rendimenti utili dei generatori di calore

La verifica da eseguire risulta diversa per tipologia di generatore: i rendimenti termici utili devono rispettare i limiti fissati:

*sia a potenza nominale espressa in kW, cioè in funzione alla potenza nominale Pn (100%), per una temperatura media dell'acqua nella caldaia di 70 °C;*

*sia a carico parziale, cioè in funzionamento a carico parziale del 30%, per una temperatura media dell'acqua nella caldaia, diversa a seconda del tipo di caldaia.*

### D.M. 17-03-2003

Il Decreto Ministeriale 17-03-2003 aggiorna il DPR 412/93 ed in particolare introduce un nuovo libretto di centrale. L'articolato del Decreto è il seguente.

Art. 1: Modelli di libretto di centrale e di libretto di impianto

1. A partire dal 1 settembre 2003 gli impianti termici con potenza nominale superiore o uguale a 35 kW e gli impianti termici con potenza nominale inferiore a 35 kW devono essere muniti rispettivamente di un "libretto di centrale" conforme all'allegato I del presente decreto e di un "libretto di impianto" conforme all'allegato II al presente decreto.

2. Per gli impianti esistenti alla data del 1 settembre 2003 i "libretti di centrale" ed i "libretti di impianto, già compilati e conformi rispettivamente ai modelli riportati negli allegati F e G del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, devono essere allegati ai libretti di impianto ed ai libretti di centrale di cui al comma 1 del presente articolo.

Art. 2 Allegati

1. Gli allegati F e G al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n. 412 sono sostituiti, rispettivamente, dagli allegati I e II al presente decreto.

Art. 3: Precisazioni in ordine alla compilazione dei libretti di centrale e dei libretti d'impianto 1.

All'art. 11 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, dopo il comma 11, è inserito il seguente comma:

*"11-bis: La compilazione iniziale del libretto di centrale e del libretto di impianto ed i successivi aggiornamenti possono essere effettuati anche su supporto informatico; in tal caso ogni singolo libretto dovrà essere stampabile su carta".*

Il modello del nuovo libretto di centrale è stato pubblicato dal Ministero delle Attività Produttive.

### Energia termica fornita dal sistema di produzione

L'energia termica primaria,  $Q_F$ , fornita dal sistema di produzione, detti  $\eta_d$  il rendimento di distribuzione, è dato dalla relazione:

$$Q_F = \frac{\sum_{j=1}^z Q_{hr,j}}{\eta_d} \quad [23]$$

ove  $Q_{hr,j}$  è il fabbisogno energetico medio reale mensile della generica  $j$ -esima zona dell'edificio e  $z$  il numero totale delle zone in cui esso è suddiviso.

### Calcolo del FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato)

L'energia primaria stagionale,  $Q_{st}$ , detto  $\eta_p$  il rendimento di produzione, è data dalla relazione:

$$Q_{st} = \frac{\sum_{i=1}^f \sum_{j=1}^z Q_{hr,j}}{\eta_p \eta_d} \quad [24]$$

ove i fabbisogni mensili sono estesi dai mesi di inizio al mese di fine del periodo di riscaldamento indicato per la zona climatica in progetto. Pertanto sommando il fabbisogno energetico primario di ciascun mese del periodo di riscaldamento si determina il fabbisogno stagionale,  $Q_{st}$ , di energia primaria. Il FEN si calcola mediante la relazione:

$$FEN = \frac{Q_{st}}{GG \cdot V} \quad [25]$$

e quindi si può procedere alla verifica con il  $FEN_{lim}$  dato dalla:

$$FEN_{lim} = \left[ \underbrace{(C_d + 0.34n)}_{c_g} - k_u \left( \frac{0.01 \cdot I}{\Delta T_m} + \frac{a}{\Delta T_m} \right) \right] \frac{86.4}{\eta_g} \quad [26]$$

Quanto sin qui detto, seppur in modo sintetico e limitato, giustifica le affermazioni più volte fatte sulla necessità di automatizzare i calcoli mediante opportuni programmi elettronici.

Si osservi che il FEN con le norme successive alla L. 10/91 (cioè con il DPR 59/09 e il DM 26/06/2015) non è più calcolato in quanto viene definito l'indice di prestazione energetica con la relazione **Osservazioni sull'applicazione della L.10/91**

Quanto sin qui esposto dimostra una notevole complessità nei calcoli necessari per applicare la L. 10/91 e il suo Regolamento DPR 412/93. Un calcolo manuale appare difficile per edifici aventi più di una decina di ambienti. Oggi sono disponibili numerosi programmi commerciali che rendono l'applicazione della L. 10/91 più accettabile, pur nella sua macchinosità. Le interfacce possono essere più o meno amichevoli e/o grafiche ma in ogni caso si tratta sempre di un procedimento di calcolo lungo, complesso e spesso tedioso.

Quando le verifiche indicate nelle fasi 1 e 2 non possono essere eseguite con sole operazioni *termotecniche*<sup>25</sup> occorre modificare il rapporto S/V e quindi l'architettura dell'edificio e pertanto si richiede nuovamente l'intervento del progettista edile. Meglio si procede se il lavoro viene svolto in *team* fra progettisti di varia estrazione perché si possono modificare immediatamente le ipotesi progettuali dopo una verifica termotecnica.

L'importanza del *team* consiste proprio nel lavoro contemporaneo a più braccia e non nel lavoro in serie, attribuito per semplice competenza, su elaborati già impostati da chi ha avuto precedenza e magari non congruenti con tutti i punti di vista (termico, acustico, illuminotecnico, strutturale, tecnologico, ...).

Ma al di là dell'applicazione pedissequa della complessa normativa per la L. 10/91 e suoi aggiornamenti occorre tenere presente che il calcolo dei carichi termici invernali (*Verifica di picco*) è solo *formale* e può non tenere conto delle reali condizioni evolutive delle condizioni termigrometriche di un edificio.

Basti pensare che il carico di picco è calcolato trascurando gli apporti solari esterni perché, giustamente, le condizioni di carico massimo si hanno quando la temperatura esterna è quella minima (cioè quella di progetto) e la radiazione solare è assente (cielo coperto).

Le cose vanno quasi sempre bene per edifici aventi normale superfici vetrate mentre si possono (e si hanno!) gravi problemi quando si hanno superfici vetrate molto estese o addirittura pareti tutte vetrate. L'effetto serra, in questi casi, può produrre un notevole surriscaldamento ambientale con conseguente necessità, almeno per gli ambienti interessati, di avere un raffrescamento piuttosto che un riscaldamento. Ciò significa che in presenza di grandi superfici vetrate occorre prevedere impianti che possano fornire, a seconda delle necessità, sia il riscaldamento che il raffrescamento degli ambienti. Si vuole qui analizzare più in dettaglio quanto sopra accennato con un riferimento ad un caso concreto.

### Cause del surriscaldamento degli ambienti

La radiazione solare ha una composizione spettrale che prevalentemente è caratterizzata da lunghezze d'onda inferiori a 3 micrometri e perciò dette *corte*. Il vetro ha un comportamento caratteristico nei confronti della radiazione solare. Esso, infatti, presenta un *fattore di trasmissione* dell'energia tale da formare una sorta di finestra trasparente per le radiazioni comprese fra 0,3 e 3 micrometri, come illustrato nella già nota Figura 27.

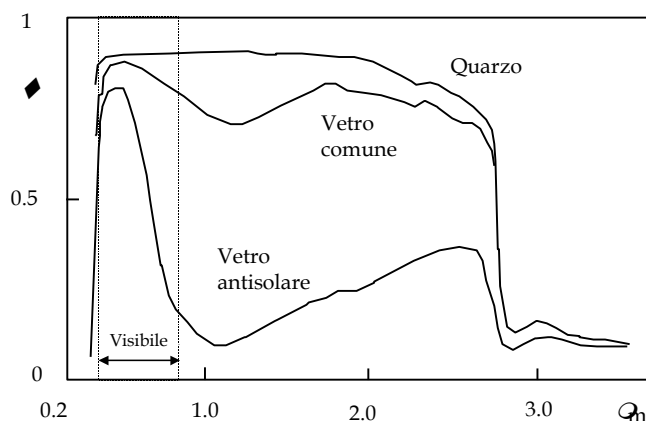


Figura 16: Finestra di trasparenza del vetro

<sup>25</sup> Si intendono con queste termine le operazioni possibili al termotecnico: aggiunta di coibente alle pareti, ipotesi di infissi a maggior tenuta, ipotesi d'uso di doppi vetri, isolamento *a cappotto* in tutto l'edificio. Al di là di queste operazioni possibili occorre intervenire sull'architettura (*rapporto S/V*).



In pratica quasi tutta la radiazione solare (*circa il 94%*) viene lasciata passare dal vetro e questo ne determina la sua caratteristica detta *trasparenza*. Tuttavia, se da un lato la trasparenza del vetro appare come una qualità positiva per le possibilità di interrelazione dell’Uomo con l’ambiente esterno e per le capacità riflessive che fanno del vetro un materiale architettonicamente apprezzato anche per le capacità di auto adeguarsi all’ambiente circostante, va qui considerata una qualità che, se mal governata, può provocare dissesti notevoli alla qualità delle condizioni termoigrometriche interne degli edifici: si tratta della capacità di produrre l’*effetto serra*, del quale si è sopra accennato.

La radiazione solare che attraversa le superfici vetrate (*qualunque sia la tipologia del vetro e quindi qualsivoglia sia la percentuale della radiazione solare trasmessa*) subisce un processo di assorbimento e riflessioni interne all’ambiente in cui perviene provocando, qualora non si abbia un raffreddamento artificiale dell’ambiente stesso, un accumulo di energia interna di tutti i componenti (*pareti, soffitto, pavimento, mobili, ...*) con conseguente incremento della loro temperatura.

Per effetto di quest’incremento di temperatura delle masse interne all’ambiente si ha uno scambio di calore per convezione termica con l’aria interna. Inoltre si hanno emissioni radiative degli stessi componenti riscaldati caratterizzate da valori della lunghezza d’onda in genere (per valori di temperature superficiali di circa 30-35 °C) oltre i *9 micrometri* e comunque tale da essere bloccati dalle superfici vetrate poiché oltre i *3 micrometri* esse si comportano come normali pareti opache.

Pertanto l’energia solare di bassa lunghezza d’onda (*inferiore a 3 micrometri*) attraversa le superfici vetrate ma la radiazione emessa dai corpi interni agli ambienti, di alta lunghezza d’onda, viene bloccata. Questo effetto di *intrappolamento* delle radiazioni prende il nome di *effetto serra*.

La conseguenza che si ha negli ambienti è quella di far accrescere l’energia interna accumulata e conseguentemente anche la temperatura dell’aria interna. In questo modo si ha il *surriscaldamento* dell’aria e il conseguente incremento del discomfort termico.

Appare evidente che per ridurre il surriscaldamento ambientale è necessario ridurre le radiazioni solari entranti negli stessi ambienti. Inoltre l’aver inserito tende all’interno degli ambienti (*in sostituzione degli schermi esterni*) **non riduce l’effetto serra** poiché la radiazione solare una volta attraversata la superficie vetrata viene assorbita dalle tende che, riscaldandosi, emettono radiazioni di alta lunghezza d’onda (*oltre i 10 micrometri*) che vengono sempre bloccate dal vetro restando all’interno degli ambienti. In pratica le tende producono solamente un *oscuramento* e cioè riducono la frazione di radiazione visibile nell’ambiente ma non l’effetto serra.

Nel caso di presenza di grandi superfici vetrate in ciascun ambiente si rende necessario ridurre al massimo la radiazione entrante ad esempio applicando un film protettivo all’esterno delle superfici vetrate.

### 3.6 DECRETI<sup>26</sup> DI RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2002/91/CE

L’Italia, che pure aveva predisposto un buon apparato normativo con la L. 10/91, ha recepito la direttiva europea con il D.lgs. 192/05<sup>27</sup> modificato, successivamente, dal D.lgs. 311/06. Questi decreti legislativi hanno modificato notevolmente l’iter progettuale fino ad allora indicato dal DM 412/93 ma sono rimasti anche non del tutto applicati per la mancanza dei decreti attuativi. Solo di recente sono stati emanati il DPR 59/09 e il DM 06/09 per le norme attuative della certificazione energetica.

---

<sup>26</sup> Per effetto della L. 90/2013 di recepimento della direttiva 2010/31/CE tutti i decreti sull’energetica degli edifici (D.lgs. 192/05, DPR 59/09, DM 06/09) sono stati rivisti alla luce dei nuovi decreti attuativi della L. 90/13 cioè dal DM 26/06/2015. Pertanto quanto qui descritto ha valore storico ed è applicabile solo per verifiche progettuali antecedenti all’applicazione dei nuovi decreti attuativi.

<sup>27</sup> Per uno studio più dettagliato su quest’argomento e sulla problematica della Certificazione Energetica si consiglia di far riferimento al volume: G. Cammarata et Alii – “Certificazione Energetica in Sicilia” – Ed. Grafill S.p.A.

Il DPR 75/13 introduce l'istituzione dell'albo regionale dei certificatori energetici e le norme di accreditamento. Va tuttavia osservato che per effetto della cosiddetta *clausola di cedevolezza* alcune regioni italiane, invero le più sensibili a queste tematiche, hanno già legiferato in proprio sulle modalità per la certificazione energetica. E' avvenuto che la Lombardia ha normative diverse da quelle della Liguria o dell'Emilia e Romagna o del Piemonte e della Puglia. Le province autonome di Trento e Bolzano hanno il loro sistema di certificazione denominato *CasaClima*<sup>®</sup>.

In definitiva si è creata una sorta di *regionalizzazione* delle procedure di certificazione e di accreditamento che sta apportando una discriminazione ed un danno ulteriore alla problematica. I certificatore possono esercitare solo se iscritti negli albi regionali con procedure, programmi ed esami diversi da regione a regione. Si spera che questa distorsione legislativa trovi quanto prima una soluzione nell'armonizzazione generale indicata e propugnata dal DPR 59/09.

### 3.7 DECRETO LEGISLATIVO N. 192 DEL 19 AGOSTO 2005.

Sul supplemento ordinario n. 158 della Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23 settembre 2005, è stato pubblicato il Decreto Legislativo n. 192<sup>28</sup> del 19 agosto 2005 “**Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia**”.

In conseguenza di questo, il DM 27 luglio 2005 è abrogato dal 8 ottobre 2005, data di entrata in vigore del Decreto Legislativo n. 192 del 19 agosto 2005. Si è compreso che si tratta di un'impostazione evoluta, in linea con la direttiva europea 2002/91/CE, che propone, ad esempio, criteri di ottimizzazione sui singoli elementi dell'edificio (limiti sui valori di trasmittanza) al posto del “vecchio” calcolo del Cd della Legge 10/91. Inoltre tutta la normativa vigente (L 10/91 e DPR 412/93 con successivi aggiornamenti) risulta ampiamente rimaneggiata. Viene, in particolare, modificata la Relazione di calcolo ai sensi dell'art. 28 della L. 10/91 e le verifiche precedentemente indicate nei decreti attuativi. Il 29/12/2006 è stato pubblicato il D.lgs. n. 311 (detto anche 192 bis) che introduce disposizioni correttive e integrative al D.lgs. 192/05. Quest'ultimo decreto incide profondamente sia nel campo della progettazione termotecnica che in quello della progettazione architettonica con l'introduzione di vincoli progettuali notevoli dei quali si parlerà nel prosieguo.

Per effetto del D.lgs. 311/96 il D.lgs. 192/05 è modificato sensibilmente e il nuovo testo coordinato viene qui brevemente riportato. Le principali innovazioni introdotte sono così riassumibili:

***Estensione dell'obbligo di emissione del certificato di prestazione energetica anche per edifici esistenti ma solo al momento della loro immissione sul mercato immobiliare a titolo oneroso. Le disposizioni introdotte, rilevabili nel dettaglio all'Art. 2 del nuovo provvedimento, prevedono un'applicazione temporale graduale e con riferimento alla superficie utile in metri quadrati dell'immobile. L'emissione dell'attestato diventa condizione essenziale per accedere ad agevolazioni di natura fiscale o a contributi di fondi pubblici per interventi sull'edificio e sugli impianti correlati a risparmio energetico.***

***Tempi più stretti per l'adeguamento ai nuovi livelli di isolamento termico (i valori di trasmittanza termica previsti per il 1° gennaio 2009 sono anticipati di un anno al 1 Gennaio 2008) e introduzione di nuovi limiti ancora più restrittivi dal 2010.***

***Nuovi limiti prestazionali e prescrittivi suddivisi per ambito di intervento nell'Allegato I. Si evidenzia che per tutte le categorie di edifici nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione***

---

<sup>28</sup> Il testo di questo decreto legislativo ha subito notevoli variazioni ed integrazioni negli anni, a partire dal 2005 al 2015. Di solito si fa riferimento al *testo corrente*, cioè al testo che riporta tutte le modifiche ed integrazioni in modo da renderlo conforme alla legislazione vigente. Così, ad esempio, le modifiche introdotte dal DPR 59/09, dalla L. 90/13 ed altri decreti sono sempre riportate nel testo vigente aggiornato. E' a questo testo aggiornato che è sempre bene riferirsi.

(Art. 3 comma 2 lettere a) e b)) si procede in sede progettuale alla verifica contemporanea del:

calcolo del **fabbisogno di energia primaria** per la climatizzazione invernale EP<sub>ci</sub> ed alla verifica che risulti inferiore ai limiti in tabella 1 Allegato C

calcolo del rendimento medio stagionale dell'impianto termico e verifica che lo stesso risulti superiore al valore limite calcolato con  $\eta_g = (65 + 3 \text{ Log } P_n) \%$

verifica delle trasmittanze termiche delle diverse componenti edilizie opache e trasparenti, che non devono superare il 30% dei valori fissati alle tabelle di cui ai punti 2,3,4 All. C.

Per tutte le categorie di edifici pubblici e privati, **obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica.**

L'impianto di produzione di energia termica solare deve essere progettato per coprire almeno il 50% del fabbisogno di energia primaria richiesta per produzione di acqua calda sanitaria<sup>29</sup>.

Sono però rimandate ad apposito Decreto le modalità applicative degli obblighi, le prescrizioni minime e le caratteristiche tecniche e costruttive degli impianti che utilizzano predette fonti di energia.

*Ai fini di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti nel caso di edifici nuovi e ristrutturazioni nei casi previsti al comma 9 Allegato I è necessario **valutare** per tutte le categorie di edifici, le opere efficaci tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare dei sistemi schermanti. Per gli immobili (escluse le categorie elencate al comma 10 Allegato I) con superficie utile superiore a 1000 m<sup>2</sup> è invece **obbligatorio** la presenza di sistemi schermanti esterni<sup>30</sup>.*

Il provvedimento contiene inoltre un modello aggiornato di **Relazione tecnica** di cui all'Art 28 Legge 10/91 (**Allegato E**), dei moduli aggiornati per la stesura dei rapporti di controllo degli impianti termici in funzione della potenzialità (**Allegato F e G**) e una serie di nuove misure relative alle operazioni di controllo e manutenzione degli impianti termici (Allegato L).

Per eseguire rigorosamente i calcoli della prestazione energetica dell'edificio e le verifiche necessarie all'applicazione del Decreto Legislativo n 311, a memoria del progettista è riportato in **Allegato M** un elenco di norme UNI rispondenti ed attualmente in vigore.

Come si può osservare i cambiamenti introdotti sono notevoli e incidono nel modus operandi dei progettisti sia termotecnica sia architettonici.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	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

Figura 28: Nuovi parametri del D.lgs. 192/05 per edifici E1 dal 2010

<sup>29</sup> Si osserva che l'utilizzo dell'energia solare quale fonte di energia rinnovabile è anche disciplinato dal D.Lgs. 28/2011. Resta comunque il vincolo del 50% di copertura per ACS indicato dal DPR 59/09. L'energia solare, quale fonte rinnovabile, va comunque considerata nella quota di energia rinnovabile (QR) indicata dal D.Lgs. 28/2011.

<sup>30</sup> A partire dal D.Lgs. 192/05 e il suo successivo D.Lgs. 311/06 si è sempre cercato di limitare la superficie delle superfici vetrate. Inizialmente fornendo dei valori sia per edifici per abitazioni civili che per altre destinazioni. Tuttavia le resistenze della varie categorie (Progettisti, industriali del vetro, ...) hanno fatto sempre recedere il Legislatore da questa posizione fornendo ora, come sopra indicato, la possibilità di utilizzare schermi solari esterni o vetri solari in alternativa. Va anche detto che a seguito dei nuovi decreti attuativi della L. 90/13 il Legislatore ritorna ancora a limitare le superfici vetrate dicendo che il parametro **Asol,est/Asup utile**, determinato in base a quanto previsto dall'Appendice A al decreto sui requisiti minimi, risulti inferiore al corrispondente valore limite riportato nella tabella 11 della stessa Appendice A rispettivamente per gli edifici della categoria E.1, e per gli edifici di tutte le altre categorie.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>a</i> 601 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>a</i> 901 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>a</i> 1401 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>a</i> 2101 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG
≤ 0,2	2,0	2,0	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
≥ 0,9	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

Figura 29 : Nuovi parametri del D.lgs. 192/05 per edifici diversi da E1 dal 2010

Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

3.2 Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno

Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0,80	0,74	0,65
B	0,60	0,55	0,49
C	0,55	0,49	0,42
D	0,46	0,41	0,36
E	0,43	0,38	0,33
F	0,41	0,36	0,32

Figura 30: Nuovi parametri del D.lgs. 192/05 per soffitti, pavimenti e verso locali non riscaldati

Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

Figura 31: Trasmittanze per le chiusure trasparenti e per i vetri

Il nuovo decreto è entrato in vigore il 08/10/05. Il DM 22-11-2012 ha aggiornato l'allegato A.

3.7.1 CONSIDERAZIONI SUL D.LGS 192/2005 E SUL D.LGS 311/06

Questo decreto va ad innovare la normativa esistente sulla riduzione del consumo energetico per il riscaldamento degli edifici. I dati principali si possono così riassumere:

*Verifica di isolamento non più legata al calcolo del Cd ma legata alla trasmittanza di tutti gli elementi disperdenti (vedi figure seguenti): Tale verifica può essere fatta solo quando il rapporto  $S_v/S_u < 0.18^{31}$  nel qual caso non occorre verificare l'EP<sub>i</sub>;*

*Mantenimento del rendimento globale di impianto ma con valore limite inferiore più elevato;  
Calcolo del consumo specifico di energia (EP<sub>ci</sub>) ai fini della certificazione energetica degli edifici;*

*Incentivazione all'utilizzo di energie alternative (solare termico, solare fotovoltaico, teleriscaldamento);*

*Verifica delle prestazioni di impianto;*

*Calcoli redatti da tecnici competenti con assunzione di responsabilità diretta.*

*La necessità di prevedere adeguate superfici di esposizione non ombreggiate ed esposte a sud per l'installazione di impianti solari termici (50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria) comporta un'interazione forte nei criteri di progettazione architettonica. Tale necessità si complementa con quanto indicato dalla UNI TS 11300/4 e dal D.Lgs. 28/2011 sulle FER*

*Le nuove abitazioni e quelle da ristrutturare superiori a 1000 mq dovranno tenere conto di queste specifiche e dovranno prevedere l'interazione dell'impiantistica solare non solamente con una adeguata superficie di raccolta ma anche con la previsione di un volume tecnico e di opportuni cavedi di collegamento, oltre alle disposizioni del D.Lgs. 28/2011.*

*Per superfici utili superiori a 1000 m<sup>2</sup> occorre prevedere schermi solari esterni o infissi con fattore solare non inferiore al 50%.*

La certificazione energetica non è da considerare di secondaria importanza: tutti gli atti notarili di compravendita dovranno citare il certificato energetico degli edifici. Si presume un'influenza di questa certificazione energetica anche sul valore degli immobili per effetto delle incentivazioni che da questa certificazione deriveranno.

### 3.7.2 SANZIONI PREVISTE

Sono previste sanzioni per i seguenti casi:

*Il progettista che rilascia relazione tecnica o certificazione energetica non conforme allo standard*

*Il progettista che rilascia relazione tecnica o certificazione energetica non veritiere*

*Il direttore dei lavori che omette di presentare l'asseverazione di conformità*

*Il direttore dei lavori che presenta falsa asseverazione di conformità*

*Il "conduttore" che non provvede alla manutenzione*

*L'operatore incaricato del controllo e manutenzione che non rilascia o falsifica il rapporto di controllo tecnico*

### 3.7.3 NORME ABROGATE

Sono abrogate le seguenti norme della **Legge 10/91**

*l'articolo 4, commi 1 e 2 (decreto per norme edilizia sovvenzionata);*

*l'articolo 28, commi 3 e 4; (decreto su format, riferimento ad art. 33 e deposito in comune)*

*l'articolo 29; (rif. Legge 46 per certificazione e collaudo)*

*l'articolo 30; (certificazione energetica)*

*l'articolo 33, commi 1 e 2; (controlli e verifiche)*

<sup>31</sup> In pratica il decreto dice che per edifici ben progettati e quindi più virtuosi (cioè quando si ha  $S_v/S_u < 0.18$ ) allora si può fare una verifica energetica più semplificata.

*l'articolo 34, comma 3 (sanzione al progettista ed al costruttore -> da % sul valore dell'opera a % sulla parcella)*

*Sono abrogate le seguenti norme del **DPR 412***

*l'articolo 5, commi 1, 2 e 4; ( $\eta_g$  val. limite e riferimento a norme UNI per calcolo  $\eta_p$ )*

*l'articolo 7, comma 7; (riferimento a norme UNI 9182 per dimensionamento generatore)*

*l'articolo 8 (obbligo del punto di prelievo fumi).*

*È abrogato il D.P.R. di recepimento delle norme UNI<sup>32</sup> serie 1034x e altre.*

### 3.7.4 NUOVO INDICATORE DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Nel caso di edifici di **nuova costruzione e ristrutturati con superficie utile > 1000 m<sup>2</sup>**, si procede in sede progettuale alla determinazione del **fabbisogno annuo di energia primaria** per la climatizzazione invernale (EP<sub>Cl</sub>) espresso in chilowattora per metro quadrato<sup>33</sup> di **superficie utile** dell'edificio (kWh/m<sup>2</sup> anno) e alla verifica che lo stesso risulti inferiore ai valori riportati nella seguente tabella.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	A 601 GG	A 900 GG	a 901 GG	a 01400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
≤0,2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0,9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

Tabella 14: Valori del EP<sub>Cl</sub>

Sostituzione dell'indice di prestazione energetica, **FEN** espresso in  $\text{kJ/m}^3 \text{GG}$  con un indice EP<sub>Cl</sub> espresso in  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{anno})$ , o in  $\text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{anno})$  per edifici non residenziali, e relativi limiti.

Tali limiti sono mediamente circa il **40% in meno** dell'equivalente limite espresso in FEN.

*S, espressa in metri quadrati, è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il volume lordo riscaldato V: superficie disperdente ≤ superficie di involuppo del volume V;*

*V è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.*

Si fa riferimento al regime di **riscaldamento continuo** (24 ore su 24) e si determina con la UNI 10379 -2007 e le UNI TS11300/1 e 2 il **fabbisogno di energia primaria convenzionale** stagionale per il riscaldamento, Q e si normalizza tale energia primaria per i metri quadri di superficie utile Q/S<sub>utile</sub>

Per gli edifici ristrutturati con s.u. minore di 1000 m<sup>2</sup> non E8 – comma 2 non si calcola e non si verifica l'indice di efficienza energetica EP<sub>Cl</sub> ma si impone **solo** il rispetto di specifici parametri prescrittivi:

*trasmissioni termiche  $U \leq U_{lim}$*

*trasmissioni strutture verticali opache (comma 6)*

*trasmissioni strutture orizzontali opache (comma 7)*

<sup>32</sup> Si osserva che l'abrogazione del recepimento di queste norme è un bene perché allarga la scelta di procedure di calcolo significative, ad esempio secondo normative di altri stati europei. Tuttavia la mancanza di un riferimento certo può anche portare ad un deterioramento della qualità progettuale. In realtà le norme UNI sono state nuovamente recepite, anche se non da sole, e quindi il problema del vuoto tecnico-normativo è venuto meno.

<sup>33</sup> Il DPR 59/09 dice che questa unità vale per edifici residenziali (cioè E.1 e alberghi). In tutti gli altri casi si utilizza l'indice di prestazione energetica espresso in  $\text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{anno})$  e le scale di riferimento sono anch'esse espresse in quest'unità.



*trasmissioni chiusure trasparenti (comma 8)*

Per le trasmissioni limiti valgono quanto indicato in Figura 28 e Figura 30. Lo stesso dicasi per le trasmissioni degli infissi.

Per i ponti termici occorre tenere conto delle aree frontali delle superfici e cioè occorre calcolare la trasmissione media pesata secondo le aree delle superfici frontali dei vari componenti la parete e utilizzare questa per il confronto con la trasmissione limite riportata nelle tabelle. Vale la relazione<sup>34</sup>:

$$U_{\text{limite}} \geq \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{elementi}}} A_i \cdot U_i}{\sum_{i=1}^{N_{\text{elementi}}} A_i}$$

Nel caso di edifici di nuova costruzione e ristrutturati con s.u. > 1000 m<sup>2</sup>, se:

*sono rispettati i requisiti sulle trasmissioni termiche (commi 6, 7 e 8)*

*l'impianto termico ha un rendimento globale medio stagionale  $\eta_g$  (nuova espressione):*

$$\eta_g \geq \eta_{g,\text{lim}} = 75 + 3 \log_{10}(P_n)$$

si può attribuire all'edificio il valore limite dell'indicatore energetico EP<sub>CJ</sub> senza calcolarlo

Per nuova installazione o ristrutturazione totale impianto termico – comma 3 allora:

*Si calcola l'indice di efficienza energetica EP<sub>CJ</sub> e lo si verifica comparandolo con il valore limite della tabella 1 allegato C aumentato del 50%:*

$$EP_{CJ} \leq 1.5 \cdot EP_{CJ,\text{lim}}$$

In alternativa se è potenza nominale < 100 kW si può applicare il criterio per sola sostituzione del generatore termico

Nel caso di sostituzione del generatore termico allora si può evitare qualsiasi calcolo se si verifica l'esistenza dei requisiti:

*i nuovi generatori siano certificati e dotati della marcatura di rendimento energetico pari a tre o quattro stelle*

*la temperatura media del fluido termovettore in corrispondenza delle condizioni di progetto sia non superiore a 60°C;*

*siano presenti dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi, di cui al successivo comma 12 (già obbligatorio negli edifici nuovi o ristrutturati);*

*se, solo per potenze del focolare maggiori o uguali a 35 kW, siano installati nuovi generatori di potenza nominale del focolare non superiore del 10% a quella dei generatori che vengono sostituiti.*

Se non è verificato anche uno solo dei predetti requisiti occorre:

*calcolare e verificare il rendimento di produzione medio stagionale  $\eta_p$*

$$\eta_p \geq \eta_{p,\text{lim}} = 77 + 3 \log_{10}(P_n)$$

*così come richiesto dal DPR 412, cioè tenendo conto delle condizioni programmate di accensione-spegnimento o attenuazione;*

*calcolare e verificare l'indicatore di efficienza energetica EP<sub>CJ</sub>, come richiesto al comma 1.*

<sup>34</sup> Nel capitolo sui ponti termici si faranno alcune osservazioni sul ponte termico corretto introdotto da questo decreto legislativo.

### 3.7.5 DISPOSITIVI DI REGOLAZIONE

“Oltre quanto richiesto dal DPR 412-551 per tutti gli edifici e gli impianti termici nuovi o ristrutturati, è prescritta l'installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi al fine di non avere sovrariscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni.”

Il D.lgs. 192-2005 di fatto rende obbligatoria *sempre e comunque* l'installazione dei dispositivi di regolazione automatica di ambiente nei singoli locali o zone, rendendo inutile la verifica del potenziale surriscaldamento legato ai guadagni solari

### 3.7.6 EDIFICI PUBBLICI

Nel caso di edifici Pubblici o ad uso pubblico di nuova costruzione è **obbligatoria** l'installazione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria.”

*“L'impianto deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del consumo annuo di energia termica richiesta dall'utenza per la produzione di acqua calda sanitaria.”*  
 “L'eventuale impossibilità tecnica (non economica!) di rispettare la presente disposizione deve essere *dettagliatamente motivata* nella relazione tecnica.”

*L'obbligatorietà della frazione solare pari al 50%* del fabbisogno per la produzione dell'acqua calda sanitaria è tecnicamente ed economicamente ragionevole, la sua limitazione ai soli edifici pubblici limita però l'importanza del risultato. Restano sempre da verificare le disposizioni contenute nel D.Lgs. 28/2011 sulle fonti energetiche rinnovabili.

Si aggiunge al comma 15 dell'articolo 5 del DPR 412-92 che invece obbliga alla verifica tecnico-economica *anche per l'aspetto climatizzazione invernale*.

Il progettista dovrà inserire i calcoli e le verifiche previste nella relazione attestante la rispondenza alle prescrizioni, che il proprietario dell'edificio, o chi ne ha titolo, deve depositare presso le amministrazioni competenti, in doppia copia, insieme alla denuncia dell'inizio dei lavori relativi alle opere. *“Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica sono riportati nell'allegato E.”*

Tra le poche novità sostanziali è la scomparsa dagli schemi della documentazione delle valutazioni specifiche all'impiego delle fonti rinnovabili di energia per gli edifici pubblici ed ad uso pubblico. In realtà *l'obbligo di valutazione sussiste* poiché è sempre in vigore sia l'art. 1 comma 3, sia l'art. 26 comma 7 della legge 10-91, sia il comma 15 del DPR 412-92

Nel caso di edifici pubblici o a uso pubblico, si ritiene ormai parte integrante nel normale processo progettuale la valutazione sul ricorso alle fonti rinnovabili e quindi si richiede di *documentare solo il non ricorso* ovviamente nella sezione relativa alle deroghe.

L'altra novità principale è, sempre per un edificio pubblico o a uso pubblico, :

*“per gli Enti soggetti all'obbligo della nomina di un Responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia, la relazione progettuale dovrà essere obbligatoriamente integrata attraverso attestazione di verifica sulla utilizzabilità delle fonti rinnovabili*

Cioè

*il responsabile deve integrare la relazione tecnica con un'attestazione di verifica sulla utilizzabilità delle fonti rinnovabili, cioè deve eseguire o far eseguire una verifica tecnica sull'utilizzabilità delle fonti rinnovabili per la riduzione dell'impiego di energia primaria e deve sempre sottoscriverne i risultati, assumendosi la responsabilità di quanto riportato (asseverazione)*

### 3.7.7 NUOVA RELAZIONE EX ART. 28 L. 10/91

Sono previste diverse novità nella stesura della Relazione Tecnica. In particolare:



*dati tecnici e costruttivi dell'edificio:*

*comparsa la superficie utile (calpestabile)*

*scomparsa stranamente la massa efficace dell'involucro edilizio*

*scomparsa la classe di permeabilità dei serramenti (che in realtà verrà recuperata successivamente);*

*dati relativi all'impianto termico:*

*sparisce (apparentemente) la richiesta di fornire lo schema funzionale dell'impianto con il dimensionamento della rete del fluido termovettore e delle apparecchiature e con evidenziazione dei dispositivi di regolazione e contabilizzazione; tale schema doveva anche riportare una tabella riassuntiva delle apparecchiature con le loro caratteristiche funzionali e di tutti i componenti rilevanti ai fini energetici con i loro dati descrittivi e funzionali; lo schema funzionale, senza l'obbligo delle specifiche suddette va comunque riportato*

*dati relativi all'impianto termico:*

*relativamente ai condotti di evacuazione dei prodotti della combustione, essendo stato abrogato il recepimento delle norme UNI come unica regola tecnica da seguire, si chiede di dichiarare con quale norma è stato eseguito il dimensionamento;*

*principali risultati dei calcoli:*

*componenti opachi: oltre alle caratteristiche termiche (trasmissione) ed igrometriche occorre specificare la massa areica frontale; sparisce ogni riferimento ad uno specifico formato di presentazione di dati e si rinvia (per la loro descrizione) ad un generico allegato alla relazione; infine il "Confronto con i valori limite all'art. 10...", va letto come art. 11, che poi rimanda all'appendice I, ed in particolare ai commi 6 e 7 (trasmissione limite), e va effettuato solo se si è presenza di ristrutturazione dell'involucro edilizio degli edifici non E.8 con meno di 1000 m<sup>2</sup> di superficie utile, o qualora si decidesse di optare per la procedura "semplificata".*

### 3.7.8 LIMITI ARCHITETTONICI IMPOSTI DAL D.LGS 192/05 E 311/06

L'art. 10 dell'All. I del D.lgs. 311/06 imponeva inizialmente che siano presenti schermi antisolari esterni. Inoltre l'art. 21 dello stesso allegato così recitava:

*"Nel caso di edifici di nuova costruzione, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione invernale ed estiva, sono prescritti limiti massimi al rapporto superficie trasparente e superficie opaca dell'involucro edilizio nella seguente misura:*

- **0,2<sup>35</sup>**, nel caso di edifici appartenenti alla categoria E(1) ad eccezione di collegi, conventi, case di pena e caserme;

- 0,5, per i restanti edifici, ad eccezione delle categorie E.6 ed E.8."

Successivamente il DPR 59/09 (Regolamento di attuazione del D.Lgs. 192/05) ha abrogato questa disposizione introducendo la possibilità di applicare le verifiche prestazionali (cioè che le trasmittanze degli elementi disperdenti siano inferiori a quelle limite:  $U_i < U_{i,lim}$ ) se si ha la condizione:

$$\frac{S_{vetrata}}{S_{utile}} \leq 0.18$$

Il nuovo DM 26/06/2015 richiede che sia verificata la trasmittanza media data dalla relazione:

<sup>35</sup> Questo limite è stato ulteriormente abbassato, per alcune verifiche relative alla sostituzione del generatore di calore, dal DPR 59/09 a **0,18**.

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k}$$

Che deve risultare inferiore ad un valore limite tabellato (vedi capitolo sulle nuove norme).

I progettisti architettonici debbono ora verificare sia il contributo solare (che provoca *surriscaldamento*) e la massa superficiale delle pareti che il rapporto fra le superfici vetrate e la superficie utile in pianta.

Il nuovo DM 26/06/2015 sui requisiti minimi degli edifici richiede la verifica del rapporto  $A_{sol.est}/A_{utile}$  (vedi capitolo sulle nuove norme) che pone numerosi problemi, specialmente nelle zone con elevato irraggiamento.

Inoltre occorre predisporre sempre una superficie di raccolta della radiazione solare sia per collettori termici sia fotovoltaici. Tutti questi limiti non sono rivolti agli impiantisti ma ai progettisti architettonici e forniscono indicazioni ben precise sulle metodologie progettuali da seguire.

### Controlli della superficie vetrata

Il controllo del rapporto *superficie\_vetrata/Superficie\_Utile* sia per edifici privati (categoria E.1) che per le restanti categorie (escluse la categoria E.6, attività sportive, ed E.8, edifici industriali ed artigianali) è una vera innovazione progettuale.

Essa tende a evitare l'ingiustificata tendenza di edifici eccessivamente vetrati o con superficie vetrata abnorme in rapporto alla superficie dei pavimenti. Secondo quanto detto sull'effetto serra, una superficie eccessivamente vetrata produce due effetti notevoli:

*Surriscaldamento ambientale (già esaminato a proposito dell'applicazione della >L. 10/91) sia durante il periodo estivo (con richiesta di maggior energia per la climatizzazione) che durante il periodo invernale (con la necessità di avere impianti a quattro tubi per fronteggiare entrambe le richieste di raffrescamento e riscaldamento);*

*Eccessiva luminosità interna degli ambienti con effetti negativi sulle suppellettili presenti all'interno (scoloritura delle superfici, indurimento e rottura di elementi in plastica, deterioramento di superfici pitturate, .).*

### Predisposizione della superficie di raccolta dell'energia solare

La predisposizione della superficie di raccolta dell'energia solare è di particolare importanza perché impone di fatto di utilizzare le coperture come superficie attrezzata per l'energia solare.

Queste possono essere sia a falde opportunamente orientate (possibilmente verso sud) e con un'inclinazione ottimale (di solito pari alla latitudine del luogo – 10° per raccolta estiva e + 10° per raccolta prevalentemente invernale). Sugli impianti solari si parlerà più dettagliatamente nel proseguimento.

Oltre alla superficie destinata a ospitare i collettori solari termici e quelli fotovoltaici occorre predisporre i cavetti tecnici per il passaggio delle tubazioni e/o dei cavi elettrici ed un volume tecnico pari ad almeno 50 L per ogni metro quadrato di superficie di raccolta solare.

Ovviamente questa volumetria si aggiunge a quella per i locali tecnici convenzionali (caldaia, pompe, refrigeratori d'acqua, accumulatori termici, ...).

#### 3.7.9 METODOLOGIE DI CALCOLO

Sia il D.lgs. 192/05 che il D.lgs. 311/06 liberalizzano le procedure di calcolo che possono essere utilizzate in applicazioni degli stessi decreti.

Anche le norme UNI indicate dal DPR 412/93 perdono il loro valore di unicità di riferimento potendosi ora utilizzare qualsivoglia riferimento normativo certificato.

Sono introdotte le norme UNI TS11300 Parte 1,2,3 e 4.

Si vuole cioè precisare che la *massa*, la *capacità termica*, la *costante di tempo* e tutte le altre grandezze termo fisiche dell'edificio derivano dalla sua modalità costruttiva e non dal formalismo di calcolo termotecnico.

***E' il Progettista Architettonico che determina ogni caratteristica termofisica dell'edificio. L'impiantista eredita tutte le caratteristiche termofisiche e prestazionali di involucro.***

Queste qualità termiche sono solo evidenziate dai calcoli termotecnici e non possono essere variate se non cambiando l'architettura stessa dell'edificio (sia la forma che incide nel rapporto S/V sia nella scelta dei materiali e delle stratigrafie delle pareti, soffitti e pavimenti e infine anche nella scelta degli infissi vetrati). La progettazione dell'involucro edilizio deve tenere conto non solo di fattori estetici e funzionali di carattere distributivo interno ma anche di fattori prestazionali relativi agli intorno del benessere termico, della qualità dell'aria, dell'intorno visivi e dell'intorno acustico.

Di certo non volevano i decreti legislativi in discussione per affermare che l'edificio è un sistema complesso e sinergico nel raggiungimento del benessere dell'Uomo.

L'applicazione del D.Lgs. 192/05 (e successive modifiche e integrazioni con il D.Lgs. 211/06) è pienamente attuata con il DPR 59/09. Il decreto ha oggi piena applicazione e non occorre più ricorrere alle norme transitorie.

### 3.7.10 CLAUSOLA DI CEDEVOLEZZA

L'art. 17 del D.lgs. 192/05 così recita:

“In relazione a quanto disposto dall'articolo 117, quinto comma, della Costituzione, e fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16, comma 3, della legge 4 febbraio 2005, n. 11, per le norme afferenti a materie di competenza esclusiva delle regioni e province autonome, le norme del presente decreto e dei decreti ministeriali applicativi nelle materie di legislazione concorrente si applicano per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE fino alla data di entrata in vigore della normativa di attuazione adottata da ciascuna regione e provincia autonoma. Nel dettare la normativa di attuazione le regioni e le province autonome sono tenute al rispetto dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dei principi fondamentali desumibili dal presente decreto e dalla stessa direttiva 2002/91/CE.”

In base a quanto sopra scritto le regioni possono legiferare autonomamente per il recepimento della direttiva 2002/91/CE relativa alla certificazione energetica degli edifici. In mancanza di norme regionali vale la normativa nazionale indicata nel D.lgs. 192/05.

La provincia autonoma di Trento e Bolzano ha deliberato autonomamente e qualche altra regione del Nord Italia. La Sicilia non ha accettato le linee guida nazionali (D.M. 06/09) con il D.A. 03/03/2011 e pertanto da tale data vale la normativa nazionale<sup>36</sup>.

In base al nuovo DM 26/06/2015 le Regione che hanno legiferato in base alla clausola di cedevolezza dovrebbero armonizzare le loro norme con quelle nazionali. Tuttavia le stesse regioni, Lombardia in testa e CasaClima®, hanno legiferato in accordo con la direttiva 2010/31/CE ed hanno imposto che già dal 1/1/2016 i nuovi edifici o quelli ristrutturati siano a quasi zero energia (nZEB).

---

<sup>36</sup> Una trattazione completa delle problematiche sulla certificazione energetica è esposta nel volume di G. Cammarata ed altri: "Certificazione Energetica in Sicilia" ed Grafill SpA.

### 3.8 DPR 59/09 ATTUAZIONE DEL D.LGS. 192/05

I decreti attuativi per la certificazione energetica indicati dal D.lgs. 192/05 hanno trovato formulazione con il DPR 59/09 per la verifica energetica e con il DM 06/09<sup>37</sup> per la certificazione energetica.

Si tratta di due decreti corposi ed importanti che costituiscono la base di riferimento per la certificazione energetica. Questi decreti valgono per tutte le regioni italiane che non hanno legiferato in proprio per effetto della clausola di cedevolezza. Anche se si auspica una uniformazione a livello nazionale, esiste di fatto una differenza notevole fra le varie normative regionali e ciò comporta una sperequazione fra cittadini e, più ancora, fra i certificatori energetici costretti ad operare in modo diverso nelle varie regioni.

Questo capitolo esamina questi decreti e pertanto si invita il lettore ad un attento esame di quanto qui esposto. Quanto sopra riportato circa l'articolato del DPR 59/09 viene ora presentato in forma sinottica. La norma indica le procedure di calcolo per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo. In entrambi i casi è bene tenere presente che la grandezza di riferimento per il progetto degli impianti di climatizzazione è sempre la potenza (termica per il riscaldamento e frigorifera per il raffrescamento) e pertanto tutti i calcoli portano a determinare i **carichi termici** (*espressi in Watt*) sia invernali che estivi.

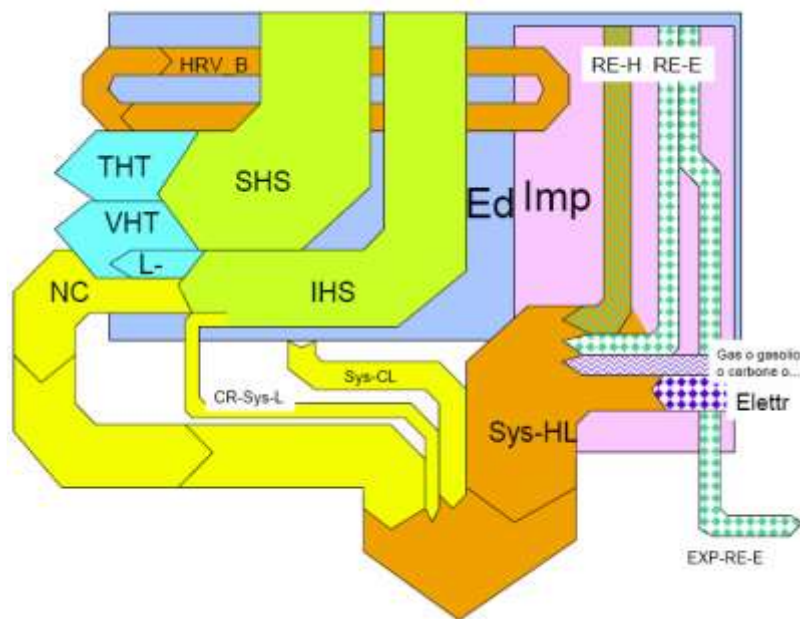


Figura 17: Schema di calcolo per il riscaldamento invernale

Ai fini della certificazione energetica e per la verifica energetica degli edifici la grandezza di riferimento è l'energia (per riscaldamento, per raffrescamento, per acqua calda sanitaria o per tutti i casi contemporaneamente) e pertanto si parla di kJ.

Può essere banale ricordare che per passare dalla potenza all'energia occorre moltiplicare per un tempo che di solito è il numero di secondi in un mese dato dal prodotto di N (numero di giorni del mese specifico) per 86400 s/giorno.

<sup>37</sup> Si ricorda che i nuovi decreti, DM 26/06/2015, di attuazione della L. 90/2013 ridefiniscono il DPR 59/09 con il decreto sui requisiti minimi degli edifici e il DM 06/09 con le *Nuove Linee Guida nazionali*. I nuovi decreti cambiano radicalmente sia le procedure di calcolo delle prestazioni energetiche, tramite l'edificio di riferimento, che le modalità di classificazione energetica degli edifici. Per un riferimento su questi nuovi decreti si veda il capitolo 12. Quanto esposto in questo capitolo vale solo come riferimento storico nel caso di applicazione delle norme anteriormente all'emanazione dei nuovi decreti attuativi.

Si osservino bene tutte le relazioni che sono proposte nell'ambito del DPR 59/09 e delle UNI TS 11300: sono tutte riferite all'**energia globale media mensile**.

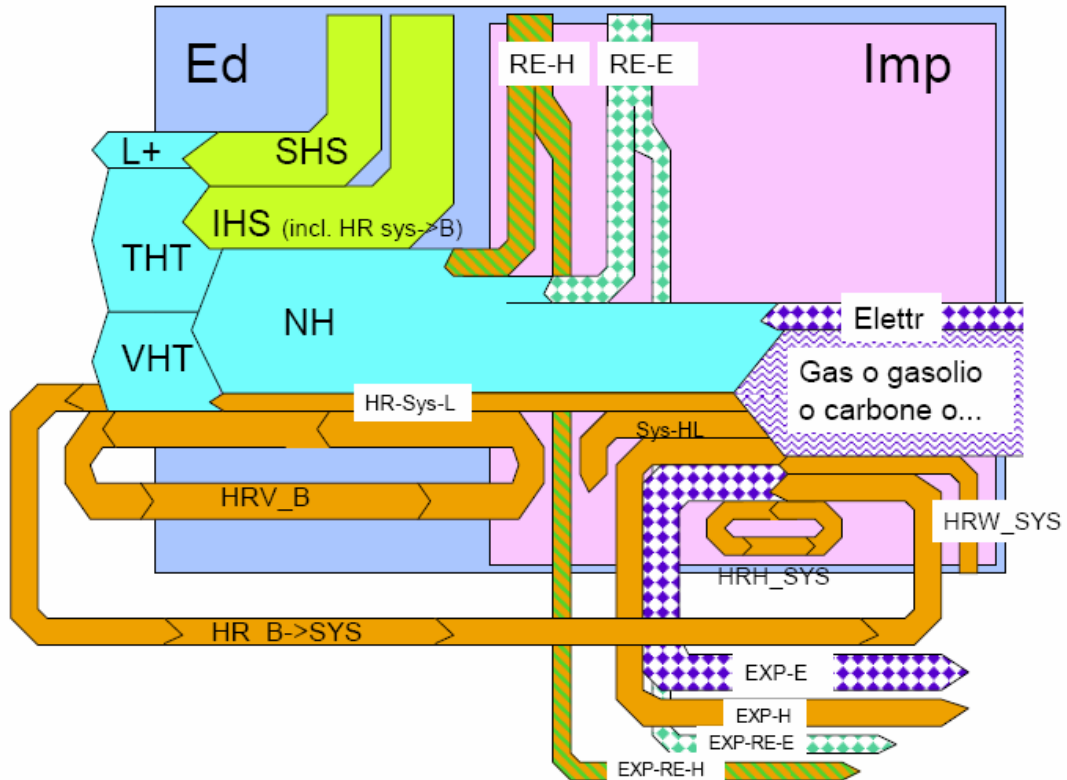


Figura 18: Schema di calcolo per il raffrescamento estivo

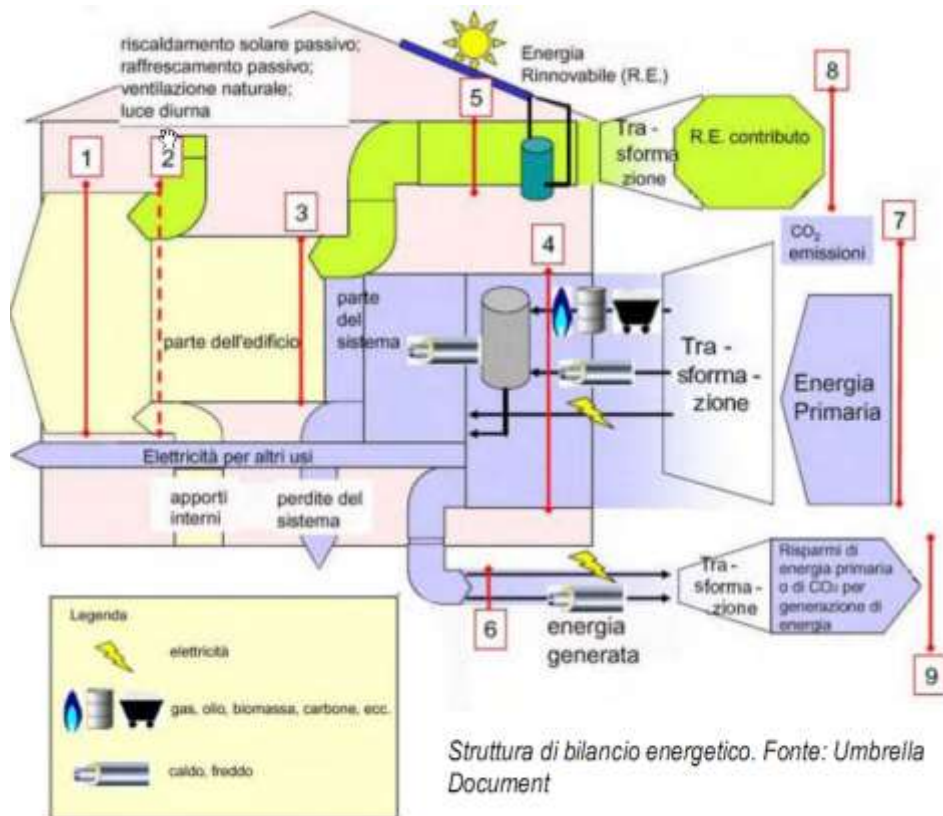


Figura 19: Schema generale dei flussi energetici

I fabbisogni specifici sono definiti diversamente a seconda del periodo stagionale.

**Per la climatizzazione invernale:**

$$EP_i = \frac{Q_{p,H}}{S}$$

Per edifici residenziali o:

$$EP_i = \frac{Q_{p,H}}{V}$$

Per le altre categorie<sup>38</sup> e deve essere

$$EP_i \leq EP_{inv,limite}$$

**Per la climatizzazione estiva:**

$$EP_{e,invl} = \frac{Q_{c,nd}}{S}$$

ovvero anche, per edifici non residenziali<sup>39</sup>:

$$EP_{e,invl} = \frac{Q_{c,nd}}{V}$$

e deve risultare:

$$EP_{e,invl} \leq EP_{e,invl,limite}$$

L'applicazione del DPR 59/09 è differenziato a seconda dei seguenti quattro casi:

- *caso n.1 (edifici nuovi e ristrutturati totali  $\geq 1000 \text{ m}^2$ );*
- *caso n.2 (ristrutturazioni totali  $\leq 1000 \text{ m}^2$  e parziali);*
- *caso n.3 (nuovi impianti termici), ristrutturazione di impianti termici e sostituzione generatori di calore;*
- *caso n.4 (sostituzione generatori di calore).*

### 3.8.1 CASO 1: APPROCCIO PRESTAZIONALE

Si applica alle nuove costruzioni o alle ristrutturazioni complete di edifici con superficie utile  $> 1000 \text{ m}^2$  o con ampliamenti di volumetria  $> 20\%$  della volumetria dell'edificio<sup>40</sup>. La condizione necessaria è che essere  $\frac{V_{vetrata}}{S_{utile}} \leq 0.18$ . Per questi casi non si procede alla verifica degli EP sia invernali sia estivi ma si verificano solamente che le trasmittanze degli elementi disperdenti siano inferiori a quelle limite:  $U_i \leq U_{i,lim}$ .

Va osservato che fin dalla prima emissione del D.Lgs. 311/95 il Legislatore ha cercato di porre un limite alle superfici vetrate. Inizialmente imponendo un rapporto fra  $S_v/S_u$  pari a 0,2 per edifici

<sup>38</sup> Si ricordi che i nuovi decreti attuativi non fanno più questa distinzione e tutti gli indici di prestazione energetica sono riferiti alla superficie utile e misurati in kWh/(m<sup>2</sup>.anno).

<sup>39</sup> Vale quanto detto nella precedente nota.

<sup>40</sup> Queste condizioni cambiano con i nuovi decreti attuativi della L. 90/13.



residenziali e 0.5 per gli altri edifici. Successivamente, anche a seguito della reazione delle categorie interessate (Progettisti, Costruttori, Industriali, ...) il Legislatore è ripiegato all'approccio prestazionale ancora una volta possibile per dati rapporti  $S_v/S_u$ , come sopra detto.

Va ora osservato che i nuovi decreti attuativi della L. 90/13 intervengono ulteriormente su questo argomento. Non esiste più il metodo prestazionale suddetto ma la verifica energetica viene sempre fatta allo stesso modo per tutti gli edifici. Tuttavia viene introdotta una nuova grandezza: *la superficie vetrata equivalente per la radiazione del mese di luglio*. In pratica, vedi dopo per maggior dettagli, si calcola la superficie utile dei componenti finestrati mese per mese tenendo presente il rapporto fra la radiazione di ciascun mese e della radiazione nel mese di luglio per il luogo considerato. La somma di tutte queste superfici deve risultare minore di 0.03 per gli edifici residenziali e 0.04 per gli altri.

E' chiaro che lo scopo prefissato dal Legislatore è di limitare il surriscaldamento estivo (e in certi casi anche invernale) degli ambienti. Questa condizione, infatti, comporta impianti di raffrescamento più potenti e quindi più energivori.

L'abuso di superfici vetrate (attici completamente vetrati, edifici ampiamente vetrati, ...) viene attuato tutti i giorni dai progettisti a solo scopo estetico e non a scopo funzionale. Un'abbondante superficie vetrata porta ad eccessi di illuminazione diurna, al danneggiamento delle suppellettili interne e ad un surriscaldamento ambientale per effetto serra. Se i progettisti non hanno la sensibilità e la coscienza di limitare quest'abuso è allora necessario un intervento legislativo che ponga un limite pratico per tutti.

Si ricordi che il DPR 59/09 non si applica solamente a:

- edifici di particolare interesse storico o artistico nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione delle loro caratteristiche;*
- fabbricati industriali, artigianali ed agricoli riscaldati solo da processi per le proprie attività produttive;*
- fabbricati isolati con superficie utile < 50 m<sup>2</sup>;*
- impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati in parte non preponderante per gli usi tipici del settore civile.*

La classificazione degli edifici è sempre quella indicata dal DPR 412/93 data nella tabella.

CATEGORIE EDIFICI (DPR 412/93)	
E. 1 (1)	EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione continuativa
E. 1 (2)	EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione saltuaria
E. 1 (3)	EDIFICI ADIBITI ad ALBERGO, PENSIONE ed attività similari
E. 2	EDIFICI per UFFICI e assimilabili
E. 3	OSPEDALI, CASE di CURA, e CLINICHE
E. 4	EDIFICI adibiti ad attività RICREATIVE, associative o di culto e assimilabili
E. 5	EDIFICI adibiti ad attività COMMERCIALI
E. 6	EDIFICI adibiti ad attività SPORTIVE
E. 7	EDIFICI adibiti ad attività SCOLASTICHE
E. 8	EDIFICI INDUSTRIALI E ARTIGIANALI riscaldati per il comfort degli occupanti

Tabella 15: Classificazione dei edifici per destinazione d'uso

I valori limiti dell'indice<sup>41</sup>  $EP_i$  per edifici residenziali (esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme) sono dati nella seguente tabella:

<sup>41</sup> I nuovi decreti attuativi definiscono quest'indice con il simbolo  $EP_H$  per il riscaldamento ed  $EP_C$  per il raffrescamento degli edifici.

	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>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 16. Valori limiti dell'indice EP<sub>i</sub> per edifici residenziali - Anno 2010

Per le altre categorie di edifici si applica la seguente tabella:

	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤ 0.2	2	2	3.6	3.6	6	6	9.6	9.6	12.7	12.7
≥ 0.9	8.2	8.2	12.8	12.8	17.3	17.3	22.5	22.5	31	31

Tabella 17: Valori limiti dell'indice EP<sub>i</sub> per edifici non residenziali - Anno 2010

Per l'EP<sub>e,inv</sub> per la climatizzazione estiva si ha la seguente classificazione, valida per tutte le destinazioni d'uso, vedi tabella seguente.

EP <sub>e,inv</sub> (kWh/m <sup>2</sup> anno)	Prestazioni	Qualità prestazionale
EP <sub>e,inv</sub> < 10	ottime	I
10 ≤ EP <sub>e,inv</sub> < 20	buone	II
20 ≤ EP <sub>e,inv</sub> < 30	medie	III
30 ≤ EP <sub>e,inv</sub> < 40	sufficienti	IV
EP <sub>e,inv</sub> ≥ 40	mediocri	V

Tabella 18: Classificazione per climatizzazione estiva

### 3.8.2 METODO BASATO SU PARAMETRI QUALITATIVI

Congiuntamente all'applicazione delle metodologie di cui al paragrafo 5.2, punto 3, e con le limitazioni ivi previste, in alternativa alla metodologia di cui al paragrafo 6.1, si può procedere alla determinazione di indicatori quali: lo **sfasamento** (*S*), espresso in ore, ed il **fattore di attenuazione** (*fa*), coefficiente adimensionale. Il riferimento nazionale per il calcolo dei predetti indicatori è la norma tecnica *UNI EN ISO 13786*, dove i predetti parametri rispondono rispettivamente alle seguenti definizioni:

- a) **fattore di attenuazione** o *fattore di decremento* è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie.
- b) **sfasamento** è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

Sulla base dei valori assunti da tali parametri si definisce la seguente classificazione valida per tutte le destinazioni d'uso, Tabella 41.

Sfasamento (ore)	Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
S > 12	Fa < 0,15	ottime	I
12 ≥ S > 10	0,15 ≤ fa < 0,30	buone	II
10 ≥ S > 8	0,30 ≤ fa < 0,40	medie	III
8 ≥ S > 6	0,40 ≤ fa < 0,60	sufficienti	IV
6 ≥ S	0,60 ≤ fa	mediocri	V

Tabella 19: Classificazione in base ai parametri qualitativi



**3.8.3 PREREQUISITO COMMA 16**

Per le zone climatiche C, D, E e F (escluso le categorie E8 cioè gli edifici industriali), la trasmittanza termica delle pareti di separazione tra edifici o unità immobiliare, sia verticali sia orizzontali, e delle strutture opache di ambienti non riscaldati verso l'esterno deve essere  $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

In base al comma 8 deve anche esser rispettato il limite:

$$\frac{S_{trasparente}}{S_{utile}} < 0,18$$

(precedentemente il D.lgs. 311/06 poneva questo limite pari a 0,2).

Inoltre le trasmittanze delle strutture opache da ambienti riscaldati verso l'esterno e verso ambienti non riscaldati deve essere:

$$U_i \leq U_{i,lim}$$

con  $U_{lim}$  dato in Tabella 20.

Valori limite della trasmittanza termica U (espressa in $\text{W/m}^2 \text{K}$ )					
Valori applicabili fino al 31 dicembre 2009					
Zona Climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali e inclinate		Chiusure trasparenti Con infissi	Chiusure trasparenti Solo vetro
		Coperture	Pavimenti		
A	0,72 (0,62)	0,42 (0,38)	0,74 (0,65)	5,0 (4,6)	4,5 (4,5)
B	0,54 (0,48)	0,42 (0,38)	0,55 (0,49)	3,6 (3,0)	3,4 (3,4)
C	0,46 (0,40)	0,42 (0,38)	0,49 (0,42)	3,0 (2,6)	2,3 (2,3)
D	0,40 (0,36)	0,35 (0,32)	0,41 (0,36)	2,8 (2,4)	2,1 (2,1)
E	0,37 (0,34)	0,32 (0,30)	0,38 (0,33)	2,4 (2,2)	1,9 (1,9)
F	0,35 (0,33)	0,31 (0,29)	0,36 (0,32)	2,2 (2,0)	1,7 (1,7)
Valori applicabili dal 1 gennaio 2010					
Zona Climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali e inclinate		Chiusure trasparenti Con infissi	Chiusure trasparenti Solo vetro
		Coperture	Pavimenti		
A	0,62 (0,56)	0,38 (0,34)	0,65 (0,59)	4,6 (3,9)	3,7 (3,7)
B	0,48 (0,43)	0,38 (0,34)	0,49 (0,44)	3,0 (2,6)	2,7 (2,7)
C	0,40 (0,36)	0,38 (0,34)	0,42 (0,38)	2,6 (2,1)	2,1 (2,1)
D	0,36 (0,30)	0,32 (0,28)	0,36 (0,30)	2,4 (2,0)	1,9 (1,9)
E	0,34 (0,28)	0,30 (0,24)	0,33 (0,27)	2,2 (1,6)	1,7 (1,7)
F	0,33 (0,27)	0,29 (0,23)	0,32 (0,26)	2,0 (1,4)	1,3 (1,3)

Tabella 20: Valori limiti delle trasmittanze per elementi opachi e vetrati.

In tutti i casi di nuova costruzione o ristrutturazione di edifici pubblici o a uso pubblico, devono essere rispettate le seguenti ulteriori disposizioni:

- a) i valori limite già previsti ai punti 1, 2, 3 e 4 dell'allegato C al decreto legislativo [trasmittanze limite di strutture opache e trasparenti] sono ridotti del 10 per cento;
- b) il valore limite del rendimento globale medio stagionale, già previsto al punto 5, dell'allegato C, del decreto legislativo, è calcolato con la seguente formula:  $\eta_g = (75 + 4 \log Pn)\%$  [anziché  $\eta_g = (75 + 3 \log Pn)\%$ ];
- c) i predetti edifici devono essere dotati di impianti centralizzati per la climatizzazione invernale ed estiva, qualora quest'ultima fosse prevista. Questo limite è importante per

*incrementare l'efficienza globale degli edifici e migliorare l'utilizzo degli impianti con una manutenzione programmata unica in centrale termica anziché suddivisa in tanti piccoli impianti, vedi figura.*

Nell'applicazione dei limiti per  $EP_i$  si ricorda che:

$S$ , espressa in  $m^2$ , è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il volume riscaldato  $V$ :

$V$  è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.



Figura 20: Impianti singoli di tipo split in un edificio

### 3.8.4 PONTI TERMICI CORRETTI

In presenza di elementi della parete con riduzione di spessore rispetto all'elemento principale costituente la parete stessa (cioè che costituisce per la maggior parte la parete stessa) occorre calcolare la **trasmissione media pesata** secondo le aree delle superfici frontali dei vari componenti la parete e utilizzare questa per il confronto con la trasmissione limite riportata nelle tabelle; cioè

$$U_{\text{limite}} \geq \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{elementi}}} A_i \cdot U_i}{\sum_{i=1}^{N_{\text{elementi}}} A_i}$$

### 3.8.5 RENDIMENTO DEL GENERATORE

Il rendimento del generatore deve essere non inferiore a:

$$\eta_t (100\%P_n) \geq (X + 2 \log P_n)$$

con

$$X = 90 \text{ zone A,B,C}$$

$$X = 93 \text{ zone D,E,F}$$

La temperatura media del fluido termovettore in corrispondenza delle condizioni di progetto non deve superare i 60 °C. Deve esser inoltre installata una centralina di regolazione programmabile in ogni unità immobiliare e dispositivi modulanti per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni

uniformi al fine di non determinare sovra riscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni.

*Nel caso di installazione di **pompe di calore elettriche o a gas** queste abbiano un rendimento utile in condizioni nominali,  $\eta_{\nu}$  riferito all'energia primaria:*

$$\eta_u \geq 90 + 3 \text{ Log } P_n$$

Ai fini della verifica del fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale si può omettere il calcolo attribuendo all'edificio il valore limite massimo applicabile  $EP_{lim}$

### 3.8.6 CASO 2 - RISTRUTTURAZIONI TOTALI < 1000 M<sup>2</sup>

Ristrutturazione totali o parziali non ricadenti nel caso precedente, manutenzione straordinaria involucro edilizio.

Ampliamenti di volumetria < 20% volumetria edificio.

**Si esegue la verifica solo delle trasmittanze:**

*trasmittanza strutture opache da ambienti riscaldati verso esterno e verso ambienti non riscaldati:  $U \leq U_{lim}$  con valori limiti eguali al caso 1.*

*limiti alle trasmittanze delle chiusure orizzontali superiori orizzontali o inclinate di ambienti climatizzati verso l'esterno:  $U \leq U_{lim}$  con valori limiti eguali al caso 1.*

*limiti alle trasmittanze delle chiusure orizzontali inferiori - pavimenti di ambienti climatizzati verso esterno o terreno:  $U \leq U_{lim}$  con valori limiti eguali al caso 1.*

*limiti alle trasmittanze strutture opache verticali verso ambienti non climatizzati:  $U_{Ulim}$  con valori limiti eguali al caso 1.*

*limiti alle trasmittanze delle chiusure apribili ed assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi, considerando le parti trasparenti e/o opache che le compongono:  $U_w \leq U_{wlim}$  con valori limite eguali al caso 1.*

*limiti alle trasmittanze delle chiusure apribili ed assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi, considerando le parti trasparenti e/o opache che le compongono:  $U_w \leq U_{wlim}$  con valori limite eguali al caso 1.*

### 3.8.7 CASO 3 - EDIFICI ESISTENTI

Edifici esistenti approccio prestazionale (art. 4 comma 5 D.P.R. 02/04/09 n. 59):

*nuova installazione di impianti termici*

*ristrutturazione integrale di impianti termici*

*sostituzioni di generatori di calore con  $P_n < 100 \text{ kW}$*

Deve essere:

$$\eta_g \geq \eta_{glim}$$

Il dimensionamento dell'impianto termico deve essere fatto in modo da assicurare un rendimento globale medio stagionale non inferiore a:

$$\eta_g \geq (75 + 3 \log P_n) \%$$

Obbligo di allegare alla relazione tecnica una **diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto** nella quale si individuano gli interventi di riduzione della spesa energetica, i relativi tempi di ritorno degli investimenti, e i possibili miglioramenti di classe dell'edificio nel sistema di certificazione energetica in vigore e sulla base della quale sono state determinate le scelte impiantistiche che si vanno a realizzare.

Caso 3: approccio prescrittivo edifici esistenti solo per sostituzione generatori di calore (comma 6 lettera a), b))

$$\eta_{tu} (100\%P_n) \geq (90 + 2 \log P_n) \% \quad \text{per i nuovi generatori a combustione}$$

$$\eta_u \geq 90 + 3 \log P_n \quad \text{per le nuove pompe di calore elettriche o a gas}$$

$$\eta_{tu}^{100\%} = COP_{el}^{100\%} \cdot \eta_{SEN} \quad \eta_{SEN} = 0.41AEEG$$

$$\eta_{tu}^{100\%} > \eta_{tu,lim} = X + 3 \cdot \log_{10}(P_n) \quad P_n \text{ pot.utile in kW}$$

Presenza (salvo casi da giustificare nella realtà) almeno di una **centralina di termoregolazione programmabile** per ogni generatore di calore e dispositivi modulanti per la regolazione automatica della  $t_{amb}$  nei singoli locali o zone che con le loro caratteristiche di uso ed esposizione possano godere, a differenza di altri ambienti riscaldati, di apporti di calore solare o comunque gratuiti.

Detta centralina si differenzia riguardo alla tipologia impiantistica e deve possedere i requisiti già previsti all'art. 7 del DPR 412/93 per gli impianti nuovi e ristrutturati, ma in ogni caso deve:

1) *essere pilotata da **sonde** di rilevamento della  $T_i$ , supportate eventualmente da una analoga centralina per la  $T_e$ , con programmatore che consenta la regolazione della temperatura su due livelli nell'arco delle 24 h per impianti termici centralizzati*

2) *consentire la programmazione e la regolazione della temperatura ambiente su due livelli nell'arco delle 24 h per impianti termici per singole unità immobiliari.*

**sia verificato il dimensionamento del generatore per potenze superiori a quelle preesistenti;**

*nel caso di installazione di generatori a servizio di più unità immobiliari, sia verificata la **corretta equilibratura del sistema di distribuzione**, al fine di consentire contemporaneamente, in ogni unità immobiliare, il rispetto dei limiti minimi di comfort e limiti massimi di temperatura interna; eventuali squilibri devono essere corretti in occasione della sostituzione del generatore, eventualmente installando un sistema di contabilizzazione del calore che permetta la ripartizione dei consumi per singola unità immobiliare;*

*nel caso di sostituzione di generatori di calore di potenza nominale al focolare < 35 kW, con altri della stessa potenza, è rimessa alle autorità locali, ogni valutazione sull'obbligo di presentazione della relazione tecnica di cui al c. 15 e se la medesima può essere omessa a fronte dell'obbligo di presentazione della dichiarazione di conformità ai sensi della legge 46/90 e successive modificazioni ed integrazioni.*

Se il requisito prescrittivo è verificato allora si omette la verifica del rendimento globale:

$$\eta_g \geq \eta_{glim}$$

In alternativa solo per sostituzione dei generatori di calore (art. 4 comma 7 D.P.R. 02/04/09 n. 59) qualora, per garantire la sicurezza, non fosse possibile rispettare la condizione del precedente comma 4, lettera a),

$$\eta_{tu}(100\%P_n) \geq (90 + 2 \log P_n) \%$$

in particolare nel caso in cui il sistema fumario per l'evacuazione dei prodotti della combustione è al servizio di più utenze ed è di tipo collettivo ramificato, e qualora sussistano motivi tecnici o regolamenti locali che impediscano di avvalersi della deroga prevista all'articolo 2, comma 2 del DPR. 551, la semplificazione di cui al c. 4 può applicarsi ugualmente, fermo restando il rispetto delle altre condizioni previste, a condizione di installare generatori di calore che abbiano:

$$\eta_{tu}(0,3P_n) \geq (85 + 3 \log P_n) \%$$

Si deve predisporre una dettagliata relazione che attesti i motivi della deroga dalle disposizioni di cui al c. 4, da allegare alla relazione tecnica, ove prevista, o alla dichiarazione di conformità, ai sensi della legge 46/90, correlata all'intervento, qualora le autorità locali competenti si avvalgano dell'opzione descritta precedentemente per sostituzioni di generatori di calore con  $P_n < 35$  kW.

In tutti gli edifici esistenti con un numero di unità abitative  $> 4$ , e in ogni caso per  $P_n$  del generatore di calore dell'impianto centralizzato  $\geq 100$  kW, appartenenti alle categorie E1 ed E2, è **preferibile il mantenimento di impianti termici centralizzati laddove esistenti.**

Le cause tecniche o di forza maggiore per ricorrere ad eventuali interventi finalizzati alla trasformazione degli impianti termici centralizzati ad impianti con generazione di calore separata per singola unità abitativa devono essere dichiarate nella relazione tecnica di cui al comma 25 del DPR 02/04/09 n. 59.

### 3.8.8 NUOVA INSTALLAZIONE DI IMPIANTI TERMICI

#### Ristrutturazione integrale di impianti termici: requisito prescrittivo (comma 10):

In tutti gli edifici esistenti con un **numero di unità abitative  $> 4$** , appartenenti alle categorie E1 ed E2, in caso di ristrutturazione dell'impianto termico o d'installazione dell'impianto termico devono essere realizzati gli interventi necessari per permettere, ove tecnicamente possibile, la **contabilizzazione** e la **termoregolazione** del calore per singola unità abitativa. Gli eventuali impedimenti di natura tecnica alla realizzazione dei predetti interventi, devono essere evidenziati nella relazione tecnica di cui al comma 25 del D.P.R. 02/04/09

#### Requisito prescrittivo (comma 11):

Le apparecchiature installate ai sensi del comma 10 precedente devono assicurare un **errore di misura**, nelle condizioni di utilizzo, **inferiore a  $\pm$  il 5%**, con riferimento alle norme UNI in vigore, anche per le modalità di contabilizzazione si fa riferimento alle vigenti norme e linee guida UNI.

#### Requisiti (art. 4 comma. 12 D.P.R. 02/04/09 n. 59)

Per la determinazione del fabbisogno di energia primaria dell'edificio  $EP_i$ , sono considerati ricadenti fra gli impianti alimentati da fonte rinnovabile gli impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati a **biomasse** combustibili che rispettano i seguenti requisiti:

*rendimento utile nominale minimo conforme alla classe 3 di cui alla norma europea UNI EN 303-5;*

*limiti di emissione conformi all'allegato IX alla parte quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, ovvero i più restrittivi limiti fissati da norme regionali, ove presenti;*

*utilizzano biomasse combustibili ricadenti fra quelle ammissibili ai sensi dell'allegato X alla parte quinta del medesimo decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni;*

*rendimento utile nominale minimo conforme alla classe 3 di cui alla norma europea UNI EN 303-5: questo secondo la norma citata implica un rendimento termico utile non inferiore a:*

$$\eta_{tu} = 67 + 6 \log P_n$$

*con  $p_n$  potenza nominale del generatore e log logaritmo in base 10.*

I limiti di emissione conformi all'allegato IX alla parte quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, ovvero i più restrittivi limiti fissati da norme regionali, ove presenti. Si riportano i valori limite di emissione per gli impianti che utilizzano biomasse come da allegato IX del D.lgs. 3 aprile n. 152 e s.m.i.

Per tutte le categorie di edifici, con esclusione di E.8 per nuova costruzione e ristrutturazioni totali di edifici esistenti in cui è prevista l'installazione di impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati da **biomasse** combustibili **si procede alla verifica che la**

**trasmissione termica** delle diverse strutture edilizie, opache e trasparenti, che delimitano l'edificio verso l'esterno o verso vani non riscaldati, non sia maggiore dei valori definiti nella pertinente tabella di cui ai punti 2, 3 e 4 dell'allegato c al D.Lgs. n. 192/05 e s.m.i.

### 3.8.9 ADEMPIMENTI NEL SETTORE PUBBLICO

In tutti i casi di nuova costruzione o ristrutturazione di edifici pubblici o a uso pubblico, devono essere rispettate le seguenti ulteriori disposizioni:

*i valori limite già previsti dell'allegato c, D.Lgs. n. 192 e s.m.i., sono ridotti del 10 %;*

$$EP_i \leq 0,90 E_{Plim}$$

$$U \leq 0,90 U_{lim}$$

*il valore di  $\eta_{glim}$  è calcolato con la seguente formula:*

$$\eta_{glim} = (75 + 4 \log P_n) \%$$

*i predetti edifici devono essere dotati di impianti centralizzati per la climatizzazione invernale ed estiva, qualora quest'ultima fosse prevista.*

### 3.8.10 VERIFICA IGROMETRICA

Fra gli altri requisiti richiesti dal DPR 59/09 vi è la verifica termo igrometrica delle pareti e della formazione della condensa superficiale, per tutti gli edifici nuovi e ristrutturati ad eccezione della categoria E8. Di questa verifica si è parlato esplicitamente in un precedente capitolo.

### 3.8.11 CONTROLLO DELL'IRRAGGIAMENTO SOLARE

Al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti limitando l'apporto di calore per irraggiamento solare, per tutti gli edifici di nuova costruzione e ristrutturazioni totali.

#### 1° Requisito Prescrittivo (comma 18 lettera a)

Il progettista deve valutare e documentare l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate esterne o interne

#### 2° Requisito Prescrittivo (comma 18 lettera b)

per tutte le categorie di edifici, ad eccezione, di E.5, E.6, E.7 ed E.8, per nuove costruzioni e ristrutturazioni totali il progettista esegue, in tutte le zone climatiche eccetto la F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva,

$$I_{m,s}, \text{ sia } \geq 290 \text{ W/m}^2$$

Relativamente a tutte le pareti verticali opache con l'eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest / nord / nord-est, almeno una delle seguenti verifiche:

*che il valore della massa superficiale  $m_s$  sia*

$$> 230 \text{ kg/m}^2$$

*che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$  (data dal prodotto della trasmittanza termica per il fattore di attenuazione), sia*

$$< 0,12 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$M_s > 230 \text{ Kg/m}^2$$

$$Y_{IE} < 0,12 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$



Su tutte le pareti opache orizzontali e inclinate che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica  $y_{ie}$ , sia:

$$y_{ie} < 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K.}$$

Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di **massa superficiale** o trasmittanza termica periodica delle pareti opache possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero **coperture a verde**, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento *dell'irraggiamento solare*. *In tal caso deve essere prodotta un'adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attesti l'equivalenza con le predette disposizioni.*

### 3° Requisito Prescrittivo (comma 18 lettera c)

Il progettista utilizza al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la **ventilazione naturale** dell'edificio.

Nel caso che tale ventilazione non sia efficace, può prevedere l'impiego di sistemi di **ventilazione meccanica** nel rispetto del c.13, art. 5, del D.P.R., n. 412/93 (recuperatori di calore).

#### 3.8.12 UTILIZZO DI VETRATE A BASSO FATTORE SOLARE

Occorre limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti limitando l'apporto di calore per irraggiamento solare per tutti gli edifici nuovi e ristrutturati totalmente di superficie ad eccezione delle cat. E6 ed E8 (art. 4 comma 19).

#### Requisito Prescrittivo (Art. 4 comma 19)

Obbligo di sistemi schermanti delle superfici vetrate;

Qualora se ne dimostri la non convenienza in termini tecnico-economici, detti sistemi possono essere omessi in presenza di superfici vetrate con fattore solare (UNI EN 410)  $\leq 0,5$ . Tale valutazione deve essere evidenziata nella relazione tecnica.

#### Requisito Prescrittivo (Art. 4 comma 20)

Valuta puntualmente e documenta l'efficacia dei sistemi filtranti o schermanti delle superfici vetrate, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare. Gli eventuali impedimenti di natura tecnica ed economica devono essere evidenziati nella relazione tecnica. La valutazione può essere omessa in presenza di superfici vetrate con fattore solare (UNI EN 410)  $\leq 0,5$ .

#### 3.8.13 ORGANI DI REGOLAZIONE

Obbligo di installare **dispositivi per la regolazione automatica** della  $T_{amb}$  nei singoli locali o zone con caratteristiche d'uso ed esposizione uniformi per evitare sovra riscaldamento per effetto degli apporti gratuiti e solari per **tutti** gli edifici e impianti termici nuovi e ristrutturati (art. 4 comma 21).

Vi è l'**obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili** per la produzione di energia termica ed elettrica per edifici pubblici e privati (vedi anche quanto indicato dal D.Lgs. 28/2011 sull'uso delle *Fonti Energetiche Rinnovabili, FER*) in particolare per tutti gli edifici di nuova costruzione o per impianti termici di nuova installazione o di ristrutturazione di quelli esistenti l'impianto termico di produzione di ACS deve coprire almeno il 50% del fabbisogno di energia annua.

Tale limite è ridotto al 20% per edifici situati nei centri storici (comma 22).

**Obbligo di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica** per tutti gli edifici nuovi e ristrutturati integralmente da definire con i decreti attuativi di cui all'art.4 comma 1 del D.Lgs n.192 (comma 23).

Quest'obbligo è quantificato nel D.Lgs. 28/2011 nella relazione:

$$P = \frac{S_{pianta}}{K} \quad kW$$

Ove K assume il valore attuale pari a 65 dal 1/01/2014 e 50 dal 1/01/2017.

Le valutazioni concernenti il dimensionamento ottimale, o l'eventuale impossibilità tecnica di rispettare le presenti disposizioni, devono essere dettagliatamente illustrate nella relazione tecnica. In mancanza di tali elementi conoscitivi, la relazione è dichiarata irricevibile.

Obbligo di predisposizione di opere rivolte a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento, nel caso di presenza di tratte di rete inferiori a 1000 m o in presenza di progetti approvati nell'ambito di opportuni strumenti pianificatori per tutti gli edifici pubblici o privati nuovi e ristrutturati integralmente  $\geq 1000 \text{ m}^2$ .

#### 3.8.14 RELAZIONI TECNICHE

Il progettista dovrà inserire i calcoli e le verifiche previste nella relazione attestante la rispondenza alle prescrizioni per il contenimento del consumo di energia degli edifici e relativi impianti termici, che, ai sensi dell'articolo 28, comma 1, della legge n. 10/91, il proprietario dell'edificio, o chi ne ha titolo, deve depositare presso le amministrazioni competenti secondo le disposizioni vigenti, in doppia copia, insieme alla denuncia dell'inizio dei lavori relativi alle opere di cui agli articoli 25 e 26 della stessa legge (art. 4 comma 25).

Schemi e modalità di riferimento per la compilazione delle relazioni tecniche sono riportati nell'allegato e al D.Lgs n. 192 e s.m.i.

Ai fini della più estesa applicazione dell'articolo 26, comma 7, della legge n. 10/91, negli enti soggetti all'obbligo dell'energy manager tale relazione progettuale dovrà essere obbligatoriamente integrata attraverso attestazione di verifica sulla applicazione della norma predetta a tale fine redatta dal energy manager nominato (art. 4 comma 25).

I calcoli e le verifiche necessari al rispetto del decreto sono eseguiti utilizzando metodi che garantiscano risultati conformi alle migliori regole tecniche.

Si considerano rispondenti a tale requisito le norme tecniche predisposte dagli organismi deputati a livello nazionale o comunitario, quali ad esempio l'UNI e il CEN, o altri metodi di calcolo recepiti con decreto del MSE.

#### 3.8.15 METODOLOGIE DI CALCOLO

##### Art. 3 commi 1 e 2

Per le metodologie si fa riferimento alle seguenti norme tecniche:

- **UNI TS 11300 prestazioni energetiche degli edifici – parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;**
- **UNI TS 11300 prestazioni energetiche degli edifici – parte 2: determinazione dell'energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria, ACS;**

Ai fini della certificazione degli edifici, le metodologie per il calcolo della prestazione energetica, sono riportate nelle linee guida nazionali.

Gli strumenti di calcolo applicativi delle metodologie precedenti (software commerciali) devono garantire che gli indici di prestazione energetica abbiano uno scostamento massimo di  $\pm 5$



%, rispetto ai corrispondenti parametri determinati con lo strumento nazionale di riferimento. Questa garanzia è fornita attraverso verifica e dichiarazione di CTI o UNI.

Il CTI deve predisporre lo strumento di riferimento nazionale ai fini della garanzia precedente.

Nelle more del rilascio di tale dichiarazione, la stessa è sostituita da autodichiarazione del produttore dello strumento di calcolo, in cui compare il riferimento della richiesta di verifica e dichiarazione avanzata al CTI o all'UNI.

Per una descrizione dettagliata delle UNI TS 11300 si rimanda al successivo capitolo.

### **3.9 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO**

La metodologia di calcolo adottata dovrà garantire risultati conformi alle migliori regole tecniche, a tale requisito rispondono le normative UNI e CEN vigenti in tale settore.

Gli aggiornamenti delle norme tecniche riportate nel presente allegato o le eventuali norme sostitutive subentrano direttamente alle corrispondenti norme dell'elenco che segue.

Con l'entrata in vigore della L. 90/2013 e dei suoi decreti attuativi le norme tecniche di riferimento sono cambiate. E' bene riferirsi ai nuovi decreti per l'elenco aggiornato.

#### **3.9.1 FABBISOGNO ENERGETICO PRIMARIO**

UNI 10339 Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.

UNI 10347, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante – Metodo di calcolo

UNI 10348, Riscaldamento degli edifici – Rendimenti dei sistemi di riscaldamento – Metodo di calcolo

UNI EN ISO 13790, Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento

UNI TS 11300:2008 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, e successive modificazioni;

UNI TS 11300:2008 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione dell'energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari, e successive modificazioni.

#### **3.9.2 PRESTAZIONI DEI COMPONENTI EDILIZI**

UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo

UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13789, Prestazione termica degli edifici – Coefficiente di perdita di calore per trasmissione – Metodo di calcolo

UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo

UNI EN ISO 10077-1, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Generalità

UNI EN ISO 10077-2, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per i telai

UNI EN ISO 13788, Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per l'edilizia. Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale – Metodo di Calcolo

UNI EN 1745:2005 – Muratura e prodotti per muratura – Metodi per determinare i valori termici di progetto

EN 15603 “Energy performance of buildings – Overall energy use and definition of energy ratings”

EN15265 “Energy performance of buildings – calculation of energy use for space heating and cooling – General criteria and validation procedures”

### **3.9.3 VENTILAZIONE E INFILTRAZIONI D’ARIA**

UNI EN 13465 Ventilazione degli edifici – Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d’aria negli edifici residenziali

UNI EN 13779 Ventilazione negli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento

EN 15242 "Ventilation for buildings - Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration"

### **3.9.4 PONTI TERMICI**

UNI EN ISO 10211-1, Ponti termici in edilizia – Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali – Metodi generali

UNI EN ISO 10211-2, Ponti termici in edilizia – Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali – Ponti termici lineari

UNI EN ISO 14683, Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento

### **3.9.5 VALUTAZIONI PER IL PERIODO ESTIVO**

UNI 10375, Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti

UNI EN ISO 13791, Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Criteri generali e procedure di validazione

UNI EN ISO 13792, Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Metodi semplificati

### **3.9.6 SCHERMATURE ESTERNE**

UNI EN 13561, Tende esterne requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE)

UNI EN 13659, Chiusure oscuranti requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE)

UNI EN14501, Tende e chiusure oscuranti - Benessere termico e visivo - Caratteristiche prestazionali e classificazione

UNI EN 13363-1 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Metodo semplificato

UNI EN 13363-2 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa, metodo di calcolo dettagliato

UNI 11235, Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.

### **3.9.7 BANCHE DATI E NORME DI SUPPORTO**

UNI 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

UNI 10351, Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore

UNI 10355, Murature e solai – Valori della resistenza termica e metodo di calcolo

UNI EN 410, Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate

UNI EN 673, Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo

UNI EN ISO 7345, Isolamento termico – Grandezze fisiche e definizioni

UNI EN ISO 15927-1, Prestazione termo igrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici – Medie mensili dei singoli elementi meteorologici

UNI 8065, Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile

### 3.9.8 VETRI

UNI EN 12400:2004 “Finestre e porte. Durabilità meccanica. Requisiti e classificazione”: individua una classificazione delle finestre apribili e delle porte pedonali a seconda della prestazione nei confronti delle aperture e chiusure ripetute.

UNI EN ISO 10077:2002 “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica”: specifica i metodi di calcolo della trasmittanza termica di finestre e porte. Si applica a diversi tipi di vetrate (vetri, plastiche, vetrate singole o multiple, ...) e di telai (legno, metallo, misti, PVC).

UNI ENV 1627:2000 “Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Requisiti e classificazione”: definisce i requisiti e la classificazione per le proprietà della resistenza all'effrazione di porte, di finestre e oscuranti.

UNI EN 1522:2000 “Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza al proiettile. Requisiti e classificazione”: individua i requisiti e la classificazione che finestre, porte e chiusure oscuranti devono soddisfare quando sottoposte a prova in conformità alla EN 1523 sulla resistenza al proiettile.

UNI EN 12207:2000 “Finestre e porte. Permeabilità all'aria. Classificazione”: definisce la classificazione dei risultati di prova di finestre e porte sottoposte alla prova di permeabilità all'aria.

UNI EN 12208:2000 “Finestre e porte. Tenuta all'acqua. Classificazione”: definisce la classificazione dei risultati di prova di finestre e porte sottoposte alla prova di tenuta all'acqua.

UNI EN 12210:2000 “Finestre e porte. Resistenza al carico del vento. Classificazione”: definisce la classificazione dei risultati di prova di finestre e porte sottoposte alla prova di resistenza al carico del vento.

UNI 10818:1999 “Finestre, porte e schermi. Linee guida generali per la posa in opera”: fornisce una guida allo sviluppo delle diverse fasi di posa in opera di serramenti di ogni tipo, individuando competenze e limiti dei diversi operatori che intervengono nel processo.

## 4. LA NORMA INTERNAZIONALE UNI EN ISO 13790:2008

Il giorno 2/10/2014 sono entrate in vigore le nuove norme UNI TS 11300:2014 parte 1 e parte 2. Queste norme cambiano molto le modalità operative di calcolo delle energie di involucro e primaria e pertanto vengono qui presentate separatamente. Esse hanno avuto effetto anche sull'applicazione del DPR 59/09 fino al giorno 1/10/2014.

Sono state recepite nel nuovo decreto DM 26/06/2015 sui requisiti minimi degli edifici, come illustrato nel prosieguo.

Le UNI TS 11300 indicano le modalità di calcolo delle prestazioni energetiche degli Edifici. Si possono avere i seguenti metodi di calcolo:

### Quasi - stazionario

*Stagionale*

*Mensile*

**Dinamico** (Indicato ma non sviluppato. Si vedrà nel prosieguo un'implementazione del metodo dinamico)

*Semplificato*

*Dettagliato*

Le norme UNI TS 11300, presentate immediatamente dopo, riprendono in massima parte le UNI EN 13790:2008 solo per il modello *Quasi – stazionario*. In un successivo capitolo si presenterà il modello dinamico derivato dalla norma UNI EN 13790:2008.

Nel caso del metodo di calcolo *Quasi – Stazionario* valgono le seguenti ipotesi:

*Si considerano gli impianti di climatizzazione sempre accesi nelle 24 ore giornaliere;*

*Si considerano le condizioni di temperatura esterna pari ai valori medi giornalieri mensili;*

*Si considerano i valori di irraggiamento solare pari ai valori giornalieri medi mensili;*

In conseguenza di queste ipotesi il metodo di calcolo viene definito anche di tipo **statico** in quanto cristallizza l'evoluzione energetica dell'edificio solo al valore medio giornaliero mensile.

Il metodo *Quasi – stazionario* viene esteso al periodo stagionale considerando gli scambi energetici mensili (o di frazione di mese) appartenenti al periodo stagionale.

$$Q_{NH,yr} = \sum_j Q_{NH,j}$$

$$Q_{NC,yr} = \sum_j Q_{NC,j}$$

Lo schema di calcolo è schematizzato nella seguente figura ove si osserva che l'energia di involucro (parte superiore) è determinata mediante la UNI TS 11300/1, l'energia primaria è

determinata per la componente dovuta agli impianti dalla UNI TS 11300/2 congiuntamente ai fattori di energia primaria (vedi nel prosieguo) determinati fino al 28/06/2016 dalla R 14/2013 del CTI e dal 29/06/2016 dalla nuova UNI TS 11300:2016 parte 5.

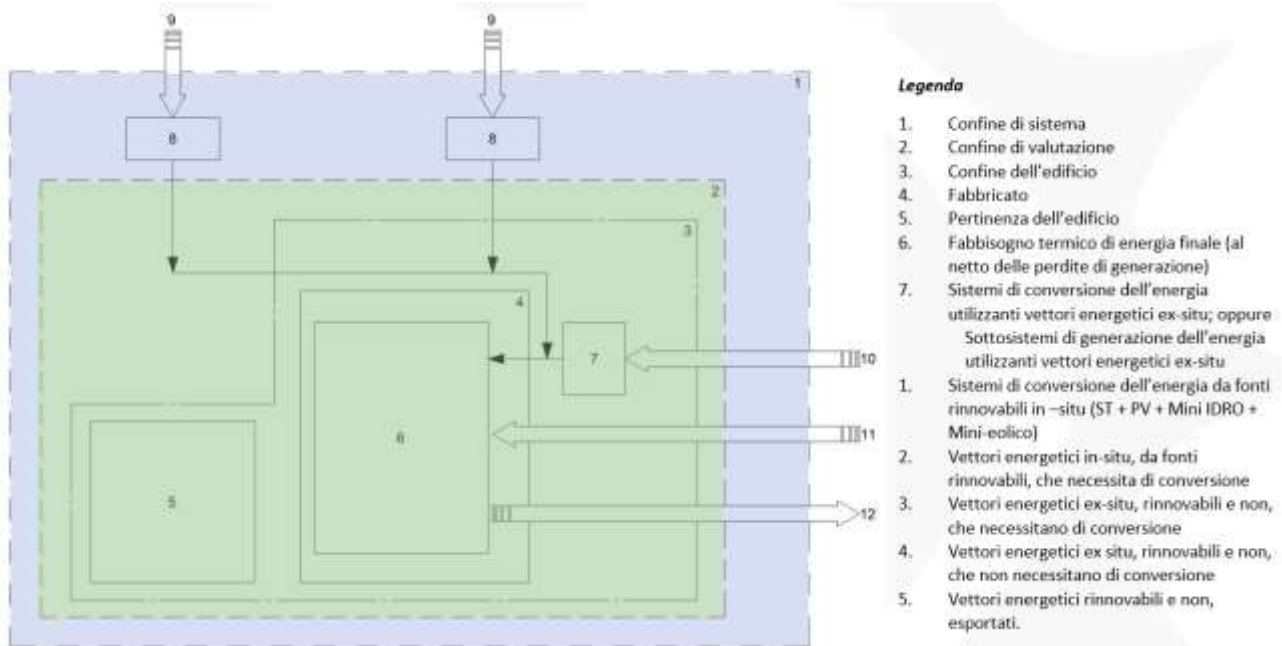


Figura 21: Definizione dei limiti dell'edificio

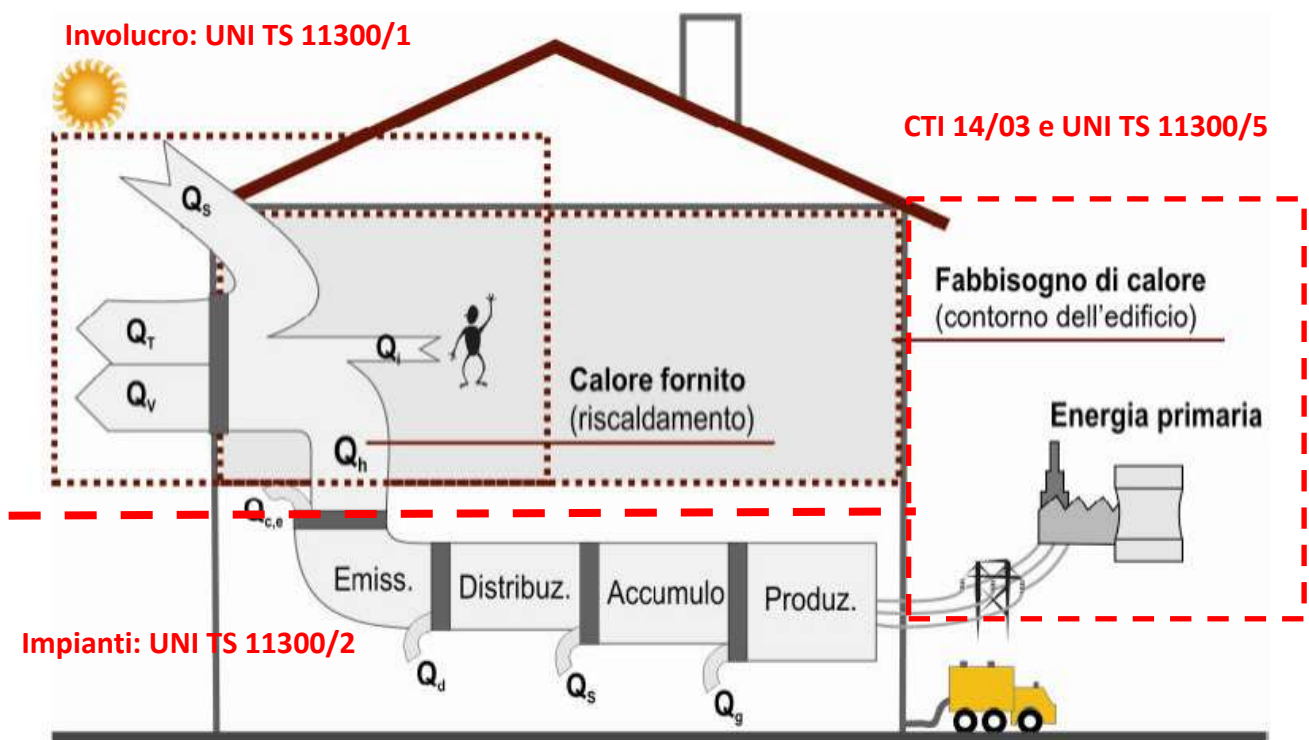


Figura 22: Bilancio energetico del sistema Edificio – Impianto

Va osservato che nella verifica energetica secondo il DM 26/06/2015 entrano in gioco, oltre all'impianto di riscaldamento, di raffrescamento e acqua calda sanitaria (ACS) anche gli impianti di ventilazione, di illuminazione e di trasporto (ascensori, montacarichi e rulli trasportatori). Di questi si parlerà nel capitolo dedicato alle nuove verifiche.

Non si riporta l'algoritmo di calcolo indicato nella UNI EN 13790:2008 in quanto largamente ripreso, con lievi variazioni, dalle UNI TS 11300 parte 1 e 2 che sono illustrate nei successivi capitoli per la parte relativa ai calcoli statici.

Il CTI entro 90 giorni dall'emanazione delle norme EN a supporto della direttiva 2010/31/UE, predispone uno schema di norma tecnica nazionale e relative linee guida per il calcolo della prestazione energetica con metodo orario, semplificato sulla base di quanto definito nella norma UNI EN 13790, al fine della eventuale introduzione nelle successive revisioni del decreto ministeriale.

In un successivo capitolo si presenterà il modello **dinamico** derivato dal modello R5C1 (cinque resistenze termiche ed una capacità termica) della UNI EN 13790:2008.

## 5. NUOVE NORME UNI TS 11300

### 5.1 L'INSIEME DELLE UNI TS 11300

Queste norme riprendono la norma europea UNI EN ISO 13790:2008.

La Parte 1° consente di calcolare i fabbisogni di energia termica per riscaldamento e di raffrescamento su base mensile.

La Parte 2° consente di calcolare il fabbisogno di energia primaria (EP) *del sistema edificio – impianto* partendo dai fabbisogni di energia termica per il riscaldamento invernale e per l'acqua calda sanitaria. La UNI TS11300 Parte 3°, della quale si parlerà nel Volume 2°, consente di calcolare l'energia primaria (EP) per il raffrescamento estivo. Si osserva che questa norma prende in considerazione solamente il raffrescamento e non il condizionamento, ossia non sono effettuati bilanci per l'umidità interna del sistema edificio.

La Parte 3° contiene norme per il calcolo dell'energia primaria per il condizionamento degli edifici.

La UNI TS 11300 parte 4, aggiornata il 29/03/2016, sarà illustrata nel Volume 6°.

La UNI TS 11300 parte 5 e 6 del 29/03/2016 sono illustrate nel prosieguo.

Si descrivono nel prosieguo i paragrafi essenziali rimandando al testo della norma vigente ogni altro approfondimento. Il 2/10/2014 sono state emanate le nuove norme UNI TS 11300 Parte 1 e 2.

Con la pubblicazione delle norme UNI/TS 11300 parte 1 e 2 (edizione 2014) si completa un percorso di aggiornamento iniziato con l'Inchiesta Pubblica Preliminare nell'aprile 2011 e che ha previsto due inchieste pubbliche (settembre-novembre 2012 e maggio-settembre 2013).

Si parlerà delle UNI TS11300 /1 e /2 e le UNI TS11300/3 e /4, anche in altri volumi.

Si ricorda che queste nuove norme derivano dalla norma internazionale UNI EN 13790:23008 che prevede la seguente tipologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
di Progetto ( <i>Design rating</i> )	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
Standard ( <i>Asset rating</i> )	Standard	Standard	Reale	Certificazione o Qualificazione energetica
Adattata all'utenza ( <i>Tailored rating</i> )	In funzione dello scopo		Reale	Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione

Tabella 21: Tipologie di valutazione energetica degli edifici



Nei prossimi paragrafi si parlerà della prima tipologia di valutazione, *Design Rating*, cioè della valutazione energetica di Progetto con la quale è possibile definire, quando possibile, tutte le specifiche degli edifici.

### 5.1.1 NUOVE FUNZIONALITÀ DELLA UNI TS 11300:2014-1

Rispetto alla UNI/TS 11300-1:2008 le principali variazioni riguardano:

Diversa definizione della stagione di raffrescamento (e di riscaldamento nel caso di valutazione adattata all'utenza) e maggior precisione nel calcolo dei fabbisogni di energia per le frazioni di mese comprese nelle stagioni di riscaldamento e raffrescamento;

a) Introduzione del calcolo dei fabbisogni di energia termica latente (umidificazione e deumidificazione);

b) Il calcolo relativo agli scambi di energia termica per ventilazione viene effettuato:

1. distinguendo, nella valutazione sul progetto e nella valutazione standard, tra ventilazione di *referimento* (basata su un'areazione naturale anche quando è presente nell'edificio un impianto di ventilazione meccanica) per il calcolo della prestazione energetica del fabbricato (energia termica utile per il riscaldamento  $Q_{H,nd}$  e per il raffrescamento  $Q_{C,nd}$ ) e ventilazione *effettiva* (prende in considerazione l'effettiva modalità di ventilazione: naturale, ibrida, meccanica) per il calcolo finalizzato alla stima dell'energia primaria per la climatizzazione invernale e estiva,  $E_{PH}$  e  $E_{PC}$ ;

2. con un maggiore dettaglio nel calcolo delle portate.

c) Il maggiore dettaglio nel calcolo degli apporti termici solari;

d) La riduzione dell'utilizzo dei dati precalcolati (in particolare, non è più possibile utilizzare le maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici, ma è necessario procedere al calcolo analitico).

Sono state, inoltre, inserite alcune Appendici aventi sia una valenza normativa sia informativa. Un'altra importante novità riguarda l'eliminazione delle Appendici relative alla determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti opachi in edifici esistenti e all'abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia in edifici esistenti, sostituite dalla contestuale pubblicazione della **UNI/TR 11552** "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici".

Appendice	Note e Commenti
A. Scambio di energia termica verso ambienti non climatizzati ( <i>normativa</i> )	
C. Determinazione dettagliata del coefficiente di trasmissione solare totale ( <i>informativa</i> )	Da usarsi per valutazioni tipo A3 (adattata all'utenza)
E. Dati relativi all'utenza convenzionale ( <i>normativa</i> )	L'Appendice riporta il fattore di presenza medio giornaliero nei locali climatizzati (da utilizzarsi per la valutazione adattata all'utenza degli apporti interni latenti), il fattore di correzione per la ventilazione in condizioni di riferimento e gli apporti medi globali per unità di superficie di pavimento.



F. Efficienza del sistema di recupero termico di ventilazione ( <i>normativa</i> )	Da usarsi per valutazioni tipo A3 (adattata all'utenza).
--	--

Tabella 22: Prospetto delle Appendici aggiunte (nella UNI/TS 11300-1:2014)

Appendice	Note e Commenti
A. Determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti opachi in edifici esistenti	Sostituite da: UNI/TR 11552 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici".
B. Abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia in edifici esistenti	

Tabella 23: Prospetto delle Appendici eliminate (dalla UNI/TS 11300-1:2008)

Appendice	Note e Commenti
B. Determinazione semplificata dei parametri termici e solari dei componenti trasparenti ( <i>informativa</i> )	Con riferimento alla precedente versione della norma, sono stati inseriti maggiori casi per la trasmittanza termica dei telai per finestre e porte.
D. Fattori di ombreggiatura ( <i>informativa</i> )	Con riferimento alla precedente versione della norma, sono stati introdotti i fattori di ombreggiatura relativi alla sola radiazione diffusa.

Tabella 24: Prospetto delle Appendici rimaste invariate (nella UNI/TS 11300-1:2014)

Ecco, nel dettaglio, cosa cambia, seguendo l'ordine di lettura della norma stessa.

### Calcolo degli scambi di energia termica

Gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi sono considerati come una riduzione dello scambio di energia per trasmissione invece che come apporti termici (come avveniva nella precedente versione della norma in analisi e come avviene nella UNI EN ISO 13790:2008). Vengono inoltre considerati gli scambi termici in termini di extra flusso dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dai componenti edilizi dell'ambiente non climatizzato.

### Calcolo degli apporti termici

Vengono introdotti gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare entranti nella zona climatizzata da un'eventuale serra adiacente, calcolati secondo la norma UNI EN ISO 13790:2008. L'elemento di separazione fra l'ambiente climatizzato e la serra sarà quindi interessato dal contributo diretto attraverso le partizioni trasparenti (apporti solari trasparenti). Il contributo diretto attraverso le partizioni opache e il contributo di energia termica indiretta sono invece considerati nella determinazione degli apporti solari sui componenti opachi. Viene inoltre inserito il rimando all'appendice A per il calcolo del fattore di riduzione  $b_{tr}$  per ambiente non climatizzato confinante con diverse zone termiche.

### Calcolo degli apporti solari sui componenti opachi

Introduzione del concetto di trasmittanza termica equivalente ( $U_{c,eq}$ ) del componente opaco per la determinazione dell'area di captazione solare effettiva ( $A_{sol}$ ). Il parametro considera la presenza di intercapedini d'aria ventilate tramite opportuni coefficienti e formule.

## **Calcolo del fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione**

In presenza di impianto di raffrescamento o di climatizzazione che controlla l'umidità dell'aria, si procede a determinare l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante, per infiltrazione, areazione e/o ventilazione naturale o meccanica e l'entalpia del vapore d'acqua prodotto dagli occupanti, da processi e sorgenti varie (cotture, lavaggi, ecc.).

### **Dati di ingresso per i calcoli**

Aumenta (anche se non in maniera significativa) la quantità di dati necessari. Ad esempio, all'interno dei dati climatici è necessario conoscere le medie mensili dell'umidità massica media giornaliera ( $x_e$ ), espressa in g/kg, per il calcolo degli scambi di vapore.

### **Zonizzazione**

Rimane valida la regola generale di definizione della zona termica (ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica). Alla lista dei criteri per evitare la suddivisione in zone viene aggiunta, nel caso in cui sia presente il controllo dell'umidità, la condizione per cui le umidità relative interne di regolazione differiscono di non oltre 20 punti percentuali. Viene inoltre specificato che nel caso di prescrizione legislativa è possibile la suddivisione in funzione della destinazione d'uso e per unità immobiliare.

### **Volume netto dell'ambiente climatizzato**

Viene eliminato il fattore di correzione del volume lordo climatizzato: per determinare il volume netto dell'ambiente climatizzato, per gli edifici esistenti, in assenza di informazioni si calcola moltiplicando l'area climatizzata per l'altezza netta dei locali.

### **Temperatura**

Per edifici confinanti si assume una temperatura dipendente dalla destinazione d'uso, se nota. Se non nota, si assume una temperatura pari a 20 °C. Non si fa quindi più menzione alla temperatura conforme alla UNI EN 12831 per appartamenti confinanti in edifici che non sono normalmente abitati (per esempio case vacanze). Anche nel caso del raffrescamento, la temperatura interna degli edifici adiacenti dipende dalla destinazione d'uso, se nota e se l'edificio adiacente è climatizzato. Se la destinazione d'uso non è nota e se l'edificio adiacente è climatizzato, la temperatura è fissata convenzionalmente pari a 26 °C. Se l'edificio o l'ambiente confinante non è climatizzato, si procede allo stesso modo del riscaldamento.

### **Dati climatici**

La fonte dei dati climatici è sempre la norma UNI 10349. Per orientamenti intermedi tra quelli ivi indicati si procede secondo la UNI/TR 11328-1 (e non per interpolazione lineare, come specificato nella prima versione della UNI/TS).

### **Stagione di riscaldamento e raffrescamento**

Cambia la formula per il calcolo della stagione di riscaldamento reale (nel caso di valutazione adattata all'utenza) e della stagione di raffrescamento. Si fa ora riferimento al metodo b riportato nel punto 7.4.1.1 della UNI EN ISO 13790:2008.

### Parametri di trasmissione termica

Come già anticipato, viene inserito il rimando al rapporto tecnico UNI/TR 11552:2014 per la determinazione dei valori dei parametri termici dei componenti edilizi di edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili.

Cambia inoltre il riferimento alla norma per il calcolo della trasmittanza termica delle facciate continue trasparenti (UNI EN ISO 12631 invece di UNI EN 13947).

### Ponti termici

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

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

### Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Nel calcolo cambiano alcuni valori (le formule rimangono le stesse). Vengono inoltre introdotti (in Appendice D) i fattori di riduzione per ombreggiatura relativi alla sola radiazione diffusa (per oggetti orizzontali, verticali e ostruzioni esterne), non specificati all'interno della precedente versione della norma.

### Ventilazione

La determinazione della portata di ventilazione media mensile è sicuramente l'aspetto del calcolo che è stato maggiormente approfondito e aggiornato.

La portata media giornaliera media mensile ( $m^3/s$ ) da utilizzare nel calcolo delle dispersioni di ventilazione si calcola a partire dai valori della portata di ventilazione necessari per garantire le condizioni di qualità dell'aria in ambiente, indipendentemente dal tipo di ventilazione adottata (naturale o meccanica), facendo riferimento alla norma UNI 10339.

In particolare si utilizza come dato di ingresso la portata minima di progetto di aria esterna,  $q_{ve,0}$ , funzione della destinazione d'uso dell'edificio o zona considerata, calcolata tenendo conto del numero nominale di occupanti o dell'area della superficie utile della zona considerata (esclusi cucine, bagni, corridoi e locali di servizio).

La portata di ventilazione in *condizioni di riferimento* (ventilazione per sola areazione), utilizzata per il calcolo della prestazione termica del fabbricato, si calcola applicando un fattore di correzione alla portata minima di progetto di aria esterna.

Tale fattore rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il flusso d'aria e tiene conto dell'effettivo profilo di utilizzo e delle infiltrazioni che si hanno quando non si opera l'areazione.

Nel caso di abitazioni civili (E.1) e di edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili (E.8), assumendo un tasso di ricambio d'aria di progetto (per la determinazione della portata minima di progetto di aria esterna) pari a  $0,5 h^{-1}$  e applicando il fattore correttivo  $f_{ve,t,k}$  si ottengono i valori di tasso di ricambio d'aria media giornaliera media mensile riportati nella seguente tabella.

Categoria di edificio	Sottocategoria di edificio	di	Destinazione d'Uso	$h^{-1}$
-----------------------	----------------------------	----	--------------------	----------

E.1 Edifici adibiti a residenza e Assimilabili	E.1.1 Residenza a carattere	Abitazioni civili (comprende l'eventuale	0.3
	Continuativo	Estrazione meccanica dei bagni)	
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: Sale riunioni	0.255
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: Dormitorio/camera	0.5
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: Servizi igienici con estrazione	0.04
	E.1.2 Residenze occupate saltuariamente	Come residenze a carattere continuativo	0.3
	E.1.3 Alberghi, pensioni e attività similari	Ingresso, soggiorni	0.5
		Sale conferenze/auditori (piccoli)	0.235
		Sale da pranzo	0.17
		Camere da letto	0.13
E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	-	-	0.255

Tabella 25: Tasso di ricambio d'aria ( $h^{-1}$ ) nel caso di semplice areazione.

È interessante dunque notare come, nel caso di areazione, per gli edifici residenziali si hanno in sostanza gli stessi tassi di ricambi d'aria della precedente norma (0,3 vol/h), a differenza dei collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi e alberghi, dove vi sono differenti valori a seconda dei diversi locali /zone. Nell'elenco di edifici trovano finalmente collocazione anche gli edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

La portata di ventilazione *effettiva*, utilizzata per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio, è invece calcolata tenendo in considerazione la modalità di ventilazione effettivamente esistente o definita nel progetto. Si possono avere i seguenti casi:

*edifici nei quali si ha la sola ventilazione naturale: in questo caso, il calcolo coincide con la portata di ventilazione in condizioni di riferimento;*

*edifici nei quali si ha solo ventilazione meccanica. In questo caso, oltre alla portata nominale della ventilazione meccanica, è possibile calcolare la portata d'aria aggiuntiva media dovuta agli effetti del vento nel periodo di non funzionamento dell'impianto di ventilazione meccanica. Questo calcolo è effettuato conoscendo i valori di tasso di ricambio d'aria caratteristico medio giornaliero  $n_{50}$  (determinato in funzione della permeabilità all'aria dell'involucro, misurata eventualmente in opera secondo la norma UNI EN 13829 o valutata in funzione della permeabilità dei serramenti) e opportuni coefficienti di esposizione al vento (determinati in funzione della schermatura e dell'esposizione dell'edificio nei confronti del vento). Viene inoltre considerato un fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di*

*ventilazione meccanica. Nel caso di recuperatori di calore, si rimanda all'appendice F per la determinazione dell'efficienza del sistema di recupero termico di ventilazione;*

*edifici nei quali si ha ventilazione ibrida (copresenza di ventilazione meccanica e ventilazione naturale, che si ottiene tramite sistemi di aperture che vengono attivate quando si arresta la ventilazione meccanica);*

*edifici nei quali la ventilazione meccanica è assicurata dall'impianto di climatizzazione: in questo caso, la portata d'aria si calcola solo per i periodi di non attivazione della climatizzazione, utilizzando le stesse formule del caso di sola ventilazione meccanica o ventilazione ibrida;*

*ventilazione naturale (free-cooling): in questo caso l'impianto di ventilazione meccanica è utilizzato, durante la stagione estiva, anche per la ventilazione notturna, in modo da raffrescare le strutture dell'edificio.*

Nel caso di valutazione adattata all'utenza, è possibile calcolare in maniera dettagliata la portata di ventilazione facendo riferimento alla norma UNI EN 15242, nonché fare riferimento alle norme UNI EN 13779 e UNI EN 15251 per determinare la portata di ventilazione richiesta per soddisfare l'esigenza di qualità dell'aria interna.

### Apporti interni

Cambia la formula per la determinazione degli apporti interni, per le valutazioni di progetto o standard, per le abitazioni di categoria E.1(1) e E.1(2). In generale, i nuovi valori risultano essere maggiori di quelli ottenuti con la precedente formula.

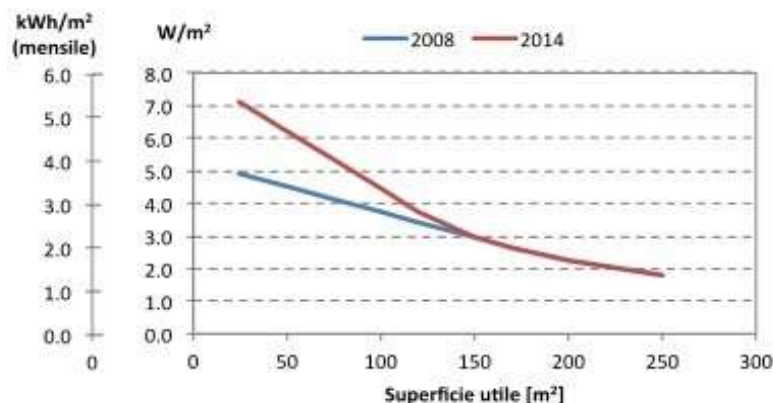


Figura 23: Confronto fra i valori di apporti interni specifici (in termini di potenza e energia) fra le due versioni della norma, per le abitazioni di categoria E.1 (1) e E.1 (2)

Vengono inoltre introdotti prospetti e formule per il calcolo degli apporti interni latenti (per determinare i valori di portata massica di vapore acqueo dovuta alla presenza di persone e di apparecchiature)

### Apporti solari sui componenti trasparenti

La variazione della trasmittanza di energia solare totale in funzione dell'angolo d'incidenza della radiazione solare, determinata attraverso il fattore di esposizione  $F_w$ , viene notevolmente ampliata (in luogo di un unico valore,  $F_w=0.9$ , presente nella vecchia versione della norma, c'è ora una tabella per determinare, per ciascun mese, il valore di  $F_w$  in funzione dell'esposizione e del tipo di vetro).

Si introduce il concetto di trasmittanza di energia solare totale effettiva  $g_{gl,eff}$  per valutazioni adattate all'utenza e ambienti il cui rapporto tra superficie vetrata ed opaca è maggiore di 0,04.

Il calcolo si effettua secondo Appendice C, tenendo conto della quota di energia solare entrante in ambiente, riflessa all'interno dell'ambiente e ritrasmessa all'esterno attraverso la superficie vetrata.

Il fattore di riduzione per ombreggiatura si calcola come prodotto del fattore di ombreggiatura relativa ad ostruzioni esterne e il valore minimo fra il fattore di ombreggiatura relativo ad oggetti orizzontali e ad oggetti verticali) e non più come prodotto dei tre fattori.

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

Nel caso di oggetti verticali, i prospetti D.27-D.39 si riferiscono ad un solo oggetto verticale ed in particolare, per le esposizioni est/ovest, al solo oggetto disposto a sud.

Per le esposizioni a sud, con un azimut compreso tra +/- 15°, in caso di doppio oggetto verticale viene indicata una formula per calcolare il fattore di riduzione relativo ai due oggetti verticali, combinando i due singoli contributi (fattori di ombreggiatura calcolati rispettivamente con l'oggetto posto ad est e ad ovest).

Viene infine illustrato all'interno della norma un esempio grafico per determinare l'angolo  $\beta$  che caratterizza un oggetto verticale su parete opaca.

### 5.1.2 NUOVE FUNZIONALITÀ DELLA UNI TS 11300:2014-2

La prima novità relativa alla norma UNI TS 11300-2:2014 è riscontrabile direttamente nel titolo. In aggiunta a quanto già previsto nell'edizione del 2008, **la nuova versione fornisce** (oltre ai dati e metodi per il calcolo dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria e il calcolo dei fabbisogni di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria) **anche il metodo di calcolo** (Appendice C) per la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione e le indicazioni e i dati nazionali (Appendice D) per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione, per edifici non residenziali, in accordo con la UNI EN 15193.

Si completa così il panorama dei servizi energetici degli edifici, coperti dalla serie UNI TS 11300 (climatizzazione o riscaldamento invernale, acqua calda sanitaria, climatizzazione o raffrescamento estivo, ventilazione e illuminazione). Per ciascuno di questi servizi, è dunque possibile (grazie anche al supporto delle altre specifiche tecniche della serie UNI TS 11300) determinare il fabbisogno di energia termica utile, di energia fornita e di energia primaria per i vettori energetici considerati. A tale scopo, all'inizio della norma UNI TS 11300-2 viene riportata un'utile tabella per orientarsi in merito alla classificazione dei servizi energetici, ai parametri di prestazione energetica e ai riferimenti per il calcolo. È importante sottolineare come la norma fornisce dati e metodi per il calcolo dei rendimenti e delle perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con combustibili fossili liquidi o gassosi. Per vettori energetici diversi da quelli fossili, si deve fare riferimento alla UNI TS 11300-4.

Nella nuova versione della UNI TS 11300-2:2014, si può osservare:

- *L'eliminazione della valutazione basata sul rilievo dei consumi effettivi di combustibile.*
- *L'eliminazione del metodo di calcolo semplificato (e relativi esempi) per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento (su base stagionale) e del fabbisogno di energia primaria per acqua calda sanitaria (su base annua)*
- *L'eliminazione del prospetto relativo ai fabbisogni standard di energia per altri usi (usi cottura), utilizzato per poter depurare i consumi rilevati da quelli non attinenti al riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria.*

- *L'eliminazione dell'indicazione dei fattori di conversione in energia primaria (la vecchia versione della norma riportava l'indicazione del fattore di conversione dell'energia elettrica e dei combustibili fossili).*

Per quanto riguarda le Appendici, oltre alle Appendici A e B (rispettivamente, "Calcolo delle perdite di distribuzione" e "Determinazione delle perdite di generazione"), già presenti nella precedente versione della norma, si sono aggiunte tre nuove Appendici:

- *L'Appendice C Fabbisogni di energia per la ventilazione meccanica e per la climatizzazione invernale in presenza di impianti aeraulici. L'Appendice fornisce le formule per il calcolo dei fabbisogni di energia termica delle batterie di riscaldamento e dei fabbisogni di umidificazione. Ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale, essi sono considerati a carico dei sottosistemi di generazione, tenendo conto delle perdite di distribuzione dei circuiti idraulici di collegamento.*

- *L'Appendice D Fabbisogni di energia per l'illuminazione. La determinazione del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione si effettua solo per edifici a destinazione d'uso non residenziale. Nel calcolo si considerano gli ambienti interni (zone climatizzate e zone non climatizzate) e, per le sole valutazioni di tipo A3, le aree esterne di pertinenza esclusiva dell'edificio nelle quali gli apparecchi luminosi sono alimentati e collegati all'edificio stesso. Il calcolo del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione di un ambiente o di una zona interna tiene conto del fabbisogno di energia elettrica per dispositivi di controllo e di emergenza, della potenza elettrica installata degli apparecchi luminosi, del fattore di utilizzo della potenza installata, della disponibilità di luce naturale, dei tempi di operatività dell'illuminazione diurna e notturna e dell'occupazione dell'ambiente (fattore di assenza e fattore dipendente dalla tipologia di controllo dell'illuminazione in funzione dell'occupazione).*

- *Nell'Appendice E Calcolo della prestazione energetica di edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale e/o di produzione di acqua calda sanitaria sono fornite indicazioni nel caso di edifici privi di impianti termici per i quali sia richiesto, da disposizioni legislative, il calcolo di un presunto fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e/o acqua calda sanitaria.*

Si segnala come l'Appendice A risulta essere notevolmente ampliata rispetto alla precedente versione. Sono inoltre considerate anche le perdite di distribuzione di circuiti con fluido termovettore aria in impianti per la climatizzazione invernale.

Ecco, nel dettaglio, cosa cambia, seguendo l'ordine di lettura della norma stessa.

### **Periodo di attivazione degli impianti e intervalli di calcolo**

Per la determinazione del periodo di calcolo per il servizio di climatizzazione invernale e di ventilazione si rimanda alla specifica tecnica UNI TS 11300-1:2014. Il calcolo deve essere eseguito suddividendo il periodo totale di attivazione in intervalli elementari di durata mensile o di frazioni di mese (bin) laddove richiesto dalla parte 4 della specifica tecnica (è il caso dei generatori a pompa di calore, ad esempio).

### **Destinazione e suddivisione del sistema fabbricato-impianto**

È necessario procedere, innanzitutto, alla dettagliata identificazione e suddivisione del sistema fabbricato-impianto. **In funzione della destinazione d'uso sono possibili 4 casi:** sistema fabbricato-impianto per sola destinazione residenziale, sistema fabbricato-impianto per unica tipologia di destinazione non residenziale, sistema fabbricato-impianto comprendente porzioni di

involucro a destinazioni residenziali e non residenziali e sistema fabbricato-impianto comprendente porzioni a destinazioni non residenziali di diversa tipologia.

Il calcolo (così come nella precedente versione) viene eseguito per ciascuna zona termica: nella nuova norma viene specificato che le unità immobiliari sono considerate zone nelle quali è suddiviso l'edificio (ovviamente, le unità immobiliari possono essere a loro volta suddivise in zone termiche, qualora ne sussistano i requisiti).

### **Modalità di suddivisione degli impianti**

Gli impianti (climatizzazione invernale, produzione ACS e ventilazione) si considerano suddivisi in due parti principali: la parte generazione (ovvero, dal punto di consegna dell'energia al confine dell'edificio al punto di consegna dell'energia termica utile alla rete di distribuzione dell'edificio) e la parte utilizzazione (ovvero la restante parte, a valle della generazione).

### **Bilancio termico dei sottosistemi**

I rendimenti medi dei singoli sottosistemi possono essere ricavati, così come già previsto nella precedente norma, a partire dall'equazione di bilancio termico del sottosistema e considerando anche i fabbisogni elettrici degli ausiliari. Quello che cambia è che il rendimento è ora espresso in termini di energia primaria (ovvero l'energia in entrata o fornita al sottosistema viene moltiplicata per il corrispondente fattore di conversione in energia primaria).

### **Fabbisogno di energia termica**

Esso è sempre suddiviso in fabbisogno ideale, fabbisogno ideale netto e fabbisogno effettivo. Nel caso di valutazioni di tipo A3 (diagnosi energetica) qualora sia installato un sistema di contabilizzazione dell'energia termica utile fornita alla singole unità immobiliari di un edificio si può tenere conto di un fattore di riduzione del fabbisogno effettivo di energia termica  $Q_{hr}$  pari a 0,9 in modo da considerare la riduzione di consumo determinata dall'intervento degli utenti.

Nel calcolo del fabbisogno di energia termica utile effettivo  $Q_{hr}$  non si considera l'energia termica recuperata dall'energia elettrica del sottosistema di emissione.

### **Sottosistemi di emissione**

Per quanto riguarda i valori di rendimenti di emissione, riportati nel prospetto 17, a prima vista essi sembrano essere maggiori rispetto alla prima versione della norma. Leggendo bene le note della tabella, appare tuttavia chiaro come nella versione del 2008 i valori di rendimento erano riferiti ad una temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C (e venivano proposti valori di incremento per temperatura di mandata inferiori a 65 °C), ora invece i valori sono riferiti ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C (e di conseguenza si decrementano i valori nel caso di temperature di mandata dell'acqua più elevate). Analizzando i dati, si ottengono gli stessi valori (con la possibilità di interpolare i valori di rendimento per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C). Per i locali aventi altezza maggiore di 4 m sono presenti anche le tipologie di terminale non previste nella precedente versione (radiatori, ventilconvettori, bocchette in sistemi ad aria calda), per le quali vengono fornite, a titolo indicativo, dei valori di rendimento di emissione (la norma stessa afferma che radiatori e ventilconvettori non sono terminali comunemente utilizzati in questa tipologia di locali). Viene inoltre fornito un metodo per correggere, attraverso fattori correttivi moltiplicativi, il rendimento di emissione per i pannelli radianti, in modo da considerare in maniera opportuna il reale posizionamento dei pannelli nelle strutture edilizie considerate.



È necessario verificare, per i locali di altezza superiore ai 4 m, la presenza di stratificazione (si dovrà procedere al calcolo analitico qualora si riscontrino differenze nel gradiente verticale di temperatura tra soffitto e pavimento maggiori di 5 °C). Tale verifica dovrà essere effettuata quando si è in presenza di radiatori o ventilconvettori e in tutti i casi dubbi o nei quali si sia lontani dalla condizioni di installazione a perfetta regola d'arte, indicate nel prospetto 19.

### **Sottosistemi di regolazione**

Nulla cambia rispetto alla precedente versione. Per la definizione delle bande di proporzionalità indicate nel prospetto 20 "Rendimenti di regolazione", la norma fa riferimento alla UNI EN 215 "Valvole termostatiche per radiatori".

### **Sottosistemi di distribuzione**

Vengono innanzitutto forniti alcuni livelli e esempi di articolazione della rete di distribuzione, la quale può articolarsi, in linea generale, nei seguenti livelli:

- - *Distribuzione di utenza (distribuzione interna alle singole unità immobiliari);*
- - *Circuito di distribuzione comune (distribuzione comune a più unità immobiliari);*
- - *Circuito di distribuzione primaria (circuito che alimenta più reti di utenza circuiti di distribuzione o fabbricati);*
- - *Circuito di generazione (ossia quello nel quale è inserito il sottosistema di generazione).*
- *Per ciascuna delle parti di una rete di distribuzione, è necessario calcolare l'energia termica in ingresso alle singole parti della rete di distribuzione stessa.*

Il calcolo dei rendimenti di distribuzione può avvenire in maniera dettagliata (seguendo quanto riportato all'interno dell'Appendice A) o utilizzando i valori precalcolati, qualora ovviamente siano rispettate le condizioni al contorno specificate. È importante sottolineare come, a differenza della precedente versione della norma, anche nel caso di valutazioni di progetto (tipo A1) sia ora possibile fare riferimento ai dati precalcolati. In merito all'utilizzo dei prospetti con i rendimenti di distribuzione precalcolati si deve tenere presente che le tipologie previste nei prospetti sono riferite a edifici o porzione di edifici con prevalente destinazione residenziale e che i valori indicati nei prospetti considerano già i recuperi termici da dispersioni delle reti e di energia termica da energia elettrica ausiliaria (ad esempio, dalle pompe di distribuzione).

I valori di rendimento precalcolati sono riferiti (come anche nella precedente versione) ai livelli di isolamento delle tubazioni, definiti tuttavia in maniera più compiuta (ad esempio, si specifica che la voce "isolamento discreto" corrisponde ad un isolamento di spessore non necessariamente conforme alle prescrizioni del DPR 412/1993, ma eseguito con cura e protetto da uno strato di gesso, plastica o alluminio). La dicitura "isolamento della rete di distribuzione orizzontale" prende il posto della precedente dicitura ("isolamento distribuzione nel cantinato").

In generale, viene ampliata la casistica coperta dai rendimenti precalcolati, i cui valori comunque cambiano in maniera significativa (laddove comparabili) rispetto alla precedente versione.

Nel caso di impianti autonomi con generatore unifamiliare in edificio condominiale, i valori sono applicabili solo qualora le tubazioni corrano interamente all'interno della zona riscaldata, come nel caso di generatore interno all'appartamento. Inoltre, viene richiesto il piano dove si trova l'impianto, distinguendo tra piano intermedio o piano terreno. Il caso in cui si è all'esterno o su pilotis non è coperto dalla casistica dei rendimenti precalcolati (si deve quindi far ricorso al calcolo dettagliato).

Nel caso di impianti unifamiliari a zone in edificio condominiale, viene sottolineato (direttamente all'interno della tabella relativa al caso in esame) che le dispersioni del montante che alimenta le zone devono essere calcolate analiticamente secondo appendice A, tenendo conto della temperatura media stagionale e caricate sulle singole zone in proporzione al fabbisogno di ciascuna di esse.

Nel caso di temperature di mandata e ritorno di progetto diverse da quelle usate per la determinazione di tali rendimenti precalcolati (80/60 °C) si procede alla correzione dei rendimenti ricavati dalle tabelle. In questa versione della norma, il fattore di correzione C del rendimento tabulato viene fornito in funzione del DT di progetto e della temperatura media stagionale, accrescendo quindi il livello di dettaglio rispetto alla versione del 2008.

### **Sottosistema di generazione**

Il sottosistema di generazione può essere destinato a fornire calore anche a utenze diverse dal riscaldamento (sistemi di riscaldamento idronici e/o aeraulici), e, in particolare, per la produzione di acqua calda sanitaria o per ventilazione (preriscaldamento dell'aria). La specifica tecnica prevede sempre la determinazione del rendimento di generazione secondo il metodo dei prospetti precalcolati o secondo un calcolo dettagliato, riportato nell'Appendice B. La prima differenza che si riscontra dalla lettura comparata delle due versioni della norma è che per le valutazioni di progetto (tipo A1) è ora necessario utilizzare il metodo di calcolo dettagliato (a differenza della precedente versione della norma dove era possibile fare riferimento al metodo dei prospetti precalcolati).

I dati dei prospetti per determinare i rendimenti precalcolati non cambiano: scompare il caso relativo ai generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off e generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off.

È inserita la possibilità di determinare le perdite di generazione per generatori di acqua calda alimentati da energia elettrica (caldaie elettriche), conoscendo il fattore di perdita dichiarato dal fabbricante del generatore e le condizioni medie di utilizzo (quali la temperatura media effettiva del generatore elettrico, la differenza fra la temperatura nel generatore e l'ambiente di installazione in condizioni di prova e la temperatura del locale di installazione del generatore elettrico).

### **Acqua calda sanitaria. Fabbisogno di energia utile**

Il calcolo del volume di acqua richiesto (in litri/giorno) per edifici residenziali porta a risultati leggermente diversi rispetto alla prima versione della norma (per una superficie utile dell'abitazione pari a 80 m<sup>2</sup>, si passa dai 128 litri/giorno a 122 litri/giorno). Viene inoltre introdotti valori limiti (inferiore e superiore) di volume di acqua richiesto (per Su inferiori a 35 m<sup>2</sup>, il volume di acqua richiesto è costante, pari a 50 litri/giorno, mentre per Su superiori a 250 m<sup>2</sup>, il volume di acqua richiesto è costante, pari a 250 litri/giorno). Nel caso di edifici non residenziali i fabbisogni di acqua calda e le relative temperature di utilizzo possono essere relativi a più attività e, di conseguenza, il fabbisogno di acqua calda è dato dalla somma dei fabbisogni delle attività svolte nell'edificio.

Cambiano anche in questo caso i valori tabellati, oltre ad un maggior dettaglio nei casi coperti. Una nota contenuta nel prospetto 31 dice come determinare il numero di coperti per le destinazioni d'uso di categoria E.4 (3), ovvero bar, ristoranti e sale da ballo: per le valutazioni tipo A1 e A2 si considera 1,5 volte l'occupazione convenzionale, per le valutazioni di tipo A3 il numero di coperti corrisponde agli effettivi coperti per cui è stata dimensionata la cucina.

La temperatura dell'acqua fredda in ingresso non è più convenzionalmente assunta pari a 15 °C ma è ora pari alla media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna della località considerata (ricavate dalla UNI 10349).

Si opera una distinzione anche per la temperatura dell'acqua nella rete di distribuzione: essa sarà pari a 40 °C a livello dell'erogazione e 48 °C per la rete di distribuzione alle utenze, rete di ricircolo e rete di distribuzione finale.

La determinazione dei fabbisogni di energia termica per acqua calda sanitaria in base alle portate e temperature specificate non tiene conto dei fabbisogni richiesti per rispettare alcuni trattamenti associati al servizio acqua calda sanitaria, ovvero la prevenzione e controllo della legionella ed il ricambio d'acqua periodico nelle piscine pubbliche.

Tali servizi di disinfezione, laddove previsti, devono essere opportunamente calcolati (in termini di fabbisogno termico) ed indicati nella relazione tecnica.

Nel caso di presenza di serbatoi di accumulo e circuito primario (circuito di collegamento tra generatore e accumulo) in assenza di dati di progetto vengono assunte, nel caso dei generatori a fiamma alimentati a combustibile fossile, temperature medie pari a 60 °C per il serbatoio e 70 °C per il circuito primario.

### **ACS. Sottosistema di erogazione**

Il rendimento di erogazione viene assunto pari a 1 (per valutazioni di tipo A1 e A2) perché non si considerano le perdite di massa (dovute ad erogazione di acqua mediante miscelatore o altro dispositivo di erogazione) e le perdite termiche nelle tubazioni di distribuzione alle utenze, che si considerano comprese nel calcolo delle perdite della distribuzione alle utenze.

Nel caso di valutazioni di tipo A3, è possibile assumere un rendimento di erogazione diverso (in base ai dati forniti dal produttore) qualora siano presenti dispositivi di regolazione del flusso.

### **ACS. Sottosistema di distribuzione**

Come nel caso del riscaldamento, viene innanzitutto fornito uno schema generale per la rete di distribuzione di acqua calda sanitaria, la quale può articolarsi, in linea generale, nei seguenti livelli:

- - *la distribuzione alle utenze (du);*
- - *un anello di ricircolo (dr);*
- - *il circuito di collegamento tra generatore e serbatoio di accumulo (dp).*

Nel caso generale, quindi, le perdite complessive del sottosistema di distribuzione sono date dalla somma delle perdite relative alle tre parti in cui è suddivisa la distribuzione. Si prevede il calcolo delle perdite di energia termica dei tratti di tubazione facenti parte della distribuzione alle utenze.

Nel caso di impianti esistenti privi di ricircolo all'interno di singole unità immobiliari, è ancora possibile fare riferimento a dati tabellati per determinare il fattore di perdita ed il fattore di recupero.

Le perdite del circuito di ricircolo si calcolano secondo la procedura dettagliata (Appendice A), stimando (nel caso di valutazione di tipo A2) le lunghezze e i diametri del circuito in base al numero di unità immobiliari, di montanti, di piani dell'edificio e alla lunghezza di distribuzione orizzontale.

### **ACS. Sottosistema di generazione**

I casi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria sono i seguenti:

- *Scalda acqua autonomi di tipo istantaneo o ad accumulo;*
- *Impianto centralizzato per sola acqua calda sanitaria e generatore dedicato;*
- *Impianto autonomo con generatore combinato per riscaldamento e produzione istantanea di acqua calda sanitaria;*
- *Impianto autonomo con generatore combinato di produzione di acqua calda sanitaria con accumulo;*

*Impianto centralizzato con generatore combinato di produzione di sola acqua con proprio generatore di calore.*

Nel caso degli scaldi acqua vale sempre lo stesso prospetto, già previsto nella UNI TS 113002:2008, per la determinazione, in assenza dei rendimenti certificati del prodotto, dei rendimenti convenzionali di tali sistemi.

Nel caso di scaldacqua a pompa di calore è necessario invece utilizzare i metodi riportati nella UNI TS 11300-4.

**Ausiliari dei sottosistemi di riscaldamento**

Cambia la modalità di definizione del fattore di carico dei terminali di emissione ( $FC_e$ ). Per quanto riguarda gli ausiliari dei sottosistemi di distribuzione, nel caso di reti con fluido termovettore aria (impianti aeraulici) di sola ventilazione si rimanda all’appendice C per il calcolo dei fabbisogni elettrici dei ventilatori.

Per quanto riguarda invece gli impianti idronici, a differenza della precedente versione della norma (dove il coefficiente  $F_v$  veniva posto convenzionalmente pari a 0,6) viene ora calcolato il fattore di riduzione del fabbisogno elettrico per unità (pompe) non sempre in funzione a velocità costante (funzionamento intermittente a portata costante o funzionamento continuo a portata variabile). Il tempo di attivazione coincide ora con la durata del periodo considerato.

Vengono inoltre specificati, in maniera analoga agli ausiliari della distribuzione di riscaldamento, anche le formule per determinare i fabbisogni elettrici della distribuzione di acqua calda sanitaria.

**5.1.3 FUNZIONALITÀ DELLA NORMA UNI TS11300:2009- PARTE 3°**

La norma indica le procedure di calcolo per il raffrescamento estivo. Essa è datata rispetto alle parti 1 e 2 ma non è stata ancora aggiornata. È bene tenere presente che la grandezza di riferimento per il progetto degli impianti di climatizzazione è sempre la potenza (termica per il riscaldamento e frigorifera per il raffrescamento) e pertanto tutti i calcoli portano a determinare i *carichi termici (espressi in Watt)* sia invernali che estivi.

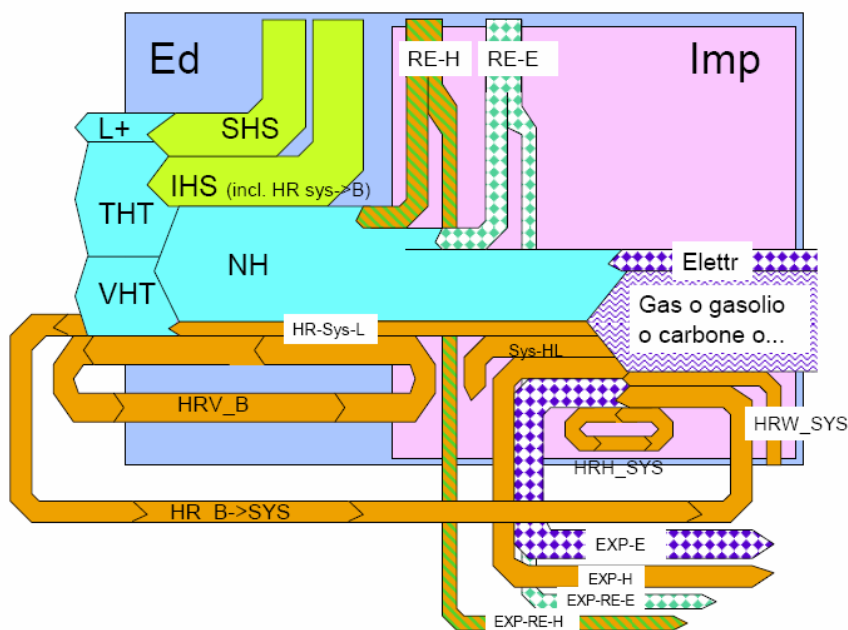


Figura 24: Schema di calcolo per il raffrescamento estivo

Ai fini della certificazione energetica e per la verifica energetica degli edifici la grandezza di riferimento è l'energia (per riscaldamento, per raffrescamento, per acqua calda sanitaria o per tutti i casi contemporaneamente) e pertanto si parla di *kJoule*.

Può essere banale ricordare che per passare dalla potenza all'energia occorre moltiplicare per un tempo che di solito è il numero di secondi in un mese dato dal prodotto di N (numero di giorni del mese specifico) per 86400 s/giorno.

Si osservino bene tutte le relazioni che sono proposte nell'ambito del DPR 59/09 e delle UNI TS 11300: sono tutte riferite *all'energia globale media mensile*.

I fabbisogni specifici sono definiti come:

Per la climatizzazione invernale:

$$EP_i = \frac{Q_{p,H}}{S}$$

$$EP_i = \frac{Q_{p,H}}{V}$$

e deve essere

$$EP_i \leq EP_{inv.limite}$$

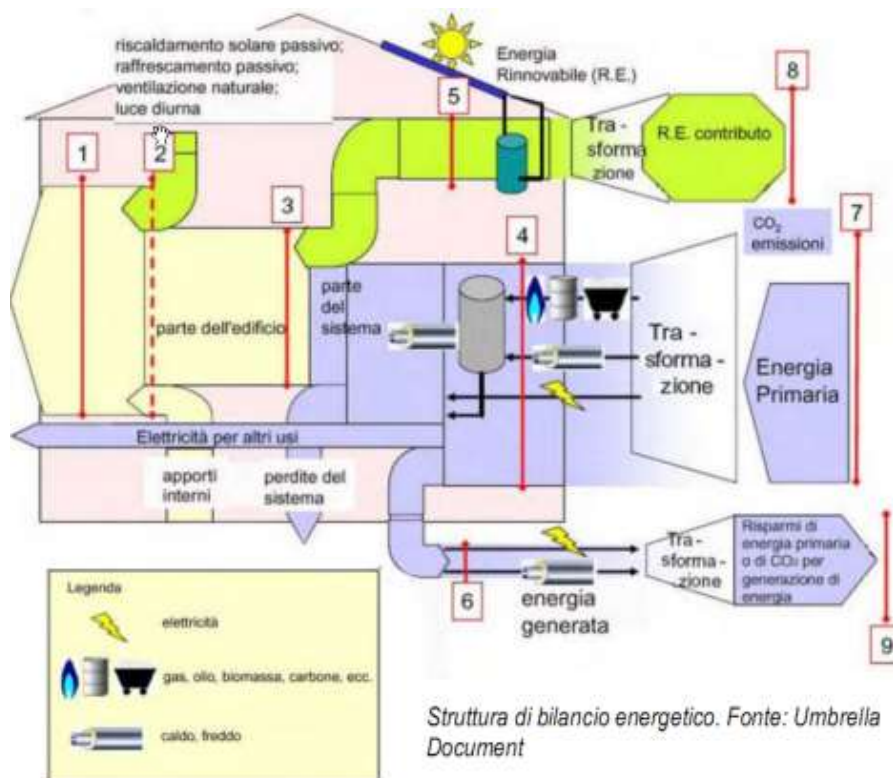


Figura 25: Schema generale dei flussi energetici

Per la climatizzazione estiva:

$$EP_{e,invl} = \frac{Q_{c,nd}}{S}$$

$$EP_{e,invl} = \frac{Q_{c,nd}}{V}$$

e deve risultare:

$$EP_{e,inv} \leq EP_{e,inv,limite}$$

Si osservi che con l'entrata in vigore del DM 26/06/2015 si ha:

$$EP_{i,inv} = EP_{H,nd}$$

$$EP_{e,inv} = EP_{C,nd}$$

## 5.2 APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300:2014 PARTE 1°

Questa norma riprende in gran parte l'impianto della UNI TS 11300/1 del 2008 ma con diverse modifiche relative all'utilizzo di più centrali termiche ciascuna con più servizi per le varie zone termiche. Inoltre, come si vedrà con l'applicazione del DM 26/06/2015, viene modificato il calcolo del contributo (con il suo segno) dell'energia solare sia per la stagione invernale che quella estiva.

Essa consente di calcolare l'energia di involucro cioè l'energia inviata all'edificio (*net delivered*) mentre l'energia primaria è calcolata con la UNI TS 11300/2. Vediamo brevemente com'è strutturata. Si rimanda al testo vigente per tutti gli approfondimenti necessari.

### 5.2.1 TIPOLOGIE DI EDIFICI

Le tipologie di edifici che la norma prende in considerazione sono descritte nelle figure seguenti.

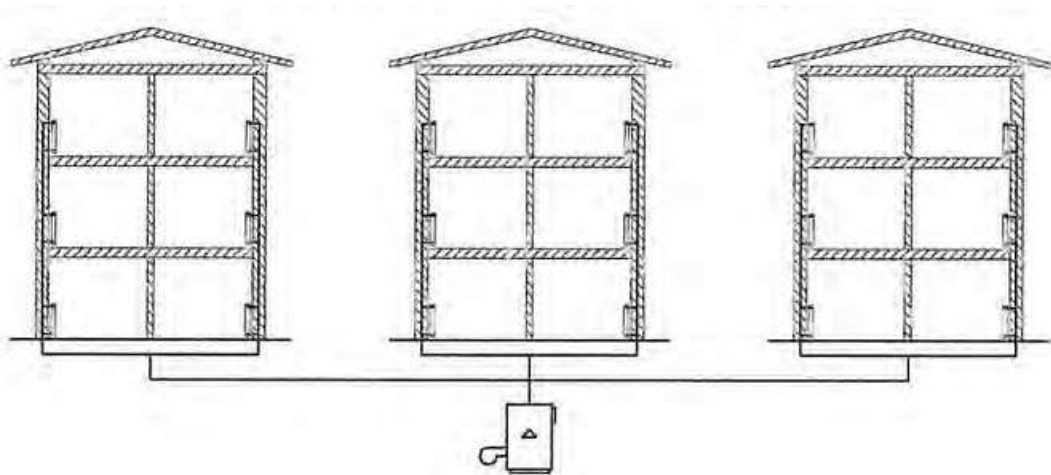


Figura 26 Caso di più fabbricati serviti da una sola centrale

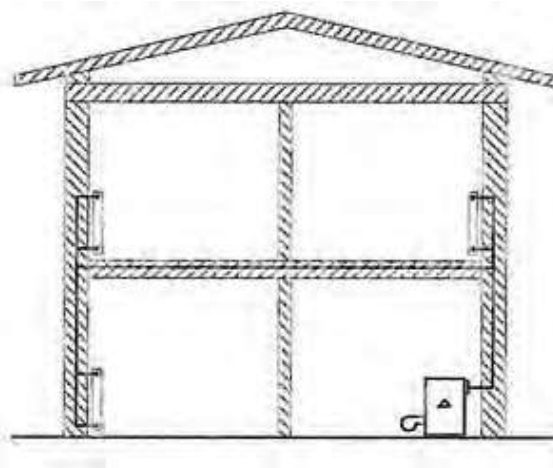


Figura 27: Caso di edificio unico con impianto centralizzato

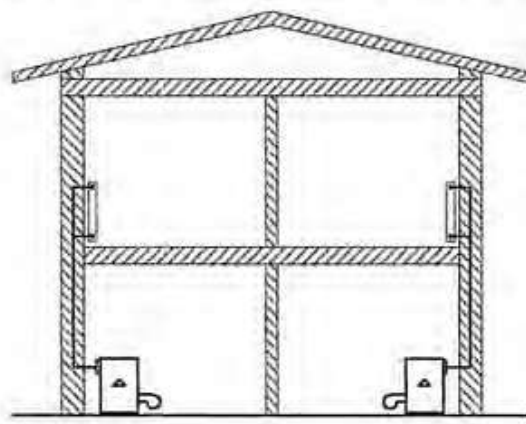


Figura 28: Caso di edificio con più impianti autonomi

### 5.2.2 ZONIZZAZIONE TERMICA DEGLI EDIFICI

La norma prevede che l'edificio sia suddiviso in una o più zone termiche e che per ciascuna zona si possano avere uno o più dei seguenti servizi:

- *Riscaldamento;*
- *Raffrescamento;*
- *Acqua calda sanitaria;*
- *Ventilazione meccanica;*
- *Illuminazione.*

Inoltre le zone possono essere servite da una o più centrali termiche, come indicato in precedenza.

Le **zona termica** può essere attuata fra aree a diversa temperatura, a diversa utilizzazione, a diversa gestione.

Ad esempio in un edificio per condominio con riscaldamento autonome ogni appartamento è una zona. In una scuola si può avere la zona uffici, la zona aule, la zona palestra in modo da potere diversificare anche l'utilizzo di ciascuna zona indipendentemente dalle altre. Un edificio piani per attività commerciali e altri piano per residenze.

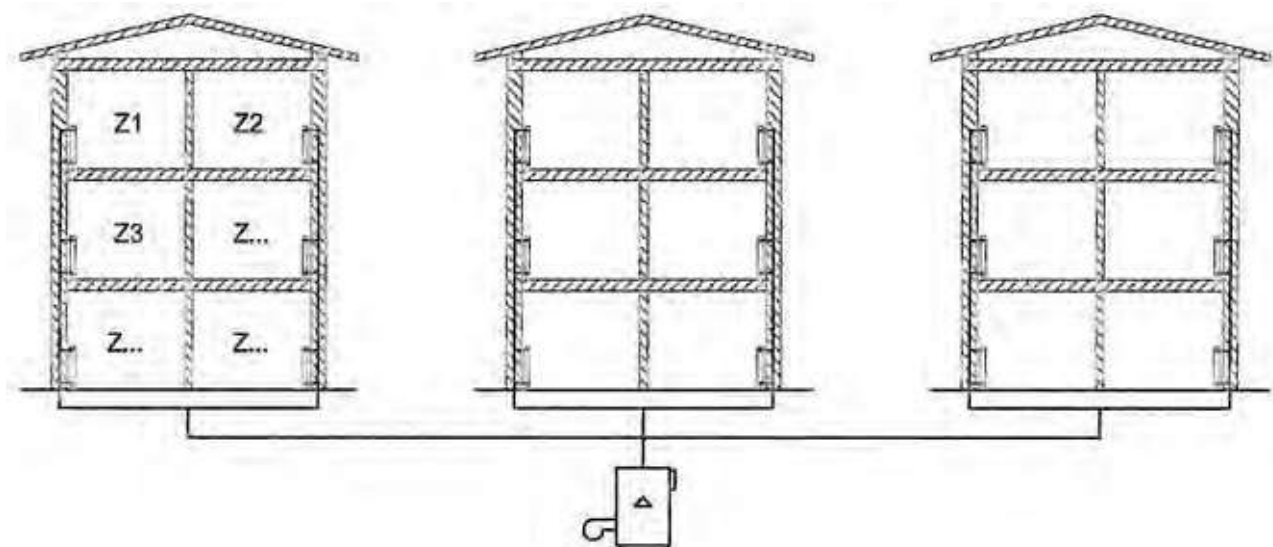


Figura 29: Esempio di zonizzazione



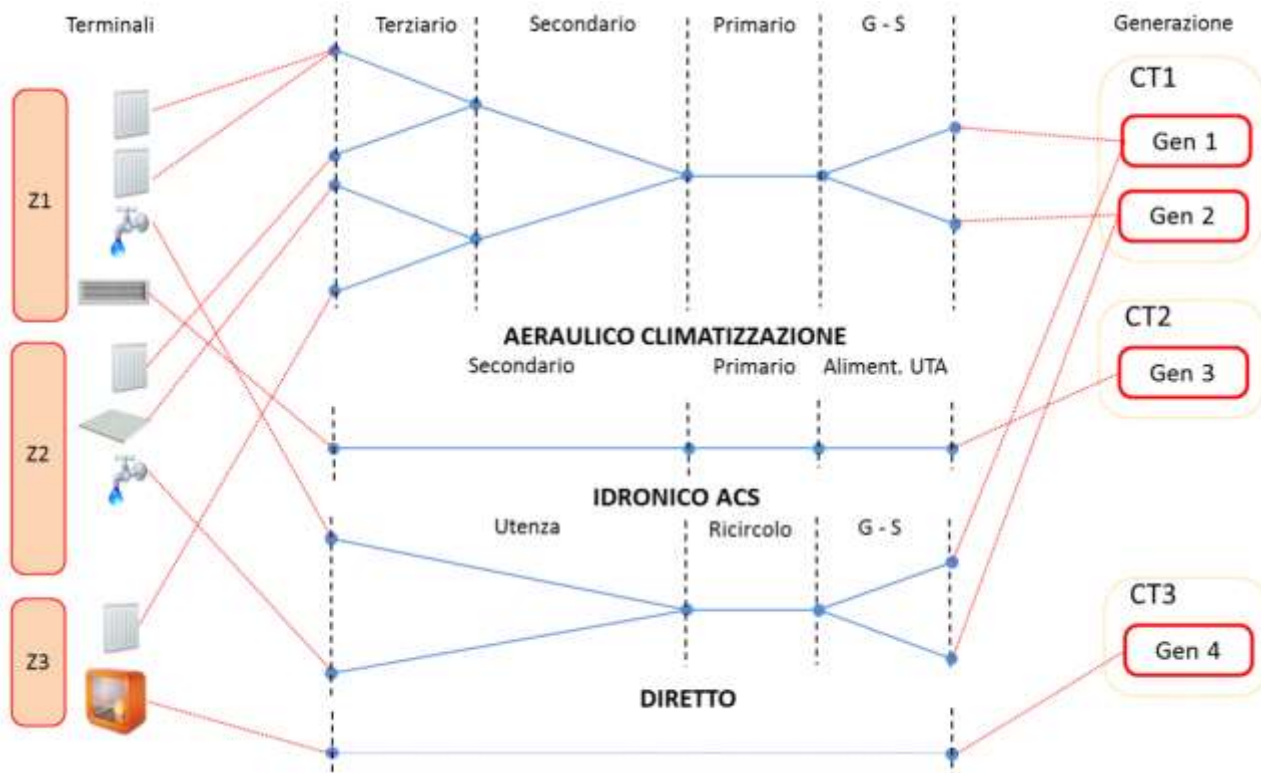


Figura 30: Esempio di suddivisione di zone, servizi e generatori

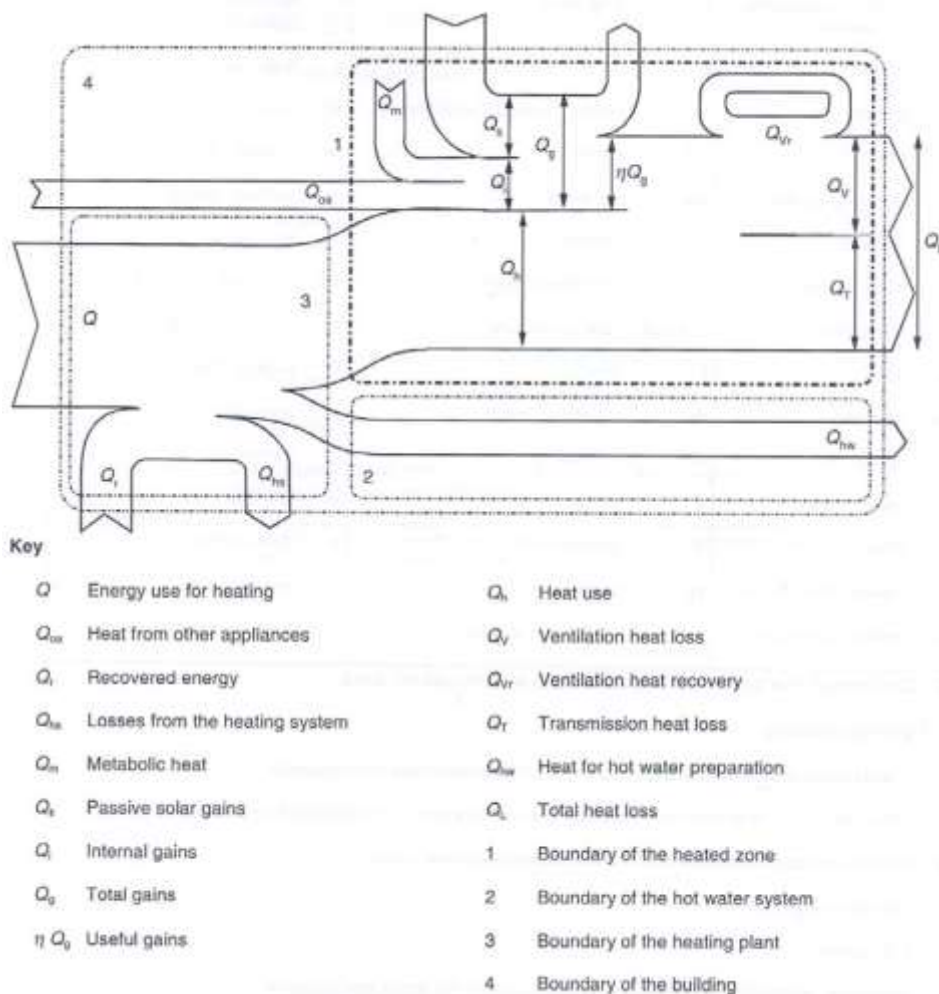


Figura 31: Flussi energetici per la UNI TS11300 parte 1 e 2.

### 5.2.3 TEMPERATURE INTERNE DI PROGETTO

#### Caso Invernale

Per il riscaldamento si assume pari a 20 °C ad esclusione per le categorie E.6(1) ove si assume 28 °C, la E.6(2) ove si assume 18 °C ed E.8 ove si assume 18 °C.

L'umidità relativa si assume in genere pari al 50%.

Per gli edifici confinanti la temperatura si assume pari a 20 °C.

#### Caso Estivo

La temperatura interna estiva è in genere pari a 26 °C ad esclusione della categoria E.6(1) per la quale si assume 28 °C e E.6(2) per la quale si assume 24 °C.

L'umidità relativa interna si assume in genere 50%.

La temperatura degli edifici vicini si assume pari a 26 °C e l'umidità 50%.

### 5.2.4 CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

Il bilancio di energia termica dello spazio confinato (climatizzato) è dato, per il riscaldamento, dalle relazioni:

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

Ove ogni termine è espresso in MJ. Per il raffrescamento si ha:

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

Il simbolismo è il seguente:

- $Q_{H,nd}$  fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento, MJ;
- $Q_{C,nd}$  fabbisogno ideale di energia termica per raffrescamento, MJ;
- $Q_{H,ht}$  scambio termico totale fra ambiente ed esterno per il riscaldamento, MJ;
- $Q_{C,ht}$  scambio per trasmissione fra ambiente ed esterno per il raffrescamento, MJ;
- $Q_{H,tr}$  scambio per trasmissione fra ambiente ed esterno per il riscaldamento, MJ;
- $Q_{C,tr}$  scambio per trasmissione fra ambiente ed esterno per il raffrescamento, MJ;
- $Q_{H,ve}$  scambio per ventilazione fra ambiente ed esterno per il riscaldamento, MJ;
- $Q_{C,ve}$  scambio per ventilazione fra ambiente ed esterno per il raffrescamento, MJ;
- $Q_{gn}$  guadagni termici totali, MJ;
- $Q_{int}$  guadagni termici interni, MJ;
- $Q_{sol,w}$  apporti termici solari incidente sui componenti finestrati, MJ;
- $\eta_{H,gn}$  fattore di utilizzazione degli apporti termici;
- $\eta_{C,ls}$  fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

Si osservi come gli apporti solari sopra considerati siano solo quelli attraverso le finestre mentre con la UNI TS 11300;2008 parte 1 si consideravano anche gli apporti solari sulle pareti. Questi ultimi sono considerati nell'energia trasmessa  $Q_{H,tr}$ .

Dopo la suddivisione dell'edificio in zone termiche si calcolano, per ciascun mese, i termini delle precedenti equazioni per il riscaldamento e per il raffrescamento. Lo schema di calcolo è sintetizzato nella seguente figura dove sono indicati i flussi energetici rispetto all'edificio.

### Temperatura interna di progetto invernale

Per il riscaldamento, ad eccezione delle categorie E6 (palestre e assimilabili) ed E8 (edifici industriali) si assume la temperatura di **20 °C**<sup>42</sup>. Si assume **28 °C** per la categoria E6(1), piscine saune e assimilabili, mentre per E6(2), palestre, ed E8, edifici industriali, si assume una temperatura di **18 °C**.

La temperatura degli edifici vicini si assume pari a **20 °C** se riscaldati altrimenti si calcola con la relazione:

$$t_u = \frac{\Phi_{gn} + t_i H_{iu} + t_e H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}}$$

ove si ha il simbolismo:

- $\Phi_{gn}$  *flusso termico generato all'interno dell'ambiente non riscaldato, W;*
- $t_e$  *temperatura esterna media mensile, °C;*
- $t_i$  *temperatura interna di progetto dell'ambiente riscaldato, °C;*
- $H_{iu}$  *coefficiente di scambio termico fra ambiente riscaldato e quello non riscaldato, W/K;*
- $H_{ue}$  *coefficiente di scambio termico fra l'ambiente riscaldato e ambiente esterno, W/K;*

### Temperatura interna di progetto estiva

Per le categorie E6(1) si assume la temperatura di **28 °C**, per la categoria E6(2) si assume **24 °C** mentre per tutte le altre categorie e per gli edifici adiacenti si assume **26 °C**.

### Durata della stagione di riscaldamento

La norma prevede una nuova durata per la stagione di riscaldamento per la zona climatica A mentre si confermano le altre per tutte le zone climatiche rimanenti. Si ha la seguente tabella riepilogativa.

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

Tabella 26: Durata della stagione di riscaldamento

Nel caso di verifica energetica occorre allora calcolare il periodo di riscaldamento fino a quando la temperatura esterna assume il valore:

$$t_e = t_i - \frac{Q_{gn}}{H \tau_{day}}$$

con:

- $t_e$  *temperatura esterna media giornaliera, °C;*
- $t_i$  *temperatura interna di set point per il riscaldamento, °C;*
- $Q_{gn}$  *apporti energetici solari e interni medi giornalieri, J;*

<sup>42</sup> Si ricordi che viene concessa una tolleranza di  $\pm 2$  °C per il controllo dell'umidità interna al fine di evitare la condensa superficiale. Vedi capitolo precedente. Si ricorda che 20 °C è temperatura di confort invernale con metabolismo di 1 Met e resistenza del vestiario di 1,5 Clo.

$H$  coefficiente di scambio termico dell'edificio dato dalla somma dei coefficienti di scambio termico per trasmissione e ventilazione, W/K;

$\tau_{day}$  la durata del giorno in secondi (86400 s).

Per il raffrescamento estivo la temperatura esterna non è inferiore al valore sopra scritto.

### Calcolo degli scambi termici per trasmissione

Questi contributi si calcolano mediante la relazione:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} (t_i - t_e) \tau + \left( \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,k} \right) \tau - Q_{sol,op}$$

ove si ha il simbolismo:

$H_{tr,adj}$  coefficiente di trasmissione termica della zona corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno – esterno. In questo modo si tiene conto della temperatura dell'ambiente limitrofo che non coincide con quella dell'ambiente esterno, W/K;

$t_i$  temperatura di set point interna della zona considerata, °C;

$t_e$  temperatura esterna media mensile, °C;

$F_{r,k}$  fattore di forma fra il componente edilizio  $k.mo$  e la volta celeste;

$\Phi_{r,k}$  flusso dovuta alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente  $k.mo$ , MJ;

$Q_{sol,op}$  apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi, in MJ. Questa aliquota era prima considerata nel bilancio di energia unitamente agli apporti solari attraverso le finestre. Ora gli apporti solari sulle pareti opache vanno a compensare le perdite radiative di alta lunghezza d'onda.

Il flusso solare sulle pareti opache è calcolato con la relazione:

$$\Phi_{sol,w/op,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,w/op,k} \cdot I_{sol,k}$$

ove:

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

$A_{sol,w,k}$  area di captazione solare effettiva della superficie vetrata  $k.ma$  con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale,  $m^2$ , data da, per superfici finestrate:

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

con  $F_F$  frazione di area del telaio,  $g_{gl}$  trasmittanza globale di energia solare,  $F_{sh,gl}$  fattore di riduzione degli apporti solari e  $A_{w,p}$  area proiettata del componente finestrato;

e da, per superfici opache:

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

con  $\alpha_{sol,c}$  fattore di assorbimento solare del componente opaco,  $R_{se}$  resistenza termica superficiale del componente opaco, W/( $m^2K$ ),  $A_c$

area proiettata del componente opaco,  $m^2$ ,  $U_{c,eq}$  trasmittanza termica equivalente del componente opaco, W/( $m^2K$ );

$I_{sol,k}$  irradianza solare considerato o della frazione di mese sulla superficie k.ma, con data inclinazione ed orientamento,  $W/m^2$ .

Si osserva subito che la nuova UNI TS 11300:2014 parte 1 enfatizza il contributo dell'energia solare riducendo l'energia di riscaldamento ed incrementando quella di raffrescamento. Questo avrà effetti non trascurabili nelle verifiche richieste dal nuovo DM 26/06/2015, come si vedrà nel prosieguo.

Il coefficiente globale di scambio termico è dato dalla relazione:

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

ove:

$H_D$  coefficiente di scambio termico per trasmissione verso l'ambiente esterno,  $W/K$ ;

$H_g$  coefficiente di scambio termico per trasmissione verso il terreno,  $W/K$ ,

$H_U$  coefficiente di scambio termico per trasmissione verso gli ambienti non climatizzati,  $W/K$ ;

$H_A$  coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone climatizzate a temperatura diversa,  $W/K$ .

Ciascun coefficiente di scambio è dato da una relazione del tipo:

$$H_x = b_{tr,x} \left( \sum_j U_i A_i + \sum_k \psi_{L,k} L_k \right)$$

ove è:

$A_i$  area dell'elemento,  $m^2$ ;

$U_i$  trasmittanza termica dell'elemento,  $W/(m^2K)$ ;

$L_k$  lunghezza del ponte termico lineare,  $m$ ;

$\psi_{L,k}$  trasmittanza lineare del k.mo ponte termico,  $W/(mK)$ ;

$b_{tr,x}$  fattore di aggiustamento  $< > 1$  quando la temperatura dell'ambiente confinato è diversa da quella esterna.

Per la ventilazione l'energia scambiata vale:

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} (t_i - t_e) \tau$$

Con analogo simbolismo. Il coefficiente globale di scambio per ventilazione vale:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_{p,a} \left( \sum_k b_{ve,k} \dot{V}_{ve,k,mn} \right)$$

ove:

$\rho_a c_{p,a}$  capacità termica dell'aria,  $1200 J/(m^3K)$ ;

$\dot{V}_{ve,k,mn}$  portata volumetrica dell'aria,  $m^3/s$ ;

$b_{ve,k}$  fattore di correzione della temperatura per il flusso dell'aria.

La portata d'aria si calcola imponendola pari a 0,3 Vol/h ovvero 15  $m^3/h$  per persona.

La norma fornisce tutte le tabelle dei fattori correttivi e tutte le metodologie per il calcolo di ciascuna componente energetica (apporti gratuiti interni, apporti solari, gestione delle schermature esterne, scambi con il terreno, coefficienti di utilizzo, costante di tempo dell'edificio, ...). Ad essa si rimanda per una completa trattazione.

### 5.2.5 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER UMIDIFICAZIONE E DEUMIDIFICAZIONE

Le nuove norme del 2014 introducono per la prima volta la necessità del calcolo del calore latente sia per il riscaldamento che per il condizionamento. Pertanto questo nuovo calcolo si aggiunge a quello del calore sensibile sopra indicato.

Per ogni zona termica dell'edificio, se è presente un impianto di climatizzazione che controlla anche l'umidità ambiente, i fabbisogni di energia latente per umidificazione,  $Q_{H,hum,nd}$ , e deumidificazione,  $Q_{C,dhum,nd}$ , si calcolano con le relazioni:

$$Q_{H,hum,nd} = -\min\left[0; Q_{wv,int} - Q_{H,wv,ve}\right]$$

$$Q_{C,dhum,nd} = -\min\left[0; Q_{wv,int} - Q_{C,wv,ve}\right]$$

dove:

$Q_{H,hum,nd}$  è l'entalpia netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aereazione e/o ventilazione nel periodo di riscaldamento, MJ;

$Q_{C,dhum,nd}$  è l'entalpia netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aereazione e/o ventilazione nel periodo di raffrescamento, MJ;

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

Si ha la seguente definizione<sup>43</sup>;

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

ove:

$\rho_a$  massa volumica dell'aria pari a 1.2 kg/m<sup>3</sup>;

$q_{ve,k,mn}$  portata mediata nel tempo del flusso d'aria k.mo dovuta a ventilazione naturale o aereazione o infiltrazione p ventilazione meccanica, solo se distinta dalla portata d'aria di processo per il controllo dell'umidità dell'aria, m<sup>3</sup>/s;

$x_k$  umidità massica media del mese considerato del flusso d'aria k.mo, g/kg;

$x_{int}$  umidità massica media dell'aria uscente con il ricambio k.mo, che si assume pari al valore dell'umidità prefissata per l'aria della zona termica, g/kg;

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

$t$  durata del mese considerato, pari a 0.0864 N con N numero di giorni del mese, Ms.

Per gli apporti interni di vapore prodotto da persone e/o processi interni agli ambienti si utilizza la relazione:

$$Q_{wv,int} = h_{wv} \cdot (G_{wv,Oc} + G_{wv,A}) \cdot \frac{t}{3600}$$

con:

$G_{wv,Oc}$  portata massica di vapore d'acqua dovuta alle persone, g/h;

$G_{wv,A}$  portata massica di vapore di acqua dovuta alla presenza di apparecchiature, g(h).

<sup>43</sup> Per il simbolismo si veda il capitolo sulla *Psicrometria* e sul *Condizionamento dell'aria* (Vol. 2°).

Nelle appendici della nuova UNI TS 11300 parte 1° vi sono numerose tabelle per il calcolo delle grandezze sopra indicate.

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

Tabella 27: Trasmittanza delle vetrate doppie e triple



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

Tabella 28: Trasmittanze dei telai per infissi

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

Tabella 29: Produzione di vapore per persona

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

Tabella 30: Produzione di vapore per apparecchiature

### 5.2.6 ZONIZZAZIONE

Le procedure di zonizzazione sono uguali alle precedenti e prendono in considerazione fabbricati serviti da impianti centralizzati o da impianti autonomi. Lo stesso dicasi per la suddivisione in zone.

Nel caso di edifici esistenti l'area netta di ciascuna zona si può calcolare con la relazione:

$$A_f = A_{f,G} \cdot f_n$$

ove il fattore  $f_n$  è calcolato con la relazione:

$$f_n = 0.9761 - 0.3055 \cdot d_m$$

con  $d_m$  spessore medio delle pareti esterne.

Il volume netto di ciascuna zona si ottiene moltiplicando l'area netta per l'altezza netta della zona.

### 5.2.7 PONTI TERMICI

La nuova UNI TS 11300/1 impone che i ponti termici siano calcolati secondo il punto 5 della norma UNI EN ISO 14683:2008.

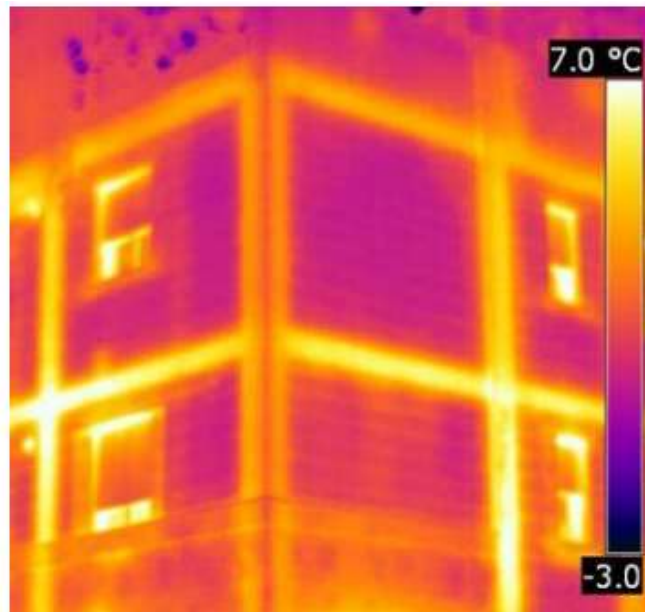


Figura 32: visualizzazione dei ponti termici con la Termografia

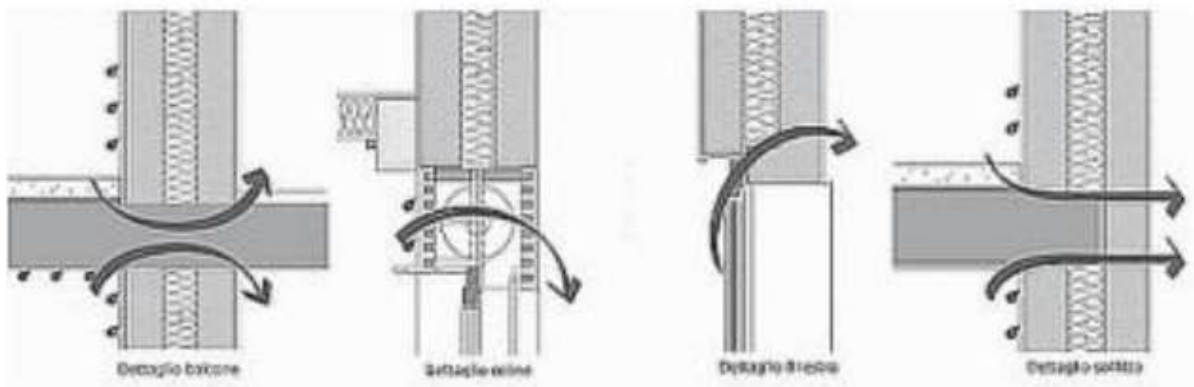


Figura 33: Esempi di ponti termici frequenti

### Metodo di calcolo dei Ponti Termici con la Norma UNI EN ISO 13786

Per il calcolo dei ponti termici si utilizza il metodo indicato dalla Norma UNI 13786<sup>44</sup> paragrafo 5 dei coefficienti lineari  $\psi$ . I ponti termici sono stati catalogati in alcune tipologie indicate nelle successive figure. Per ciascuna tipologia è dato, nella colonna di destra, la relazione analitica per calcolare  $\psi$ . In generale si può dire che i "**ponti termici**" possono essere generati dalle seguenti circostanze:

- *disomogeneità termica dei materiali che compongono uno strato (ad esempio la composizione di un solaio o la presenza di un pilastro di cemento armato in una parete di materiale diverso).*
- *disomogeneità geometrica (angoli di parete o incroci ecc.).*

La presenza di un ponte termico comporta, in generale, una diversa distribuzione delle temperature sia superficiali che interne al diaframma e quindi un aumento della quantità di calore disperso.

<sup>44</sup> La nuova UNI TS 11300 parte 1°, di cui si parlerà nel prosieguo, annulla la validità di qualunque altro metodo di calcolo dei ponti termici ad eccezione di quelli indicati al punto 5 della UNI 14683 e della UNI ISO EN 10211.

Nella pratica generale la presenza di un ponte termico viene affrontata fornendo semplicemente una maggiore quantità di calore all'ambiente, sottovalutando l'aspetto della diversa distribuzione delle temperature, sulla parete, che può portare a formazione di condensa.

Nel prosieguo si forniscono alcune tabelle di calcolo semplificato riprese dalla UNI 14683 punto 5 sopra accennate. Si osservi, però, che un calcolo più preciso e raffinato dei ponti termici richiede l'applicazione dell'equazione di trasmissione del calore possibilmente mediante codici di calcolo alle differenze finite. Per un tale sviluppo si rimanda alla *Trasmissione del Calore* e ai metodi numerici di calcolo in quella sede sviluppati.

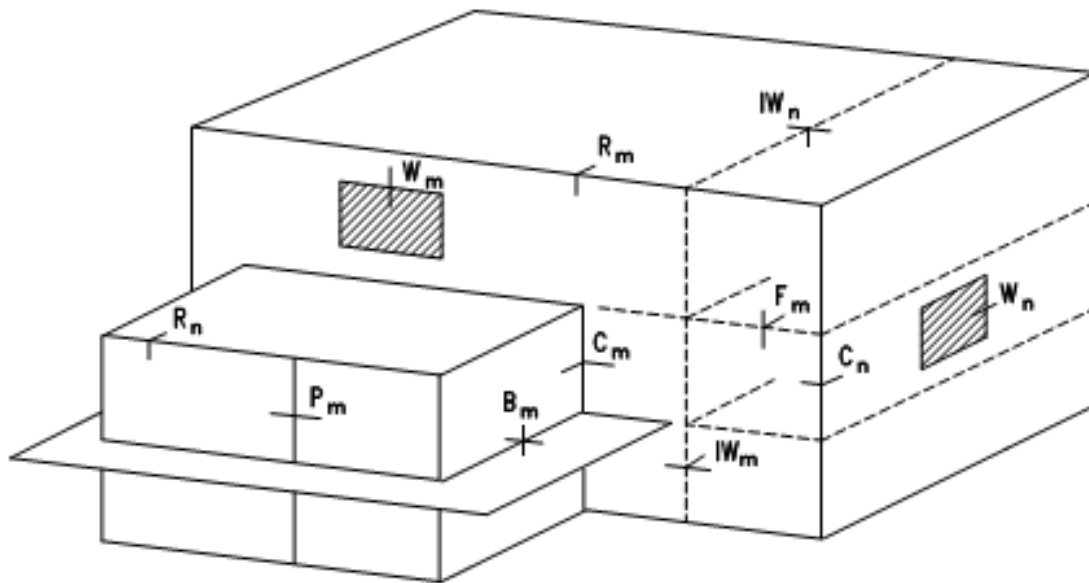


Figura 34: Schema di riferimento per il calcolo dei ponti termici secondo la UNI 14683.

Pareti interne							
continua dalla pagina precedente							
<p><b>MW1</b>  <math>\psi_e = 0,00</math>  <math>\psi_d = 0,00</math>  <math>\psi_f = 0,05</math>  <math>L^{2D} = 0,74</math></p>	<p><b>MW2</b>  <math>\psi_e = 0,50</math>  <math>\psi_d = 0,50</math>  <math>\psi_f = 0,55</math>  <math>L^{2D} = 1,26</math></p>	<p><b>MW3</b>  <math>\psi_e = 0,50</math>  <math>\psi_d = 0,50</math>  <math>\psi_f = 0,55</math>  <math>L^{2D} = 1,22</math></p>	<p><b>MW4</b>  <math>\psi_e = 0,00</math>  <math>\psi_d = 0,00</math>  <math>\psi_f = 0,05</math>  <math>L^{2D} = 0,81</math></p>	<p><b>MW5</b>  <math>\psi_e = 0,00</math>  <math>\psi_d = 0,00</math>  <math>\psi_f = 0,05</math>  <math>L^{2D} = 0,74</math></p>	<p><b>MW6</b>  <math>\psi_e = 0,00</math>  <math>\psi_d = 0,00</math>  <math>\psi_f = 0,05</math>  <math>L^{2D} = 0,79</math></p>	<input type="checkbox"/> Parete <input checked="" type="checkbox"/> Parete leggera (compresa muratura leggera e parete intalata in legno) <input type="checkbox"/> Strato isolante <input type="checkbox"/> Solaia/Filastro <input type="checkbox"/> Telaio	
Nota - Le linee con le notazioni $l$ e $d$ indicano il sistema di dimensioni - interne, interne globali, esterne. Le dimensioni sono date in metri.							
segue nella pagina successiva							

Figura 35: Calcolo dei ponti termici

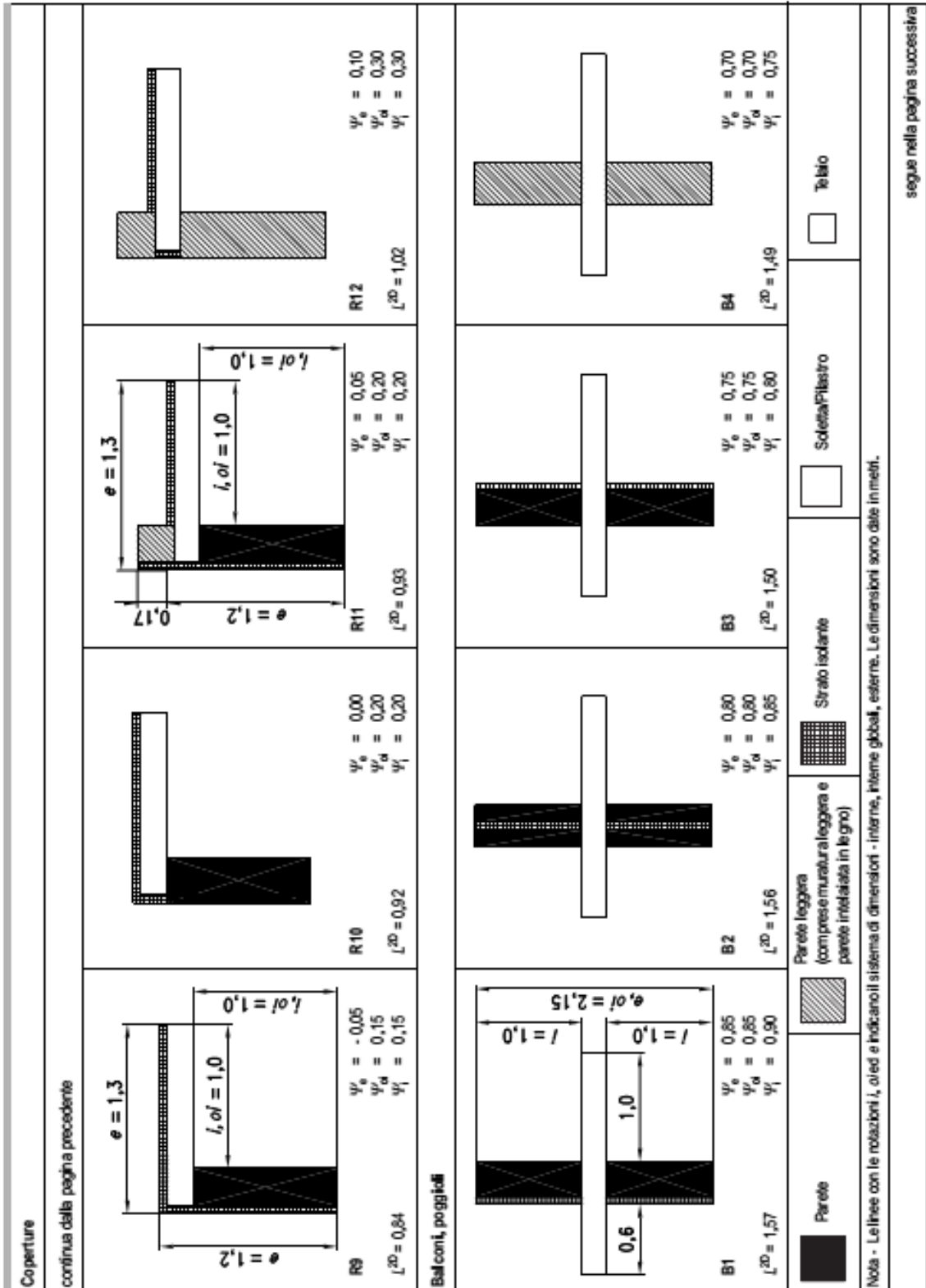


Figura 36: Calcolo dei ponti termici



Angoli continua dalla pagina precedente				
<input checked="" type="checkbox"/> Parete	<input checked="" type="checkbox"/> Parete leggera (compresa muratura leggera e parete intalata in legno)	<input checked="" type="checkbox"/> Strato isolante	<input type="checkbox"/> Soletta/Pilastrò	<input type="checkbox"/> Telaio
Nota - Le linee con le notazioni $l, ol$ e $l$ indicano il sistema di dimensioni - interne, interne globali, esterne. Le dimensioni sono date in metri.				
segue nella pagina successiva				

Figura 37: Calcolo dei ponti termici



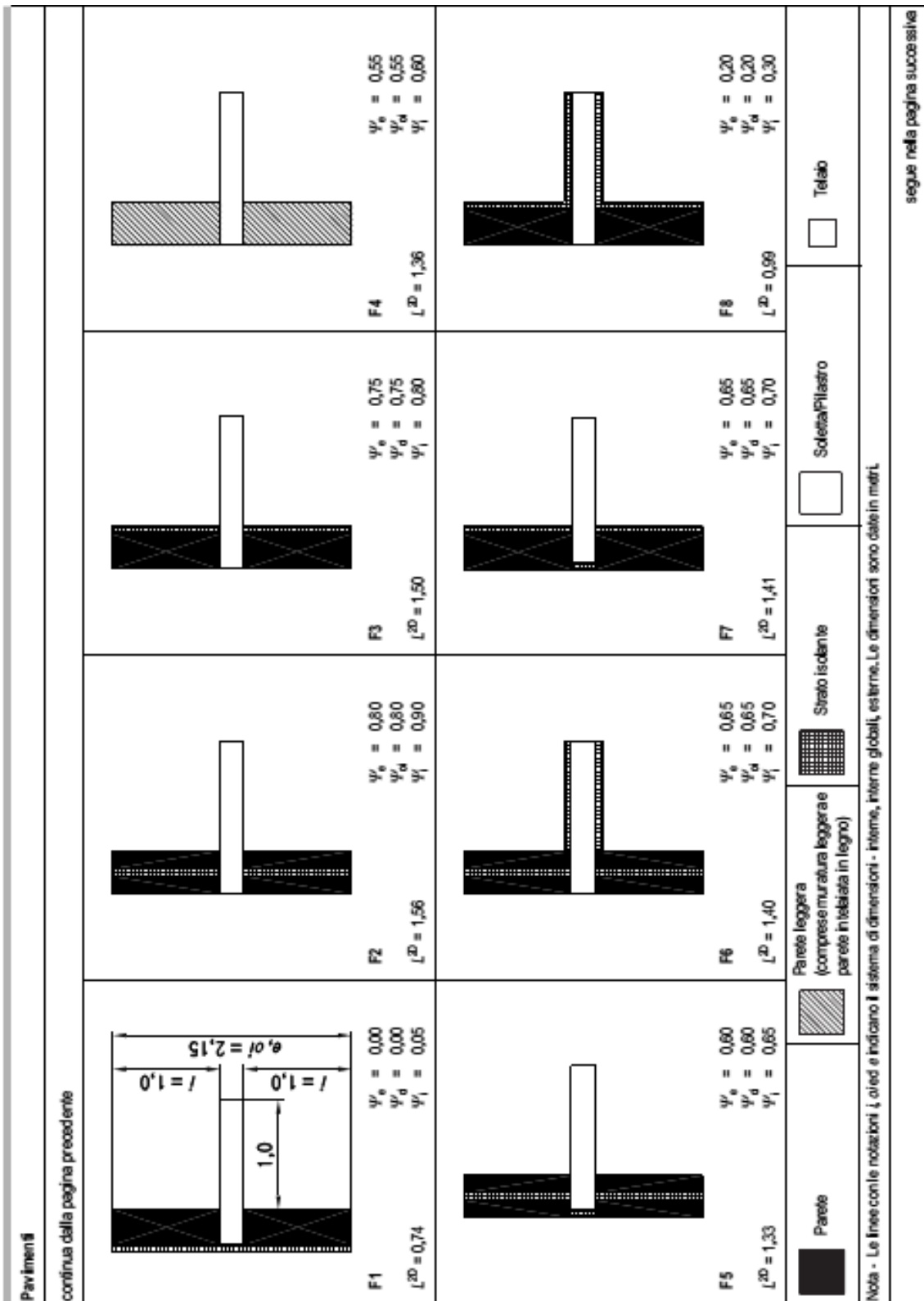


Figura 38: Calcolo dei ponti termici

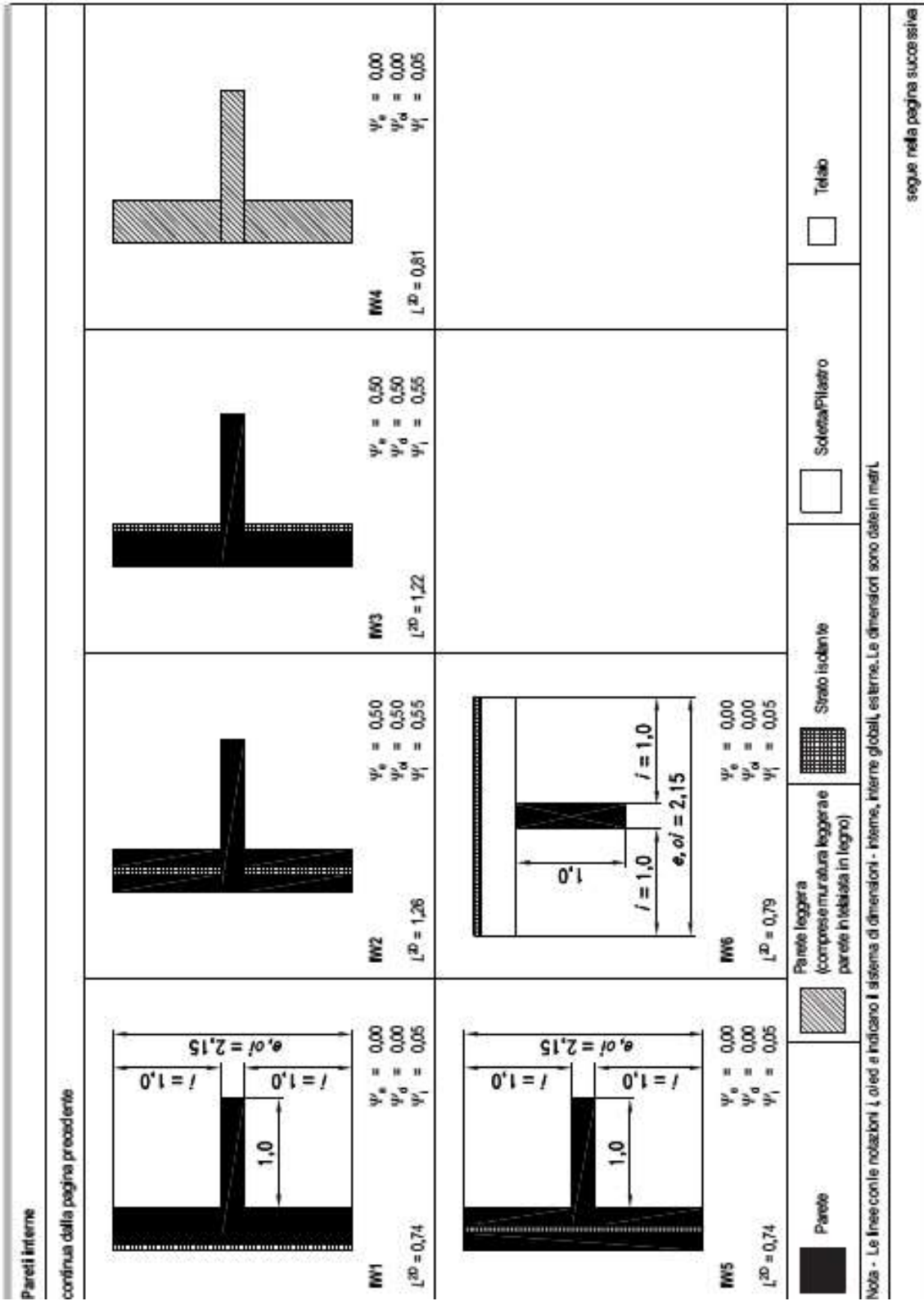


Figura 39: Calcolo dei ponti

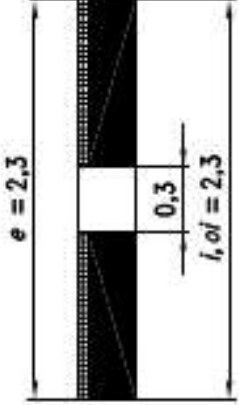





Pilastrini					
continua dalla pagina precedente					
	<p>P1</p> <p><math>\psi_e = 1,30</math>  <math>\psi_d = 1,30</math>  <math>\psi_i = 1,30</math></p> <p><math>L^{2D} = 2,09</math></p>	<p>P2</p> <p><math>\psi_e = 1,20</math>  <math>\psi_d = 1,20</math>  <math>\psi_i = 1,20</math></p> <p><math>L^{2D} = 2,01</math></p>	<p>P3</p> <p><math>\psi_e = 1,05</math>  <math>\psi_d = 1,05</math>  <math>\psi_i = 1,05</math></p> <p><math>L^{2D} = 1,83</math></p>	<p>P4</p> <p><math>\psi_e = 0,90</math>  <math>\psi_d = 0,90</math>  <math>\psi_i = 0,90</math></p> <p><math>L^{2D} = 1,76</math></p>	<p>Pilastrini</p>
<p>Parete</p> 	<p>Parete leggera (comprese muratura leggera e parete intelata in legno)</p> 	<p>Strato isolante</p> 	<p>Soletta/Pilastrino</p> 	<p>Talato</p> 	
<p>Nota - Le linee con le notazioni <math>l_i</math>, <math>o_i</math> ed <math>l</math> indicano il sistema di dimensioni - interne, interne globali, esterne. Le dimensioni sono date in metri.</p>					
<p>segue nella pagina successiva</p>					

Figura 40: Calcolo dei ponti termici

Serramenti di porte e finestre					
continua dalla pagina precedente					
<p>W1  <math>\psi_e = 0,00</math>  <math>\psi_{ol} = 0,00</math>  <math>\psi_i = 0,00</math>  <math>L^{2D} = 0,36</math></p>	<p>W2  <math>\psi_e = 0,65</math>  <math>\psi_{ol} = 0,65</math>  <math>\psi_i = 0,65</math>  <math>L^{2D} = 1,00</math></p>	<p>W3  <math>\psi_e = 0,45</math>  <math>\psi_{ol} = 0,45</math>  <math>\psi_i = 0,45</math>  <math>L^{2D} = 0,81</math></p>	<p>W4  <math>\psi_e = 0,05</math>  <math>\psi_{ol} = 0,05</math>  <math>\psi_i = 0,05</math>  <math>L^{2D} = 0,41</math></p>		
<p>W5  <math>\psi_e = 0,05</math>  <math>\psi_{ol} = 0,05</math>  <math>\psi_i = 0,05</math>  <math>L^{2D} = 0,40</math></p>	<p>W6  <math>\psi_e = 0,10</math>  <math>\psi_{ol} = 0,10</math>  <math>\psi_i = 0,10</math>  <math>L^{2D} = 0,44</math></p>			<input type="checkbox"/> Strato isolante	<input type="checkbox"/> Sotileta/Pilastro
<input type="checkbox"/> Parete	<input type="checkbox"/> Parete leggera (compresa muratura leggera e parete intalata in legno)	<input type="checkbox"/> Strato isolante	<input type="checkbox"/> Sotileta/Pilastro	<input type="checkbox"/> Totale	
Nota - Le linee con le notazioni $L_1$ , $ol$ ed $L_2$ indicano il sistema di dimensioni - interne, interne globali, esterne. Le dimensioni sono date in metri.					
segue nella pagina successiva					

Figura 41: Ponti Termici

Serramenti di porte e finestre		Serramenti di porte e finestre		Serramenti di porte e finestre		Serramenti di porte e finestre		Serramenti di porte e finestre	
<p><math>e = 1,0</math> <math>i, of = 1,0</math></p>	<p>W7</p> <p><math>\psi_e = 0,35</math> <math>\psi_{f,d} = 0,35</math> <math>\psi_f = 0,35</math></p> <p><math>\chi^{2D} = 0,70</math></p>	<p>0,2</p>	<p>W8</p> <p><math>\psi_e = 0,60</math> <math>\psi_{f,d} = 0,60</math> <math>\psi_f = 0,60</math></p> <p><math>\chi^{2D} = 0,95</math></p>		<p>W9</p> <p><math>\psi_e = 0,20</math> <math>\psi_{f,d} = 0,20</math> <math>\psi_f = 0,20</math></p> <p><math>\chi^{2D} = 0,56</math></p>		<p>W10</p> <p><math>\psi_e = 0,00</math> <math>\psi_{f,d} = 0,00</math> <math>\psi_f = 0,00</math></p> <p><math>\chi^{2D} = 0,39</math></p>	<p>W11</p> <p><math>\psi_e = 0,00</math> <math>\psi_{f,d} = 0,00</math> <math>\psi_f = 0,00</math></p> <p><math>\chi^{2D} = 0,36</math></p>	<p>W12</p> <p><math>\psi_e = 0,05</math> <math>\psi_{f,d} = 0,05</math> <math>\psi_f = 0,05</math></p> <p><math>\chi^{2D} = 0,41</math></p>
<p>■ Parete</p>	<p>▨ Parete leggera (compresatura leggera e parete intelata in legno)</p>	<p>▤ Strato isolante</p>	<p>□ Soletta/Pilastro</p>	<p>□ Telaio</p>					
<p>Nota - Le linee con le notazioni <math>i_e</math> ed <math>i_{f,d}</math> indicano il sistema di dimensioni d'interno, interne globali, esterne. Le dimensioni sono date in metri.</p>									
<p>segue nella pagina successiva</p>									

Figura 42: Ponti Termici

Serramenti di porte e finestre continua dalla pagina precedente	
	<p>W13</p> $\psi_e = 0,60$ $\psi_d = 0,60$ $\psi_f = 0,60$ $L_{TD} = 0,83$
	<p>W4</p> $\psi_e = 0,65$ $\psi_d = 0,65$ $\psi_f = 0,65$ $L_{TD} = 1,02$
	<p>W15</p> $\psi_e = 0,00$ $\psi_d = 0,00$ $\psi_f = 0,00$ $L_{TD} = 0,35$
	<p>W16</p> $\psi_e = 0,05$ $\psi_d = 0,05$ $\psi_f = 0,05$ $L_{TD} = 0,42$
	<p>W17</p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_d = 0,40$ $\psi_f = 0,40$ $L_{TD} = 0,72$
	<p>W18</p> $\psi_e = 0,20$ $\psi_d = 0,20$ $\psi_f = 0,20$ $L_{TD} = 0,57$
<p>Parete</p>	<p>Parete leggera (compresa muratura leggera e parete in telaio in legno)</p>
<p>Strato isolante</p>	<p>Strato isolante</p>
<p>Solella/Piastrino</p>	<p>Solella/Piastrino</p>
<p>Telaio</p>	<p>Telaio</p>

Nota - Le linee con le notazioni  $L_{TD}$  e  $L_{TD}$  indicano il sistema di dimensioni - interne, interne globali, esterne. Le dimensioni sono date in metri.

Figura 43: Ponti Termici

### Calcolo Numerico per i Ponti Termici con ISO EN 20211

La norma ISO EN 10211 indica le modalità di calcolo dei ponti termici attraverso un calcolo numerico nei casi di:

- *Discontinuità geometriche;*
- *Discontinuità di materiale;*
- *Tipologie miste.*

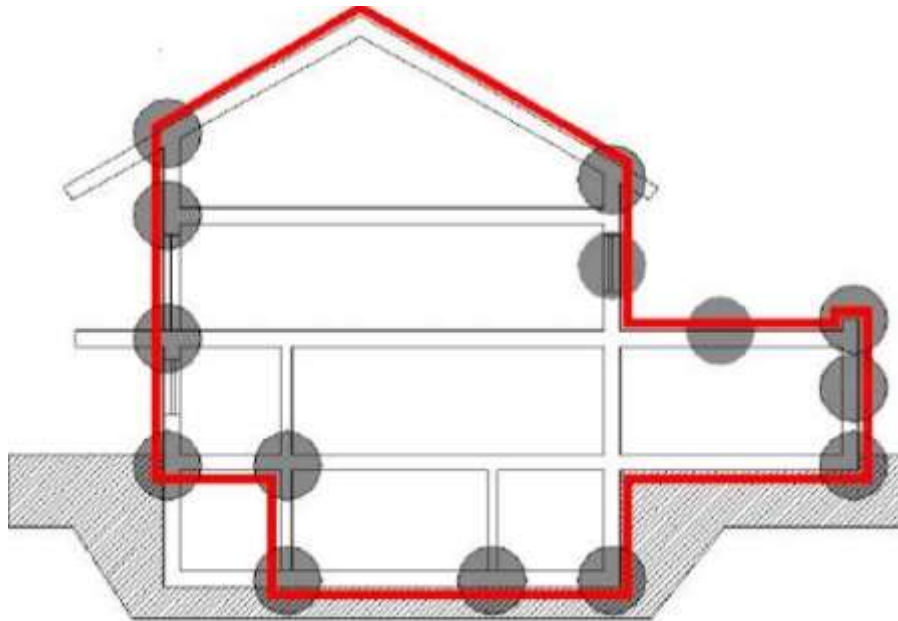


Figura 44: Localizzazione tipica dei ponti termici in un edificio

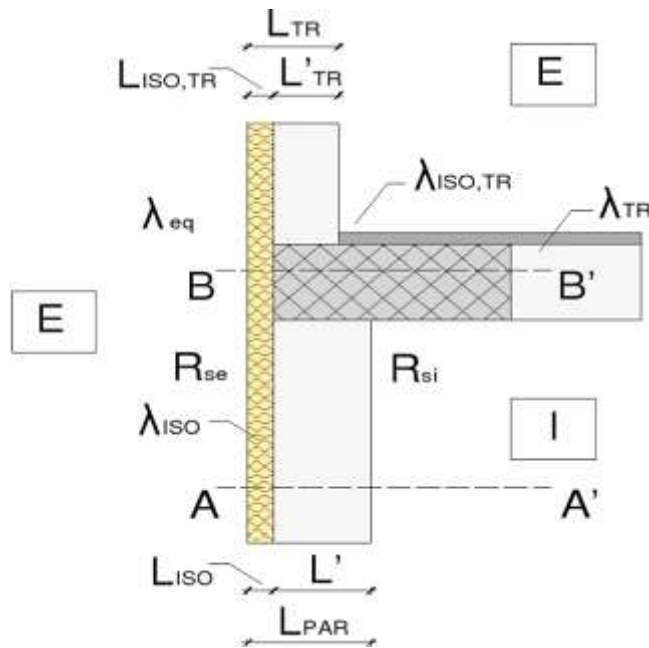


Figura 45: Esempio di impostazione del calcolo del ponte termico per travetti di solaio

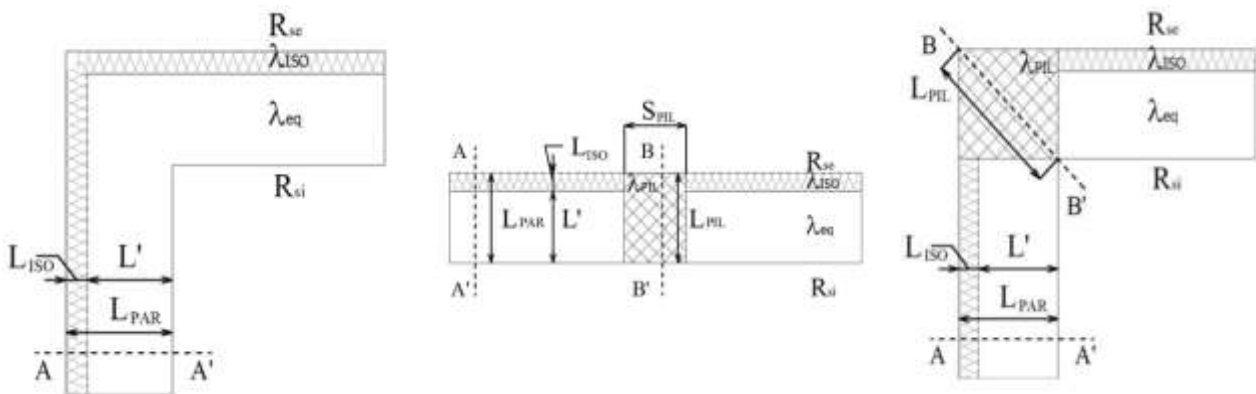


Figura 46: Esempi di calcolo dei ponti termici con ISO EN 10211



Affinché un metodo possa essere classificato come un metodo di elevata precisione, tridimensionale e in regime stazionario, deve fornire risultati corrispondenti a quelli dei casi di riferimento 1, 2 e 3, rappresentati rispettivamente nelle figure A.1, A.2 e A.3. Affinché un metodo possa essere classificato come un metodo di elevata precisione, bidimensionale e in regime stazionario, deve fornire risultati corrispondenti a quelli dei casi di riferimento 1 e 2, rappresentati rispettivamente nelle figure per le tipologie A.1 e A.2.

**Caso 1 (Caso A.1)**

È possibile calcolare analiticamente la trasmissione del calore nella metà di una colonna di sezione quadrata le cui temperature superficiali siano note, (vedere figura A.1). Nella medesima figura è riportata la soluzione analitica nei 28 giunti di una griglia regolare. La differenza tra le temperature calcolate con il metodo da validare e le temperature elencate non deve essere maggiore di 0,1 K.

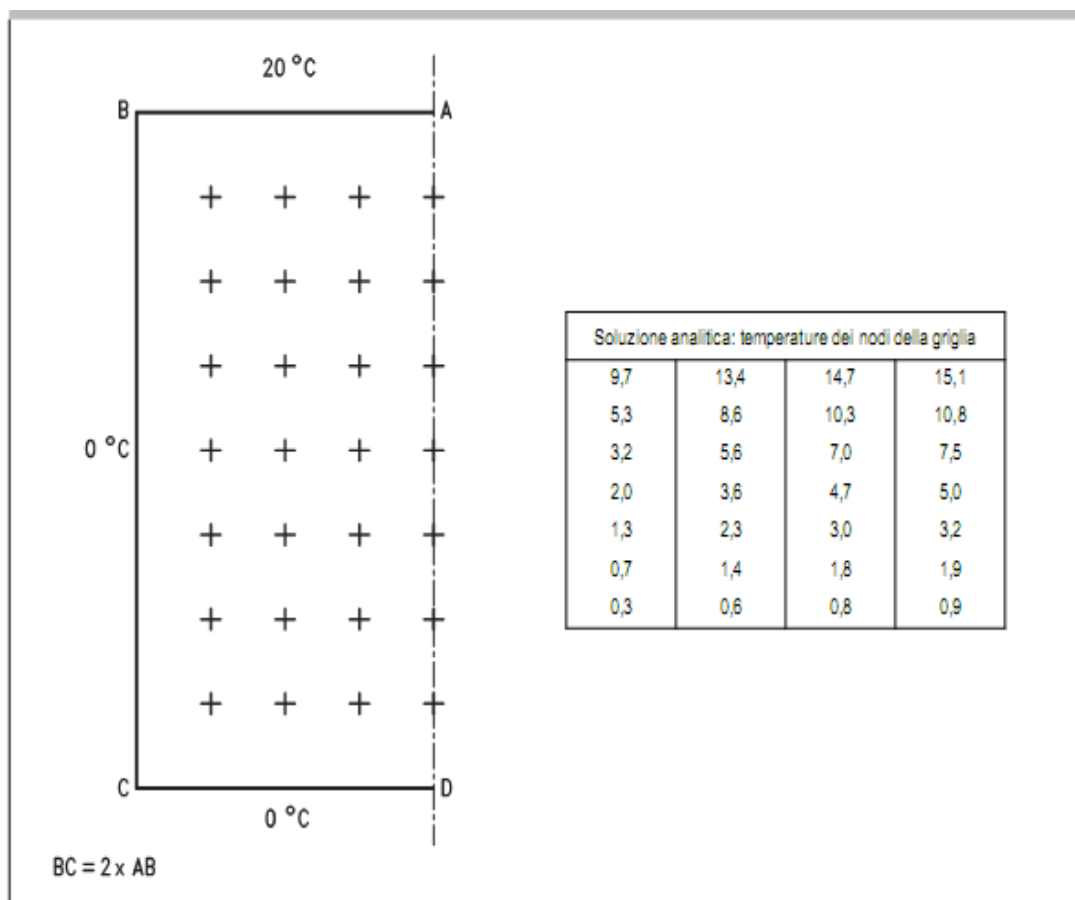


Figura 47: Caso A1 per la classificazione dei metodi di calcolo ad elevate prestazioni

**Caso 2 (Caso A.2)**

Nella figura seguente è riportato un esempio di trasmissione del calore bidimensionale A.2. Nella medesima figura sono state riportate le temperature in alcuni punti particolari ed il flusso termico attraverso l'intero corpo (con una lunghezza di 1 m nella direzione perpendicolare alla sezione).

La differenza tra le temperature calcolate con il metodo da validare e le temperature elencate, non deve essere maggiore di 0,1 K. La differenza tra il flusso termico calcolato con il metodo da validare ed il flusso termico elencato non deve essere maggiore di 0,1 W/m

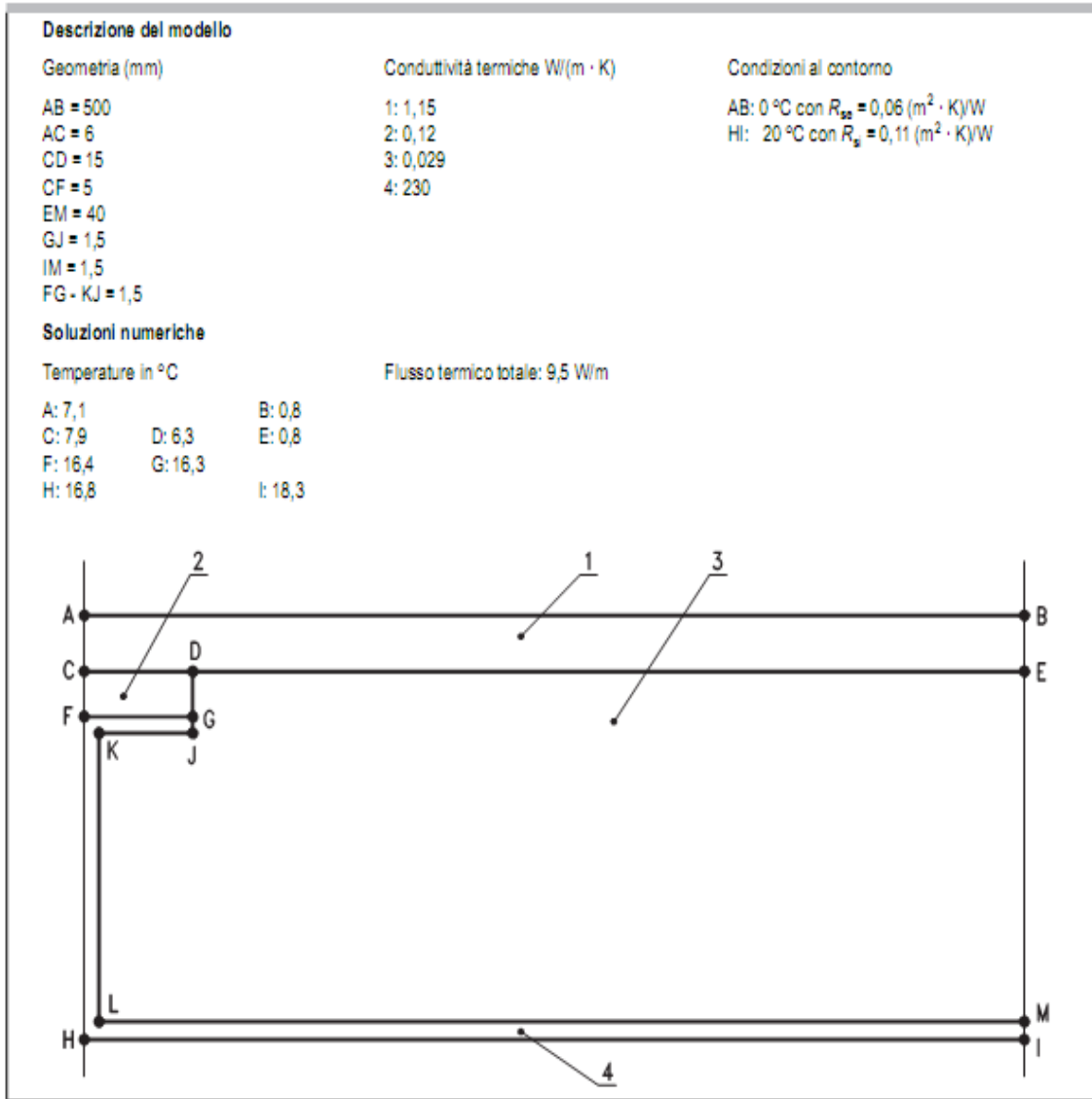


Figura 48: Caso A2 per il calcolo di riferimento

**5.2.8 EXTRA FLUSSO TERMICO PER RADIAZIONE INFRAROSSA VERSO LA VOLTA CELESTE**

Per il calcolo del flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste la nuova norma indica di calcolarlo in proporzione alla differenza di temperatura  $\Delta\theta_{er} = \theta_e - \theta_{sky}$  con:

$$\theta_{sky} = 18 - 51.5 e^{-\frac{p_{v,e}}{1000}}$$

ove  $p_{v,e}$  è la pressione parziale del mese considerato, Pa, e il coefficiente di scambio termico per irraggiamento, in  $W/(m^2K)$ , è dato dalla relazione:

$$h_r = \varepsilon\sigma_0 \frac{(\theta_e + 273)^4 - (\theta_{sky} + 273)^4}{\theta_e - \theta_{sky}}$$

con:

- $\varepsilon$  emissività della superficie esterna del componente (0.90 per materiali opachi e 0.837 per i vetri);
- $\sigma_0$  costante di Stefan Boltzmann pari a  $5.67 \cdot 10^{-8} W/(m^2K^4)$ .

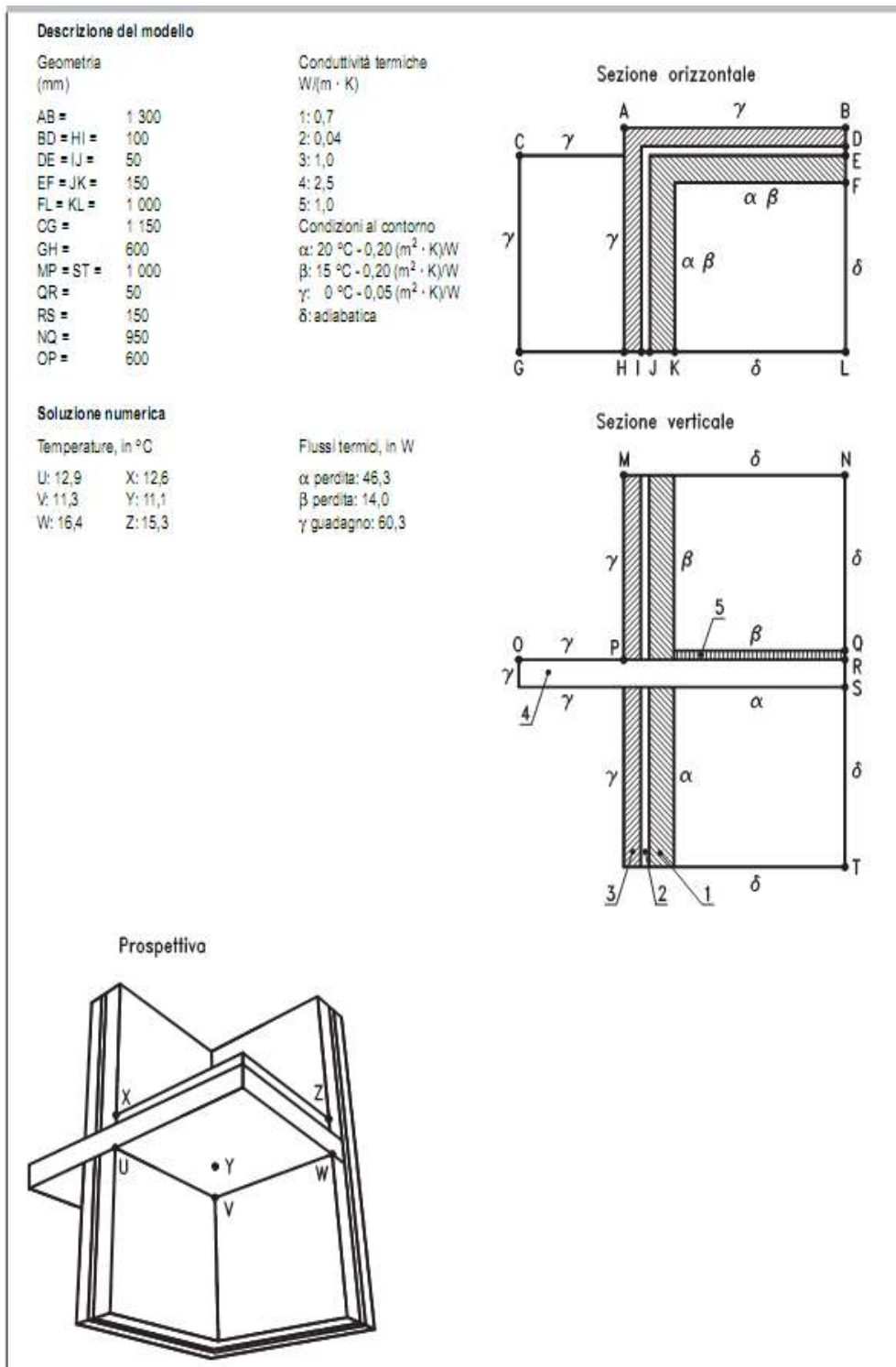


Figura 49: Caso A3 per il calcolo di riferimento

**5.2.9 ENERGIA TERMICA PER VENTILAZIONE**

La nuova norma fa riferimento alla UNI 10339 e distingue fra ventilazione naturale ( di fabbricato) e meccanica (di edificio).

La ventilazione media mensile è data dalla portata minima di progetto di aria esterna data dalla relazione:

$$q_{vw,O} = \left( \sum_k n_{per,k} \cdot q_{ve,o,p,k} + \sum_k A_{f,k} \cdot q_{ve,o,s,k} \right) \frac{0.8}{\varepsilon_{ve,c}} \cdot (C_1 + C_2)$$

ove:

$q_{ve,o,p,k}$  è la portata specifica di aria esterna per persona nella zona k.ma, m<sup>3</sup>/s;

$q_{ve,o,s,k}$  è la portata specifica di aria esterna per unità di superficie servita dalla ventilazione nella zona k.ma, m<sup>3</sup>/s;

$n_{per,k}$  numero di persone nella sub zona k.ma;

$n_{s,k}$  indice di affollamento convenzionale per unità di superficie della sub zona k.ma, m<sup>-2</sup>;

$A_{f,k}$  area della superficie della sub zona k.ma, m<sup>2</sup>;

$\varepsilon_{ve,c}$  efficienza convenzionale di ventilazione. In assenza di norme specifiche si assume pari a 0.8;

$C_1$  coefficiente correttivo per impianti misti, funzione del tipo di terminale ad acqua. In assenza di dati si assume pari ad 1;

$C_2$  coefficiente correttivo per altitudine.

Per edifici di categoria E1 e E8 la portata di aria minima di progetto può essere data da:

$$q_{ve,O} = n \cdot \frac{V}{3600}$$

con  $n$  tasso di scambio, h<sup>-1</sup>, e  $V$  il volume netto della zona termica considerata, m<sup>3</sup>, comprensivo di bagni, cucine, corridoi e locali di servizio.

Nelle appendici della UNI TS 11300/1 vi sono numerose tabelle per il calcolo della portata di ventilazione e dell'energia di ventilazione.

Nel caso di ventilazione meccanica la norma indica le modalità di calcolo in funzione delle ore settimanali di funzionamento.

#### 5.2.10 APPORTI TERMICI INTERNI

Si hanno varie formulazioni sugli apporti termici interni a seconda della categoria degli edifici. Si rimanda alla norma indicata.

Per gli edifici di categoria E1(1) ed E1(2) aventi superficie di pavimento  $A_f$  minore di 120 m<sup>2</sup> il valore globale degli apporti interni, in W, è dato dalla relazione:

$$\Phi_{int} = 7.987 A_f - 0.0353 A_f^2$$

Per superficie > 120 m<sup>2</sup> si assume il flusso interno pari a 450 W. Per altre categorie di edifici si hanno tabelle specifiche riportate in appendice della nuova norma.

#### 5.2.11 DURATA DELLE STAGIONI PER RISCALDAMENTO E PER RAFFRESCAMENTO

Il periodo nel quale è necessario l'apporto di un impianto di climatizzazione non è fisso ma è determinato per ogni zona termica in base al rapporto tra apporti gratuiti e dispersioni.

Ciascuna zona climatizzata dell'edificio sarà caratterizzata da un giorno di inizio ed un giorno di fine dei periodi di raffrescamento e riscaldamento.

Quest'ultimo può essere inferiore alla stagione convenzionale assegnata in funzione della zona climatica.



Figura 50: Calcolo dei periodi di riscaldamento e di condizionamento

### 5.3 APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300:2014 PARTE 2°

Questa norma calcola l'energia primaria necessaria per i servizi presenti nelle centrali termiche. Nell'edizione del 2014 di questa norma si richiedono conoscenze impiantistiche che nell'edizione del 2008 non erano richieste in modo così approfondito.

Si consiglia, pertanto, di studiare il Vol. 2° per gli impianti di riscaldamento ed il Vol. 4° per gli impianti di condizionamento per una migliore comprensione della norma.

Di seguito si vedranno schemi impiantistici per i quali sarebbe opportuno leggere prima i capitoli relativi agli impianti veri e propri.

Questa norma, come già detto in precedenza, determina le prestazioni energetiche degli edifici per il calcolo dei fabbisogni di energia per:

- *Riscaldamento e/o raffrescamento degli ambienti;*
- *Produzione di acqua calda sanitaria, ACS;*
- *Per ventilazione meccanica;*
- *Per la climatizzazione invernale (compreso il calore latente);*
- *Per la climatizzazione estiva (compreso calore latente);*
- *Per l'illuminazione degli ambienti interni ed esterni di pertinenza dell'edificio;*
- *Per il risparmio di energia derivanti dall'utilizzo di fonti rinnovabili, FER;*
- *I rendimenti e i fabbisogni di energia primaria per riscaldamento, raffrescamento e ACS.*

La nuova norma prevede la zonizzazione dell'edificio e le modalità di calcolo dell'energia primaria per ciascuna tipologia di servizio e per ciascuna zona.

Lo schema di riferimento è riportato nelle figure seguenti.

Allo stesso si hanno gli schemi impiantistici per riscaldamento, raffrescamento, ACS e ventilazione, come illustrato nelle figure seguenti a partire dalla Figura 67.

Nella norma sono indicate le procedure e le relazioni da utilizzare per il calcolo delle grandezze sopra indicate. Si rimanda al testo integrale della nuova norma per ogni approfondimento necessario.

La sezione di generazione comprende tutti i sottosistemi di trasformazione dell'energia contenuta nei diversi vettori termici in energia termica utile per le zone dell'edificio.

Le modalità e le quantità con cui ogni sistema di generazione contribuisce ai fabbisogni delle zone termiche dell'intero edificio dipendono dalla configurazione dell'intero sistema edificio – impianto per i vari servizi richiesti.

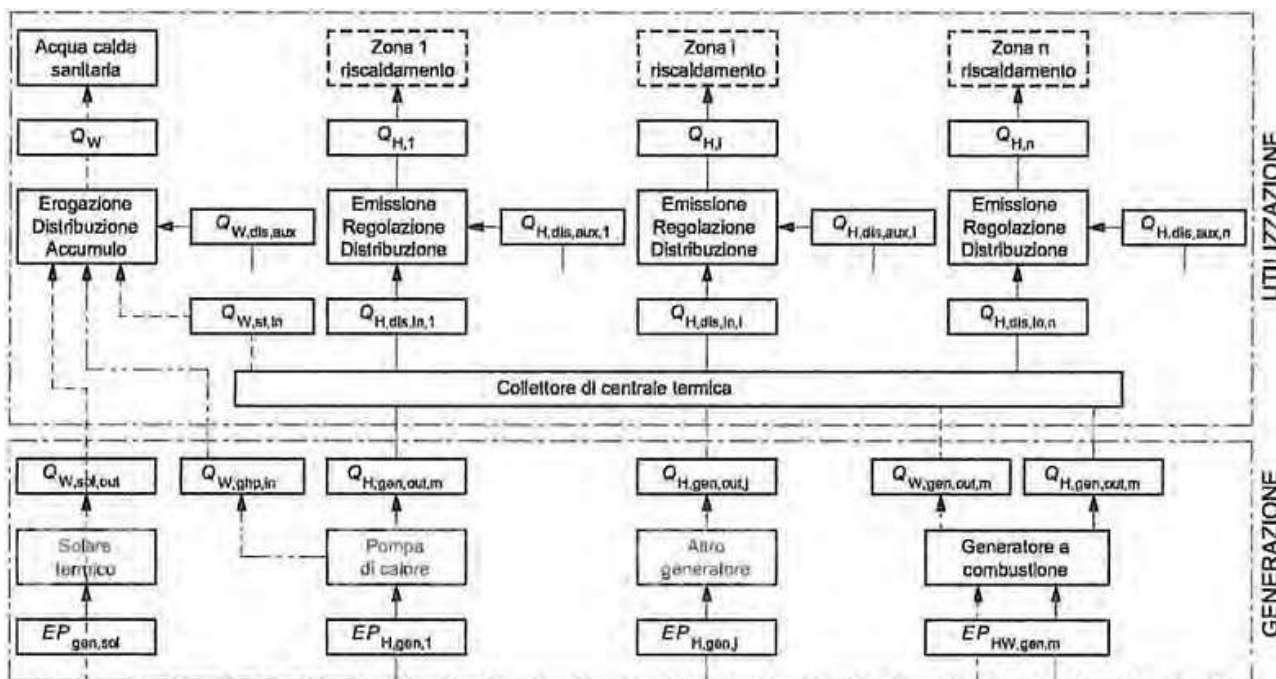


Figura 51: Esempio di suddivisione di un impianto di climatizzazione invernale e produzione di ACS

### 5.3.1 SOTTOSISTEMI DI UTILIZZAZIONE

#### Climatizzazione Invernale

Per la climatizzazione invernale si considerano i seguenti sottosistemi di utilizzazione:

- Emissione;
- Regolazione;
- Distribuzione di circuiti primari e secondari;
- Accumulo esterno ai componenti di impianto.

#### Produzione di Acqua Calda Sanitaria

- Erogazione;
- Distribuzione (compresa la rete di ricircolo se presente);
- Accumulo (esterno ai componenti di impianto);
- Distribuzione primaria (circuito generatore accumulo).

#### Ventilazione Meccanica Controllata

- Emissione;
- Distribuzione;
- Generazione (nel caso di ventilazione indipendente).

### 5.3.2 SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE

Si considerano i seguenti generatori:

- Generatori termici a combustibili fossili non rinnovabili;
- Generatori termici ad effetto Joule (caldaie elettriche installate in ambienti);
- Impianti solari termici;

- *Generatori alimentati a biomasse;*
- *Pompe di calore;*
- *Sistemi cogenerativi;*
- *Teleriscaldamento.*

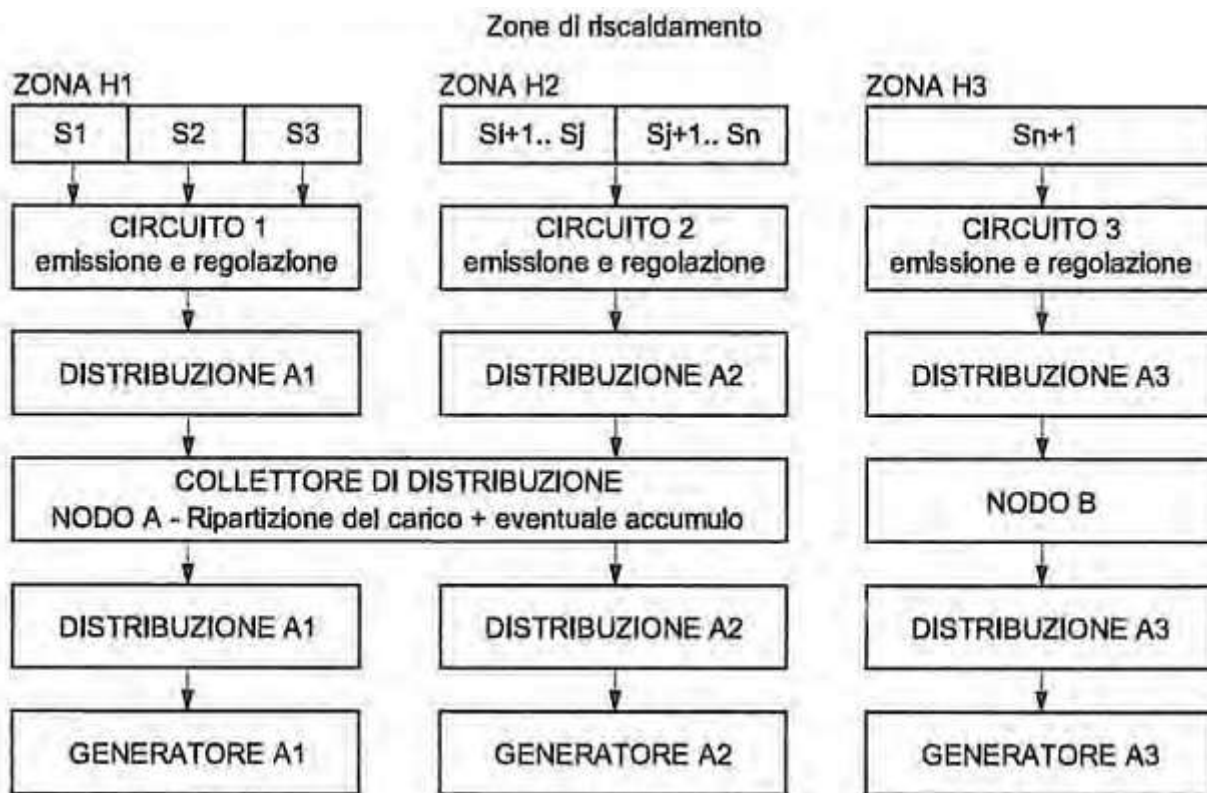


Figura 52: Suddivisione di un sistema di riscaldamento



Figura 53: Suddivisione di sistema di ACS



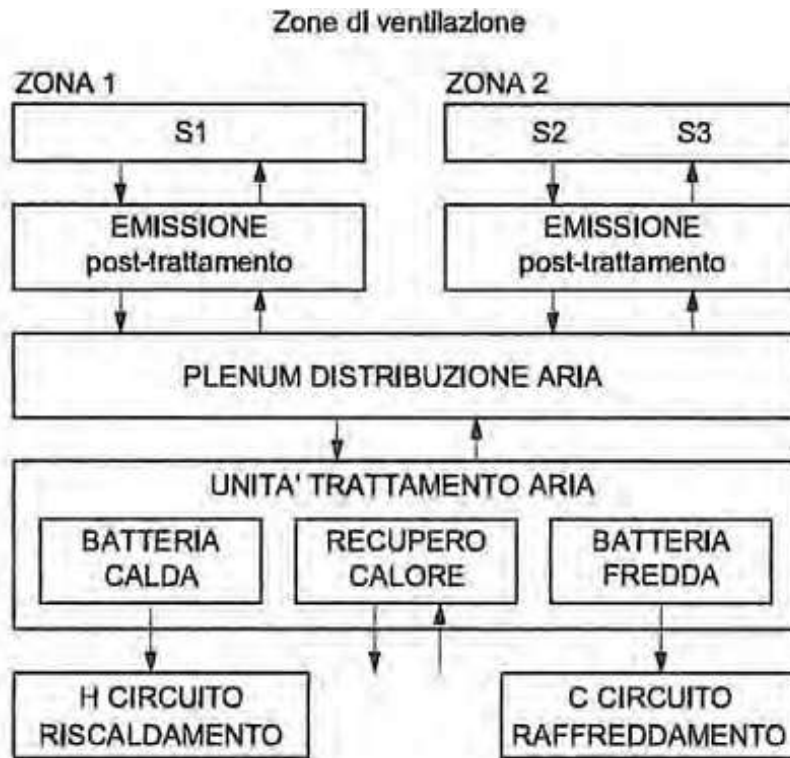


Figura 54: Suddivisione di un sistema di ventilazione

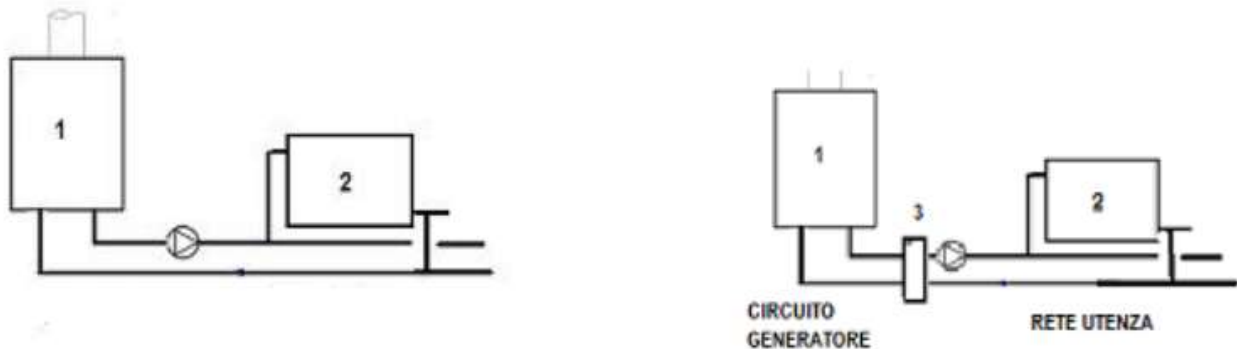


Figura 55: Esempi di reti di utenza e circuito di generazione

Il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento,  $Q_{p,H}$  è dato da:

$$Q_{p,H} + Q_r = Q_{H,nd} + Q_t$$

con:

- $Q_{p,H}$  Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento dell'edificio.
- $Q_r$  Calore recuperato dai sistemi ausiliari, dai sistemi di riscaldamento e dall'ambiente;
- $Q_{H,nd}$  Fabbisogno di energia netta o utile per il riscaldamento dell'edificio;
- $Q_t$  Totale delle dispersioni termiche dovute al sistema di riscaldamento.

Il fabbisogno di energia termica netta o utile dello spazio riscaldato, per ciascun periodo di calcolo, è ottenuto come sappiamo dalla:

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

con:

- $Q_{H,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia dell'edificio per riscaldamento;

- $Q_{H,ht}$  è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento;
- $Q_{H,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;
- $Q_{H,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;
- $Q_{gn}$  sono gli apporti termici totali gratuiti;
- $Q_{int}$  sono gli apporti termici interni gratuiti;
- $Q_{sol,w}$  sono gli apporti termici solari gratuiti attraverso i componenti finestrati;
- $\eta_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti termici gratuiti totali.

Lo scambio termico totale  $Q_{H,ht}$ , è dato da:

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

dove

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

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} x (\theta_{int,set,H} - \theta_e) xt$$

dove

- $H_{tr,adj}$  è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;
- $H_{ve,adj}$  è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;
- $\theta_{int,set,H}$  è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;
- $\theta_e$  è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;
- $F_{r,k}$  è il fattore di forma tra il componente edilizio  $k$ -esimo dell'ambiente climatizzato e la volta celeste;
- $F_{r,l}$  è il fattore di forma tra il componente edilizio  $l$ -esimo dell'ambiente non climatizzato e la volta celeste;
- $\Phi_{r,mn,k}$  è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio  $k$ -esimo, dell'ambiente climatizzato, mediato sul tempo, espresso in W.
- $\Phi_{r,mn,u,l}$  è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio  $l$ -esimo dell'ambiente non climatizzato, mediato sul tempo, in W.
- $b_{tr,l}$  è il fattore di riduzione delle dispersioni per l'ambiente non climatizzato avente il componente  $l$ -esimo soggetto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste;
- $t$  è la durata del mese considerato espressa in Ms.
- $Q_{sol,op}$  Sono gli apporti termici solari incidenti sui componenti opachi.

### 5.3.3 DETERMINAZIONE DELLO SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE $Q_{H,TR}$

Lo scambio termico per trasmissione  $Q_{H,tr}$ , è pari a:

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

### 5.3.4 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE $H_{TR,ADJ}$

Il valore del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione  $H_{tr,adj}$  è pari a:

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

dove:

- $H_D$  è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno;
- $H_g$  è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno;
- $H_U$  è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati;
- $H_A$  è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso edifici adiacenti.

### 5.3.5 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCAMBIO TERMICO DIRETTO PER TRASMISSIONE VERSO L'AMBIENTE ESTERNO $H_D$ (W/K)

Il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno  $H_D$  (W/°K), è pari a:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j$$

dove:

$\sum_i A_i U_i$  è la sommatoria delle dispersioni termiche attraverso l'involucro edilizio che si determina dalla somma delle dispersioni termiche attraverso i componenti opachi, determinati secondo la UNI 6946:2008, e delle dispersioni termiche attraverso i componenti finestrati, determinati secondo la UNI 10077-1.

$\sum_k l_k \psi_k$  è la sommatoria delle dispersioni termiche attraverso i ponti termici lineari (determinati secondo la UNI 10211

$\sum_j \chi_j$  è la sommatoria delle dispersioni termiche attraverso i ponti termici puntuali determinati secondo la UNI 10211-1)

con:

- $A_i$  Area dell'elemento disperdente, ( $m^2$ )
- $U_i$  Trasmittanza termica dell'elemento disperdente, ( $W/m^2K$ )
- $l_k$  Lunghezza del ponte termico, (m)
- $\psi_k$  Trasmittanza termica lineare del ponte termico (UNI 14683), ( $W/mK$ )
- $\chi_j$  Trasmittanza termica puntuale del ponte termico, ( $KJ/m^2K$ )

### 5.3.6 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCAMBIO TERMICO STAZIONARIO PER TRASMISSIONE VERSO IL TERRENO $H_g$ .

Il valore del coefficiente di perdita di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno  $H_g$ , è dato da:

$$H_g = AU + P\psi_g$$

dove:

- $H_g$  coefficiente di scambio termico diretto in regime stazionario (W/K)
- $A$  area del pavimento (m<sup>2</sup>)
- $P$  perimetro esposto del pavimento (m)
- $U$  trasmittanza termica tra ambiente interno ed esterno W/(m<sup>2</sup> • K)
- $\Psi_g$  trasmittanza termica lineica associata al giunto muro/pavimento W/(m • K)

### 5.3.7 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE ATTRAVERSO GLI AMBIENTI NON CLIMATIZZATI HU.

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, HU tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso gli ambienti non climatizzati, è dato da:

$$H_U = H_{iu} * b_{tr,U}$$

dove

$b_{tr,U}$  è il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato ed ambiente non climatizzato, diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia diversa da quella dell'ambiente esterno espresso da:

$$b_{tr,U} = \frac{H_{ue}}{H_{ie} + H_{ue}}$$

con:

- $H_{ie}$  è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato calcolato secondo la norma UNI EN ISO 13789;
- $H_{ue}$  è il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno calcolato secondo la norma UNI EN ISO 13789.

### 5.3.8 DETERMINAZIONE DELL'EXTRA FLUSSO TERMICO PER RADIAZIONE INFRAROSSA VERSO LA VOLTA CELESTE

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} x (\theta_{int,set,H} - \theta_e) xt + \left\{ \sum_k F_{r,k} x \phi_{r,mn,k} \right\} xt + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) F_{r,l} x \phi_{r,mnu,l} \right\} xt - Q_{sol,op}$$

### 5.3.9 DETERMINAZIONE DELL'EXTRA FLUSSO TERMICO PER RADIAZIONE INFRAROSSA VERSO LA VOLTA CELESTE DEI COMPONENTI DEGLI AMBIENTI CLIMATIZZATI VERSO L'ESTERNO

$$\sum_k F_{r,k} \phi_{r,mn,k}$$

Il calcolo dell'extraflusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste è effettuato secondo quanto riportato nel paragrafo 11.4 della norma UNI TS 11300 Parte 1:2014.

$$\phi_{r,mn,k} = U \cdot A \cdot R_{se} (F_f \cdot h_r \cdot \Delta\theta_e)$$

- $F_r$  fattore di forma tra la parete e la volta celeste (1 per un tetto orizzontale non ombreggiato, 0,5 per una parete verticale non ombreggiata);
- $h_r$  coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento ( $h_r$  viene assunto pari a  $5 \cdot \epsilon$  [W/(m<sup>2</sup>•K)]);

$\epsilon$  emissività per la radiazione termica della superficie esterna che di solito si assume pari a 0,9 per materiali da costruzione (componente opaco) e 0,837 per i vetri senza deposito superficiale ;

$\Delta\vartheta_{er}$  scarto medio tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo;

Adottando le seguenti ipotesi:

— si assume che la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo  $\Delta\vartheta_{er} = \vartheta_e - \vartheta_{sky}$

$$\theta_{sky} = 18 - 51,6 x e^{\frac{-P_{ve}}{1000}}$$

dove:

$P_{ve}$  è la pressione parziale del vapor d'acqua media del mese considerato espressa in pascal.  
 il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento espresso in W/m<sup>2</sup>K è determinato con l'equazione

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

dove

$\epsilon$  è l'emissività per la radiazione termica della superficie esterna che si assume pari a 0,9 per materiali da costruzione (componente opaco) e 0,837 per i vetri senza deposito superficiale

$\sigma$  è la costante di Stefan Boltzmann = 5,67\*10<sup>-8</sup> W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>

$\theta_{sky}$  è la temperatura della equivalente di corpo nero della volta celeste espressa in °C.

il fattore di forma tra un componente edilizio e la volta celeste vale:

$$F_r = F_{sh,ob,d} \left( \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right)$$

$\Sigma$  è l'angolo di inclinazione del componente sull'orizzonte espresso in gradi;

quindi :

$$F_r = F_{sh,ob,d} \quad \text{per un componente orizzontale}$$

$$F_r = F_{sh,ob,d} * 0.5 \quad \text{per un componente verticale}$$

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

L'apporto solare delle pareti esterne opache si determina con la seguente equazione:

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

Nel nostro caso in assenza di serre solari l'espressione diventa

$$Q_{sol,op} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,op,mn,k} \right\} xt + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) x \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} xt$$

La sommatoria del primo termine si riferisce agli ambienti climatizzati considerati e la seconda agli ambienti non climatizzati adiacenti alla zona termica presa in considerazione.

In generale  $\Phi_{sol,op,mn,k}$  è calcolato con la seguente equazione:

$$\Phi_{sol,op,mn,k} = F_{sh,ob,k} x A_{sol,op,k} x I_{sol,k}$$

dove

$F_{sh,ob,k}$  è il fattore di riduzione per ombreggiatura sulla superficie  $k$ -esima relativo ad elementi esterni permanenti non direttamente adiacenti alla superficie vetrata definito dalla norma UNI TS 11300 Parte 1 paragrafo 14.4

$A_{sol,k}$  è l'area di captazione effettiva della superficie  $k$ -esima con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale, nella zona ed ambienti considerati;

$I_{sol,k}$  è l'irradianza solare media mensile, sulla superficie  $k$ -esima, con dato orientamento ed angolo di inclinazione su piano orizzontale ( $W/m^2$ );

### 5.3.10 FATTORE DI UTILIZZAZIONE DEGLI APPORTI TERMICI GRATUITI $\eta_{H,gn}$

Per determinare il fattore di utilizzazione degli apporti termici gratuiti  $\eta_{H,gn}$  bisogna prima determinare il rapporto apporti/dispersioni, la costante di tempo e la capacità termica interna dell'edificio C. Il rapporto apporti/dispersioni,  $\gamma_H$ , è definito come:

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

Il fattore di utilizzazione è calcolato con la seguente equazione:

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

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

dove è un parametro numerico che dipende dalla costante di tempo, definita dall'equazione:

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

I valori di  $a_{H,0}$  e  $\tau_{H,0}$  sono forniti dalla norma UNI TS 11300 Parte 1 paragrafo 15.1.1.

La costante di tempo dell'edificio,  $\tau_H$ , caratterizza l'inerzia termica interna dell'ambiente riscaldato. Essa si calcola come:

$$\tau_H = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$

dove:

$C_m$  è la capacità termica interna dell'edificio, calcolata come riportato successivamente;

$H_{tr,adj}$  è il coefficiente di scambio termico per trasmissione dell'edificio, calcolato come riportato in precedenza.

$H_{ve,adj}$  è il coefficiente di scambio termico per ventilazione dell'edificio, calcolato come riportato in precedenza.

I valori convenzionali della costante di tempo devono essere specificati a livello nazionale.

La capacità termica interna dell'edificio,  $C$ , è calcolata sommando le capacità termiche di tutti gli elementi edilizi in contatto termico diretto con l'aria interna della zona in esame:

$$C_m = \sum \chi_j \cdot A_j$$

dove:

$\chi_j$  capacità termica areica dell'elemento  $j$  dell'edificio, calcolato in base alla EN ISO 13786:2008, usando l'intervallo di tempo appropriato o lo spessore massimo:

$$\chi = \sum \rho \cdot c \cdot d$$

$A_j$  superficie dell'elemento

Sostituendo si avrà:

$$C_m = \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij} \cdot A_{ij}$$

dove:

$\rho_{ij}$  densità del materiale dello strato  $i$  dell'elemento  $j$ ;

$c_{ij}$  calore specifico del materiale dello strato  $i$  dell'elemento  $j$ ;

$d_{ij}$  spessore dello strato  $i$  dell'elemento  $j$ ;

$A_{ij}$  superficie dell'elemento  $j$  situato nel volume considerato.

La sommatoria è riferita a tutti gli strati di ciascun elemento, partendo dalla superficie interna e fermandosi al primo dei tre punti seguenti:

il primo strato isolante;

lo spessore massimo indicato nel prospetto 1;

il centro dell'elemento edilizio.

Applicazione	Spessore massimo cm
Determinazione del fattore di utilizzazione	10
Effetto dell'intermittenza	3

Tabella 31: Prospetto 1 – Spessore massimo da considerare per il calcolo della capacità termica interna

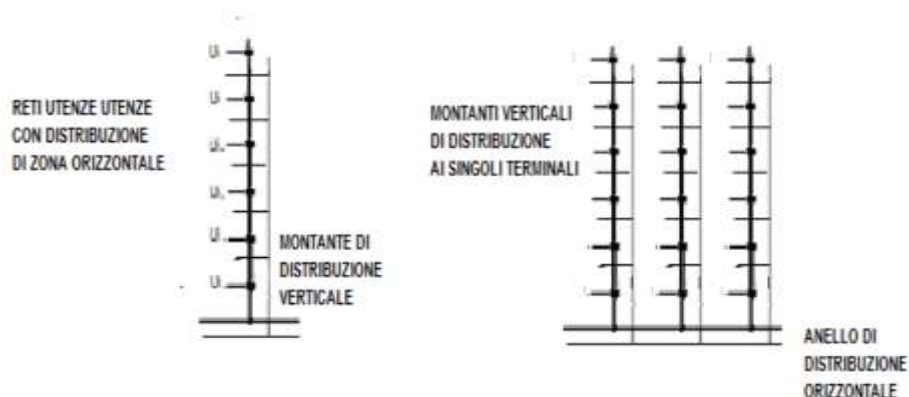


Figura 56: Reti di utenze e circuito di distribuzione in impianto di riscaldamento



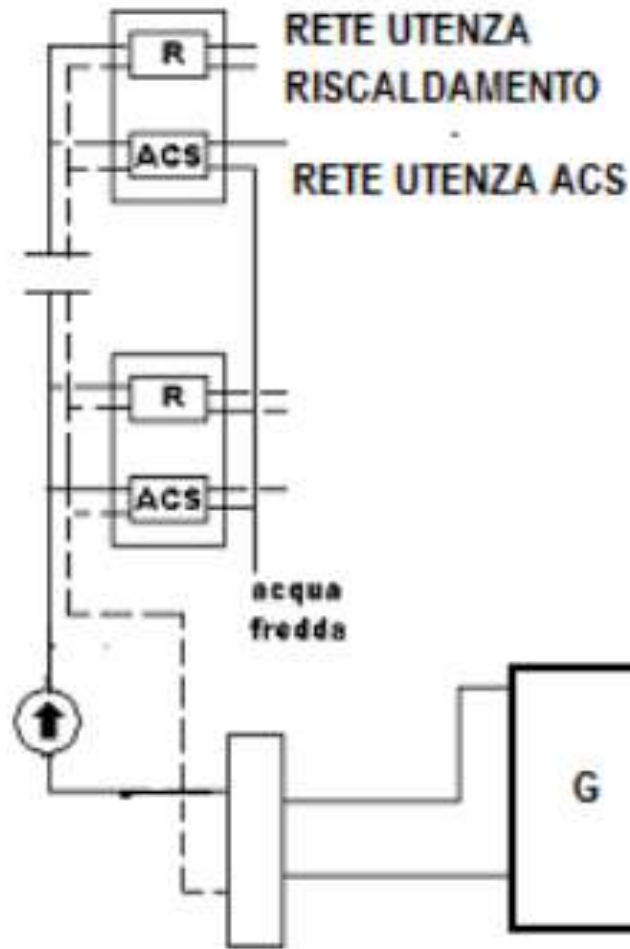


Figura 57: Impianto con satelliti di utenza (riscaldamento ed ACS)

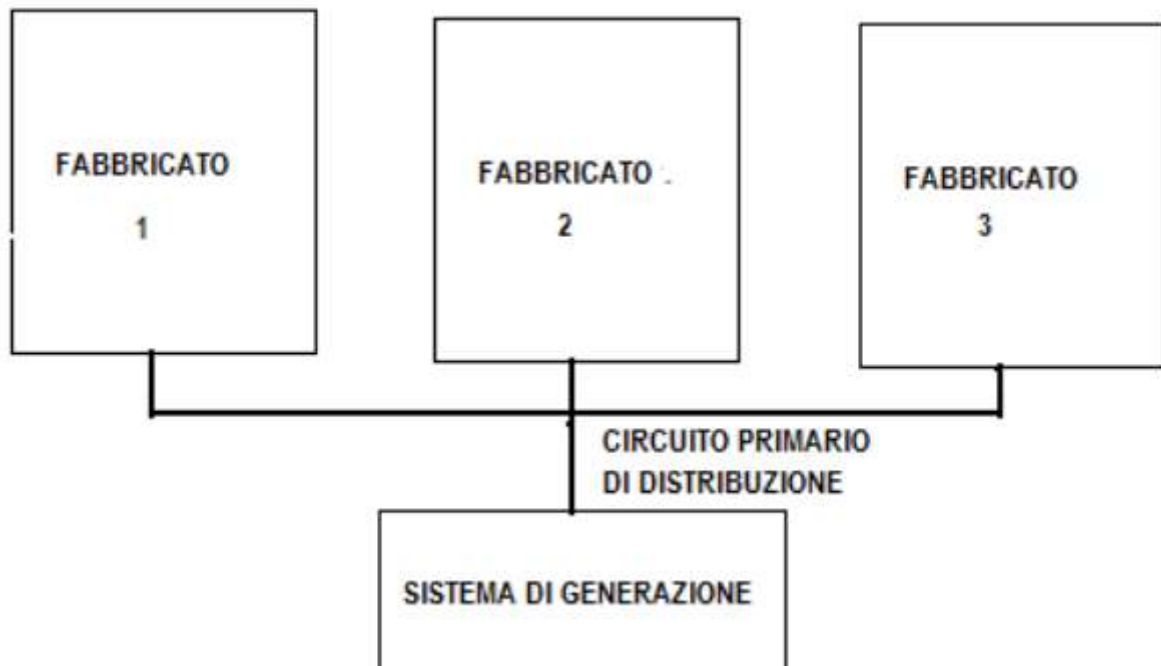


Figura 58: Sistema di generazione che alimenta più fabbricati

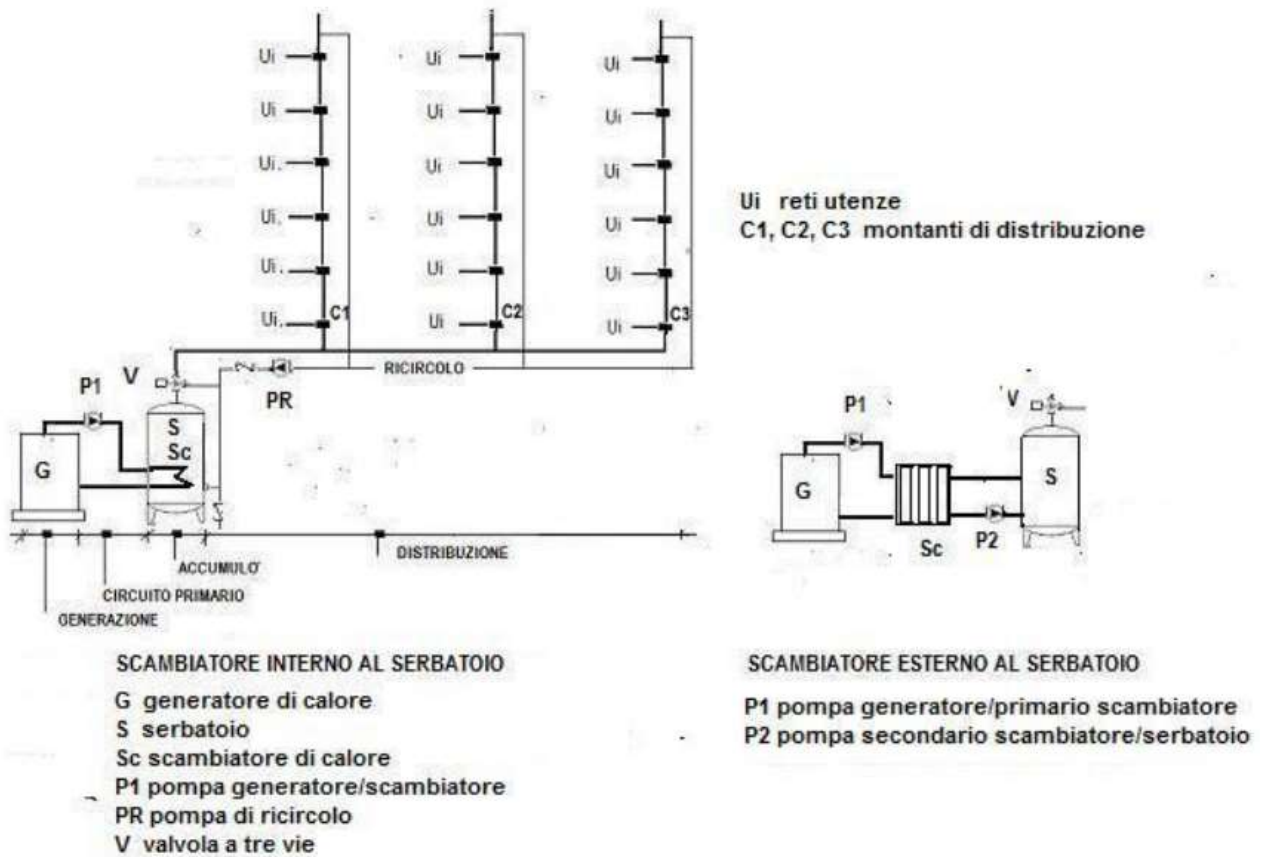


Figura 59: Schema di distribuzione in impianto per ACS

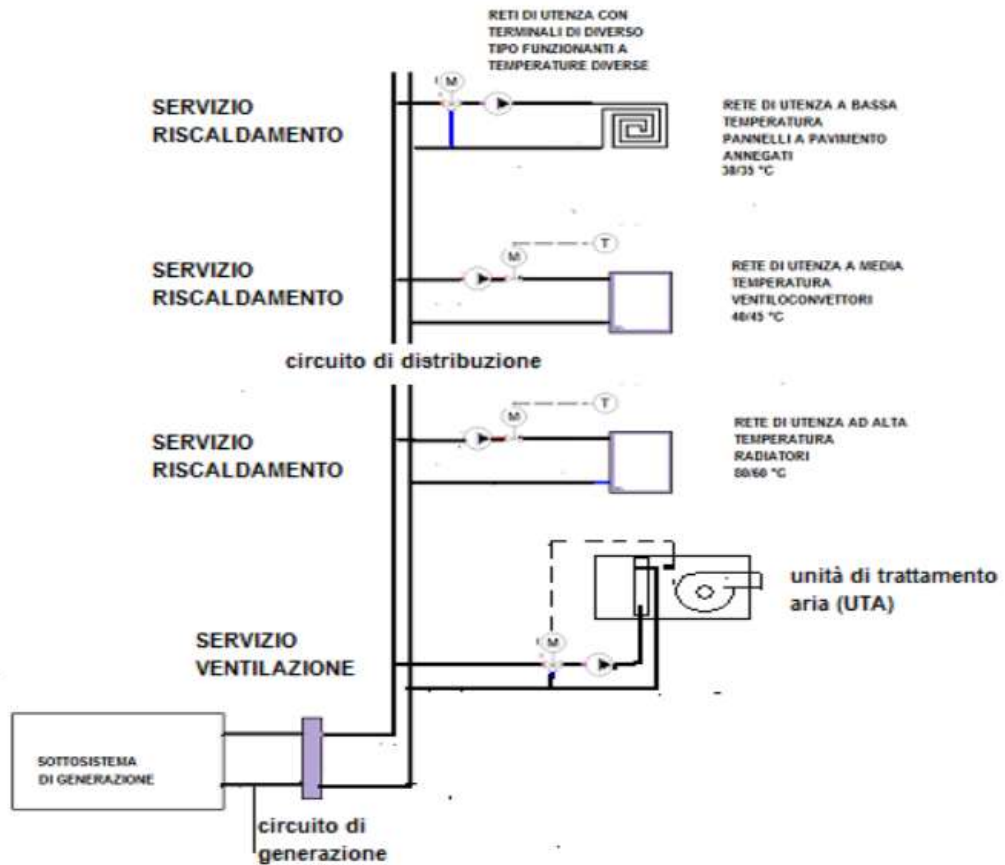


Figura 60: Esempio di impianto termico con reti di utenza a differente temperatura

### 5.3.11 DETERMINAZIONE DELL'ENERGIA PRIMARIA

Si calcolano le seguenti grandezze, per singolo mese:

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

Per l'anno:

$$Q_{H,nd,an} = \sum_j Q_{H,nd,j}$$

Il fabbisogno di energia primaria richiesto dal sistema di riscaldamento dell'edificio, energia assorbita dall'impianto di riscaldamento, in un determinato periodo di tempo,  $Q_{p,H}$ , si determina con la seguente equazione:

$$Q_{p,H} = (Q_{H,nd} - Q_r) + Q_{l,t}$$

dove:

$Q_r$  è il calore recuperato dai sistemi ausiliari, dai sistemi di riscaldamento e dall'ambiente. E' il calore recuperato dalle apparecchiature ausiliarie, dall'impianto di riscaldamento e di produzione dell'acqua calda e dall'ambiente, incluse le fonti energetiche rinnovabili, quando non è già considerato come riduzione delle dispersioni;

$Q_{H,nd}$  è il fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento degli spazi, calcolato con la equazione (78);

$Q_{l,t}$  è il totale delle dispersioni termiche dovute al sistema di riscaldamento. E' il totale delle perdite di calore dell'impianto di riscaldamento, incluse le dispersioni termiche recuperate. Questo termine comprende anche la dispersione termica addizionali dell'edificio dovuta alla distribuzione non uniforme della temperatura negli ambienti ed alla regolazione non ideale della temperatura ambiente, se essa non è già stata presa in considerazione attraverso il valore della temperatura di regolazione.

Le dispersioni termiche totali dovute al sistema di riscaldamento,  $Q_{l,t}$ , si determinano con la seguente equazione, in Wh:

$$Q_{l,t} = Q_{l,e} + Q_{l,c} + Q_{l,d} + Q_{l,p}$$

dove:

$Q_{l,e}$  sono le perdite di emissione: sono le dispersioni termiche ag giuntive dovute ad una non uniforme distribuzione della temperatura. Queste perdite comprendono, per esempio, le perdite addizionali attraverso pareti esterne per irraggiamento e convezione tra il radiatore e la superficie dietro il radiatore;

$Q_{l,rg}$  sono le perdite di regolazione: sono le dispersioni termiche addizionali dovute ad un controllo non ideale del sistema di regolazione e ad una temperatura dell'ambiente non ideale. Queste perdite dipendono dalle caratteristiche del sistema di controllo (accuratezza dei sensori, costante di tempo, scala di proporzionalità, ecc.) e dalle caratteristiche dinamiche del sistema di riscaldamento

$Q_{l,d}$  sono le perdite di distribuzione: sono le dispersioni termiche dovute al sistema di distribuzione del calore, che non contribuisce al fabbisogno per il riscaldamento. Queste

perdite dipendono dallo schema del circuito di distribuzione del vettore termico, dal suo posizionamento, dal suo isolamento termico e dalla temperatura del vettore termico;

$Q_{l,gn}$  sono le perdite di generazione : rappresentano le dispersioni termiche del generatore sia quando è in funzione sia quando è spento e la dispersione termica aggiuntiva dovuta ad un controllo non ideale del generatore di calore, che dipende dalle caratteristiche intrinseche del sistema di controllo e dalle caratteristiche dinamiche del sistema di riscaldamento.

Riepilogando si ha il seguente flusso di calcolo per il **riscaldamento**:

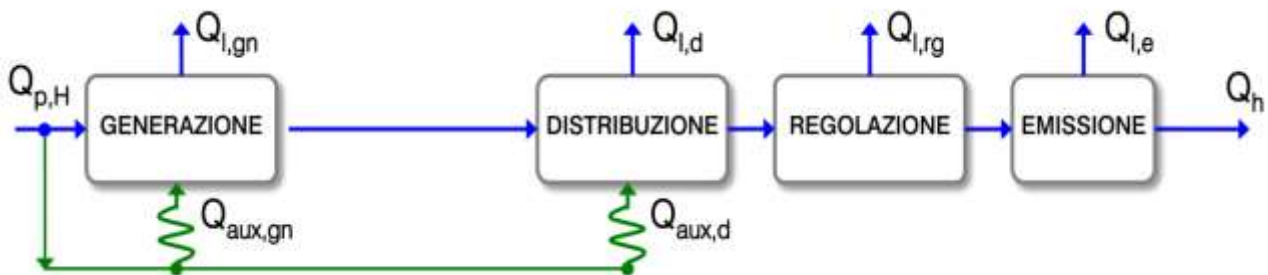


Figura 61: Calcolo dei fabbisogni di energia primaria per riscaldamento

Per la produzione di acqua calda sanitaria, ACS:

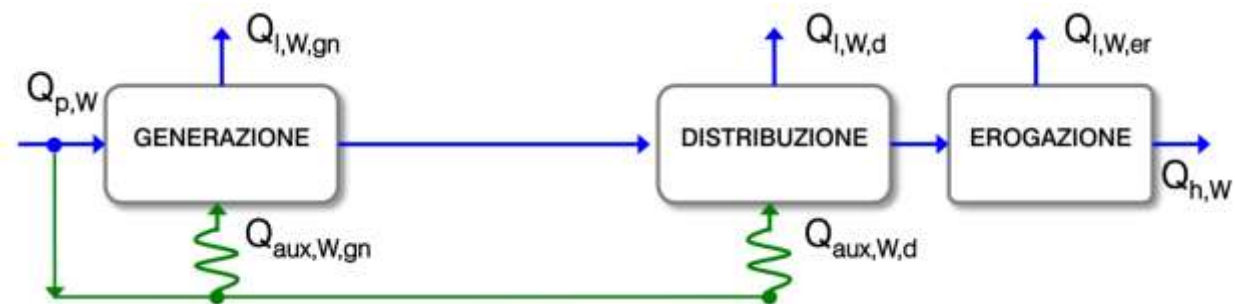


Figura 62: Calcolo dei fabbisogni di energia primaria per ACS

### 5.3.12 FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA UTILE

Ai fini della UNI TS 11300 Parte 2 si considera il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento e ventilazione dell'edificio  $Q_{H,nd}$ . Tale fabbisogno è utilizzato per i calcoli del fabbisogno di energia primaria. I fabbisogni di energia termica utile sono calcolati al netto di eventuali apporti quali:

- *apporti da perdite recuperabili delle quali si deve tenere conto secondo quanto specificato nel seguito*
- *contributi da energie rinnovabili o da altri metodi di generazione*

### 5.3.13 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA UTILE PER RISCALDAMENTO DELL'EDIFICIO

Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento dell'edificio è articolato in:

- *Fabbisogno ideale;*
- *Fabbisogno ideale netto ottenuto sottraendo al fabbisogno ideale le perdite recuperate;*
- *Fabbisogno effettivo è il fabbisogno che tiene conto delle perdite di emissione e di regolazione, ossia dell'energia termica che il sottosistema di distribuzione deve immettere negli ambienti.*

### Fabbisogno ideale per riscaldamento

Il fabbisogno ideale di energia termica utile dell'involucro edilizio,  $Q_{H,nd}$  è il dato fondamentale di ingresso per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria. Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato. Esso è riferito, inoltre, a funzionamento continuo, cioè al mantenimento di una temperatura interna dell'edificio costante nel tempo. Il fabbisogno ideale di energia termica utile dell'edificio è stato calcolato in precedenza con i metodi forniti dalla norma UNI EN ISO 13790:2008 e dalla norma UNI TS 11300 Parte 1.

### Fabbisogno ideale netto per riscaldamento

Dal fabbisogno si devono dedurre eventuali perdite recuperate  $Q_{W,lrh}$  dal sistema di acqua calda sanitaria. Si ha quindi il fabbisogno ideale netto  $Q'_H$

$$Q'_H = Q_{H,nd} - Q_{lrh,W}$$

dove:

$Q_{lrh,W}$  sono le perdite recuperate dal sistema di produzione acqua calda; il termine è

determinato da:

$$Q_{lrh,W} = Q_{lrh,W,d} + Q_{lrh,W,s}$$

dove

$Q_{lrh,W,d}$

*sono le perdite recuperate dal sottosistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria calcolata come somma delle perdite recuperate dalla distribuzione finale delle utenze, dalla rete di ricircolo e circuito primario;*

$Q_{lrh,W,s}$

*sono le perdite recuperate dal serbatoio di accumulo esterno nell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria.*

### Fabbisogno effettivo per riscaldamento

Il calcolo, come sin qui descritto, non tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nell'edificio, quali la distribuzione di temperatura non uniforme nello spazio riscaldato, le imperfezioni della regolazione per ritardi od anticipi nella erogazione del calore, il mancato utilizzo di apporti gratuiti.

In definitiva l'energia termica utile effettiva  $Q_{H,,r,i}$  che deve essere fornita dal sottosistema di distribuzione all'i-esima zona termica è:

$$Q_{H,,r,i} = Q'_{H,i} + Q_{l,e,i} + Q_{l,rg,i}$$

dove:

$Q'_{H,i}$  è il fabbisogno ideale netto

$Q_{l,e,i}$  sono le perdite totali del sottosistema di emissione calcolate come vedremo nel seguito

$Q_{l,rg,i}$  sono le perdite totali del sottosistema di regolazione calcolate come vedremo nel seguito.

Lo schema di calcolo è riassunto nella seguente figura.

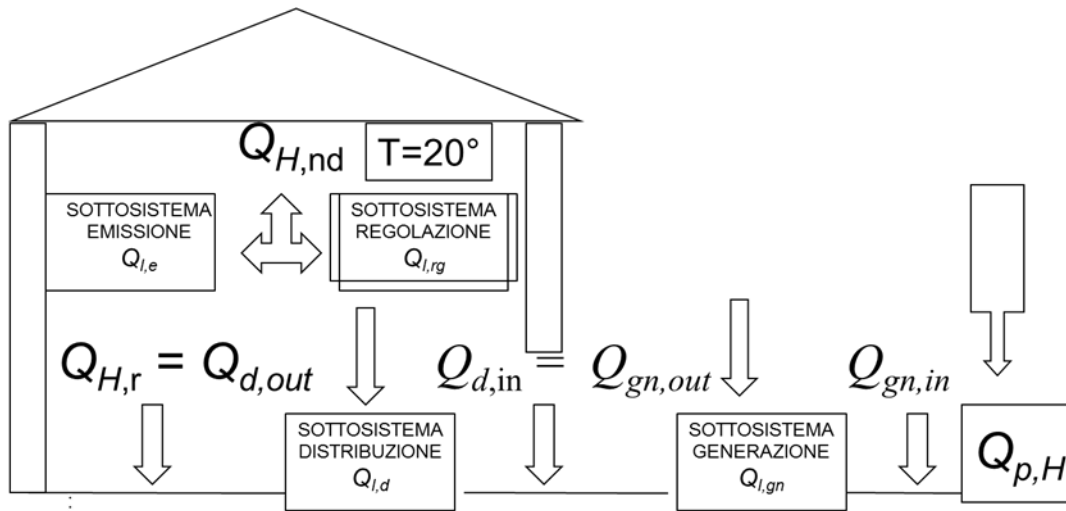


Figura 63: Schema di calcolo dell'energia primaria

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

a) Il carico termico medio annuo espresso in W/m<sup>3</sup> è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI/TS 11300-1, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

1) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata ( $U > 0,8$  W/m<sup>2</sup> K) si riduce il rendimento di 0,04.

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

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

Tabella 32: Rendimenti di emissione per locali fino a 4 m

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

\*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente.  
Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.  
In presenza di parete esterna non isolata ( $U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ) si riduce il rendimento di 0,04.

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

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

Tabella 33: Rendimenti di emissione per locali oltre i 4 m



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

Tabella 34: Rendimenti di Regolazione

### 5.3.14 FABBISOGNI DI ENERGIA PER ILLUMINAZIONE

Le nuove UNI TS 11300:2014 prevedono anche il servizio di illuminazione. Questo servizio è anche previsto dalle nuove norme attuative della L. 90/13.

Il fabbisogno complessivo di energia elettrica per illuminazione è dato da:

$$E_L = E_{L,int} - E_{L,est}$$

Ove:

$E_{L,int}$  fabbisogno di energia per illuminazione interna (kWh);

$E_{L,est}$  fabbisogno di energia per illuminazione esterna (kWh).

E' previsto che si abbiano 6 kWh/(m<sup>2</sup>.anno) e pertanto:

$$E_{L,int,p} = 6S_u$$

Ove:

$S_u$  superficie utile del pavimento dell'ambiente (m<sup>2</sup>).

### 5.3.15 CALCOLO DEI RENDIMENTI DEI SOTTOSISTEMI

La norma indica dettagliatamente le modalità di calcolo dei rendimenti (meglio efficienze) dei vari sottosistemi. In appendice sono riportate numerose tabelle utili per questi calcoli.

Si rimanda al testo della UNI TS 11300/2:2014 per approfondimenti e ulteriori dettagli su questi argomenti.

### 5.3.16 ESEMPIO DI APPLICAZIONE PER EDIFICIO CON PIÙ CENTRALI TERMICHE – PERIODO ANTECEDENTE IL 2/10/14

#### Software TFM\_STIMA10 Ver. 9.01

Si riportano un esempio di zonizzazione con più centrali termiche con il software TFM\_STIMA10 della Idronica Line (*Watts – Cazzaniga*) per l'esempio 4D del CTI.

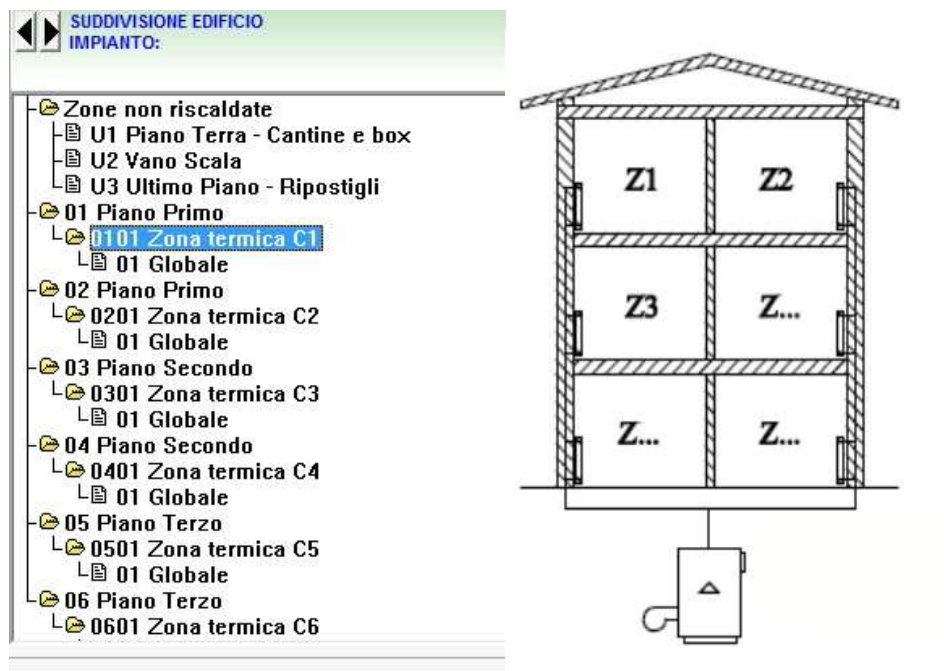


Figura 64: Esempio di zonizzazione

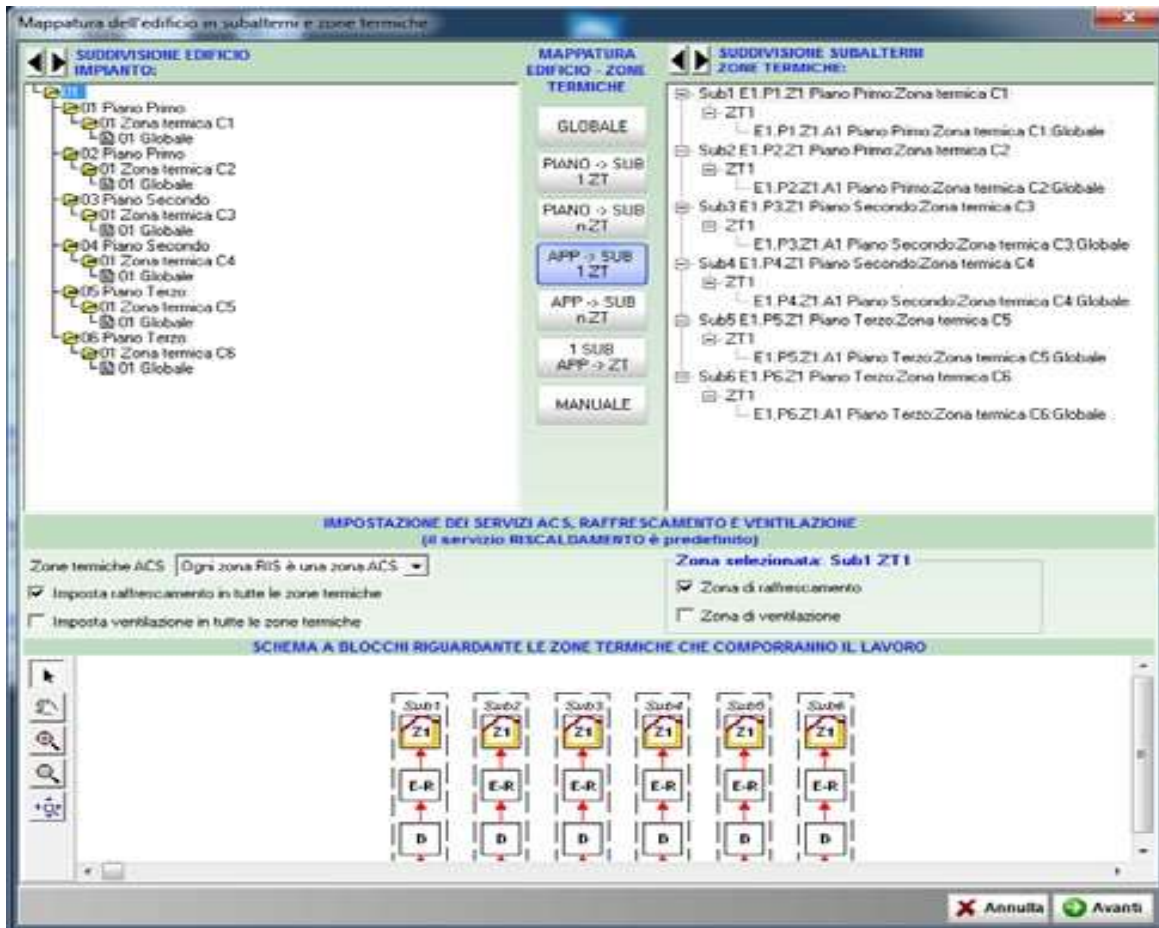


Figura 65: Collegamenti delle zone alle centrali termiche

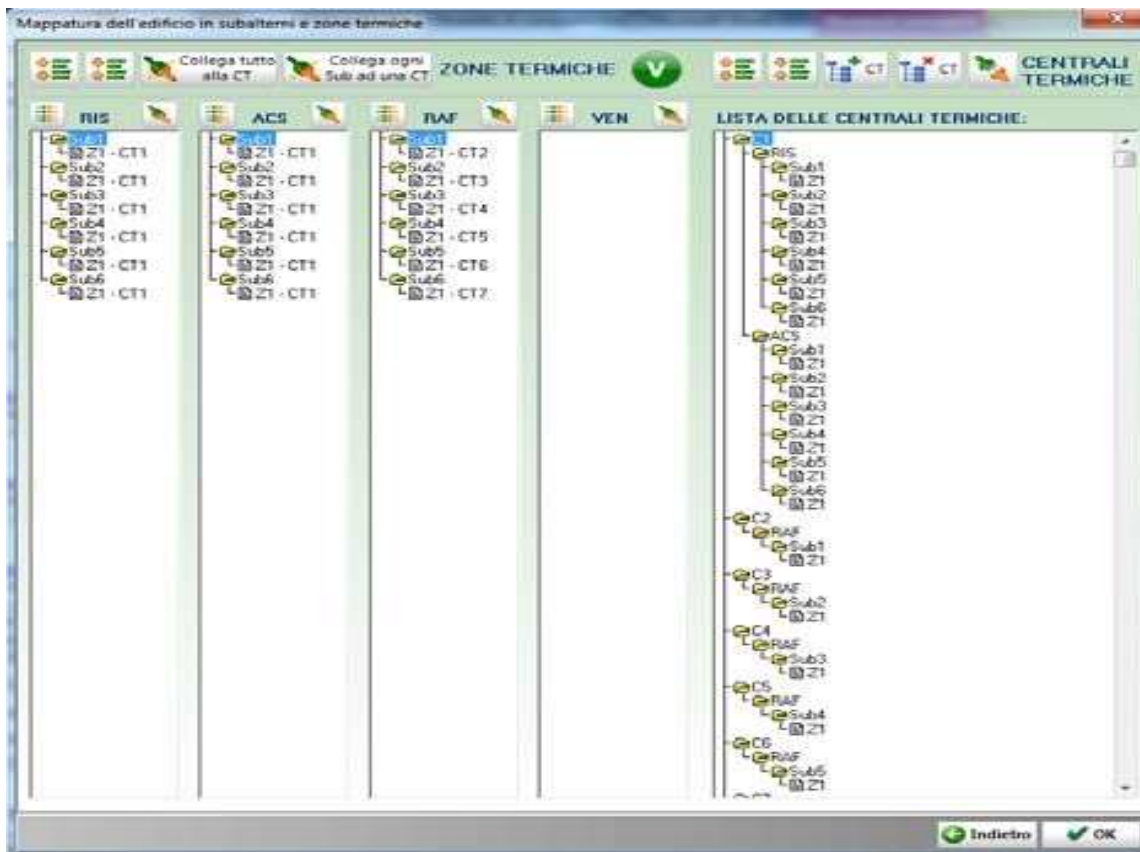


Figura 66: Distribuzione dei servizi per ciascuna zona termica



Figura 67: Costituzione delle centrali termiche

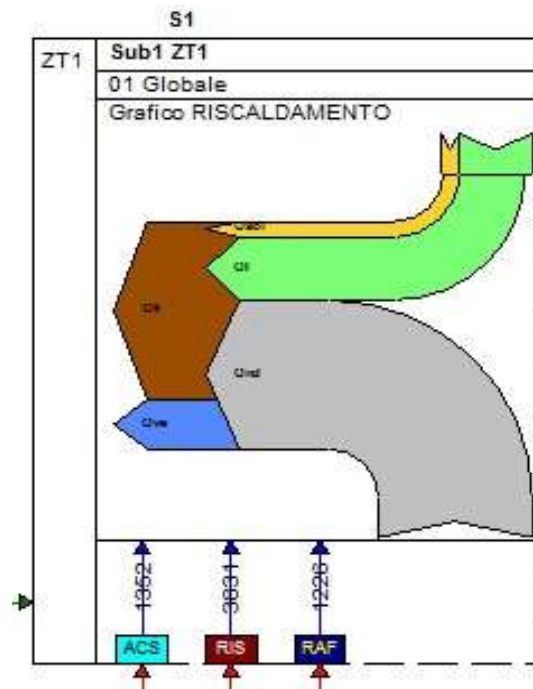


Figura 68: Dettaglio di una singola centrale termica





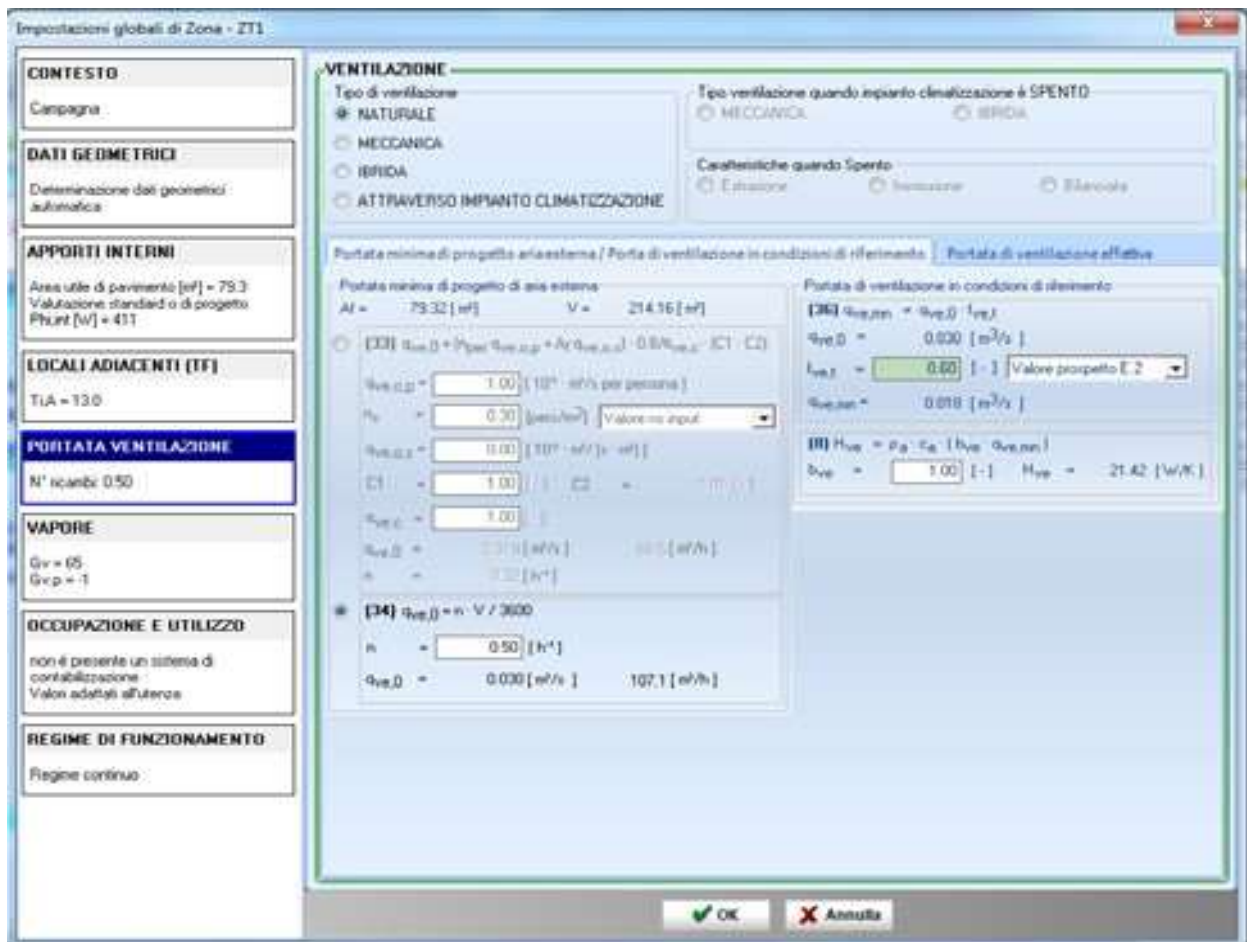


Figura 71: Dati per impianto di ventilazione

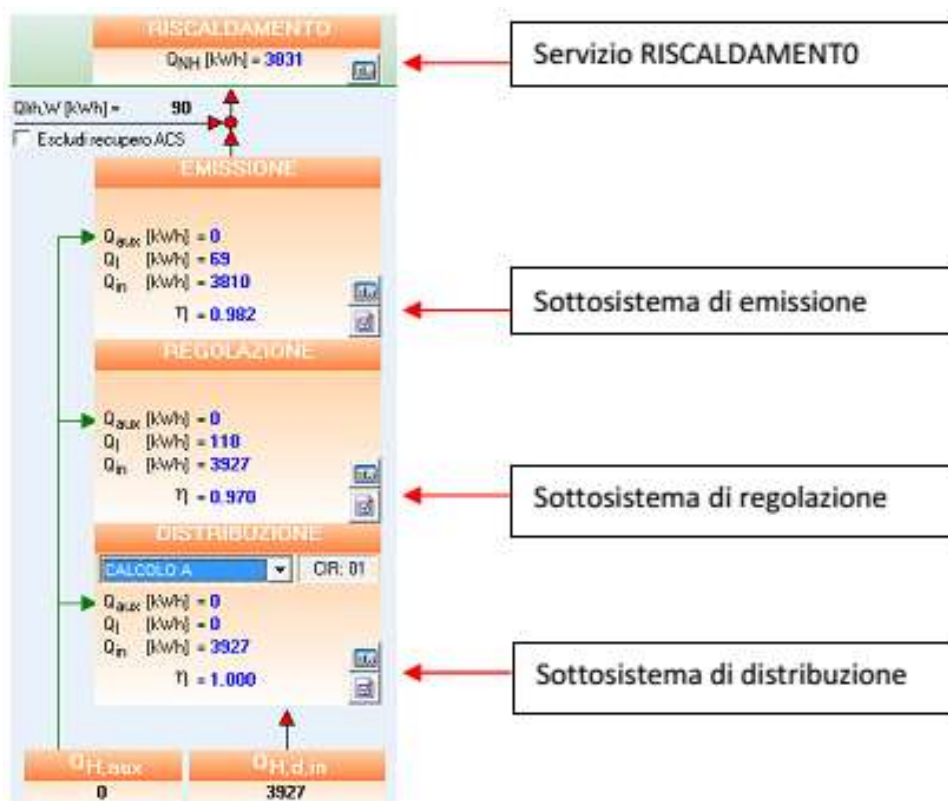


Figura 72: Calcolo dei rendimenti dei sottosistemi per il riscaldamento

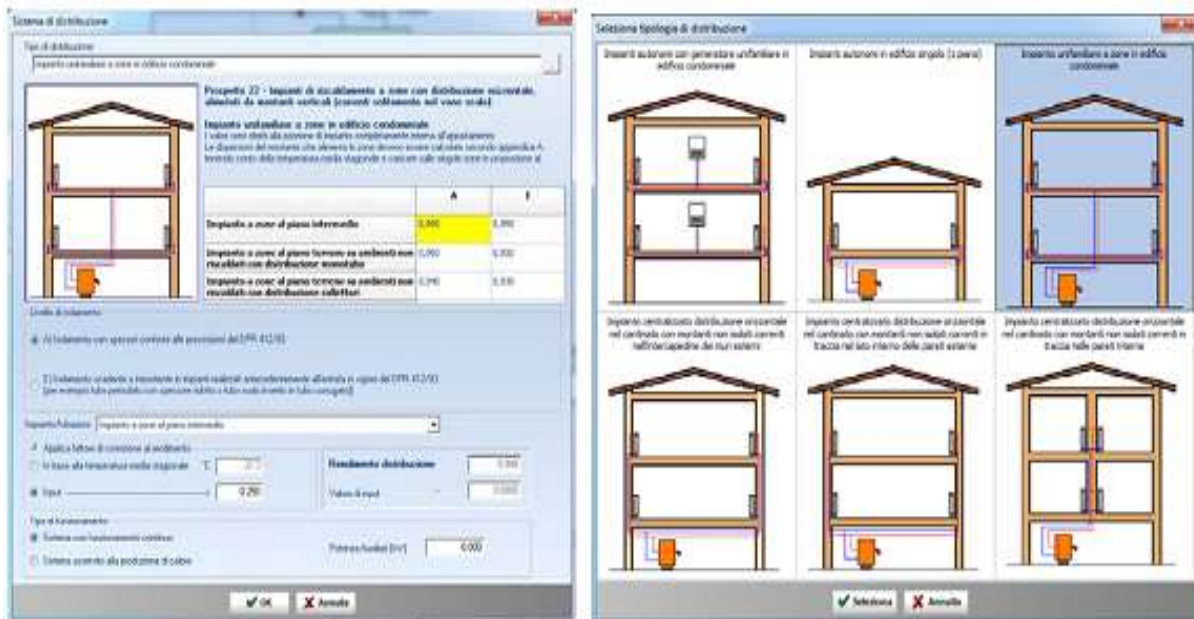


Figura 73: Schema della distribuzione delle tubazioni

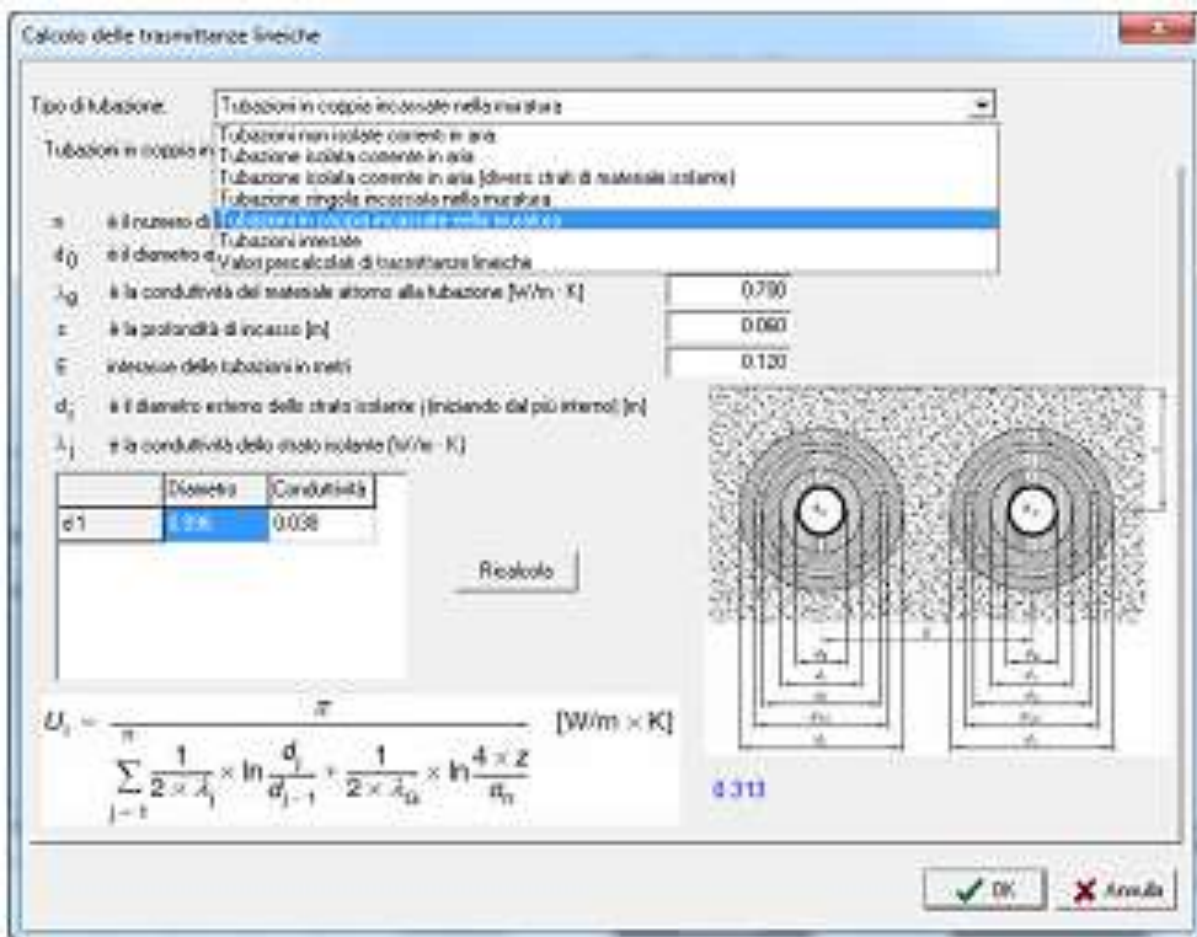


Figura 74: Selezione dell'isolante delle tubazioni



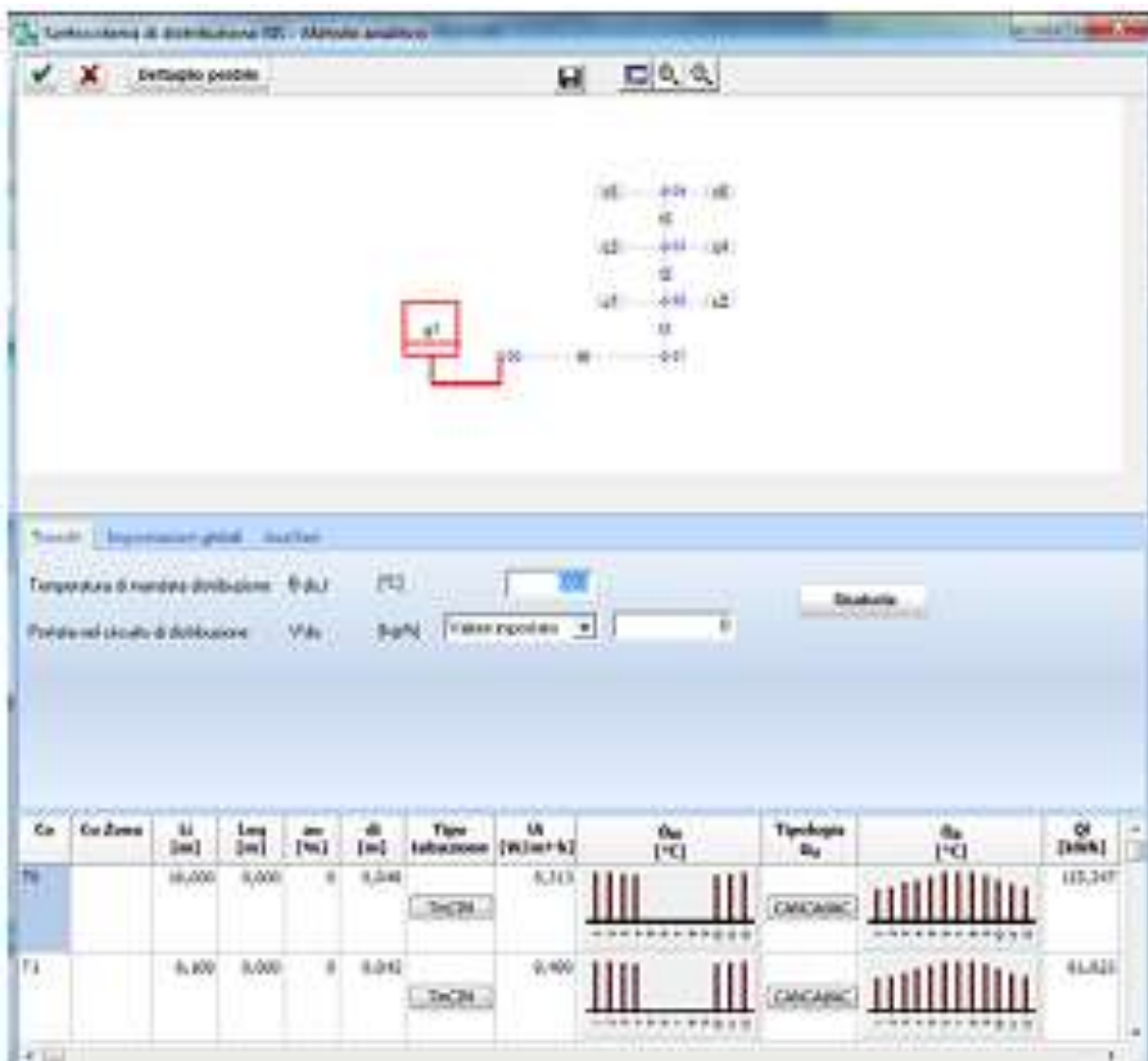


Figura 75: Distribuzione dell’acqua calda sanitaria

**Software TERMOLOG EPIX 6 – Periodo antecedente il 2/10/2014**

Si riportano alcune videate per il caso 4D del CTI con il software *TERMOLOG EPIX6*<sup>45</sup> della Logical Soft.

Questo software, diversamente dal precedente, ha la possibilità di effettuare l’input dei dati sia in forma tabellare che in forma grafica (vedi dopo).

L’esempio qui presentato, tratto dalla certificazione CTI, ha un input tabellare.

Nelle figure che seguono si hanno le videate relative alla formazione della zona, dei servizi (riscaldamento, raffrescamento e ACS), delle centrali termiche e della pagina di stampa dei calcoli energetici.

<sup>45</sup> Di recente è stata pubblicata la versione EPIX 7 che tiene conto sia del DM 26/06/2015 che delle nuove norme UNI TS 11300:5 e /5 del 2016 e della UNI 10349:2016 per i dati climatici.

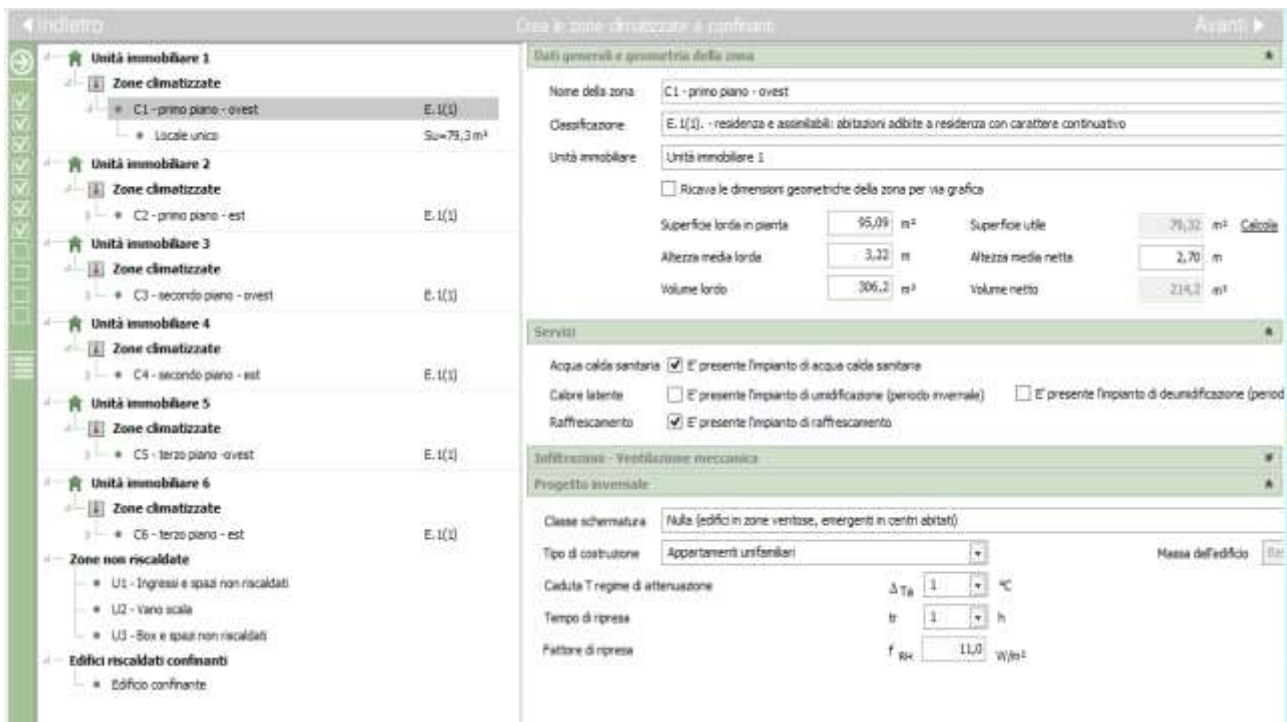


Figura 76: Esempio di zonizzazione dell'edificio

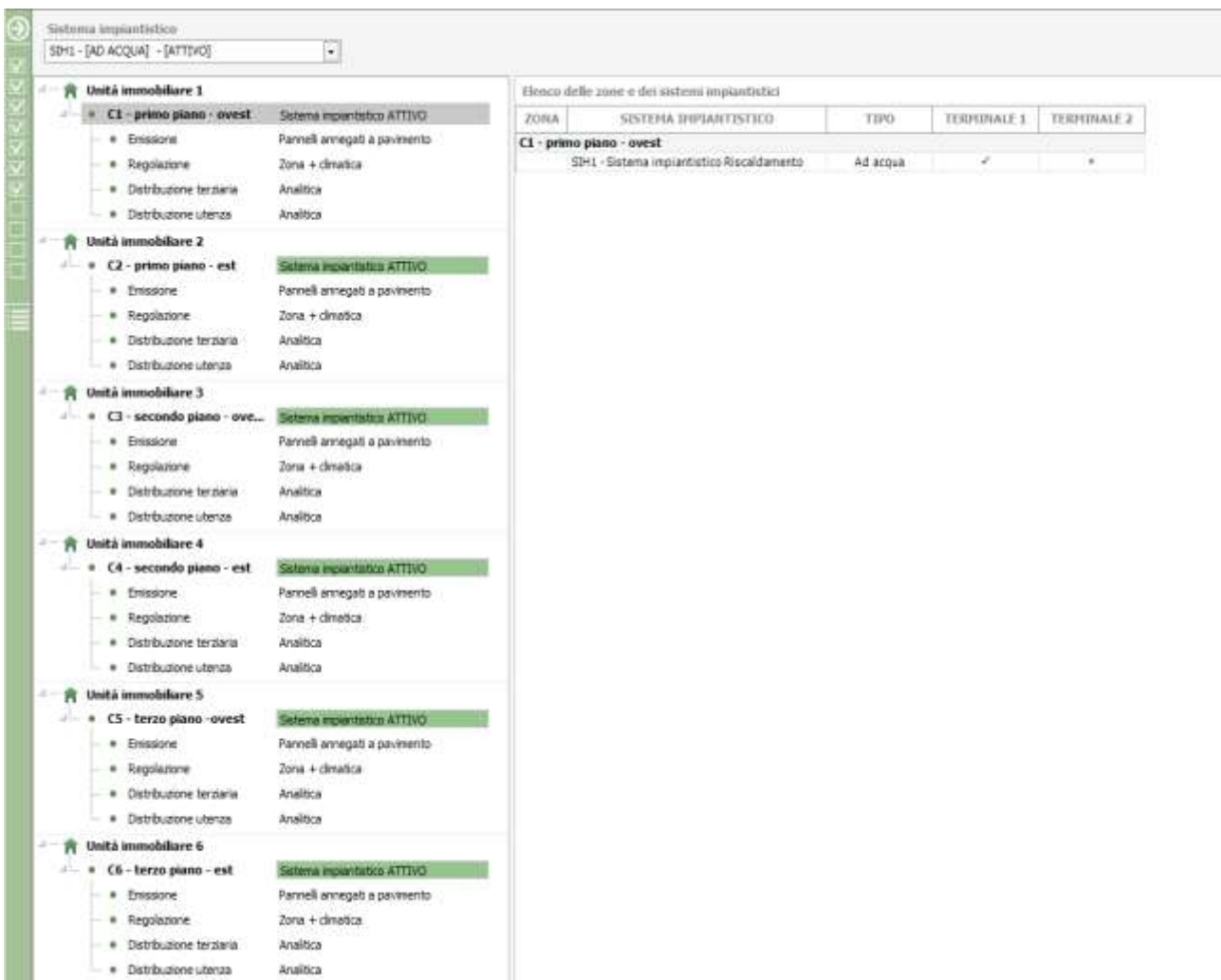


Figura 77: Esempio di strutturazione del servizio di riscaldamento

Sistema impiantistico  
 SIC2 - [DIRETTO]  Attiva il sistema impiantistico per la zona

**Unità immobiliare 1**  
 C1 - primo piano - ovest **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Emissione Terminali ad espansione diretta, unit...  
 • Regolazione Regolazione modulante (banda 1 °C)

**Unità immobiliare 2**  
 C2 - primo piano - est **Sistema impiantistico NON ATTIVO**  
 • Emissione Terminali ad espansione diretta, unit...  
 • Regolazione Regolazione ON-OFF

**Unità immobiliare 3**  
 C3 - secondo piano - ovest... **Sistema impiantistico NON ATTIVO**  
 • Emissione Terminali ad espansione diretta, unit...  
 • Regolazione Regolazione ON-OFF

**Unità immobiliare 4**  
 C4 - secondo piano - est **Sistema impiantistico NON ATTIVO**  
 • Emissione Terminali ad espansione diretta, unit...  
 • Regolazione Regolazione ON-OFF

**Unità immobiliare 5**  
 C5 - terzo piano - ovest **Sistema impiantistico NON ATTIVO**  
 • Emissione Terminali ad espansione diretta, unit...  
 • Regolazione Regolazione ON-OFF

**Unità immobiliare 6**  
 C6 - terzo piano - est **Sistema impiantistico NON ATTIVO**  
 • Emissione Terminali ad espansione diretta, unit...  
 • Regolazione Regolazione ON-OFF

Elenco delle zone e dei sistemi impiantistici

ZONA	SISTEMA IMPIANTISTICO	TIPO	TERMINALE 1	TERMINALE 2
<b>C1 - primo piano - ovest</b>				
SIC2 - Espansione diretta		Diretto	✓	•
<b>C2 - primo piano - est</b>				
SL_C2 - Espansione Unità C2		Diretto	✓	•
<b>C3 - secondo piano - ovest</b>				
SL_C3 - Espansione Unità C3		Diretto	✓	•
<b>C4 - secondo piano - est</b>				
SL_C4 - Espansione Unità C4		Diretto	✓	•
<b>C5 - terzo piano - ovest</b>				
SL_C5 - Espansione Unità C5		Diretto	✓	•
<b>C6 - terzo piano - est</b>				
SL_C6 - Espansione Unità C6		Diretto	✓	•

Figura 78: Esempio di strutturazione del servizio di raffreddamento estivo

Sistema impiantistico  
 SIW1 - [AD ACQUA]

**Unità immobiliare 1**  
 C1 - primo piano - ovest **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Erogazione  
 • Distribuzione Dettagliata

**Unità immobiliare 2**  
 C2 - primo piano - est **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Erogazione  
 • Distribuzione Dettagliata

**Unità immobiliare 3**  
 C3 - secondo piano - ovest... **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Erogazione  
 • Distribuzione Dettagliata

**Unità immobiliare 4**  
 C4 - secondo piano - est **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Erogazione  
 • Distribuzione Dettagliata

**Unità immobiliare 5**  
 C5 - terzo piano - ovest **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Erogazione  
 • Distribuzione Dettagliata

**Unità immobiliare 6**  
 C6 - terzo piano - est **Sistema impiantistico ATTIVO**  
 • Erogazione  
 • Distribuzione Dettagliata

**Distribuzione SIW1** **Analitica**

Elenco delle zone e dei sistemi impiantistici

ZONA	SISTEMA IMPIANTISTICO	ATTIVO
<b>C1 - primo piano - ovest</b>		
SIW1 - Sistema impiantistico ACS		✓
<b>C2 - primo piano - est</b>		
SIW1 - Sistema impiantistico ACS		✓
<b>C3 - secondo piano - ovest</b>		
SIW1 - Sistema impiantistico ACS		✓
<b>C4 - secondo piano - est</b>		
SIW1 - Sistema impiantistico ACS		✓
<b>C5 - terzo piano - ovest</b>		
SIW1 - Sistema impiantistico ACS		✓
<b>C6 - terzo piano - est</b>		
SIW1 - Sistema impiantistico ACS		✓

Figura 79: Esempio di strutturazione del servizio per ACS

**Metodo di calcolo e fattori di conversione**

RT: impianto centralizzato, n° 6 unità immobiliari - W: impianto centralizzato, n° 6 unità immobiliari - C: impianto centralizzato, n°

Caratteristiche del sistema di generazione

Metodo di calcolo per generatori a combustibile fossile o biomassa: Analitico appendice B2 (Generatori conformi alla direttiva 92/42/CEE)

Proporzionamento dei dati di generazione

Ripartisci l'impianto: Ripartizione in funzione di una percentuale imposta

Percentuale imposta sul totale: 100,00 %

Fattori di conversione in energia primaria

Energia fornita da vettori energetici finali "off site"	fp,ren	fp,nren	fp
Gas naturale	0,000	1,050	1,050
Gasolio	0,000	1,000	1,000
GPL	0,000	1,000	1,000
Olio combustibile	0,000	1,000	1,000
Biomasse solide, liquide e gassose	0,700	0,300	1,000
Energia elettrica da rete	0,470	1,950	2,420
Energia termica da rete (telerriscaldamento)	0,000	1,200	1,200

Energia da fonti energetiche "on site"	fp,ren	fp,nren	fp
Energia captata da irradiazione solare	1,000	0,000	1,000
Energia termica prelevata dall'ambiente	1,000	0,000	1,000

Energia esportata	fp,ren	fp,nren	fp
Energia elettrica da Solare Fotovoltaico	0,000	0,000	0,000
Energia elettrica da Cogenerazione	0,000	0,000	0,000

Figura 80: Esempio di strutturazione delle centrali termiche

Indietro Calcolo edificio Avanti

Indice e rendimenti | **Indice di prestazione** | Grafici energie | Involucro | Stagioni riscaldamento e raffrescamento | Verifiche di legge

Esporta | Stampa

**PRINCIPALI RISULTATI DEL CALCOLO - Intero edificio - Comune di ubicazione dell'edificio: Milano**

**Dati geometrici**

Superficie utile	Su	475,92 m²	Volume lordo	V	1.804, m³
------------------	----	-----------	--------------	---	-----------

**FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA**

Riscaldamento involucro	Q <sub>H,nd</sub>	21.748, kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,inv</sub>	45,70 kWh/(m²·anno)
Acqua calda sanitaria	Q <sub>h,W</sub>	8.126,3 kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,w,ter</sub>	17,08 kWh/(m²·anno)
Raffrescamento involucro	Q <sub>C,nd</sub>	7.391,4 kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,e,inv</sub>	15,53 kWh/(m²·anno)
			Prestazione limite	E <sub>P,e,inv,lim</sub>	30,00 kWh/(m²·anno)

**RISCALDAMENTO: fabbisogni di energia primaria e rendimenti**

Energia primaria riscaldamento	Q <sub>p,H</sub>	24.685, kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,i</sub>	51,87 kWh/(m²·anno)	Prestazione limite	E <sub>P,i,lim</sub>	61,82 kWh/(m²·anno)
Classe energetica riscaldamento	C		Rendimento globale stagionale	η <sub>G,H</sub>	0,881	Rendimento globale limite	η <sub>G,H,lim</sub>	0,791
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,H,ren</sub>	370,014 kWh	Quota rinnovabile	Q <sub>R,H</sub>	1,5 %			
Energia primaria totale	Q <sub>p,H,tot</sub>	25.055, kWh	Indice di prestazione totale	E <sub>P,i,tot</sub>	52,65 kWh/(m²·anno)			

**ACQUA CALDA SANITARIA: fabbisogni di energia primaria e rendimenti**

Energia primaria ACS	Q <sub>p,W</sub>	4.983,0 kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,ACS</sub>	10,47 kWh/(m²·anno)	Prestazione limite	E <sub>P,ACS,lim</sub>	- kWh/(m²·anno)
Classe energetica ACS	B		Rendimento globale stagionale	η <sub>G,W</sub>	1,631	Rendimento globale limite	η <sub>G,W,lim</sub>	-
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,W,ren</sub>	8.761,7 kWh	Quota rinnovabile	Q <sub>R,ACS</sub>	63,7 %	Valore minimo	Q <sub>R,ACS,min</sub>	50,0 %
Energia primaria totale	Q <sub>p,W,tot</sub>	13.744, kWh	Indice di prestazione totale	E <sub>P,ACS,tot</sub>	28,88 kWh/(m²·anno)			

**FABBISOGNO GLOBALE: energia primaria e rendimenti**

Energia primaria globale	Q <sub>p,HW</sub>	29.668, kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,g</sub>	62,34 kWh/(m²·anno)	Prestazione limite	E <sub>P,g,lim</sub>	61,82 kWh/(m²·anno)
Classe energetica globale	C		Rendimento globale stagionale	η <sub>G,HW</sub>	1,007	Rendimento globale limite	η <sub>G,HW,lim</sub>	-
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,HW,ren</sub>	9.131,7 kWh	Quota rinnovabile	Q <sub>R,g</sub>	23,5 %	Valore minimo	Q <sub>R,g,min</sub>	35,0 %
Energia primaria	Q <sub>p,HW,tot</sub>	38.800, kWh	Emissioni CO2		12,58 kg/m²·anno			

**RAFFRESCAMENTO: fabbisogni di energia primaria e rendimenti**

Energia primaria raffrescamento	Q <sub>p,C</sub>	1.326,0 kWh	Indice di prestazione	E <sub>P,C</sub>	2,79 kWh/(m²·anno)
			Rendimento globale stagionale	η <sub>G,C</sub>	5,574
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,C,ren</sub>	2.316,1 kWh	Quota rinnovabile	Q <sub>R,C</sub>	63,6 %
Energia primaria totale	Q <sub>p,C,tot</sub>	3.642,2 kWh	Indice di prestazione totale	E <sub>P,C,tot</sub>	7,65 kWh/(m²·anno)

Figura 81: Esempio di riepilogo dei calcoli energetici dell'edificio

### Altri Software Commerciali

Esistono molti programmi commerciali dedicati alla certificazione energetica. I due precedentemente indicati sono solo esemplificativi di due modalità di affrontare il problema.

L’input dei dati è sempre stato il momento più importante e cruciale di un programma. Le filosofie oggi presenti sono due:

*Input manuale di tipo tabellare: in questo caso i dati di involucro (pareti, infissi, soffitti e pavimenti) sono forniti numericamente con l’ausilio di tabelle e/o maschere ausiliarie;*

The screenshot shows a software interface with a menu bar (File, Modifica, Base Dati, Crea, Calcola, Revisione, Opzioni ?) and a toolbar. On the left, there are fields for 'EDIFICIO' (potenza [W] 142154), 'PIANO:' (22017), 'ZONA:' (6852), and 'AMBIENTE' (4721). Below these are summary statistics for volume and surface area. The main area contains two tables: 'dispersioni per ventilazione' and 'dispersioni per trasmissione'. To the right, there are input fields for temperature and humidity, and a tree view of the building's zones.

nr	q	ric	I1	I2	I3	volume	potenza
01	1	2.00	10.00	9.63	3.70	356	2806
02	0	0.50	0.00	0.00	0.00	0	0

nr	str	co	q	es	U	dt	I1	I2	A	potenza
01	P.E	139	1	N	0.34	15	3.25	3.70	5.6	34
02	S.E	237	1	N	0.85	15	2.80	2.30	6.4	99
03	PTE	706	1	N	0.40	15	10.20	1.00	0.0	73
04	S.E	212	2	N	1.95	15	3.00	0.65	3.9	137
05	PTE	706	1		0.40	15	7.30	1.00	0.0	44
06	P.E	139	1	W	0.24	15	4.64	3.70	12.8	52
07	S.E	212	1	W	1.95	15	4.33	1.00	4.3	139
08	PTE	706	1	W	0.40	15	10.60	1.00	0.0	70
09	P.I	314	1	U3	0.64	5	7.75	3.70	28.7	83
10	P.I	314	1	U3	0.64	5	2.59	3.70	9.6	28
11	P.I	303	1		1.71	0	12.30	3.70	41.4	0
12	S.I	402	2		1.48	0	0.90	2.30	4.1	0
13	P.I	303	1		1.71	0	4.18	3.70	13.4	0
14	S.I	402	1		1.48	0	0.90	2.30	2.1	0
15	P.E	139	1	N	0.24	15	1.21	3.70	4.5	20
16	PAV	509	1	T1	0.58	4	9.63	10.00	96.3	241
17	SOF	603	1		0.83	10	9.63	10.00	96.3	804
18		000	1		0.00	15	0.00	0.00	0.0	0

P.E	Muratura in laterizi a cassetta con interposto isolante s = 30 cm	U	0.336
139		s [m]	0.30

01 Magazzino / 02 Cella frigorifera 1 / 03 Cella frigorifera 2 / 04 Bagno /

Figura 82: Esempio di input tabellare



*Input grafico: in questo caso l'input dei dati di involucro sono forniti utilizzando, come guida, uno sfondo grafico (dwg o dxf o anche pdf) che consente di indicare sia le dimensioni dei singoli elementi disperdenti che le caratteristiche termofisiche.*

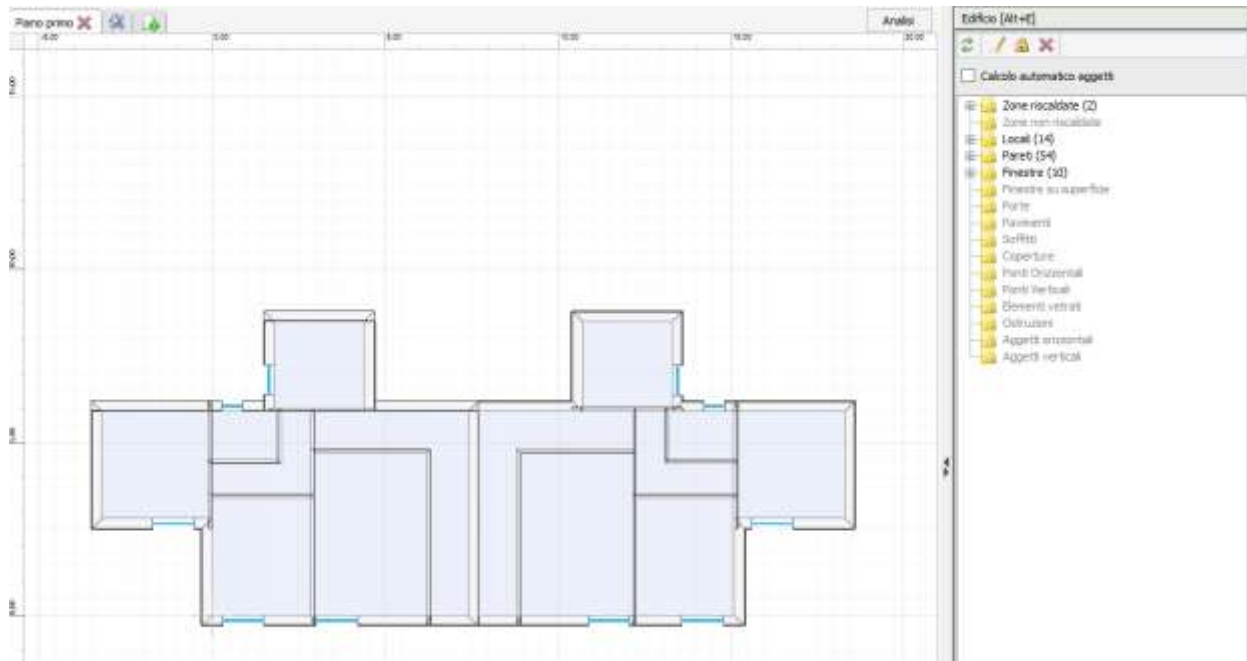


Figura 83: Esempio di input grafico

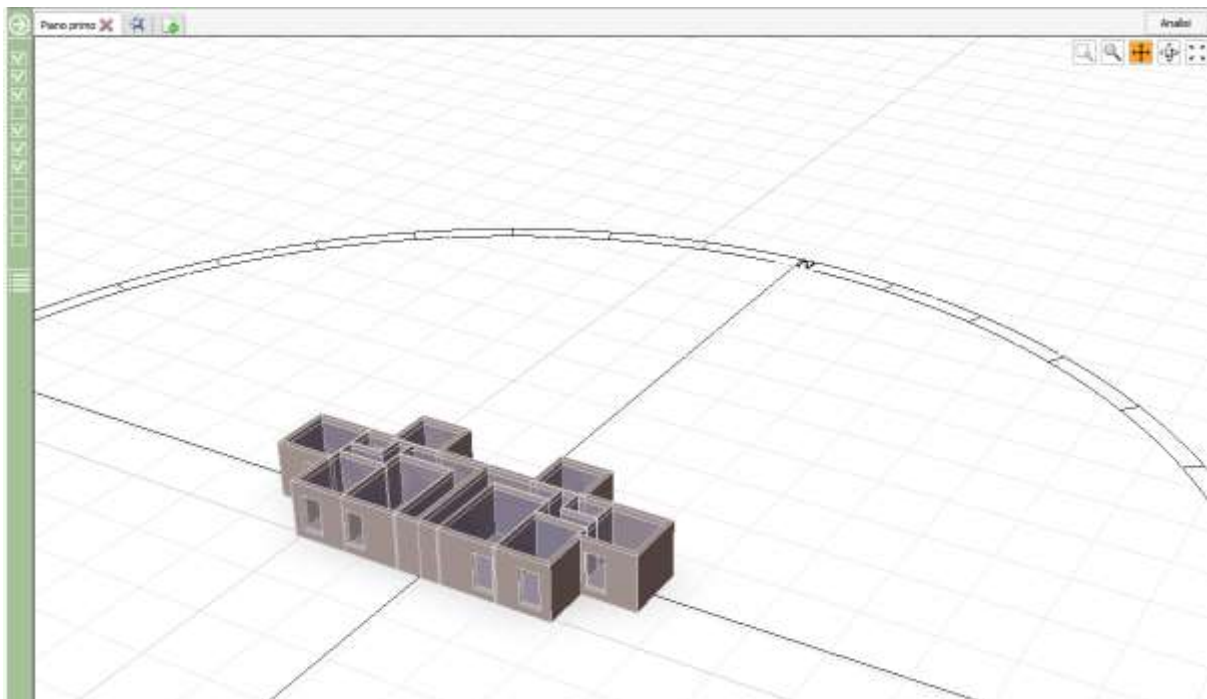


Figura 84: Esempio di Rendering 3D

Va comunque osservato che la qualità dei programmi è comunque garantita e certificata dal CTI, in base al D.Lgs. 115/2008 per cui la scelta del software è spesso fondata sulle preferenze operative personali.

### 5.3.17 OSSERVAZIONI SULLE NUOVE NORME UNI TS 11300:2014

E' opportuno osservare come il calcolo dell'energia primaria ai sensi delle nuove norme UNI TS 11300:2014, come anche per quelle dell'edizione del 2008, è sempre da considerare **fittizia**.

Del resto il modello di calcolo *Quasi – Stazionario* in esse indicato, ripreso dalla UNI EN 13790:2008, è molto semplificato e per certi versi grossolano, come si dimostra nel capitolo del calcolo dinamico con il modello R5C1 (vedi avanti).

Le ipotesi di impianto sempre acceso e con temperatura, irraggiamento ed umidità esterne pari ai valori medi giornalieri mensili per la località in cui è sito l'edificio appaiono molto semplificate e grossolane, vedi figure seguenti, rispetto ai casi reali, specialmente in Italia con ben 6 zone climatiche molto diversificate.

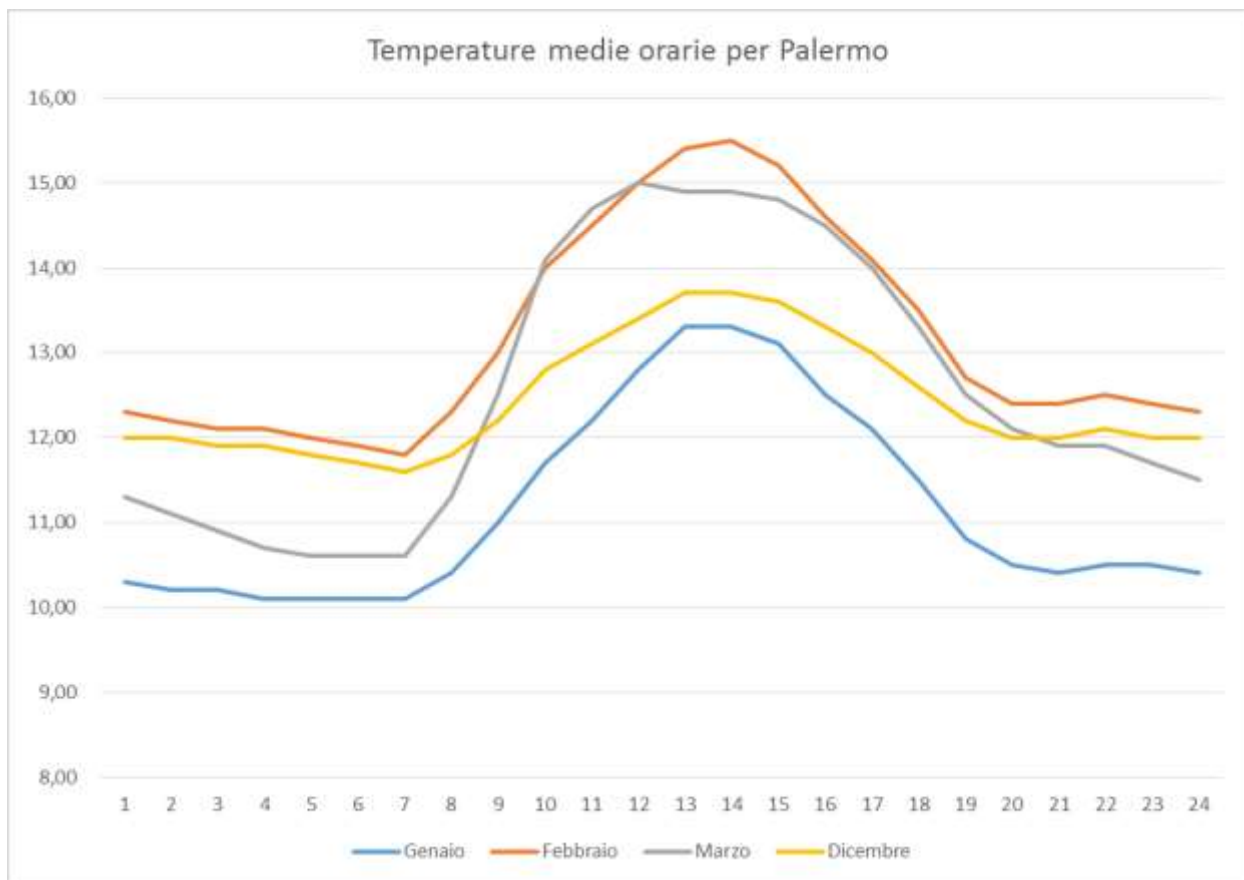


Figura 85: Andamento delle temperature giornaliere medie mensili a Palermo

Il calcolo statico in zone con numero di ore di funzionamento inferiori a 12 comporta una sottostima dei carichi termici in relazione alle ore effettive di accensione degli impianti, come illustrato in figura seguente per Catania con 8 ore di accensione giornaliera (zona B).

Le norme UNI TS 11300:2014 impongono calcoli eccessivamente dettagliati per calcolare grandezze marginali nei bilanci energetici finali (come, ad esempio, i recuperi energetici, i flussi da ambienti non riscaldati, ...) come se la precisione nei dettagli influisse sulla precisione del modello di calcolo statico. Nulla di più errato!

Si sta molto attenti al recupero delle dispersioni energetiche delle tubazioni, delle pompe, dei vari sottosistemi per poi calcolare i disperdimenti energetici con le differenze di temperatura medie giornaliere mensili. Di fatto si mantiene un approccio da farmacista nel calcolo dei particolari e piuttosto grossolano nei calcoli globali. E' un approccio che non ha senso e non appare giustificato in alcun modo.



Si aggiunga, ancora, che non esistono verifiche sperimentali sui calcoli energetici effettuati con il metodo *Quasi – Stazionario*. Questo calcolo è del tutto apodittico essendo derivato dall'applicazione pedissequa della formulistica imposta dalle norme.

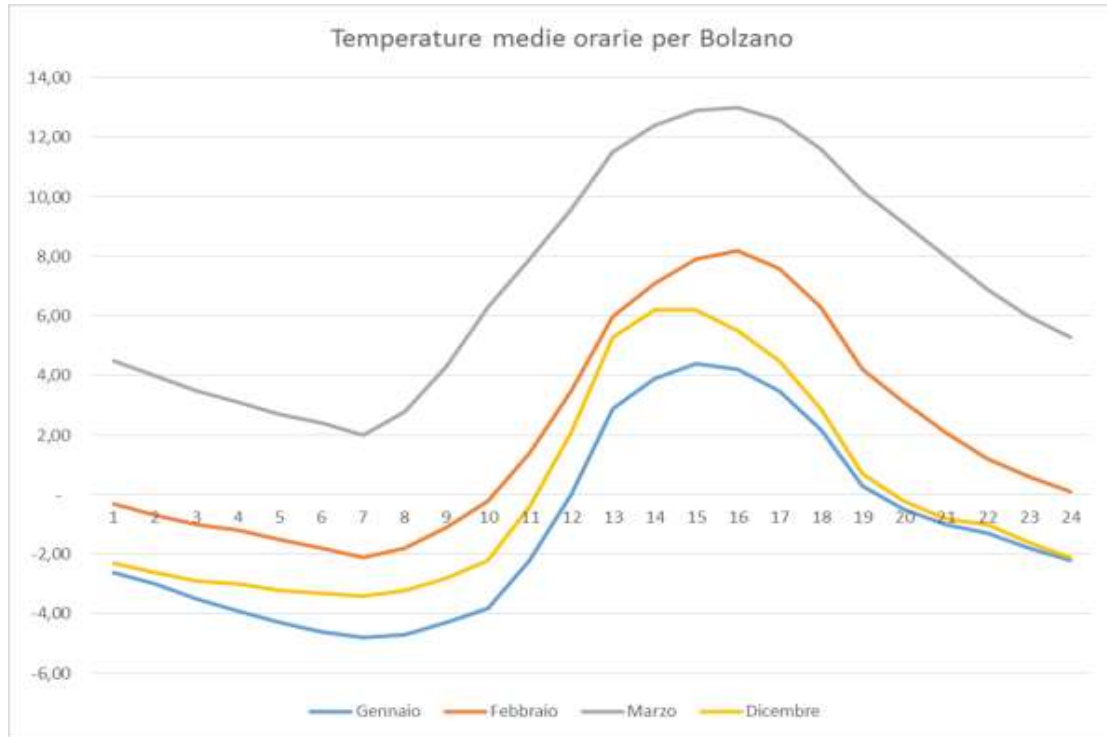


Figura 86: Andamento delle temperature giornaliere medie mensili a Bolzano

Tuttavia spesso i calcoli energetici effettuati con le UNI TS 11300:2014 sono presi come riferimento anche per il calcolo, o la verifica, *dei consumi energetici degli edifici*. I risultati ottenuti dal confronto fra calcoli teorici e dati sperimentali sono spesso impietosi e catastrofici.

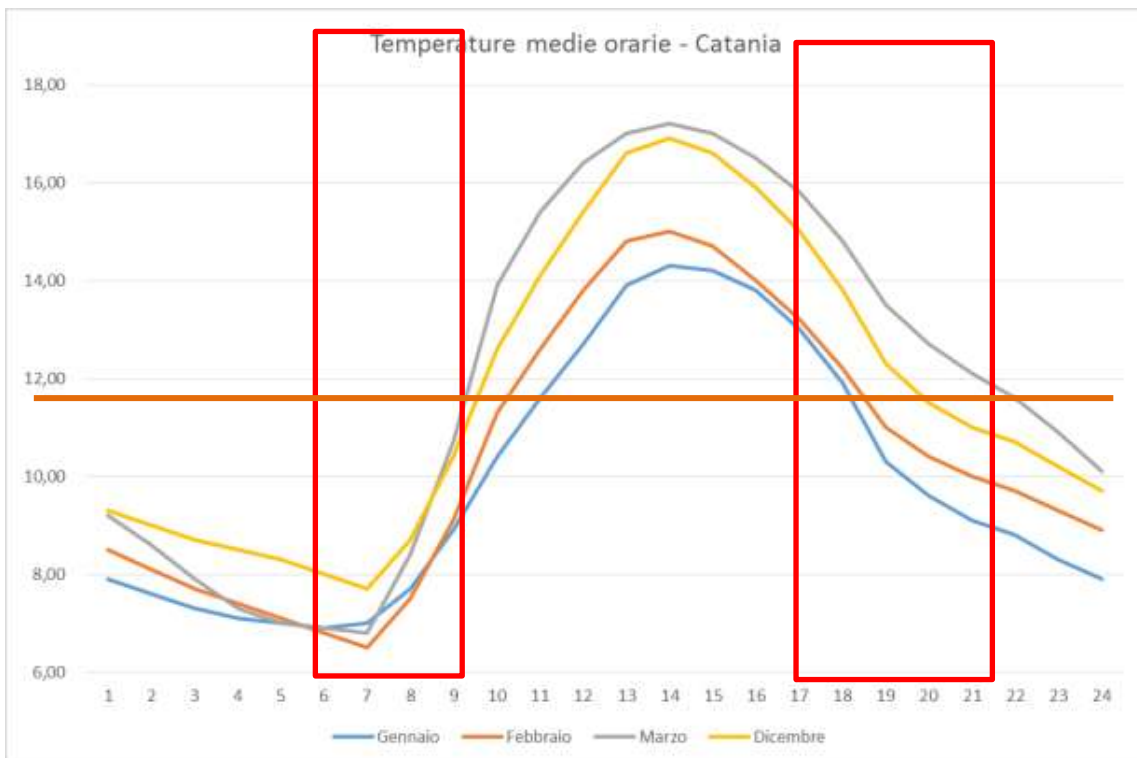


Figura 87: Funzionamento degli impianti per Catania – Zona B

La situazione attuale è del tutto paradossale: i calcoli relativi alle prestazioni energetiche degli edifici non sono affidabili ma, tuttavia, sono gli unici ammessi ed hanno valore di legge (per la certificazione energetica l'APE è un atto pubblico). Anche se si volesse fare di meglio non si può fare nulla perché è obbligatorio utilizzare software certificato dal CTI che deve seguire le procedure di calcolo delle UNI TS 11300:2014.

Volendo fare un'analogia con il mondo automobilistico, i consumi indicati dalle Case Automobilistiche non corrispondono mai ai consumi reali perché i primi sono calcolati in modo fittizio applicando le ipotesi di utilizzo delle norme previste per questo tipo di valutazione.

Avviene così anche per gli edifici: l'energia primaria calcolata è solo di riferimento nel confronto fra prestazioni energetiche nominali degli edifici.

#### 5.4 APPLICAZIONE DELLA NORMA UNI TS 11300 PARTE 3

Questa norma tratta delle prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.

La parte 3 consente di determinare:

- *rendimento dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione*
- *rendimento globale medio stagionale*
- *fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione estiva.*

In pratica la norma permette di determinare la quantità di energia primaria richiesta per la climatizzazione estiva. La determinazione di tale quantità si basa sul fabbisogno di energia termica utile ( $Q_{c,nd}$ ) dell'edificio calcolato in condizioni ideali per la stagione estiva. Il calcolo (su base mensile) determina:

- *Il coefficiente di prestazione medio mensile ( $\eta_{mm}$ ) e stagionale ( $\eta_{ms}$ ) del sistema di produzione dell'energia frigorifera;*

- *Il fabbisogno di energia primaria necessaria per il raffrescamento dell'edificio ( $Q_{c,p}$ ).*

- *Sono definite le seguenti grandezze:*

- *Fabbisogno ideale di energia termica utile per raffrescamento ( $Q_{c,nd}$ ): Quantità di calore che deve essere sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo di tempo, riferito a condizioni di temperatura dell'aria uniformi in tutto l'ambiente climatizzato.*

- *Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva ( $Q_{c,p}$ ): Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per la climatizzazione estiva in condizioni climatiche e di uso di riferimento dell'edificio.*

- *Rendimento globale medio stagionale ( $\eta_{glo}$ ): Rapporto tra fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di energia primaria durante la stagione di climatizzazione estiva.*

- *Coefficiente di prestazione medio ( $\eta_m$ ): Rapporto tra l'energia frigorifera fornita dalla macchina e l'energia necessaria per il suo funzionamento, valutati nell'ambito di un determinato periodo di tempo.*

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

- 1) *il fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente;*
- 2) *il fabbisogno di energia primaria per acqua calda sanitaria;*
- 3) *il rendimento e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione invernale;*

- 4) *il rendimento e il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;*
- 5) *il risparmio di energia primaria ottenibile utilizzando energie rinnovabili ed altri metodi di generazione per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria;*
- 6) *il rendimento e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione estiva*

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

*UNI/TS 11300-1:2014 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;*

*UNI/TS 11300-2:2014 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;*

*UNI/TS 11300-3 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;*

*UNI/TS 11300-4 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria.*

#### **5.4.1 NORME DI RIFERIMENTO PER IL CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA**

I riferimenti normativi sono i seguenti:

*UNI 10349:2016 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici;*

*UNI EN ISO 13790:2008 Prestazione energetica degli edifici -Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento;*

*UNI EN 14511 - -2 2 Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti -Parte 2: Condizioni di prova;*

*UNI EN 14511 - -3 3 Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti -Parte 3: Metodi di prova;*

*UNI EN 14511 - -4 4 Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti -Parte 4: Requisiti;*

*UNI EN 15242 -Ventilazione degli edifici -Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni;*

*UNI/TS 11300 - -1:2014 Prestazioni energetiche degli edifici –Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;*

*UNI/TS 11300 - -2:2014 Prestazioni energetiche degli edifici –Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;*

*prEN 14825:2008 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling -Testing and rating at part load conditions;*

*UNI EN 12309.2:2002 Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW –Part 2: Rational use of energy;*

*UNI EN ISO 6946:2008 Componenti ed elementi per edilizia -Resistenza termica e trasmittanza termica –Metodo di calcolo.*

#### **5.4.2 FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA**

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva è dato dalla relazione:

$$Q_{C,P} = \left( \sum_k Q_{aux,k} + \frac{Q_{C,r,k} + Q_{v,k}}{\eta_{mm,k}} \right) f_{p,el}$$

dove si ha:

$Q_{aux}$  è il fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione [kWh];

$Q_{cr}$  è il fabbisogno effettivo per raffrescamento [kWh];

$Q_v$  è il fabbisogno per trattamenti dell'aria [kWh];

$\eta_{mm}$  è il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera;

$f_{p,el}$  è il fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria, determinato secondo la UNI/TS 11300-2:2008;

$k$  è il mese  $k$ -esimo della stagione di climatizzazione estiva, determinata secondo il punto 10 della UNI/TS 11300-1:2008.

Il rendimento globale medio stagionale  $\eta_{glo}$  del sistema edificio-impianto è quindi determinato da:

$$\eta_{glo} = \frac{\sum_k (Q_{C,nd,k} + Q_{v,k})}{Q_{C,P}}$$

dove:

$Q_{C,nd}$  è il fabbisogno ideale per raffrescamento [kWh];

$Q_v$  è il fabbisogno per trattamenti dell'aria [kWh];

$K$  è il mese  $k$ -esimo della stagione di climatizzazione estiva, determinata secondo il punto 10 della UNI/TS 11300-1:2008.

#### 5.4.3 FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER IL RAFFRESCAMENTO

La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia primaria richiesta per la climatizzazione degli ambienti e per le condizioni di utilizzo (funzionamento continuativo su 24 ore, valori prefissati di carichi interni, consumi di ACS).

La determinazione delle quantità di energia primaria richiesta per la climatizzazione estiva si basa sul valore del fabbisogno di energia termica utile  $Q_{C,nd}$  dell'edificio calcolato in condizioni ideali (temperatura uniforme in tutto il volume climatizzato) per la stagione estiva e prevede una procedura che porta ad individuare, su base mensile estesa a tutta la stagione di raffrescamento, le seguenti grandezze:

- 1) Il coefficiente di prestazione medio mensile  $\eta_{mm}$  e stagionale  $\eta_{ms}$  del sistema di produzione dell'energia primaria;
- 2) Il fabbisogno di energia primaria  $Q_{C,P}$  necessaria per il raffrescamento dell'edificio (eventualmente maggiorata del fabbisogno di energia termica utile dovuto ai trattamenti dell'aria) in base al tipo e alle caratteristiche dell'impianto previsto o installato.

La metodologia a cui ci riferiamo:

include sia la valutazione delle perdite di distribuzione, regolazione ed emissione dell'impianto di climatizzazione estiva (rendimenti di distribuzione, regolazione ed emissione) sia gli eventuali risparmi dovuti a recuperi di calore, o altro;

fa riferimento alla configurazione impiantistica adottata includendo nel calcolo anche il consumo energetico delle apparecchiature per la distribuzione dei fluidi termo vettori

(pompe e ventilatori) e l'eventuale presenza di altri accessori (post-riscaldatori elettrici, umidificatori, ventilatori per il ricambio igienico dell'aria, ecc.);  
 valuta il fattore di carico per l'individuazione delle condizioni a carico parziale delle macchine in relazione al comportamento edificio-impianto.

#### 5.4.4 PROCEDURA DI CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA

La procedura di seguito riportata specifica un metodo per determinare il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva di un edificio.

Il calcolo è basato sullo schema di *Figura 88* e si articola nelle seguenti fasi:

determinazione del fabbisogno ideale di raffrescamento  $Q_{C,nd}$  secondo la UNI/TS 11300-1;  
 calcolo delle perdite di emissione, regolazione, distribuzione ed accumulo dell'impianto, e calcolo dell'energia eventualmente recuperata;  
 calcolo del fabbisogno per trattamento dell'aria  $Q_V$ ;  
 calcolo del fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione  $Q_{aux}$ ;  
 calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile  $\eta_{mm}$  delle macchine frigorifere, attraverso la valutazione dei dati prestazionali di riferimento forniti dai costruttori;  
 calcolo del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva  $Q_{C,P}$ .

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva si calcola con la relazione sopra indicata e chi richiama per comodità:

$$Q_{C,P} = \sum_k \left( Q_{aux,k} + \frac{Q_{Cr,k} + Q_{V,k}}{\eta_{mm,k}} \right) f_{p,el}$$

dove:

$Q_{aux}$  è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione [kWh];

$Q_{Cr}$  è il fabbisogno effettivo per raffrescamento [kWh];  $Q_V$  è il fabbisogno per trattamenti dell'aria [kWh];

$\eta_{mm}$  è il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera;

$f_{p,el}$  è il fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria;

$k$  è il mese  $k$ -esimo della stagione di climatizzazione estiva.

Il rendimento globale medio stagionale del sistema edificio-impianto è quindi determinato da:

$$\eta_{glo} = \frac{\sum_k (Q_{C,nd,k} + Q_{V,k})}{Q_{C,P}}$$

ove:

$Q_{C,nd}$  il fabbisogno ideale per raffrescamento in kWh, legato al fabbisogno effettivo di energia termica  $Q_{Cr}$  attraverso la relazione di bilancio per il raffrescamento.

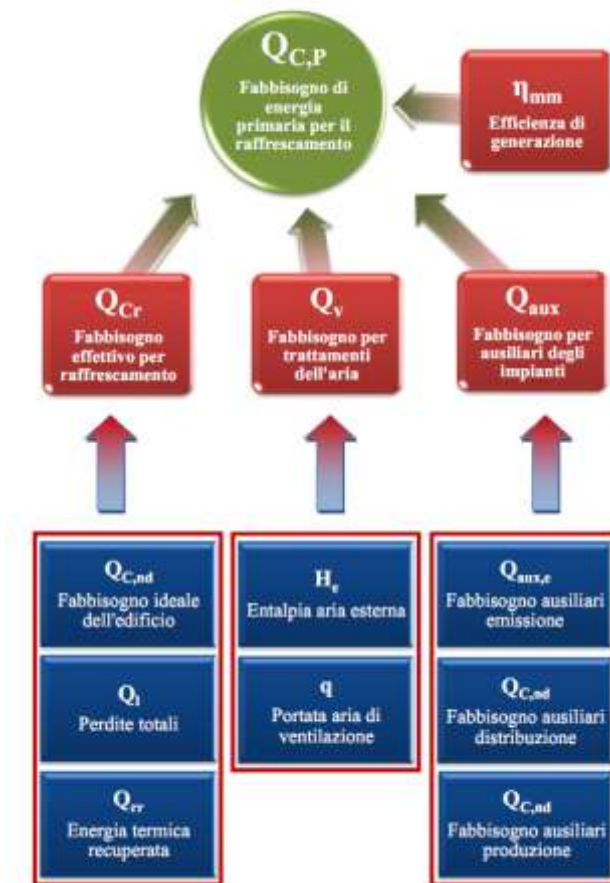


Figura 88: Componenti del fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento

#### 5.4.5 DURATA DELLA STAGIONE DI RAFFRESCAMENTO

Nel caso estivo occorre calcolare la stagione di raffrescamento reale. In questo modo si calcola il periodo durante il quale è necessario un apporto dell'impianto di climatizzazione per mantenere all'interno dell'edificio una temperatura interna non superiore a quella di progetto:

$$\vartheta_{e,day} > \vartheta_{i,set,C} - \frac{Q_{gn,day}}{H t_{day}}$$

dove:

- $\vartheta_{e,day}$  è la temperatura esterna media giornaliera;
- $\vartheta_{i,set,C}$  è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento;
- $Q_{gn,day}$  sono gli apporti interni e solari medi giornalieri;
- $H$  è il coefficiente globale di cambio termico dell'edificio, in W/K, pari alla somma dei coefficienti globali di scambio termico per trasmissione e ventilazione, corretti per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno.
- $t_{day}$  è la durata del giorno.

Gli apporti termici solari giornalieri sono ricavati dai valori di irraggiamento solare giornaliero medio mensile secondo quanto riportato nella UNI 10349. Per determinare i giorni limite dei periodi di raffrescamento, ovvero quelli in cui la temperatura esterna media giornaliera ( $\vartheta_{e,day}$ ) eguaglia i secondi termini della equazione precedente, si procede mediante interpolazione lineare, attribuendo i valori medi mensili di temperatura riportati nella UNI 10349 al quindicesimo giorno di ciascun mese.



#### 5.4.6 FABBISOGNO EFFETTIVO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER RAFFRESCAMENTO

Per determinare il fabbisogno effettivo per raffrescamento si applica la seguente formula per ogni mese della stagione di climatizzazione estiva:

$$Q_{Cr,k} = Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k} + Q_{l,rg,k} + Q_{l,d,k} + Q_{l,d,s,k} - Q_{rr,k}$$

dove per il mese k-esimo:

$Q_{C,nd,k}$  è il fabbisogno ideale dell'edificio [kWh];

$Q_{l,e,k}$  sono le perdite totali di emissione [kWh];

$Q_{l,rg,k}$  sono le perdite totali di erogazione [kWh];

$Q_{l,d,k}$  sono le perdite di distribuzione [kWh];

$Q_{l,d,s,k}$  sono le perdite totali dei serbatoi di accumulo inerziale [kWh];

$Q_{rr,k}$  è l'energia termica recuperata [kWh].

#### 5.4.7 FABBISOGNO IDEALE DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER IL RAFFRESCAMENTO $Q_{c,ND}$

I fattori che danno luogo al fabbisogno ideale per raffrescamento sono illustrati nella *Figura 89*. Il fabbisogno ideale per raffrescamento viene determinato secondo la procedura di calcolo descritta dalla UNI/TS 11300-1, con particolare riferimento ad ogni zona dell'edificio e per ogni mese:

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

dove:

$Q_{C,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per raffrescamento [kWh];

$Q_{C,ht}$  è lo scambio termico totale nel caso di raffrescamento [kWh];

$Q_{C,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione nel caso di raffrescamento [kWh];

$Q_{C,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento [kWh];

$Q_{gn}$  sono gli apporti termici totali [kWh];  $Q_{int}$  sono gli apporti termici interni [kWh];  $Q_{sol}$  sono gli apporti termici solari [kWh];

$\eta_{C,ls}$  è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

Si osservi come, nella precedente equazione, l'energia solare ed interna sia considerata positiva mentre  $Q_{C,tr}$  e  $Q_{C,ve}$  siano sottratte alle precedenti.

Ora il segno proprio di questi due termini dipende dal valore della temperatura esterna media giornaliera rispetto alla temperatura interna di progetto.

Assunta quest'ultima pari a 26 °C allora se la temperatura media giornaliera esterna è minore si ha un'energia uscente (intrinsecamente positiva) dall'edificio e al contrario se è maggiore (rientrata di calore).

Se si osservano i dati riportati nella UNI 10349/1:2016, vedi tabella seguente per una parte delle località italiane, si può osservare come per Catania, ad esempio, si abbia una temperatura esterna superiore ai 26 °C solo ad agosto mentre negli altri mesi è inferiore.

Questo significa che il flusso di trasmissione attraverso le pareti è uscente negli altri mesi e per il condizionamento si avrebbe un beneficio in quanto si andrebbe a compensare l'energia solare.

Avviene, però, che per ridurre le perdite energetiche in inverno si costruiscano pareti di involucro con forte isolamento che, in estate, funge da blocco per la trasmissione verso l'esterno.

Si hanno due condizioni progettuali contrapposte:



*in inverno dobbiamo isolare molto per ridurre le dispersioni;*

*in estate dovremmo isolare poco per aumentare il raffrescamento dovuto alle dispersioni verso l'esterno quando la temperatura esterna è inferiore a quella ambiente.*

Non potendo avere trasmittanza variabili con le stagioni si ha che le condizioni estive risultano spesso più gravose da verificare, in alcune località soprattutto, rispetto alla verifica invernale.

Allo stesso modo, per ridurre il carico solare attraverso le finestre in estate occorre schermare i vetri. In inverno quest'azione riduce gli apporti gratuiti.

Tuttavia la verifica contemporanea degli indici prestazionali richiesta dai nuovi decreti attuativi, DM 26/06/2015, richiede l'attuazione di azioni contrapposte che portano alla verifica di alcuni parametri e all'aggravamento di altri.

Una soluzione potrebbe essere data dall'utilizzo di pareti con trasmittanza variabile, ad esempio con l'utilizzo di materiali a basso punto di fusione (*PMC, Phase Changing Materials*) inseriti nell'intercapedine delle pareti. Tuttavia la realizzazione di questa tecnologia non è semplice e spesso impedita dalle consuetudini costruttive del luogo.

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

$$\text{se } \gamma_C > 0 \quad \text{e} \quad \gamma_C \neq 1$$

allora si ha:

$$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C-1)}}$$

Se invece si ha  $\gamma_C=1$  allora:

$$\eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C + 1}$$

Infine se  $\gamma_C < 0$  allora:

$$\eta_{C,ls} = 1$$

Nelle precedenti espressioni si è posto:

$$\gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{C,ls}}$$

ed ancora:

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} - k \frac{A_w}{A_t}$$

ove:

$A_w$  è l'area finestrata;

$A_t$  è l'area del pavimento climatizzato.

Con riferimento al periodo di calcolo mensile si può assumere  $a_{C,0} = 8,1$ ,  $\tau_{C,0} = 17$  h e  $k = 13$ . Gli scambi termici per trasmissione e per ventilazione dipendono dai rispettivi coefficienti di scambio termico, che a loro volta sono funzione rispettivamente dello scambio termico per trasmissione verso altri ambienti (terreno, ambienti non climatizzati, ambiente esterno e zone interne all'edificio climatizzate a temperature diverse) e della portata del flusso d'aria.

**Prospetto 5 - Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna riferita alle stazioni di rilevazione dei dati climatici e valori del gradiente verticale di temperatura.**

n	Sigla	GEN [°C]	FEB [°C]	MAR [°C]	APR [°C]	MAG [°C]	GIU [°C]	LUG [°C]	AGO [°C]	SET [°C]	OTT [°C]	NOV [°C]	DIC [°C]	MEDIA ANNUA [°C]	d [°C/m]
1	AG	11,8	10,9	12,1	14,9	18,8	22,8	24,8	24,8	22,8	19,7	17,0	13,3	17,8	1/174
2	AL	1,5	4,2	8,4	11,9	17,5	21,6	23,5	22,4	17,6	12,5	6,7	1,1	12,5	1/178
3	AN	6,6	6,9	10,6	13,9	18,8	22,2	25,7	24,3	20,6	15,7	11,0	8,3	15,4	1/147
4	AO	-0,2	3,5	7,4	11,5	15,7	19,6	21,7	20,8	16,4	11,1	4,4	0,3	11,1	1/178
5	AP	4,6	5,2	8,0	12,9	17,6	20,7	23,8	23,7	18,7	13,2	10,2	4,3	13,6	1/147
6	AQ	3,0	4,3	8,1	11,0	15,9	20,8	22,4	22,3	16,8	12,6	7,8	2,7	12,4	1/147
7	AR	4,1	5,0	8,5	12,3	15,6	20,0	23,9	23,8	18,1	13,2	8,9	5,8	13,3	1/200
8	AT	-0,5	3,8	9,5	13,0	18,4	22,7	23,6	21,8	19,1	12,2	7,0	1,5	12,7	1/178
9	AV	6,6	6,4	9,2	13,2	18,5	21,6	24,0	23,8	19,3	13,8	10,5	7,1	14,5	1/147
10	BA	8,5	7,6	10,5	13,9	19,1	23,2	26,2	25,8	21,5	15,4	12,9	9,1	16,2	1/147
11	BG	2,7	5,0	8,4	11,4	16,5	21,6	22,5	21,7	17,7	12,8	7,2	3,3	12,6	1/178
12	BI	1,6	3,2	8,4	12,2	17,2	21,0	22,5	21,6	16,7	12,2	5,8	1,4	12,0	1/178
13	BL	-1,7	1,1	6,1	10,0	15,3	19,5	20,7	20,1	15,4	10,9	3,8	-0,1	10,1	1/178
14	BN	8,9	7,7	10,3	13,6	17,8	21,7	23,8	23,7	19,8	16,4	10,3	8,0	15,2	1/147
15	BO	1,3	5,4	9,6	13,6	17,7	22,2	24,8	21,6	19,3	15,6	9,3	3,8	13,7	1/200
16	BR	8,9	9,5	12,2	15,1	19,0	23,0	25,5	25,4	22,2	16,8	14,1	10,4	16,9	1/147
17	BS	3,0	3,5	8,6	12,1	17,8	21,1	22,2	22,0	18,4	13,0	7,7	3,5	12,8	1/178
18	BT	8,9	8,3	12,1	14,5	18,6	22,5	26,1	25,5	21,5	16,6	13,3	9,7	16,5	1/147
19	BZ	2,1	6,4	10,6	13,4	18,3	21,6	22,5	22,3	19,4	13,2	7,4	3,3	13,4	1/178
20	CA	9,0	9,3	11,5	13,7	19,0	22,8	24,6	24,6	20,6	17,8	13,1	10,8	16,4	1/192
21	CB	5,3	4,6	8,2	11,1	16,0	19,6	22,1	22,2	17,1	13,5	10,2	4,7	12,9	1/147
22	CE	9,5	8,5	11,2	14,3	19,0	22,7	24,8	25,3	21,4	17,7	11,4	9,6	16,3	1/147
23	CH	7,7	7,2	9,5	13,1	17,2	21,2	24,9	24,2	19,1	14,2	11,6	7,6	14,8	1/147
24	CI	9,3	9,5	10,8	12,9	18,0	21,5	23,8	24,6	21,2	18,1	12,2	9,3	16,0	1/192
25	CL	9,0	10,6	11,6	14,7	19,9	23,2	26,6	26,8	23,1	19,7	14,6	11,7	17,7	1/174
26	CN	0,4	2,3	6,8	9,6	15,4	20,1	21,9	20,1	16,0	10,9	5,4	0,6	10,8	1/178
27	CO	-0,2	3,9	8,6	11,9	17,1	20,7	22,5	19,8	17,7	11,3	7,0	3,6	12,0	1/178
28	CR	1,8	3,1	7,6	12,3	17,4	21,8	22,6	21,6	17,6	12,9	6,0	3,2	12,4	1/178
29	CS	10,0	8,6	11,6	13,7	18,1	22,3	24,8	24,3	20,4	15,8	12,3	9,2	16,0	1/147
30	CT	11,9	10,4	11,8	15,4	18,8	23,4	25,8	26,5	22,9	19,8	15,1	12,3	17,9	1/174
31	CZ	6,1	6,4	9,5	11,0	16,2	20,1	23,0	22,5	18,6	15,7	11,1	8,5	14,1	1/147
32	EN	8,5	6,7	9,1	12,7	18,2	23,3	26,1	25,4	20,7	17,9	12,4	9,3	15,9	1/174
33	FC	2,6	4,6	9,4	12,9	17,1	22,1	24,4	20,9	18,7	15,8	9,5	4,3	13,6	1/200
34	FE	1,1	4,4	8,3	12,9	18,0	22,0	24,6	23,5	19,3	15,2	8,0	3,1	13,4	1/200
35	FG	6,8	6,0	9,6	12,9	16,7	21,7	26,3	25,2	19,4	15,4	11,4	5,9	14,8	1/147
36	FI	7,2	7,7	12,1	13,8	19,7	24,1	26,3	25,8	19,9	15,4	11,6	8,2	16,0	1/200
37	FM	6,1	6,4	9,6	13,2	15,3	21,0	24,8	24,0	20,0	17,4	11,8	7,1	14,8	1/147
38	FR	7,1	8,1	11,7	14,5	18,3	22,6	24,2	23,1	19,1	15,8	10,6	8,5	15,3	1/147
39	GE	10,2	10,3	10,9	15,1	18,5	22,2	24,4	23,4	22,0	18,0	13,1	9,8	16,5	1/200
40	GO	3,3	5,3	9,1	12,8	18,4	22,1	23,4	23,0	19,2	14,5	8,6	5,4	13,8	1/178
41	GR	7,3	8,3	11,1	13,1	18,0	22,1	25,0	25,3	20,8	16,2	12,2	9,3	15,8	1/200
42	IM	10,0	8,9	12,1	14,7	17,0	21,4	23,9	24,0	22,0	18,5	14,8	10,9	16,6	1/200
43	IS	5,4	4,2	5,5	9,6	13,9	17,4	20,1	20,5	16,3	13,6	9,0	3,0	11,6	1/147
44	KR	10,5	10,9	12,0	15,2	18,7	24,5	26,3	26,9	23,0	20,2	15,5	13,0	18,1	1/147
45	LC	4,9	4,2	10,0	13,9	17,5	22,3	24,6	23,7	19,5	14,5	8,2	4,2	14,0	1/178
46	LE	10,7	9,5	11,4	14,2	17,9	23,1	24,8	24,2	20,8	17,6	15,0	10,7	16,7	1/147
47	LI	7,1	7,7	9,8	12,9	17,1	20,8	23,4	23,5	18,7	16,4	11,1	7,0	14,7	1/200
48	LO	1,6	4,7	9,6	12,8	18,6	22,6	24,3	22,8	18,0	14,3	6,6	1,7	13,2	1/178

Tabella 35: Valori delle temperature medie giornaliere secondo le nuove UNI 10349/1

Per quanto riguarda invece gli apporti termici, questi sono di tipo *interno* e *solare*, e si calcolano considerando rispettivamente i flussi termici prodotti dalle varie sorgenti termiche interne all'edificio e i flussi termici derivanti dall'irradiazione solare.

### Perdite di emissione $Q_{l,e}$

Le perdite di emissione vengono calcolate applicando la seguente formula:

$$Q_{l,e,k} = \sum_i Q_{C,nd,k} \frac{1-\eta_{e,i}}{\eta_{e,i}} \quad [1]$$

dove

- $Q_{C,nd,k}$  è il fabbisogno ideale per raffrescamento per il mese k-esimo [kWh];
- $\eta_{e,i}$  è il rendimento di emissione del terminale di erogazione i-esimo.

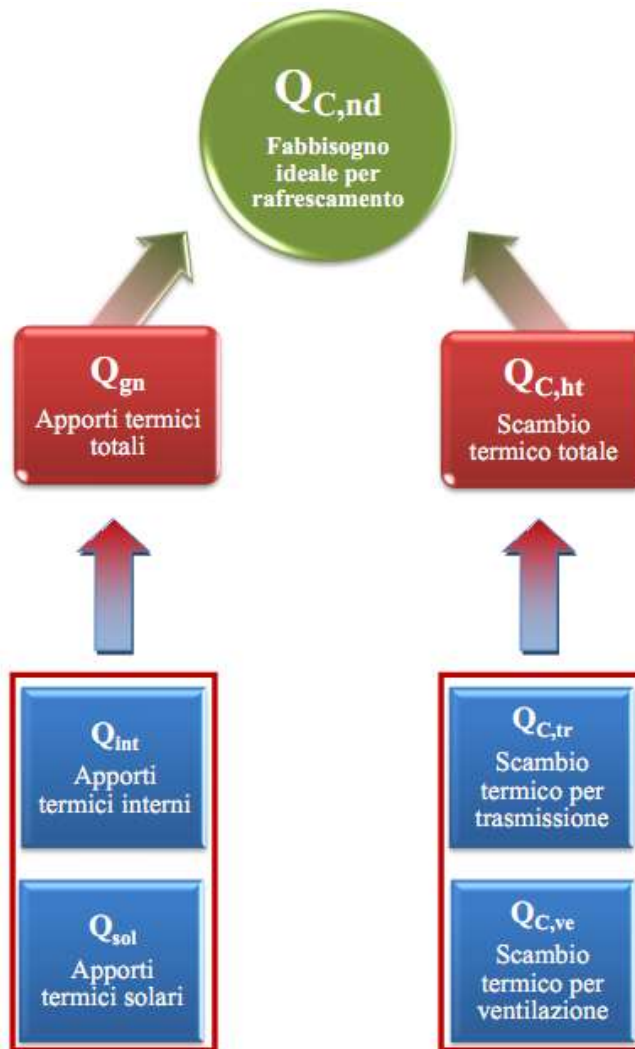


Figura 89: Componenti del fabbisogno ideale per raffrescamento

**Perdite di regolazione  $Q_{l,rg}$**

Le perdite del sottosistema di regolazione vengono calcolate applicando la seguente formula:

$$Q_{l,rg,k} = (Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k}) \frac{1-\eta_{rg,i}}{\eta_{rg,i}} \quad [2]$$

dove

- $Q_{C,nd,k}$  è il fabbisogno ideale per raffrescamento per il mese k-esimo [kWh];  $Q_{l,e,k}$  sono le perdite totale di emissioni del mese k-esimo [kWh];
- $\eta_{rg,i}$  è il rendimento di regolazione associato al terminale i-esimo.

### Perdite di distribuzione $Q_{i,d}$

Le perdite complessive di distribuzione sono date dalla somma delle perdite di tutti i circuiti di distribuzione di aria e di acqua, ossia:

$$Q_{i,d,k} = \sum_i Q_{I,da,k} + \sum_i Q_{I,dw,k} \quad [3]$$

dove per il mese k-esimo:

$Q_{I,da,k}$  sono le perdite di distribuzione nelle canalizzazioni di aria trattata [kWh];

$Q_{I,dw,k}$  sono le perdite di distribuzione nelle tubazioni di acqua refrigerata [kWh].

### Perdite di distribuzione nelle canalizzazioni d'aria

Per impianti con fluido termovettore aria le perdite da canali di distribuzione posti in ambienti non climatizzati o all'esterno sono date dalla somma delle perdite termiche per scambio di calore e le perdite energetiche di massa, dovute al strafilaggio di aria dalle canalizzazioni, e sono determinate secondo la seguente formula:

$$Q_{I,d,k} = Q_{I,d,tr,k} + Q_{I,d,m,k} \quad [4]$$

dove per il mese k-esimo:

$Q_{I,d,tr,k}$  sono le perdite di energia termica per trasmissione del calore [kWh];

$Q_{I,d,m,k}$  sono le perdite di energia termica dovute a perdite di massa [kWh].

### Perdite di distribuzione nelle tubazioni d'acqua

Ai fini del calcolo si considerano due casi:

- 1) reti di tubazioni che alimentano unità terminali ad acqua (ventilconvettori, pannelli, ecc). Qualora non siano disponibili i dati necessari per il calcolo analitico, le perdite di distribuzione si possono determinare utilizzando la seguente formula:

$$Q_{I,dw} = \left( Q_{C,nd,k} + Q_{I,e,k} + Q_{I,rg,k} \right) \frac{1 - \eta_{dw}}{\eta_{dw}} \quad [5]$$

dove:

$Q_{C,nd,k}$  è il fabbisogno ideale per raffrescamento del mese k-esimo [kWh];

$Q_{I,e,k}$  sono le perdite totali di emissione del mese k-esimo [kWh];

$Q_{I,rg,k}$  sono le perdite di regolazione del mese k-esimo [kWh];

$\eta_{dw}$  è il rendimento di distribuzione;

- 2) Circuiti che alimentano scambiatori acqua refrigerata/aria in unità di trattamento aria. In questo caso deve essere effettuato il calcolo dettagliato secondo l'appendice A della UNI/TS 11300-2:2008, in base alle caratteristiche del circuito, delle temperature dell'acqua e dell'ambiente esterno.

### Perdite di accumulo $Q_{i,d,s}$

Gli impianti di acqua refrigerata possono essere dotati di un serbatoio di accumulo, che costituisce un sottoinsieme del sottosistema di distribuzione (tubazioni). In questo caso il calcolo delle perdite totali di distribuzione deve tener conto:

delle perdite di calore del serbatoio;

delle perdite di calore del circuito di collegamento generatore – serbatoio.

La norma descrive le metodologie da applicare per il calcolo delle perdite di accumulo  $Q_{i,d,s}$ .

### Energia termica recuperata $Q_{rr}$

L'energia termica recuperata è determinata dalla:

$$Q_{rr,k} = Q_{rc,k} + Q_{crc,k}$$

ove:

$Q_{rc,k}$  è l'energia recuperata da recuperatori di calore [kWh];

$Q_{crc,k}$  è l'energia recuperata da climatizzatori con recupero di calore [kWh].

### Energia recuperata da recuperatore di calore $Q_{rc}$

Gli eventuali guadagni energetici realizzati attraverso l'utilizzo di recuperatori di calore o entalpici vanno calcolati secondo quanto riportato nella UNI EN ISO 13790. Nel caso non si disponga dei dati necessari, l'energia recuperata può essere trascurata.

### Energia recuperata da climatizzatori con recupero di calore (totale o parziale) $Q_{crc}$

Il recupero energetico realizzato mediante climatizzatori dotati di sistema di recupero di calore parziale o integrale (condensatori ausiliari o desurriscaldatori) deve essere considerato unicamente se l'energia termica recuperata è utilizzata per il post-riscaldamento in batterie di trattamento dell'aria. In questo caso l'energia recuperata deve essere ricavata conoscendo (da progetto) i fabbisogni di post-riscaldamento dell'aria.

#### 5.4.8 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER TRATTAMENTI DELL'ARIA $Q_V$

Qualora sia presente un impianto di ventilazione meccanica il fabbisogno di energia termica dell'edificio per climatizzazione estiva è dato dalla somma di fabbisogno effettivo per raffrescamento  $Q_{Cr}$  e dal fabbisogno di energia termica per trattamento dell'aria  $Q_V$ .

Il calcolo dei fabbisogni per trattamento dell'aria  $Q_V$ , con riferimento alla configurazione classica di un'unità di trattamento aria a tre batterie con umidificazione di tipo adiabatico ed assumendo per le condizioni dell'ambiente interno una temperatura di 26°C e 50% di umidità relativa nel funzionamento estivo, deve essere effettuato per ogni mese della stagione di climatizzazione estiva utilizzando la seguente formula:

$$Q_{V,k} = Q_{V,m,h} q h_g \quad [6]$$

dove per il mese k-esimo:

$(Q_{V,m,h})_k$  è il fabbisogno specifico orario medio dovuto per trattamento dell'aria [kJ/kg];

$h_k$  è il numero di ore del mese;

$q$  è la portata dell'aria di ventilazione [kg/s] ricavata dalla UNI/TS 11300-1.

Ai fini del calcolo di  $Q_{C,P}$  il fabbisogno orario medio per trattamento dell'aria  $Q_{V,m,h}$  è calcolato mediante la funzione:

$$Q_{V,m,h} = 1,3615 H_k - 58,54$$

dove  $H_k$  è l'entalpia dell'aria esterna per il mese k-esimo [kJ/kg]. Nell'appendice F della UNI/TS 11300-3 si riporta il metodo di calcolo dei fabbisogni per trattamento dell'aria in condizioni di funzionamento diverse da quelle di riferimento.

#### 5.4.9 FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER GLI AUSILIARI DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE $Q_{aux}$

Il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione è calcolato con la seguente formula:

$$Q_{aux,k} = Q_{aux,e,k} + Q_{aux,d,k} + Q_{aux,gn,k} \quad [7]$$

dove per il mese k-esimo:

$Q_{aux,e,k}$  è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione [kWh];

$Q_{aux,d,k}$  è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione [kWh];

$Q_{aux,gn,k}$  è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione [kWh].

#### Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione $Q_{aux,e}$

Nel caso di terminali di erogazione con ventilatore, il fabbisogno di energia elettrica nel periodo di tempo considerato si calcola come segue.

##### a) Unità con ventilatore sempre in funzione

$$Q = \Phi_{\sum V_n} h_k$$

dove:

$\Phi_{\sum V_n}$  è la potenza nominale della somma dei ventilatori [kW];

$h_k$  è il numero di ore del mese k-esimo [h].

##### b) unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata:

$$Q_{aux,e,k} = \frac{\vartheta_{e,k} - \vartheta_{int,set}}{\vartheta_{des} - \vartheta_{int,set}} \Phi_{\sum V_n} h_k$$

dove:

$\vartheta_{e,k}$  è la temperatura esterna media del mese k-esimo [°C];

$\vartheta_{int,set}$  è la temperatura interna di regolazione [°C];

$\vartheta_{des}$  è la temperatura di progetto, definita per il capoluogo di provincia dalla UNI 10349 [°C];

$\Phi_{\sum V_n}$  è la potenza nominale della somma dei ventilatori [kW];

$h_k$  è il numero di ore del mese k-esimo [h].

#### Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione $Q_{aux,d}$

Nei sistemi di climatizzazione estiva si possono avere, alternativamente o in combinazione, reti di distribuzione acqua e reti di distribuzione aria. Pertanto, i fabbisogni di energia elettrica del sottosistema di distribuzione sono determinati come segue:

$$Q_{aux,d,k} = Q_{aux,PO,k} + Q_{aux,vm,k}$$

dove:

$Q_{aux,PO,k}$  sono i fabbisogni elettrici di pompe a servizio di tubazioni d'acqua per il mese  $k$ -esimo, determinati secondo la metodologia indicata dalla UNI/TS 11300-2, cioè:

$$Q_{aux,PO,k} = 10^{-3} t_{PO} F_v W_{PO,d}$$

dove:

- $W_{PO,d}$  è la potenza elettrica della pompa nelle condizioni di progetto [W];
- $t_{PO}$  è il tempo convenzionale di attivazione della pompa e si assume pari a: [h]:
- $t_{PO} = FC \times t_{gn}$  nel caso in cui è previsto l'arresto della pompa alla fermata del generatore durante il tempo di attivazione dello stesso,
- $t_{PO} = t_{gn}$  nel caso in cui la pompa sia sempre in unzione durante il tempo di attivazione del generatore;
- $F_v$  è un fattore che tiene conto della variazione di velocità della pompa (pari a 1 per pompa a velocità costante e pari a 0,6 per pompa a velocità variabile).

Si deve effettuare il calcolo per ciascuna pompa presente nella rete e sommare i fabbisogni elettrici risultanti.  $Q_{aux,vn,k}$  sono i fabbisogni elettrici di ventilatori a servizio di reti di distribuzione d'aria, determinati attraverso la seguente formula:

$$Q_{aux,vn,k} = F_k \Phi_k \sum V_n h$$

ove:

- $F_k$  è il fattore medio di carico della macchina frigorifera per il mese  $k$ -esimo;
- $\Phi_{\sum vn}$  è la potenza nominale della somma dei ventilatori [kW];
- $h_k$  è il numero di ore del mese  $k$ -esimo [h].

Le potenze elettriche delle elettropompe e degli elettroventilatori devono essere ottenute dal progetto, da rilievi o da misure in campo.

### **Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione $Q_{aux,gn}$**

Ai fini del calcolo del fabbisogno di energia elettrica gli ausiliari del sottosistema di produzione devono essere distinti in:

- ausiliari integrati nella macchina, ovvero dispositivi montati dal fabbricante all'interno della macchina frigorifera, le cui potenze sono comprese nelle prestazioni generali della macchina stessa;*
- ausiliari esterni, ovvero dispositivi non compresi nella macchina frigorifera ma necessari per il suo funzionamento che determinano i fabbisogni elettrici degli ausiliari del sottosistema di produzione  $Q_{aux,gn}$ .*

Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari di produzione si calcola come segue:

$$Q_{aux,gn,k} = F_k \Phi \sum aux, gn, nh_k$$

dove:

- $F_k$  è il fattore medio di carico della macchina frigorifera per il mese  $k$ -esimo;
- $\Phi_{\sum aux,gn,n}$  è la potenza nominale della somma degli ausiliari esterni [kW];
- $h_k$  è il numero di ore del mese  $k$ -esimo [h].



A seconda del tipo di condensatore della macchina frigorifera, i fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari esterni  $Q_{aux,gn}$  sono dati:

- in unità di produzione con condensazione ad aria, dall'elettroventilatore del condensatore;
- in sistemi con condensazione ad acqua di falda od acqua superficiale, dalla pompa di circolazione dell'acqua nel condensatore;
- in sistemi di condensazione evaporativi, dal ventilatore e dall'elettropompa di circolazione.

Le potenze dei motori elettrici e le modalità di funzionamento possono essere ottenute da dati di progetto, da dati forniti dal costruttore o da misure in campo.

#### 5.4.10 EFFICIENZA DI GENERAZIONE

##### Prestazioni delle macchine frigorifere ai carichi parziali

Le prestazioni delle macchine frigorifere dipendono non solo dai livelli operativi (condensazione ed evaporazione) e della configurazione impiantistica scelta, ma anche dall'andamento del fabbisogno dell'edificio. Per tener conto della variazione degli assorbimenti elettrici in funzione delle variazioni climatiche e/o delle condizioni al contorno e del grado di parzializzazione della macchina, si fa riferimento al prEN 14825:2008, che stabilisce che i costruttori forniscano i coefficienti di prestazione (*Energy Efficiency Ratio* - EER) delle macchine in condizioni di riferimento. Le condizioni di riferimento, riportate in *Tabella 36*, sono relative alle temperature di esercizio ed ai fattori di carico  $F$ , che indicano il rapporto tra la quantità di energia termica erogata nel periodo considerato ed il valore massimo dell'energia erogabile dalla macchina frigorifera nello stesso periodo.

Tipologia	Aria-aria	Acqua-aria		Aria-acqua		Acqua-acqua			
		T aria esterna bulbo secco (°C)	T aria interna bulbo secco / bulbo umido (°C)	T acqua di condensazione in ingresso / in uscita della torre evaporativa (°C)	T aria interna bulbo secco / bulbo umido (°C)	T aria esterna bulbo secco (°C)	T acqua refrigerata in ingresso / in uscita dei ventilcon vettori (°C)	T acqua di condensazione in ingresso / in uscita della torre evaporativa (°C)	T acqua refrigerata in ingresso / in uscita dei ventilcon vettori (°C)
1	100%	35	27/19	30/35	27/19	35	12/7	30/35	12/7
2	75%	30	27/19	26/*	27/19	30	*/7	26/*	*/7
3	50%	25	27/19	22/*	27/19	25	*/7	22/*	*/7
4	25%	20	27/19	18/*	27/19	20	*/7	18/*	*/7

\* temperatura determinata dalla portata d'acqua a pieno carico

Tabella 36– Condizioni di riferimento per le prove ai carichi parziali

Conoscendo i valori di EER forniti dai costruttori, si costruisce la curva di funzionamento della macchina a carichi parziali, ovvero la curva che descrive l'andamento dei valori di EER di una macchina frigorifera in funzione del fattore di carico  $F$ . I valori di EER per fattori di carico inferiori al 25% vengono determinate come segue:

##### 1. Unità aria-aria e acqua-aria:

- 20% EER = 0,94 x EER4
- 15% EER = 0,85 x EER4
- 10% EER = 0,73 x EER4
- 5% EER = 0,50 x EER4
- 2% EER = 0,26 x EER4
- 1% EER = 0,14 x EER4

## 2. Unità Aria-acqua e Acqua-acqua:

- 20% EER = 0,95 x EER4
- 15% EER = 0,94 x EER4
- 10% EER = 0,87 x EER4
- 5% EER = 0,71 x EER4
- 2% EER = 0,46 x EER4
- 1% EER = 0,29 x EER4

La curva così ottenuta è utilizzata per ottenere valori di EER corrispondenti a fattori di carico diversi da quelli di riferimento (100%, 75%, 50%, 25%), da utilizzare per il calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile  $\eta_{mm}$ .

Qualora le macchine frigorifere non possano operare con gradi di parzializzazione corrispondenti alle condizioni di riferimento, è possibile calcolare l'EER a condizioni di riferimento con il metodo di calcolo descritto nel prEN 14825:2008. Alternativamente, in caso il calcolo non sia possibile per mancanza dei dati necessari, ai fini del calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile  $\eta_{mm}$  si utilizzano i valori ottenuti a pieno carico (forniti dai costruttori) opportunamente corretti con i coefficienti di correzione  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6$  e  $\eta_7$  descritti in seguito.

Analogamente anche per macchine già installate di cui non sia possibile conoscere i valori di EER a carico parziale, ai fini del calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile  $\eta_{mm}$  si utilizzano i valori ottenuti a pieno carico (forniti dai costruttori), e anche in questo caso si effettua una correzione con i coefficienti di correzione  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6$  ed  $\eta_7$ .

Per considerare condizioni di funzionamento della macchina frigorifera diverse da quelle di riferimento (per esempio una temperatura diversa da 27°C dell'aria interna per le macchine aria-aria, oppure un salto termico all'evaporatore delle macchine acqua-acqua diverso da 12-7°C) o anche per tener conto di una diversa temperatura dell'aria esterna nel caso di macchina raffreddata ad aria, ecc., è possibile utilizzare una serie di prospetti dove sono indicate le variazioni percentuali ( $\eta_1$ ) rispetto alle prestazioni nominali di riferimento per le quattro macro tipologie di macchine frigorifere (Aria-Acqua, Acqua-Acqua, Aria-Aria, acqua-Aria).

Analogamente, devono essere presi in considerazione i coefficienti correttivi dei dati di potenza resa ed assorbita dovuti alle perdite di carico di tubazioni frigorifere (sistemi split), tubazioni acqua (sistemi idronici), condotti aria (canalizzati), ecc. (coefficienti  $\eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6$  e  $\eta_7$ )

### Calcolo del Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)

Per fini diversi dal calcolo di  $Q_{C,P}$  può essere calcolato anche il Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER), uno strumento utile per confrontare le prestazioni medie stagionali di diverse macchine frigorifere. L'indice SEER di riferimento consiste nella media pesata dei valori dei singoli EER a diverse condizioni operative, essendo i pesi i relativi tempi di funzionamento definiti convenzionalmente secondo la *Tabella 37* in funzione della tipologia di macchina.

Prova	Carico parziale	Tipologia			
		Aria-aria	Acqua-aria	Aria-acqua	Acqua-acqua
a	100%	4%	4%	3%	3%
b	75%	26%	26%	33%	33%
c	50%	40%	40%	41%	41%
d	25%	30%	30%	23%	23%

*Tabella 37: Tempi di funzionamento della macchina frigorifera a diverse condizioni operative*

In base alla tipologia di macchina considerata, l'indice SEER viene calcolato applicando la seguente formula:

$$SEER = \frac{1}{\frac{a}{EER1} + \frac{b}{EER2} + \frac{c}{EER3} + \frac{d}{EER4}}$$

dove:

*a, b, c, d* sono i tempi di funzionamento convenzionalmente fissati per i diversi carichi della macchina frigorifera;

*EER1, EER2, EER3, EER4* sono gli indici di efficienza misurati alle condizioni operative 1, 2, 3 e 4.

Il SEER di riferimento calcolato è un utile strumento per il confronto energetico tra macchine diverse o per una prima valutazione approssimata dei consumi di energia in mancanza di dati più dettagliati sulle richieste di energia frigorifera da parte dell'utenza.

#### 5.4.11 COEFFICIENTE DI PRESTAZIONE MEDIO MENSILE DEL SISTEMA DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA FRIGORIFERA

Il coefficiente medio di prestazione mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera  $\eta_{mm}$  viene determinato applicando la seguente formula di calcolo, da ripetersi per tutti i mesi della stagione di climatizzazione estiva:

$$\eta_{mm,k} = EER(F_k) \eta_1(F_k) \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5 \eta_6 \eta_7$$

dove per il mese k-esimo:

*F<sub>k</sub>* è il fattore di carico medio mensile, calcolato come rapporto tra la quantità di energia termica richiesta per il raffreddamento e la ventilazione ( $Q_{Cr} + Q_v$ ) nel mese k-esimo ed il valore massimo dell'energia erogabile dalla macchina frigorifera nello stesso mese (ovvero:  $h \times \Phi_n$ , dove *h* è il numero di ore mensili e  $\Phi_n$  la potenza nominale della macchina frigorifera);

*EER(F<sub>k</sub>)* è il rapporto di efficienza energetica ottenuto in corrispondenza del fattore di carico *F<sub>k</sub>*, e ricavabile per interpolazione dalle curve degli EER costruite secondo quanto indicato al paragrafo precedente;

*η<sub>1</sub>(F<sub>k</sub>)* è il coefficiente correttivo ottenuto in corrispondenza del fattore di carico *F<sub>k</sub>*, e ricavabile per doppia interpolazione dai prospetti nell'appendice C della UNI/TS 13000-3;

*η<sub>2</sub>, η<sub>3</sub>, η<sub>4</sub>, η<sub>5</sub>, η<sub>6</sub>, η<sub>7</sub>* sono i coefficienti correttivi ricavabili dai prospetti riportati nell'appendice D della UNI/TS 13000-3.

Si conoscono a questo punto tutti gli elementi necessari per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva  $Q_{C,P}$ .

#### 5.4.12 FABBISOGNO EFFETTIVO DI ENERGIA TERMICA PER RAFFRESCAMENTO

Per determinare il fabbisogno effettivo per raffrescamento si applica la seguente formula per ogni mese della stagione di climatizzazione estiva:

$$Q_{Cr,k} = Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k} + Q_{l,rg,k} + Q_{l,d,s,k} - Q_{rr,k}$$

dove per il mese k-esimo:

*Q<sub>C,nd,k</sub>* è il fabbisogno ideale dell'edificio [kWh];

*Q<sub>l,e,k</sub>* sono le perdite totali di emissione [kWh];

*Q<sub>l,rg,k</sub>* sono le perdite totali di regolazione [kWh];

*Q<sub>l,d,k</sub>* sono le perdite totali di distribuzione [kWh];

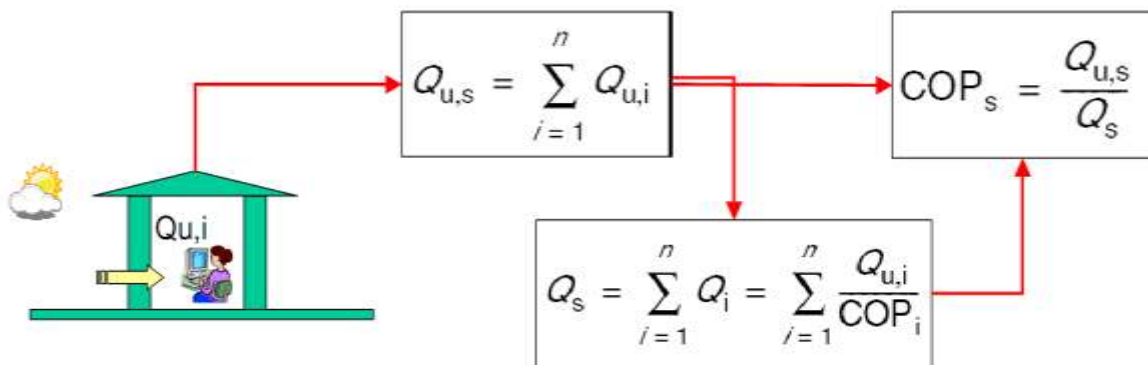
$Q_{l,d,s,k}$  sono le perdite totali dei serbatoi di accumulo inerziale [kWh];

$Q_{rr,k}$  è l'energia termica recuperata [kWh].

Il fabbisogno ideale per raffrescamento è determinato secondo la procedura di calcolo descritta nel punto 5.1 della UNI/TS 11300-1:2008. Qualora sia presente un'unità di trattamento dell'aria, nella suddetta formula il valore di  $Q_{C,ve}$  deve essere posto uguale a zero.

#### 5.4.13 RENDIMENTO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Con riferimento alla *Figura 90* si ha lo schema di calcolo dell'efficienza stagionale.



*Figura 90: Schema di calcolo dell'efficienza stagionale*

Si definiscono:

$Q_{u,i}$  energia fornita dalla macchina nell'intervallo di tempo pari al fabbisogno energetico dell'edificio;

$Q_{u,s}$  energia fornita dalla macchina nell'intera stagione;

$COP_i$  coefficiente di prestazione medio nell'intervallo di tempo (da orario a mensile);

$Q_i$  energia consumata dalla macchina nell'intervallo di tempo;

$Q_s$  energia consumata dalla macchina nell'intera stagione;

$COP_s$  coefficiente di prestazione medio stagionale.

Se definiamo:

$EER_R$  il coefficiente di prestazione a potenza termica ridotta;

$EER_A$  il coefficiente di prestazione a piena potenza;

$Q_{CR}$  l'energia frigorifera effettivamente fornita all'edificio;

$Q_{CA}$  l'energia massima che la macchina può fornire nello stesso intervallo di tempo.

Definite:

$$Y = \frac{EER_R}{EER_A} \qquad X = \frac{Q_{CR}}{Q_{CA}}$$

allora si ha il diagramma di *Figura 91*.

Il rendimento energetico del sistema edificio - impianto è il rapporto fra l'energia termica fornita nell'arco della stagione all'ambiente da climatizzare (negativa, cioè sottratta, nel caso di ciclo frigorifero) e l'energia consumata per questo scopo.

Nel caso di macchine con compressore azionato elettricamente, l'energia "consumata" viene espressa come kWh (elettrici), facilmente trasformabile, poi, in energia primaria. La norma consente di stimare a priori il consumo stagionale di macchine, come i climatizzatori direttamente dalle condizioni climatiche.

Abbiamo un utilissimo strumento, l'EER –Energy Efficiency Ratio – [kW/kW] che esprime il rapporto fra la potenza (termica) resa e quella (elettrica) assorbita in raffrescamento.

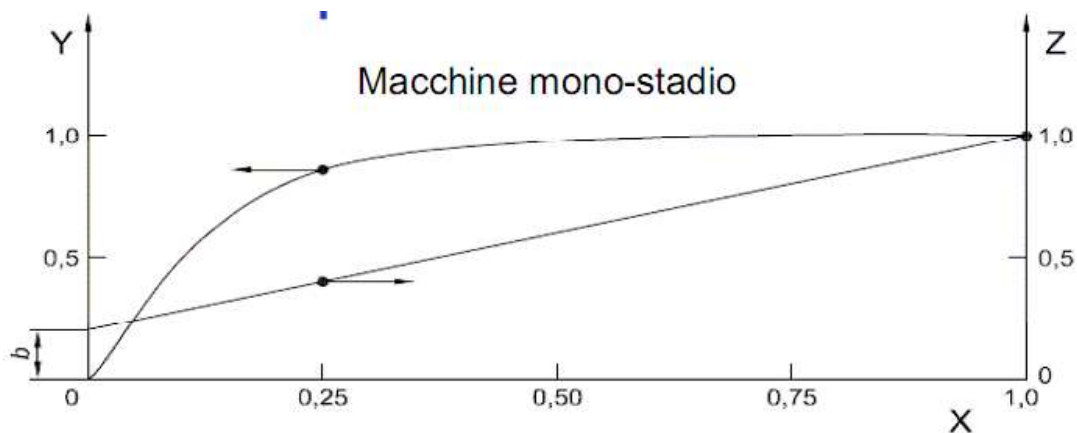


Figura 91: Andamento delle prestazioni a potenza ridotta

Questo rapporto, però, è un dato istantaneo, e per il nostro scopo occorre integrarlo per tutto il periodo di funzionamento stagionale (o meglio, mensile).

L'EER, caratteristica propria di ogni unità di climatizzazione, varia con la temperatura ambiente, ma fortunatamente le variazioni di temperatura (e di EER) in estate sono sufficientemente lente, e ristrette in un campo limitato, comunque tali da permetterci di assumere la media mensile come l'EER delle temperature medie mensili, senza introdurre errori significativi.

Giacché anche il calcolo del fabbisogno termico dell'edificio –11300-1 –viene sviluppato su base mensile, possiamo utilizzare una procedura alquanto semplificata per calcolare i consumi mensili:

$$\begin{aligned} \text{EER} &= P_r / P_a \\ \text{Eff}_m &= E_{r_m} / E_{a_m} \\ E_{a_m} &= E_{r_m} / \text{Eff}_m \end{aligned}$$

L'efficienza stagionale si trova dividendo il fabbisogno stagionale "corretto" per il consumo totale stagionale. Il fabbisogno stagionale "corretto" è dato dalla somma dei fabbisogni mensili "corretti".

Il fabbisogno mensile "corretto" si ottiene aggiungendo al fabbisogno mensile calcolato dell'edificio le perdite dovute all'impianto: ai sistemi di controllo clima (termostati, ...), ai terminali (fan-coils, ...), ai sistemi di distribuzione esterni agli ambienti climatizzati (canali aria o tubazioni acqua, ...). Il metodo di calcolo del fabbisogno mensile dell'edificio si trova nella parte 1° (UNI/TS 11300-1:2008). Se del caso (es. ambienti commerciali), il fabbisogno va ulteriormente "corretto" aggiungendo i carichi termici dovuti alla ventilazione, sia come carico sensibile (raffrescamento), che come latente (deumidificazione).

Si trovano quindi i consumi stagionali totali sommando quelli mensili totali. I consumi mensili totali sono dati dai consumi mensili delle unità di climatizzazione (cicli frigoriferi) ai quali vanno aggiunti quelli degli apparati ausiliari (ventilatori, pompe, etc.). I consumi mensili dei climatizzatori si trovano dividendo i fabbisogni mensili per l'EER mensile.

L'EER mensile si ricava dal grafico di Figura 92 in corrispondenza del fattore di carico % mensile. Il fattore di carico % mensile si trova dividendo il fabbisogno mensile (calcolato sulle 24 ore giornaliere) per la capacità a pieno carico mensile (calcolata sulle 24 ore di funzionamento come potenza resa a pieno carico moltiplicata per il numero di ore del mese)

Il grafico si ottiene congiungendo i 4 punti che rappresentano i valori di EER al 25%, al 50%, al 75%, a pieno carico (o altri valori secondo quanto previsto dal prEN14825).

I dati di EER a queste % del fattore di carico sono però ottenuti, secondo la norma, a particolari condizioni climatiche, che in generale non coincidono con quelle delle temperature medie mensili “*actual*”, cioè dell’edificio/località in questione.

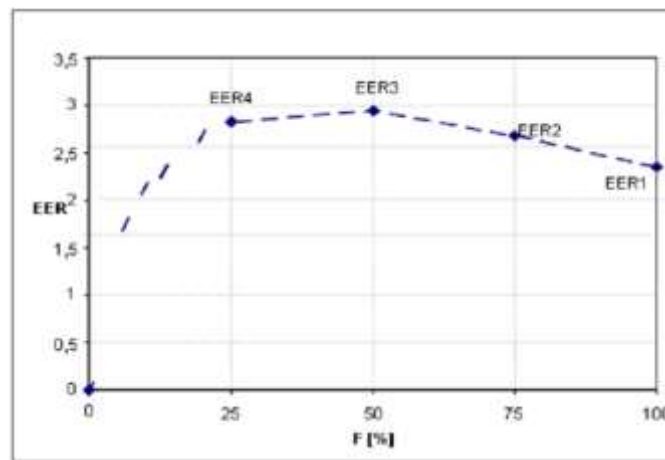


Figura 92: EER mensile in corrispondenza del fattore di carico % mensile

Si utilizzano allora opportuni fattori correttivi, per ogni EER “*parzializzato*” per tener conto delle reali condizioni di funzionamento e climatiche locali. Gli EER devono essere corretti, poi, anche per tener conto delle condizioni dello specifico impianto (deviazioni rispetto allo standard normativo delle temperature di utilizzo, dei salti termici/portate acqua o aria, etc.). Si possono allora calcolare i consumi mensili delle unità PdC usando la formula inversa dell’EER:

$$EER = Pr / Pa$$

$$Eff_m = Er_m / Ea_m$$

$$Ea_m = Er_m / Eff_m$$

Sommandovi i consumi delle apparecchiature ausiliarie (normalmente fissi, poiché non dipendono dalle condizioni climatiche), si possono ottenere i consumi mensili totali.

A questo punto si possono calcolare anche i consumi totali stagionali. Dividendo il fabbisogno termico stagionale corretto per il consumo stagionale totale si ottiene l’efficienza stagionale. Il consumo totale stagionale, “elettrico”, moltiplicato per l’apposito fattore correttivo indicato periodicamente dall’autorità competente, permette di ottenere il fabbisogno stagionale di energia primaria.

La norma prEN 14825 definisce l’indice **SEER** (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) utilizzando i dati delle 4 prove secondo quanto sopra specificato.

## 5.5 APPLICAZIONE DELLA NORMA UNI TS 11300/4:2016

La norma UNI TS 11300/4 è stata emanata originariamente nel 2012 ma è stata aggiornata nel 2016. La **UNI/TS 11300-4** calcola il fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso vi siano sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili o con metodi di generazione diversi dalla combustione a fiamma di combustibili fossili trattata nella UNI/TS 11300-2:2014.

Si considerano i seguenti **sottosistemi** per produzione di energia termica e/o elettrica:

- *impianti solari termici;*
- *generatori a combustione alimentati a biomasse;*
- *pompe di calore;-*
- *impianti fotovoltaici;*

*cogeneratori.*

Sono inoltre considerate le sottostazioni di teleriscaldamento.

L'applicazione di questa norma è rinviata al **Volume 6°** sulle Fonti Energetiche Rinnovabili vista la stretta connessione fra la conoscenza delle FER e l'applicazione della stessa norma.

Lo scopo di questa norma è di calcolare l'energia primaria rinnovabile che va ridurre il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile. Alla luce del nuovo decreto sui requisiti minimi degli edifici, DM 26/06/2016, la verifica energetica viene effettuata sull'energia primaria totale e pertanto l'energia rinnovabile entra pienamente nel calcolo. Per la verifica energetica si ha un beneficio diretto in quanto riducendo l'energia primaria non rinnovabile si ha un miglioramento della classe energetica.

Inoltre l'utilizzo di FER incrementa la quota rinnovabile (QR) indicata dal D.Lgs 28/2011 quale parametro da verificare, unitamente alla potenza elettrica prodotta da FER (vedi capitolo per il D.Lgs 28/2011).

#### 5.5.1 AGGIORNAMENTO DELLA UNI TS 11300/4:2016

L'aggiornamento del 2016 riguarda il paragrafo 9.4.4.2 *Fattore correttivo del COP in base al fattore di carico CR per pompe di calore a compressione ed azionamento elettrico.*

Il fattore correttivo si determina in base ai dati dichiarati secondo la UNI EN 14825 come specificato nel punto 9.11 quando siano forniti i dati di cui al punto 9.12.1. In mancanza di tali dati si procede come segue:

*Per le pompe di calore a potenza fissa con funzionamento "on/off" si utilizzano le equazioni della UNI EN 14825 con i relativi valori delle equazioni specificate della UNI EN 14825 qui di seguito riportate.*

*Pompe di calore aria/aria, antigelo/aria, acqua/aria:*

$$\text{COP}_{A,B,C,D} = \text{COP}_{DC} \times (1 - C_d \times (1 - CR)) \quad (1)$$

*Pompe di calore aria/acqua, antigelo/acqua, acqua/acqua:*

$$\text{COP}_{A,B,C,D} = \text{COP}_{DC} \times CR / ((1 - C_c) + CR \times C_c) \quad (2)$$

*dove:*

- *COP A,B,C,D COP nelle condizioni A, B, C, D secondo UNI EN 14825;*
- *COP<sub>DC</sub> COP a pieno carico dichiarato nelle condizioni di temperatura a cui sono riferite le prestazioni a carico parziale;*
- *C<sub>c</sub> Fattore di correzione dichiarato. In mancanza di tale dato si assume 0,9;*
- *C<sub>d</sub> Fattore di correzione dichiarato. In mancanza di tale dato si assume 0,25;*
- *CR Fattore di carico macchina (capacity ratio).*

Per le pompe di calore a gradini come definite dalla UNI EN 14825 si utilizzano le stesse equazioni con le modalità specificate nella UNI EN 14825.

Per le pompe di calore a potenza variabile, in mancanza dei dati previsti dalla UNI EN 14825, si assume un coefficiente correttivo pari a 1 sino al fattore di carico CR = 0,5 (o sino al valore minimo di modulazione se questo è diverso da 0,5) e al di sotto di tale valore CR si procede come al punto 1.

#### 5.5.2 PROCEDURE DELLA NORMA UNI TS 11300/4

Le procedure di calcolo analizzate, per ogni sistema di generazione, portano a risultati che possono essere utilizzati ai seguenti scopi:

- *valutare il rispetto di obiettivi energetici imposti da normative vigenti;*



- *confrontare le prestazioni energetiche di varie alternative impiantistiche;*
- *valutare il risparmio di energia conseguibile con interventi sugli impianti;*
- *valutare il risparmio di energia primaria nell'uso di energie rinnovabili piuttosto che metodi di generazione tradizionali.*

La specifica tecnica si può applicare a impianti di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti per riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria ed energia termica destinata a soddisfare i fabbisogni per climatizzazione estiva (post-riscaldamento o energia termica da fornire ad unità ad assorbimento).

I parametri per la valutazione delle prestazioni energetiche, previsti dalla norma, sono il fabbisogno di energia primaria, con il contributo di essa fornito da ciascun vettore energetico, e la produzione globale di CO<sub>2</sub>, anch'essa con attribuzione frazionale al singolo vettore energetico.

I fabbisogni di energia termica utile e le perdite d'impianto, ad eccezione delle perdite dovute alla generazione, si calcolano secondo le parti precedenti della medesima norma, in modo che l'energia richiesta in ingresso alla distribuzione  $\sum Q_{H,W,d,in,mese}$  sia proprio uguale all'energia termica che il sistema di generazione deve rendere disponibile  $\sum Q_{H,W,gn,out,mese}$ .

$$\sum Q_{H,W,gn,out,mese} = \sum Q_{H,W,d,in,mese}$$

Nel caso di sistemi multipli, ovvero costituiti da più sottosistemi di generazione, quelli che producono energia termica da fonte rinnovabile hanno la priorità rispetto a quelli tradizionali a combustibili fossili. Il principio base è comunque quello di ottimizzare il consumo di energia primaria tenendo conto della ripartizione del carico che deve mediare esigenze di rendimenti e caratteristiche dei singoli generatori. Avremo quindi il solare termico come fonte di assoluta priorità, in quanto pulita e a impatto nullo, seguita dai sistemi di cogenerazione, che lavorano ad alti rendimenti, per poi passare alla combustione di biomasse, alle pompe di calore e ai generatori a fonti fossili.

### 5.5.3 FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA

La norma, come si vedrà nei prossimi paragrafi, permette quindi di valutare le prestazioni energetiche delle varie sottostazioni, in diverse condizioni ambientali e di carico. Si possono ottenere i rendimenti di generazione, che in generale hanno la seguente relazione:

$$\eta_i = (Q_{gn,ter,out,i} + f_{p,el} Q_{gen,el,out,i}) / (f_{p,i} Q_{gn,in,i} + f_{p,el} Q_{el,aux,i})$$

La formula mostra che la resa di un sottosistema di generazione si ottiene come rapporto tra le energie utili prodotte (termiche ed elettriche) e quelle spese in ingresso (combustibili e fabbisogno di ausiliari). Il coefficiente  $f_{p,el}$  rappresenta il fattore di conversione<sup>46</sup> in energia primaria dell'energia elettrica. Questo e gli altri fattori di conversione sono riportati in tabella.

Vettore energetico	Fattore $f_p$
Energia elettrica	Valore dichiarato dall'AEEG
Energia da combustibili fossili	1
Energia solare	0
Energia da combustione di biomasse	0
Energia termica da teleriscaldamento	Valore dichiarato dal fornitore
Energia termica utile esportata	$f_{p,H,exp} = 1/\eta_{p,g}$

Tabella 38: Valore del fattore di conversione in energia primaria per tipo di vettore energetico

<sup>46</sup> Si ricorda che il DM 26/06/2015 e la nuova UNI TS 11300/5:2016 hanno aggiornato i fattori di energia primaria.

Come visto nei riferimenti legislativi riportati nell'introduzione, le disposizioni normative prevedono la copertura di percentuali definite del fabbisogno di energia primaria con fonti rinnovabili  $f_{EP,rinn}$ .

Tali disposizioni, fin ora riferite al solo servizio di produzione di acqua calda sanitaria, saranno presto estese anche ai servizi di climatizzazione per abitazioni e quindi presentano un'importanza e un peso (soprattutto tecnico-economico) molto importanti.

La verifica del grado di copertura del fabbisogno di energia primaria si effettua secondo la seguente procedura.

- si calcola il fabbisogno di energia primaria in assenza di fonti rinnovabili  $EP_{nr}$ , ovvero solo relativo a generatori a fonti fossili o, nel caso di energia elettrica, considerando l'acquisto dalla rete;
- si calcola il fabbisogno di energia primaria  $EP_{rinn}$  in presenza del contributo fornito dai sottosistemi di generazione con fonti rinnovabili;
- si valuta il grado di copertura  $f_{EP,rinn}$  con la seguente relazione:

$$f_{EP,rinn} = (EP_{nr} - EP_{rin}) / EP_{nr}$$

#### 5.5.4 VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO2

La produzione di anidride carbonica per vettore energetico si calcola come:

$$M_{CO_2,i} = Q_i \cdot k_{em,i} \quad [kg CO_2]$$

in cui:

- $M_{CO_2,i}$  è la massa di CO<sub>2</sub> prodotta dall'i-esimo vettore energetico espresso in [kg CO<sub>2</sub>];
- $k_{em,i}$  è la produzione specifica di CO<sub>2</sub> dell'i-esimo vettore energetico espresso in [kgCO<sub>2</sub>/kWh].

La norma in esame fornisce anche i fattori di emissione di CO<sub>2</sub> per i vettori energetici più comuni.

Vettore energetico	$k_{em,i}$ [kgCO <sub>2</sub> /kWh]
Gas naturale	0.1998
GPL	0.2254
Gasolio	0.2642
Olio combustibile	0.2704
Biomasse	0
Energia elettrica	0.4332
Energia termica da teleriscaldamento	Valore dichiarato da fornitore

Tabella 39: : Valore del fattore di emissione di CO<sub>2</sub> per tipo di vettore energetico

#### 5.5.5 APPLICAZIONE ALLE TIPOLOGIE DI IMPIANTI FER

La norma prevede capitoli specifici per le tipologie di impianti ad energia rinnovabile, FER, considerati. Per essi si rimanda al Vol. 6°

Si fa presente che non sono presi in considerazione gli impianti eolici anche se il DM 26/06/2015 e il D.Lgs 28/2011 li considerano fra le FER utilizzabili.

**5.6 NORMA UNI TR11552:2014 – ABACO DELLE STRUTTURE**

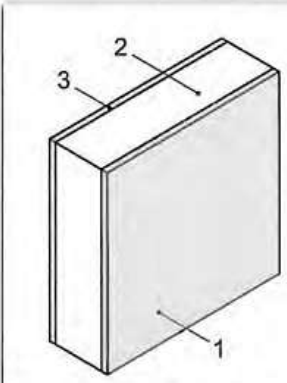
L’abaco delle strutture è stato scorporato dalle nuove UNI TS 11300:2014, mentre prima era incluso nell’appendice B della UNI TS11300/1 del 2008. Esso è stato inserito nella nuova norma **UNI TR 11552:2014**. In quest’abaco sono riportate numerose strutture di riferimento per pareti verticali, soffitti e pavimenti, già pronte per l’utilizzo nei calcoli.

I programmi di calcolo commerciali aggiornati fanno riferimento anche a quest’abaco per la selezioni dei componenti edilizi. Naturalmente nei calcoli è sempre possibile utilizzare strutture personalizzate non comprese fra quelle proposte dall’abaco.

Naturalmente l’abaco non contiene tutte le pareti utilizzate in ambito nazionale. Queste dipendono, ovviamente, anche dalle modalità costruttive del luoghi. Così, ad esempio, in Sicilia si hanno diverse tipologie di pareti a seconda delle province. Ad esempio, a Palermo si costruisce con pareti piene mentre a Catania si costruisce con doppia parete ed intercapedine d’aria che può anche essere utilizzata per l’isolante termico.

**5.2 Pareti in laterizio pieno**

MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1]



Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1 Intonaco interno	2	1400	1000	0,700	-
2 Mattoni pieni	12-64	1800	1000	0,720	-
3 Intonaco esterno	2	1800	1000	0,900	-
Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]		$\kappa_i$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]		$Y_{te}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
2 - 12 - 2	2,58		67,3		1,639
2 - 25 - 2	1,76		68,6		0,470
2 - 38 - 2	1,34		63,1		0,136
2 - 51 - 2	1,08		61,8		0,039
2 - 64 - 2	0,90		62,0		0,011

Figura 93: Esempio di parete in laterizio pieno

**5.6 Pareti prefabbricate**

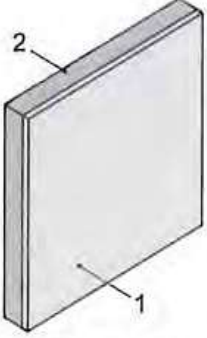
MPF01 - Parete in calcestruzzo (Rif. B)						
	Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	1 Intonaco interno	1	1400	1000	0,700	-
	2 Parete in calcestruzzo	10-30	1400	1000	0,580	-
Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]		$\kappa_s$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]		$Y_{te}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	
1-10	2,80		48,7		2,383	
1-15	2,26		61,4		1,531	
1-20	1,89		65,4		0,960	
1-25	1,63		64,7		0,599	
1-30	1,43		62,5		0,374	

Figura 94: Esempio di pareti prefabbricate

**5.5 Pareti a cassa vuota**

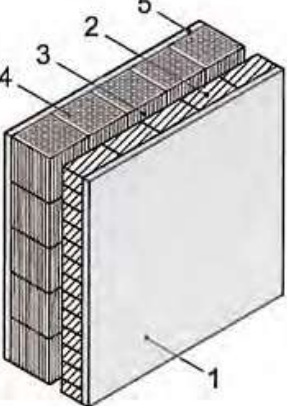
MCV01 - Muratura a cassa vuota in laterizio forato, esempio 1- [1]						
	Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	1 Intonaco interno	2	1400	1000	0,700	-
	2 Mattoni forati	8 12	800	1000	-	0,200 <sup>a)</sup> 0,310 <sup>a)</sup>
	3 Intercapedine d'aria	2,5/30	-	-	-	0,180 <sup>b)</sup>
	4 Mattoni forati	12 25	800	1000	-	0,310 <sup>a)</sup> 0,890 <sup>a)</sup>
	5 Intonaco esterno	2	1800	1000	0,900	-
Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]		$\kappa_s$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]		$Y_{te}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	
2 - 8 - 2,5/30 - 25 - 2	0,67		52,5		0,127	
2 - 12 - 2,5/30 - 25 - 2	0,62		52,4		0,089	
2 - 8 - 2,5/30 - 12 - 2	1,10		57,9		0,594	
2 - 12 - 2,5/30 - 12 - 2	0,98		57,4		0,417	
a)	Resistenza termica ricavata secondo la norma UNI 10355.					
b)	Resistenza termica ricavata secondo la norma UNI EN ISO 6946.					

Figura 95: Esempio di pareti a cassa vuota

5.7 Solai verso esterno o ambienti non climatizzati o climatizzati a diversa temperatura

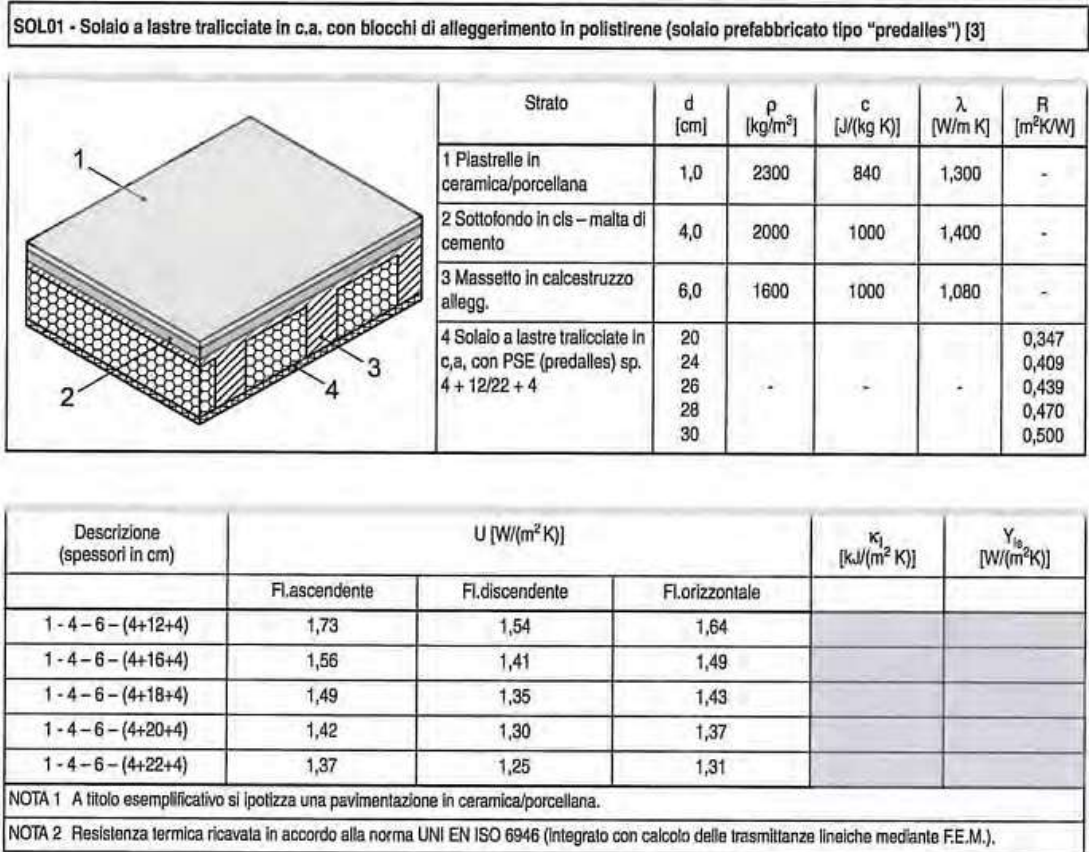


Figura 96: Esempio di solaio verso l'esterno

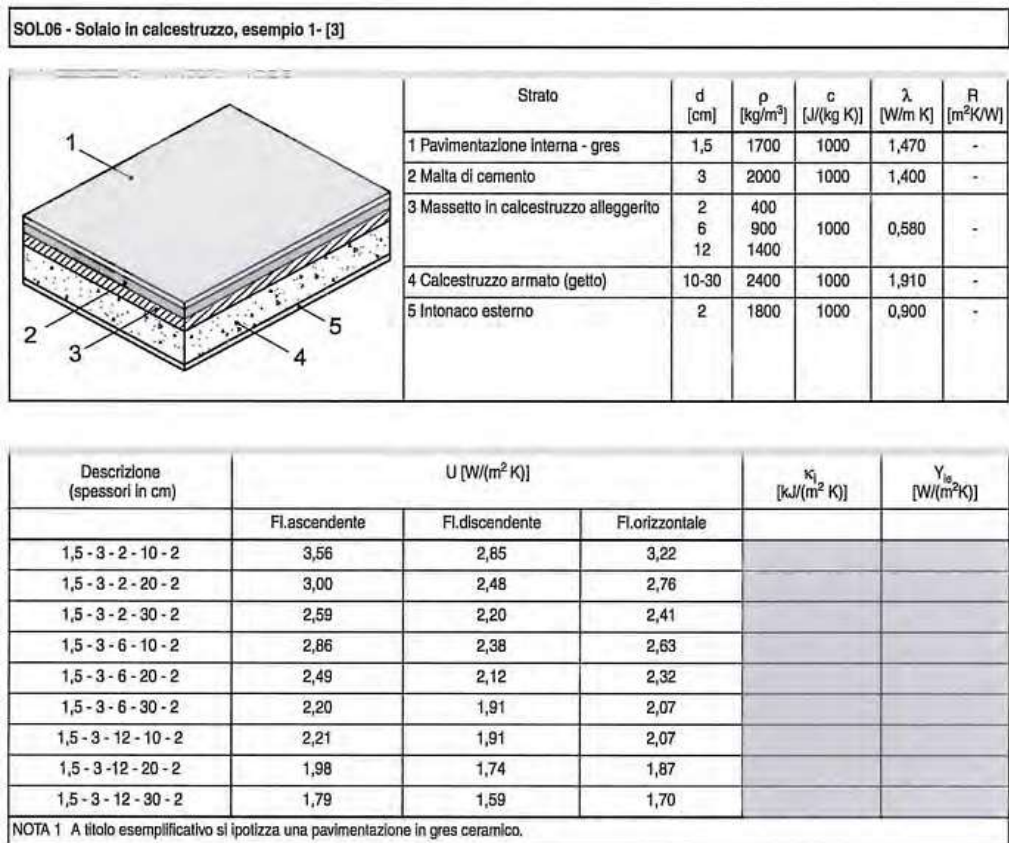
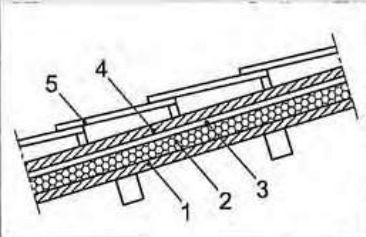


Figura 97: Esempio di solaio in calcestruzzo



5.9 Coperture inclinate

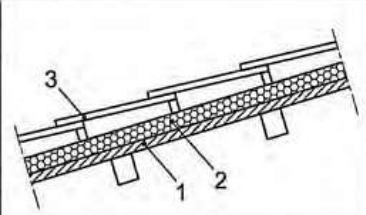
**CIN01 – Copertura inclinata in legno, esempio 1 [3]**



Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1 Assito in legno	2	550	1600	0,150	-
2 Pannello isolante in polistirolo	2-5	30	1220	0,045	-
3 Intercapedine debolmente ventilata	4-10	--		-	0,080 <sup>a)</sup>
4 Assito in legno	2	550	1600	0,150	-
5 Tegole / coppi in laterizio					
Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]		$\kappa_i$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]		$\gamma_{te}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
2-2-4/10-2	1,01				
2-5-4/10-2	0,60				

a) Resistenza termica ricavata secondo la norma UNI EN ISO 6946.

**CIN02 - Copertura inclinata in legno, esempio 2 [3]**



Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1 Assito in legno	3	550	1600	0,150	-
2 Pannello isolante in polistirolo	2-5	30	1220	0,045	-
3 Tegole / coppi in laterizio					
Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]		$\kappa_i$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]		$\gamma_{te}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
3-2	1,18				
3-5	0,66				

Figura 98: Esempio di coperture a falde

5.6.1 ESEMPI DI UTILIZZAZIONE DELL'ABACO STRUTTURE NEI PROGRAMMI COMMERCIALI

I software commerciali forniscono data base personalizzabili per il calcolo delle trasmittanze delle pareti.

Essi danno la possibilità di selezionare le strutture indicate dall'abaco UNI TR11552.

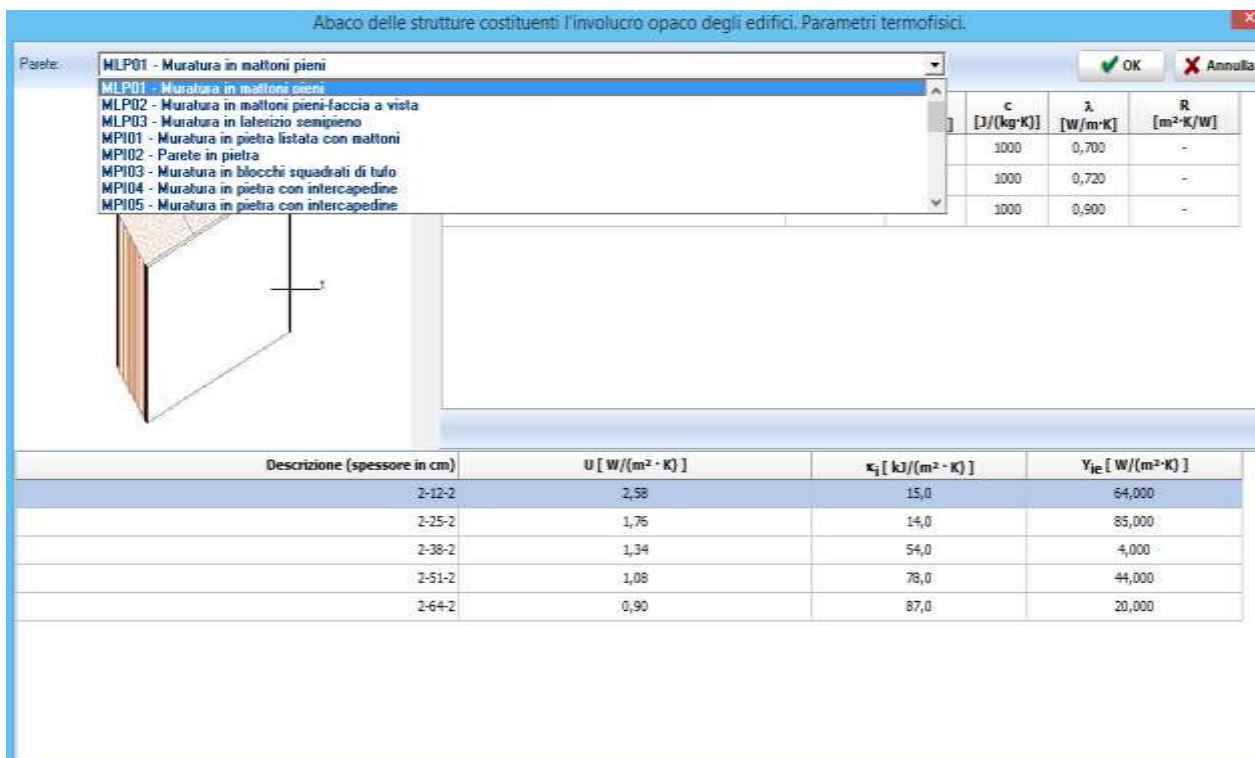


Figura 99; Selezione del tipo di struttura dall’abaco

**5.7 NORMA UNI TS 11300/5:2016 – CALCOLO QR**

Questa nuova norma, pubblicata ufficialmente il 29/03/2016, riprende quanto in precedenza è stato fatto con le Raccomandazioni 09/2012 e 14/2013 dal CTI (*Comitato Termotecnico Italiano*) per il calcolo dell’energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili.

Viene definito il soggetto **edificio, confine di sistema** (che comprende anche le aree di pertinenza dell’edificio, **confine di valutazione** (relativo al confine per il quale si effettua il bilancio energetico).

La figura seguente schematizza i confini sopra definiti.

**5.7.1 CALCOLO DEL FABBISOGNO ANNUALE DI ENERGIA PRIMARIA GLOBALE**

Il fabbisogno di energia primaria è dato dalla somma dei fabbisogni annuali di energia primaria dei servizi considerati. Il fabbisogno viene calcolato per i servizi sia in termini di energia rinnovabile che non rinnovabile totale. In particolare si ha:

$$E_{P,gl,ren} = \sum_k (E_{P,k,ren}) = E_{P,H,ren} + E_{P,C,ren} + E_{P,W,ren} + E_{P,V,ren} + E_{P,L,ren} + E_{P,E,ren}$$

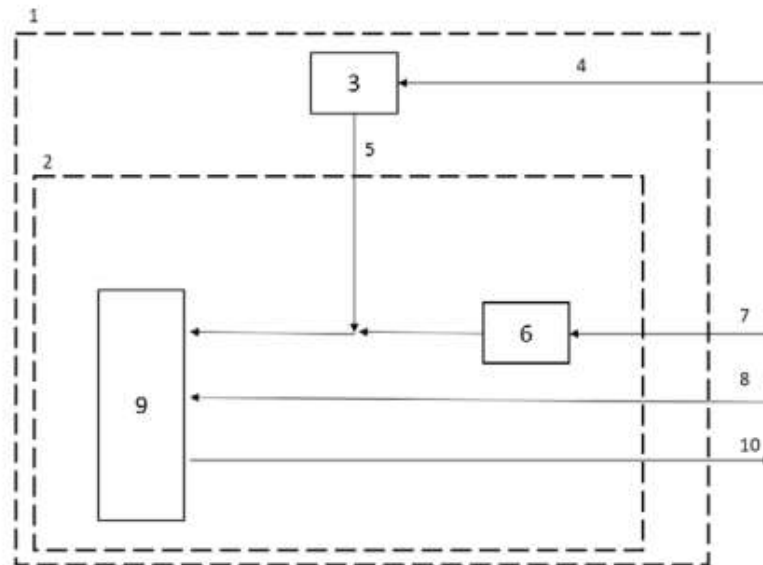
$$E_{P,gl,nren} = \sum_k (E_{P,k,nren}) = E_{P,H,nren} + E_{P,C,nren} + E_{P,W,nren} + E_{P,V,nren} + E_{P,L,nren} + E_{P,E,nren}$$

$$E_{P,gl,tot} = \sum_k (E_{P,k,tot}) = E_{P,H,tot} + E_{P,C,tot} + E_{P,W,tot} + E_{P,V,tot} + E_{P,L,tot} + E_{P,E,tot}$$

Risulta, inoltre:

$$E_{P,tot} = E_{P,ren} + E_{P,nren}$$



**Legenda:**

- 1 confine del sistema
- 2 confine di valutazione
- 3 sistemi che convertono l'energia da fonti rinnovabili in-situ
- 4 energia da fonti rinnovabili in-situ
- 5 energia prodotta da sistemi di conversione dell'energia da fonti rinnovabili in-situ
- 6 sistemi che convertono l'energia dei vettori energetici ex-situ
- 7 vettori energetici ex-situ che necessitano di conversione
- 8 vettori energetici ex-situ già in forma di energia utile
- 9 fabbisogni di energia finale
- 10 vettori energetici esportati

Figura 100: Confine edificio e confine di valutazione – Vettori energetici consegnati ed esportati

Nel caso di presenza di sistemi comuni a più unità immobiliari i fabbisogni annuali di energia primaria per singolo servizio si suddividono fra le unità immobiliari per tipologia di servizio:

- *Climatizzazione invernale;*
- *Climatizzazione estiva;*
- *Acqua Calda Sanitaria;*
- *Ventilazione;*
- *Illuminazione;*
- *Trasporto di persone<sup>47</sup>*

In definitiva i fabbisogni energetici dell'edificio sono calcolati secondo le indicazioni della seguente tabella.

<sup>47</sup> Per il calcolo dell'energia primaria per il trasporto delle persone (ascensori, nastri trasportatori etc... si sta predisponendo la UNI TS 11300/6 della quale si discuterà nel prossimo paragrafo.

Servizio energetico	1 - Fabbisogno di energia utile ideale (energy need)	2 - Perdite impianto (al netto dei recuperi)	3 - Fabbisogno di energia termica utile in uscita della generazione <sup>a)</sup>	4 - Fabbisogno di energia elettrica
Climatizzazione invernale	$Q_{H,nd}$ da UNI/TS 11300-1	$Q_{H,ls,ngn}$ da UNI/TS 11300-2	$Q_{H,gn,out}$ da UNI/TS 11300-2	$Q_{H,aux,el,ngn}$ da UNI/TS 11300-2
Climatizzazione estiva	$Q_{C,nd}$ Da UNI/TS 11300-1	$Q_{C,ls,ngn}^{c)}$ da UNI/TS 11300-3	$Q_{C,gn,out}^{d)}$ da UNI/TS 11300-3	$Q_{C,aux,el,ngn}^{e)}$ da UNI/TS 11300-3
Acqua Calda Sanitaria	$Q_{W,nd}^{f)}$ Da UNI/TS 11300-2	$Q_{W,ls,ngn}^{g)}$ da UNI/TS 11300-2	$Q_{W,gn,out}$ da UNI/TS 11300-2	$Q_{W,aux,el,ngn}$ da UNI/TS 11300-2
Ventilazione	-	-	-	$Q_{ve,el}$ Fabbisogno elettrico degli apparecchi di movimentazione dell'aria per il rinnovo dell'aria negli ambienti UNI/TS 11300-2 Appendice C
Illuminazione	-	-	-	$Q_{li,el}$ Fabbisogno elettrico degli apparecchi luminosi per l'illuminazione artificiale degli ambienti UNI/TS 11300-2 Appendice D
Trasporto di persone	-	-	-	$E_T$ Fabbisogno elettrico degli impianti atti a soddisfare tale servizio UNI/TS 11300-6

a) comprese le perdite dell'eventuale accumulo  
 c)  $Q_{C,ls,ngn}$  si ottiene dalla formula 3 della UNI/TS 11300-3 escludendo il termine  $Q_{C,nd,k}$   
 d)  $Q_{C,gn,out}$  equivale al termine  $(Q_{Cr,k,x} + Q_{V,k,x})$  di cui alla formula 1 della UNI/TS 11300-3  
 e)  $Q_{C,aux,el,ngn}$  equivale alla formula 9 della UNI/TS 11300-3 escludendo gli ausiliari elettrici della generazione  
 f)  $Q_{W,nd}$  equivale al termine  $Q_{h,w}$  utilizzato nella UNI/TS 11300-2  
 g) perdite di erogazione, distribuzione e accumulo della UNI/TS 11300-2

Tabella 40: Fabbisogni energetici dell'edificio

5.7.2 GENERATORI PER LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA TERMICA

L'energia termica utile netta richiesta in uscita dai generatori (inclusi generatori) si calcola deducendo il contributo da energia termica utile rinnovabile *on site* attribuito al k.mo servizio dal fabbisogno mensile,  $Q_{k,i,in,i,m}$ , del servizio energetico oggetto di calcolo:

$$Q_{k,i,gnout,net,m} = Q_{k,i,in,i,m} - Q_{k,del,os,m}$$

ove:

$Q_{k,i,in,i,m}$  è l'energia termica utile richiesta mensilmente per il vettore *i*;

$Q_{k,del,os,m}$  è l'energia termica utile fornita mensilmente da fonte rinnovabile *on site*.

Analogo discorso può farsi per i generatori elettrici.

5.7.3 CALCOLO DELLA QUOTA DI ENERGIA DA FER

Il calcolo della quota di energia da fonti rinnovabili può essere riferito a:

Un solo servizio energetico dell'edificio (ad esempio per ACS);

Più servizi energetici dell'edificio (riscaldamento, climatizzazione estiva e ACS).

La quota di energia da FER per i k servizi energetici considerati si calcola con la relazione:

$$QR = \frac{\sum_k E_{P,ren,k}}{\sum_k E_{P,tot,k}}$$

ove si ha:

$\sum_k E_{P,ren,k}$  energia primaria rinnovabile del k.mo servizio energetico calcolata tenendo conto dei fattori di energia primaria rinnovabile,  $f_{P,ren,i}$ , per ciascun vettore energetico;

$\sum_k E_{P,tot,k}$  energia primaria totale del k.mo servizio energetico calcolata tenendo conto dei fattori di energia primaria rinnovabile,  $f_{P,tot,i}$ , per ciascun vettore energetico.

Quest'impostazione riprende quanto prima indicato dalle raccomandazioni del CTI 09/12 e 14/13.

I fattori di energia primaria,  $f_p$ , sono riportati nei nuovi decreti attuativi della L. 90/13 (vedi nel prosieguo DM 26/06/2015).

**5.8 NORMA UNI TS11300/6:2016 – TRASPORTI**

Questa norma, pubblicata il 29/03/2016, indica come calcolare i fabbisogni di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili a servizio dell'edificio.

In particolare la specifica tecnica si applica alle seguenti tipologie di edificio:

- Edificio residenziale;
- Albergo;
- Ufficio;
- Ospedale;
- Edificio per attività scolastiche e ricreative;
- Centro commerciale,
- Edificio per attività sportive;
- Edificio per attività industriali ed artigianali;
- Edificio per trasporto pubblico (stazione, aeroporto, ...)

Questa norma si riferisce alla UNI EN ISO 25751-1 Parte 1 e Parte 2.

Le tipologie di ascensori sono quelle riportati nella seguente tabella.

Il fabbisogno giornaliero di un ascensore è calcolato in funzione del numero di corse giornaliere e dell'energia per ciascuna corsa.

Categoria d'uso	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A
Tipologia e uso dell'edificio	edifici fino a 4 unità immobiliari, che possono essere: - residenziali (365) - uffici con ridotta operatività verso il pubblico (260) stazioni ferroviarie secondarie suburbane (365)	edifici fino a 10 unità immobiliari, che possono essere: - residenziali (365) - uffici con ridotta operatività verso il pubblico (260) residenze per anziani, case famiglia, ecc. fino a 10 camere (365) stazioni ferroviarie suburbane (365)	edifici fino a 20 unità immobiliari, che possono essere: - residenziali (365) - uffici con media operatività verso il pubblico (260) uffici fino a 4 piani di un'unica società con ridotta operatività verso il pubblico residenze per anziani, case famiglia, ecc. fino a 30 camere (365) edifici scolastici e biblioteche (260) stazioni ferroviarie principali (360)	edifici fino a 30 unità immobiliari, che possono essere: - residenziali (365) - uffici con media operatività verso il pubblico (260) uffici fino a 6 piani di un'unica società con ridotta operatività verso il pubblico (260) uffici fino a 4 piani di più società con operatività verso il pubblico (260) alberghi fino a 20 camere (360) parcheggi (365) edifici per attività ricreative (360)	edifici fino a 50 unità residenziali (365) uffici fino a 10 piani (260) alberghi fino a 40 camere (360) piccoli ospedali (365) aeroporti (365) università (260) centri commerciali (365)	edifici con più di 50 unità residenziali (365) uffici con più di 10 piani (260) alberghi con più di 40 camere (360) ospedali (365)	uffici in edifici con più di 100 m di altezza (260)
Frequenza d'uso	Molto bassa	Bassa	Medio-bassa	Media	Medio-alta	Alta	Molto alta
Range di corse giornaliere	≤ 25	> 25; ≤ 50	> 50; ≤ 100	> 100; ≤ 200	> 200; ≤ 500	> 500; ≤ 1000	> 1000
Numero medio di corse giornaliere (c <sub>a</sub> )	15	35	75	130	300	750	1500
Velocità tipica	0,63 m/s	0,63 m/s	da 0,63 m/s a 1 m/s	1,00 m/s	1,60 m/s	2,50 m/s	5,00 m/s
I numeri tra parentesi sono il numero tipico di giorni di servizio nell'anno							

Tabella 41: Tipologia di ascensori

Per i montascale e piattaforme elevatrici si ha la tipologia indicata nella seguente tabella.

Anche per questi impianti il calcolo dell'energia media giornaliera si effettua in funzione dell'energia media per singola corsa.

Categoria d'uso	1H	2H	3H	4H
Tipologia e uso dell'edificio	Edificio monofamiliare o servizio di accessibilità pubblica in negozi o enti pubblici	Edificio plurifamiliare o servizio di accessibilità pubblica in uffici o centri commerciali, stazioni e aeroporti	Casa di riposo per anziani e/o accessibilità pubblica in uffici e aziende sanitarie	Casa di riposo per anziani e/o accessibilità pubblica in uffici e aziende sanitarie specifiche per disabili
Frequenza d'uso	Molto bassa	Bassa	Medio-bassa	Media
Numero medio di corse giornaliere (c <sub>d</sub> )	5	8	15	20
Velocità massima ammessa	0,15 m/s			

Tabella 42; Tipologia di impianti per tipologia di edifici

Per i marciapiedi mobili vale la classificazione riportata nella seguente tabella.

Tipologia di installazione	Valore medio del numero di passeggeri al giorno ( N )
Negozi, musei, biblioteche, luoghi di ricreazione	3 000
Grandi magazzini, centri commerciali, aeroporti di media dimensione, stazioni per treni regionali, stazioni metropolitane con traffico basso, percorsi pedonali meccanizzati	10 000
Aeroporti di grande dimensione, stazioni ferroviarie principali, stazioni metropolitane con traffico medio	15 000
Stazioni metropolitane con traffico intenso	20 000

Tabella 43: Condizioni di utilizzo di scale e marciapiedi mobili

Il calcolo dell'energia media giornaliera si effettua tenendo conto dei tempi medi di attesa e dei tempi di avviamento automatico. Per i dettagli di calcolo si rimanda al testo della norma UNI TS 11300/6.

## 6. NUOVA NORMA UNI 10349:2016

### 6.1 LA NUOVA UNI 10349:2015

Il 29/03/2016 è stata pubblicata la nuova Norma UNI 10349:2016 relativa ai dati climatici italiani. Questa norma entra in vigore il 29/06/2016.

Essa è suddivisa in tre parti che saranno brevemente descritte nella pagine seguenti.

UNI 10349-1

E0201E811



### INTRODUZIONE

La presente norma si divide in 3 parti:

- |             |   |
|-------------|---|
| UNI 10349-1 | Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare oraria nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata. |
| UNI 10349-2 | Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 2: Dati di progetto.  |
| UNI 10349-3 | Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici.   |

La presente parte della norma fornisce per il territorio italiano i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione e la verifica delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale ad essi asserviti.

Figura 101: Prospetto della nuova Norma UNI 10349:2016

### 6.2 UNI 10349 PARTE 1

La prima parte del pacchetto UNI 10349 fornisce i dati climatici per il **calcolo dei fabbisogni annuali** di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento degli edifici.

- I dati di longitudine, latitudine e quota della stazione di rilevamento considerate per ogni provincia;
- i valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna per il calcolo delle dispersioni dell'edificio;



- i valori di irradiazione solare giornaliera media mensile sul piano orizzontale, suddivisa nelle componenti diretta e diffusa per il calcolo degli apporti solari su componenti opache e trasparenti;
- i valori medi mensili e annuali della velocità media giornaliera e della direzione prevalente del vento;
- i valori medi mensili della pressione parziale media giornaliera di vapore dell'aria esterna per il calcolo degli scambi termici latenti e per le verifiche termoigrometriche;
- la procedura di calcolo dei dati climatici medi mensili per i comuni non capoluoghi di provincia;
- la procedura di calcolo per la ripartizione dell'irradianza solare oraria nella frazione diretta e diffusa su di una superficie comunque inclinata ed orientata con modello di cielo isotropo (appendice A); la procedura di calcolo dell'irradianza diffusa dalla volta celeste con il modello di cielo di Perez (appendice B);
- la procedura di calcolo dell'irradiazione solare media mensile su di una superficie comunque inclinata ed orientata nello spazio (appendice C).

**Prospetto 4 – Coordinate geografiche relative alle stazioni di rilevazione dei dati climatici.**  
Le coordinate sono espresse secondo il sistema di riferimento WGS84

n.	Sigla	Stazione	Longitudine			Latitudine			Quota m
			°	'	"	°	'	"	
1	AG	Agrigento Mandrascava	13	38	9	37	14	16	40
2	AL	Alessandria Lobbi	8	42	18	44	56	20	90
3	AN	Ancona - Regione	13	31	0	43	37	0	91
4	AO	Saint-Christophe	7	21	49	45	44	21	545
5	AP	Mozzano	13	31	0	42	49	0	180
6	AQ	L'Aquila	13	24	0	42	21	0	700
7	AR	Terranova Bracciolini - Casa Rota	11	33	0	43	35	21	206
8	AT	Asti	8	11	28	44	55	10	175
9	AV	Mirabella Eclano	14	59	0	41	2	0	309
10	BA	Binetto	16	44	56	40	59	58	189
11	BG	Bergamo - via Goisis	9	41	0	45	43	0	290
12	BI	Massazza	8	10	15	45	28	29	226
13	BL	Feltre	11	53	41	46	0	58	267
14	BN	Airola	14	33	0	41	3	0	270
15	BO	Bologna	11	19	44	44	30	3	48
16	BR	Mesagne - Moccari	17	51	6	40	33	31	53
17	BS	Bagnano	10	2	0	45	26	0	93
18	BT	Trani	16	24	55	41	14	48	63
19	BZ	Bolzano	11	20	36	46	29	59	265
20	CA	Decimomannu	8	59	9	39	19	21	20
21	CB	Jelsi	14	46	48	41	31	12	581
22	CE	Vitulazio	14	12	0	41	9	0	65
23	CH	Chieti	14	10	0	42	21	0	325
24	CI	Iglesias	8	31	9	39	17	2	208
25	CL	Gela	14	20	1	37	9	32	70
26	CN	Boves	7	33	47	44	20	13	575
27	CO	Vertemate con Minoprio	9	5	8	45	43	6	322
28	CR	Capralba	9	39	0	45	27	0	96
29	CS	Fitterizi	16	8	27	39	31	13	185
30	CT	Catania	15	4	8	37	26	37	10
31	CZ	Chiaravalle Centrale	16	24	32	38	40	17	714
32	EN	Enna	14	10	34	37	31	3	350
33	FC	Cesena	12	14	37	44	8	18	42
34	FE	Ferrara	11	37	16	44	49	57	6

Tabella 44: Coordinate geografiche delle località di riferimento

**Prospetto 5 - Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna riferita alle stazioni di rilevazione dei dati climatici e valori del gradiente verticale di temperatura.**

n	Sigla	GEN [°C]	FEB [°C]	MAR [°C]	APR [°C]	MAG [°C]	GIU [°C]	LUG [°C]	AGO [°C]	SET [°C]	OTT [°C]	NOV [°C]	DIC [°C]	MEDIA ANNUA [°C]	d [°C/m]
1	AG	11,8	10,9	12,1	14,9	18,8	22,8	24,8	24,8	22,8	19,7	17,0	13,3	17,8	1/174
2	AL	1,5	4,2	8,4	11,9	17,5	21,6	23,5	22,4	17,6	12,5	6,7	1,1	12,5	1/178
3	AN	6,6	6,9	10,6	13,9	18,8	22,2	25,7	24,3	20,6	15,7	11,0	8,3	15,4	1/147
4	AO	-0,2	3,5	7,4	11,5	15,7	19,6	21,7	20,8	16,4	11,1	4,4	0,3	11,1	1/178
5	AP	4,6	5,2	8,0	12,9	17,6	20,7	23,8	23,7	18,7	13,2	10,2	4,3	13,6	1/147
6	AQ	3,0	4,3	8,1	11,0	15,9	20,8	22,4	22,3	16,8	12,6	7,8	2,7	12,4	1/147
7	AR	4,1	5,0	8,5	12,3	15,6	20,0	23,9	23,8	18,1	13,2	8,9	5,8	13,3	1/200
8	AT	-0,5	3,8	9,5	13,0	18,4	22,7	23,6	21,8	19,1	12,2	7,0	1,5	12,7	1/178
9	AV	6,6	6,4	9,2	13,2	18,5	21,6	24,0	23,8	19,3	13,8	10,5	7,1	14,5	1/147
10	BA	8,5	7,6	10,5	13,9	19,1	23,2	26,2	25,8	21,5	15,4	12,9	9,1	16,2	1/147
11	BG	2,7	5,0	8,4	11,4	16,5	21,6	22,5	21,7	17,7	12,8	7,2	3,3	12,6	1/178
12	BI	1,6	3,2	8,4	12,2	17,2	21,0	22,5	21,6	16,7	12,2	5,8	1,4	12,0	1/178
13	BL	-1,7	1,1	6,1	10,0	15,3	19,5	20,7	20,1	15,4	10,9	3,8	-0,1	10,1	1/178
14	BN	8,9	7,7	10,3	13,6	17,8	21,7	23,8	23,7	19,8	16,4	10,3	8,0	15,2	1/147
15	BO	1,3	5,4	9,6	13,6	17,7	22,2	24,8	21,6	19,3	15,6	9,3	3,8	13,7	1/200
16	BR	8,9	9,5	12,2	15,1	19,0	23,0	25,5	25,4	22,2	16,8	14,1	10,4	16,9	1/147
17	BS	3,0	3,5	8,6	12,1	17,8	21,1	22,2	22,0	18,4	13,0	7,7	3,5	12,8	1/178
18	BT	8,9	8,3	12,1	14,5	18,6	22,5	26,1	25,5	21,5	16,6	13,3	9,7	16,5	1/147
19	BZ	2,1	6,4	10,6	13,4	18,3	21,6	22,5	22,3	19,4	13,2	7,4	3,3	13,4	1/178
20	CA	9,0	9,3	11,5	13,7	19,0	22,8	24,6	24,6	20,6	17,8	13,1	10,8	16,4	1/192
21	CB	5,3	4,6	8,2	11,1	16,0	19,6	22,1	22,2	17,1	13,5	10,2	4,7	12,9	1/147
22	CE	9,5	8,5	11,2	14,3	19,0	22,7	24,8	25,3	21,4	17,7	11,4	9,6	16,3	1/147
23	CH	7,7	7,2	9,5	13,1	17,2	21,2	24,9	24,2	19,1	14,2	11,6	7,6	14,8	1/147
24	CI	9,3	9,5	10,8	12,9	18,0	21,5	23,8	24,6	21,2	18,1	12,2	9,3	16,0	1/192
25	CL	9,0	10,6	11,6	14,7	19,9	23,2	26,6	26,8	23,1	19,7	14,6	11,7	17,7	1/174
26	CN	0,4	2,3	6,8	9,6	15,4	20,1	21,9	20,1	16,0	10,9	5,4	0,6	10,8	1/178
27	CO	-0,2	3,9	8,6	11,9	17,1	20,7	22,5	19,8	17,7	11,3	7,0	3,6	12,0	1/178
28	CR	1,8	3,1	7,6	12,3	17,4	21,8	22,6	21,6	17,6	12,9	6,0	3,2	12,4	1/178
29	CS	10,0	8,6	11,6	13,7	18,1	22,3	24,8	24,3	20,4	15,8	12,3	9,2	16,0	1/147
30	CT	11,9	10,4	11,8	15,4	18,8	23,4	25,8	26,5	22,9	19,8	15,1	12,3	17,9	1/174
31	CZ	6,1	6,4	9,5	11,0	16,2	20,1	23,0	22,5	18,6	15,7	11,1	8,5	14,1	1/147
32	EN	8,5	6,7	9,1	12,7	18,2	23,3	26,1	25,4	20,7	17,9	12,4	9,3	15,9	1/174

Tabella 45: Valori medi mensili della temperatura media giornaliera

UNI 10349-1

E0201E811



N°	Sigla Prov.	GEN [MJ/m²]		FEB [MJ/m²]		MAR [MJ/m²]		APR [MJ/m²]		MAG [MJ/m²]		GIU [MJ/m²]		LUG [MJ/m²]		AGO [MJ/m²]		SET [MJ/m²]		OTT [MJ/m²]		NOV [MJ/m²]		DIC [MJ/m²]	
		$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$	$\bar{H}_{gh}$	$\bar{H}_{gn}$
19	BZ	1,5	5,7	3,0	6,4	4,0	10,2	6,0	11,2	8,8	11,5	9,8	10,4	8,8	11,9	7,3	12,2	5,2	10,1	3,0	7,2	2,2	4,3	1,4	3,9
20	CA	3,4	3,3	4,3	5,8	6,1	7,2	8,2	8,8	9,8	10,2	10,7	12,0	10,3	11,3	9,6	10,5	7,2	8,4	5,6	6,4	3,7	3,7	3,2	2,2
21	CB	2,4	3,1	3,5	5,1	5,4	7,3	6,5	11,3	8,1	15,0	9,3	14,5	9,0	16,1	7,9	13,3	6,9	7,7	4,3	7,5	3,0	4,3	2,3	2,6
22	CE	2,6	3,5	3,8	5,1	5,0	7,7	6,5	11,2	7,8	13,7	8,5	15,8	8,1	17,8	7,2	17,5	5,4	12,0	4,3	8,0	2,8	4,0	2,3	3,0
23	CH	3,0	2,9	4,0	5,8	5,4	7,6	6,9	9,1	9,4	11,2	9,0	13,9	9,0	16,1	8,3	13,6	6,4	9,2	4,3	6,1	3,2	3,4	2,6	2,3
24	CI	3,3	3,2	4,1	4,7	5,9	7,9	7,9	9,4	9,6	10,1	10,7	12,5	10,8	11,7	9,1	11,7	7,5	8,6	5,2	4,3	3,1	2,1	2,8	2,6
25	CL	7,4	2,0	8,4	3,8	8,6	4,8	9,9	8,6	8,8	16,0	9,3	14,7	8,4	18,0	9,9	12,8	9,8	8,3	9,7	4,0	7,3	1,9	6,4	1,2
26	CN	2,3	3,6	3,4	5,2	4,5	9,0	6,4	9,7	8,4	9,9	9,0	12,0	8,9	13,5	7,7	11,2	5,3	9,1	3,8	5,4	2,3	3,0	2,0	2,7
27	CO	2,2	1,9	3,1	5,5	4,9	7,1	5,9	10,1	7,6	11,6	9,5	13,2	8,8	13,7	7,1	10,8	5,6	8,6	3,7	7,0	2,1	1,8	1,9	1,5
28	CR	2,1	2,1	2,9	4,6	4,3	8,2	5,9	8,8	7,8	10,4	7,8	14,6	8,4	12,7	7,5	10,4	5,7	7,7	3,4	3,2	2,1	2,2	1,4	2,0
29	CS	5,8	1,2	7,2	2,9	8,5	5,1	8,0	10,3	8,3	13,0	7,2	17,5	7,5	18,1	8,4	15,0	8,8	8,5	8,3	4,6	6,4	2,0	6,0	1,0
30	CT	6,8	1,5	7,9	3,8	9,2	7,6	9,5	8,5	8,9	14,2	8,4	16,1	8,9	16,9	10,0	12,7	10,1	7,3	9,3	4,2	8,1	2,1	6,3	1,2
31	CZ	5,9	1,6	7,0	2,2	7,7	4,6	7,5	7,8	8,4	12,9	7,9	16,8	8,0	17,6	8,4	14,4	9,0	7,4	8,8	4,1	6,8	1,6	5,4	0,7
32	EN	7,6	2,3	8,4	4,0	8,8	7,3	8,9	8,7	8,2	15,3	7,8	17,1	8,1	17,4	9,3	13,8	9,5	8,0	8,4	5,2	7,4	2,2	6,0	1,3
33	FC	2,0	1,8	3,2	4,7	4,6	7,6	6,4	10,1	8,3	13,2	8,2	13,2	8,5	16,2	7,9	10,5	6,5	6,9	4,6	4,8	2,5	3,5	1,8	2,2
34	FE	2,0	1,8	3,3	5,5	4,8	7,0	6,7	9,7	8,4	14,9	8,7	16,2	8,2	17,6	8,1	12,3	5,8	9,7	4,2	5,3	2,5	3,0	1,8	1,5
35	FG	2,9	1,8	3,8	3,3	5,5	6,6	6,6	11,2	8,4	15,6	9,6	14,5	8,6	18,5	8,2	14,6	6,6	7,3	4,7	5,3	3,0	2,0	2,3	1,6
36	FI	2,1	4,2	3,2	5,7	4,9	7,2	7,1	9,5	8,8	13,0	9,7	15,5	9,0	17,2	8,3	14,4	5,7	12,0	4,0	6,7	2,4	4,3	1,7	3,6
37	FM	2,3	3,4	3,3	4,9	5,0	7,5	6,2	11,9	8,4	13,9	9,1	16,1	8,6	17,5	7,3	15,2	5,3	11,2	4,3	5,6	2,8	2,9	2,2	2,8
38	FR	3,2	2,3	4,0	4,2	6,2	5,7	7,5	8,8	8,9	11,5	9,1	15,1	8,6	14,9	7,8	12,9	6,4	9,9	4,5	6,4	3,3	3,0	2,8	1,6

Tabella 46: Irraggiamento medio giornaliero mensile



Prospetto 7 - Valori medi mensili della pressione di vapore media giornaliera dell'aria esterna riferita alle stazioni di rilevazione dei dati climatici.

n.	Sigla	GEN [Pa]	FEB [Pa]	MAR [Pa]	APR [Pa]	MAG [Pa]	GIU [Pa]	LUG [Pa]	AGO [Pa]	SET [Pa]	OTT [Pa]	NOVA [Pa]	DIC [Pa]
1	AG	1048	1007	1098	1245	1422	1681	1752	2154	1921	1618	1406	1142
2	AL	618	705	829	1053	1482	1698	2082	1809	1600	1241	935	642
3	AN	724	666	823	1013	1238	1515	1708	1702	1546	1231	836	814
4	AO	423	464	527	613	927	1167	1138	1418	991	836	652	435
5	AP	630	627	741	1021	1280	1550	1579	1502	1570	1283	1038	665
6	AQ	617	682	741	938	1195	1400	1680	1012	1312	1080	920	614
7	AR	716	665	816	1012	1299	1652	1642	1550	1462	1175	1003	839
8	AT	552	575	791	951	1414	1922	1797	1914	1596	1111	974	642
9	AV	826	735	958	1307	1508	1591	1904	1560	1608	1281	1177	803
10	BA	842	766	872	931	1206	1560	1698	1688	1745	1233	1180	879
11	BG	666	689	862	1054	1376	2042	2208	2180	1438	1374	959	644
12	BI	567	586	638	981	1422	1671	1922	1958	1709	1207	841	544
13	BL	463	545	677	889	1270	1860	1881	1871	1471	1087	703	518
14	BN	1007	804	1060	1147	1376	1918	2029	1911	1672	1487	1076	867
15	BO	539	523	691	977	1153	1415	1417	1451	1508	1343	906	647
16	BR	1057	1020	1083	1292	1394	1840	2154	2288	2091	1536	1358	998
17	BS	708	675	833	1018	1357	1457	1902	1868	1646	1203	971	769
18	BT	862	792	917	1070	1363	1622	1681	1832	1809	1427	1251	928
19	BZ	323	581	605	737	1101	1646	1591	1468	1446	1108	645	492
20	CA	997	993	1078	1191	1542	1578	1808	1867	1784	1517	1129	1166
21	CB	720	862	795	880	1167	1553	1423	1695	1561	1170	1050	755
22	CE	949	846	936	1280	1408	1868	1998	1970	1813	1474	973	904
23	CH	764	696	838	1250	1259	1690	1779	1654	1596	1240	1101	811
24	CI	913	919	912	1019	1360	1298	1534	1603	1468	1617	1115	912
25	CL	889	1019	1093	1218	1285	1494	1638	1883	1746	1625	1409	1069
26	CN	458	500	601	777	1154	1540	1579	1816	1427	1024	811	506
27	CO	536	535	718	940	1264	1737	1748	1677	1574	1112	962	719
28	CR	657	628	704	985	1548	1497	2003	1994	1611	1364	880	450
29	CS	884	710	832	1082	1157	1567	1569	1527	1591	1197	977	1025
30	CT	1073	839	905	1345	1564	1776	1894	2072	1782	1781	1271	1028

Tabella 47: Valori medi mensili della pressione di vapore media giornaliera

Prospetto 8 - Valori medi mensili e medi annuali della velocità del vento riferita alle stazioni di rilevazione dei dati climatici.

n.	Sigla	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media annua	zona di vento	Direzione prevalente del vento
		m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	-	-
1	AG	1,4	1,8	2,2	2,0	1,3	1,2	1,1	0,8	1,3	1,3	2,3	2,6	1,6	3	NW
2	AL	1,9	2,1	2,6	2,4	2,6	2,4	2,3	1,8	1,6	1,7	1,6	1,6	2,1	1	SE
3	AN	1,8	2,5	1,5	2,4	2,4	2,3	1,3	1,3	1,6	1,3	1,5	1,4	1,8	2	W
4	AO	1,7	1,9	2,6	2,7	3,4	2,7	2,9	2,5	2,1	1,5	0,9	1,6	2,2	2	N
5	AP	1,0	0,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,0	0,7	0,8	0,7	1,1	1	W
6	AQ	1,6	1,5	1,8	1,5	1,2	1,5	1,3	1,2	1,4	1,8	1,1	1,1	1,4	2	SE
7	AR	1,5	1,8	1,9	2,5	2,0	1,8	2,0	2,0	1,8	1,5	1,7	2,1	1,9	2	NE
8	AT	0,8	1,2	1,3	1,7	1,3	1,8	1,6	1,7	1,5	0,5	1,2	1,2	1,3	1	SW
9	AV	1,9	2,3	2,4	2,4	2,3	2,0	2,2	2,1	1,9	1,6	1,7	2,0	2,1	2	W
10	BA	2,6	2,5	3,1	3,4	2,9	2,4	2,6	2,5	2,3	2,5	2,7	3,1	2,7	2	W
11	BG	0,6	0,7	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	1	NE
12	BI	1,3	1,5	1,8	2,0	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,2	1,1	1,0	1,6	ND	ND
13	BL	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	1	E
14	BN	2,7	2,8	3,1	2,3	2,4	2,1	1,9	1,8	1,9	1,9	2,4	2,9	2,3	2	W
15	BO	1,6	2,0	2,6	2,1	2,4	1,6	2,3	2,0	2,1	1,6	1,5	1,8	2,0	1	SW
16	BR	2,6	3,6	3,5	3,5	3,1	3,4	3,0	3,0	2,7	3,0	3,0	3,6	3,2	2	NW
17	BS	1,2	1,1	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1	E
18	BT	2,4	2,7	2,7	3,0	2,8	2,9	2,8	2,6	2,2	2,8	2,5	3,0	2,7	ND	ND
19	BZ	2,2	1,4	2,7	2,3	2,7	2,2	2,5	2,5	2,1	1,3	1,7	1,5	2,1	1	S
20	CA	0,8	0,7	1,0	0,7	1,1	1,3	1,1	1,1	0,7	0,9	1,1	0,5	0,9	3	NW
21	CB	3,7	3,2	3,8	3,8	2,5	1,7	2,7	1,7	1,9	2,6	2,1	2,2	2,7	2	W
22	CE	2,5	2,3	2,6	1,9	2,3	2,0	1,9	2,1	2,1	2,0	3,3	3,2	2,4	2	S
23	CH	2,0	2,1	2,4	2,2	2,8	2,5	2,4	2,4	2,5	2,2	2,3	2,2	2,3	2	SW
24	CI	3,7	3,7	3,5	3,7	3,7	3,2	3,2	2,9	2,8	3,2	3,4	3,5	3,4	ND	ND
25	CL	0,9	1,1	1,6	1,6	2,0	2,1	2,0	2,5	2,4	1,6	2,0	1,9	1,8	3	W
26	CN	1,2	1,0	1,3	1,5	1,2	0,9	1,0	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0	1,0	2	NE
27	CO	0,6	1,1	1,4	1,3	1,4	1,3	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	1	S
28	CR	0,7	0,8	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,8	1,1	0,8	1	E
29	CS	1,3	1,7	1,0	1,3	1,2	1,6	2,3	1,8	1,2	0,9	1,0	1,1	1,4	2	W
30	CT	1,8	1,4	1,1	0,8	1,3	0,9	1,0	1,1	1,0	0,7	0,9	1,4	1,1	3	W

Tabella 48: Valori medi mensili ed annuali della velocità del vento

La norma indica una procedura per calcolare l'irradianza diffusa dalla volta celeste con il metodo di Perez.

**Appendice B  
(informativa)**

**Calcolo dell'irradianza diffusa dalla volta celeste con il modello di cielo di Perez**

Per applicazioni che richiedono di tener conto della variazione della radiazione diffusa dalla volta celeste con la direzione di provenienza, esistono modelli più articolati rispetto a quello isotropo, uno è quello di Perez descritto di seguito.

La componente dell'irradianza diffusa che incide sulla superficie *i*-esima proveniente dalla volta celeste  $I_{i,d,sky}$  viene calcolata secondo il metodo proposto da Perez et al. (1987 -1990) secondo la seguente formula:

$$I_{i,d,sky} = I_{h,d} \times \left[ (1-F_1) \times \left( \frac{1+\cos(\beta)}{2} \right) + F_1 \times \frac{a}{b} + F_2 \times \sin(\beta) \right] \tag{B.1}$$

dove  $F_1$  e  $F_2$  sono, rispettivamente, i coefficienti di irradianza circumsolare e dell'orizzonte e  $a$  e  $b$  sono coefficienti che tengono conto dell'angolo di incidenza del sole  $\vartheta$  sulla superficie considerata. Introducendo l'angolo zenitale del sole  $\vartheta_z$  espresso in radianti:

$$\vartheta_z = 2\pi \times \left( \frac{90^\circ - \alpha}{360^\circ} \right) \tag{B.2}$$

si ha:

$$a = \max [0; \cos(\vartheta)]$$

$$b = \max [0,0872; \cos(\vartheta_z)]$$

dove 0 sta per il coseno di 90° e 0,0872 è il coseno di 85°.

Tabella 49: Metodo di Perez per l'irradianza diffusa

E' infine riportato un metodo di calcolo della irradiazione su una superficie comunque inclinata ed orientata.

**C.2 IRRADIAZIONE SU UNA SUPERFICIE COMUNQUE INCLINATA ED ORIENTATA**

**C.2.1 Generalità**

La superficie è definita da una inclinazione  $\beta$  rispetto al piano orizzontale e da un azimut  $\gamma$ . L'irradiazione considerata è quella estesa al periodo di un giorno; si usano i valori giornalieri mediati in un mese delle varie grandezze indicandole con un tratto sovrapposto. L'irradiazione  $\bar{H}$  viene espressa in rapporto al valore corrispondente  $\bar{H}_h$  sul piano orizzontale. Detto  $\bar{R}$  il valore medio mensile di questo rapporto, è:

$$\bar{H} = \bar{R} \times \bar{H}_h = \bar{R} \times \bar{K}_T \times \bar{H}_{ho} \tag{C.1}$$

il valore di  $\bar{R}$  può essere approssimato con la formula seguente, in cui sono sommati i contributi del soleggiamento diretto, diffuso e riflesso (questi ultimi supposti isotropi):

$$\bar{R} = \left( 1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}_h} \right) \times \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}_h} \times \frac{1+\cos\beta}{2} + \rho \times \frac{1-\cos\beta}{2} \tag{C.2}$$

Dove  $\bar{R}_b$  è il valore medio mensile del rapporto tra l'irradiazione diretta sulla superficie e quello sull'orizzontale (vedere punto C.2.2).

$$R_b = \frac{H_b}{H_{bh}} = \frac{\left[ T \times \frac{\pi}{180} \times (\omega'' - \omega') + U \times (\sin \omega'' - \sin \omega') - V \times (\cos \omega'' - \cos \omega') \right]}{2 \times \left[ T_h \times \frac{\pi}{180} \times \omega_S + U_h \times \sin \omega_S \right]} \tag{C.6}$$

I valori di  $\omega'$  e  $\omega''$  sono gli angoli orari dell'apparire e scomparire del sole per la superficie esposta; essi possono dipendere dalla sola giacitura della stessa (vedere punto C.2.3) oppure da ostruzioni (vedere punto C.2.4); per il piano orizzontale, in assenza di ostruzioni, coincidono con  $-\omega_b$  e  $+\omega_b$  (angolo orario del sorgere e del tramonto astronomico, vedere prospetto C.1).

Ponendo per  $\delta$  il valore medio mensile (come da prospetto C.1) il valore di  $R_b$  ottenuto può essere considerato valore medio mensile  $\bar{R}_b$ .

Tabella 50: Procedura di calcolo della irradiazione su superficie inclinata

**6.3 UNI 10349 PARTE 2**

La parte 2 della norma UNI 10349 fornisce i dati climatici per il calcolo dei carichi di progetto annuali per la progettazione delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici sia per il periodo invernale che estivo. In particolare per tutte le 110 province italiane essa contiene:

- la temperatura esterna di progetto per gli impianti di climatizzazione invernale;
- la temperatura esterna massima di progetto per gli impianti di climatizzazione estiva;
- i valori di irradianza solare estiva massima valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna per il calcolo delle dispersioni dell'edificio;
- l'escursione giornaliera della temperatura nel mese più caldo dell'anno;
- l'irradiazione solare massima estiva incidente su superfici verticali.

**Prospetto 4 - Condizioni termoigrometriche esterne estive di progetto: temperatura, ampiezza massima estiva, umidità relativa, umidità massica, mese più caldo**

N.	Località	Sigla provincia	Altitudine m	$\theta_{max}$ °C	$\Delta\theta_{max}$ °C	$U_{re}$ %	Mese più caldo
1	Agrigento	AG	230	33,0	10	40	luglio - agosto
2	Alessandria	AL	95	30,5	11	50	Luglio
3	Ancona	AN	16	30,1	5,5	58	Agosto
4	Aosta	AO	583	28,7	13	50	Luglio
5	Ascoli Piceno	AP	154	32,9	10	45	luglio - agosto
6	L'Aquila	AQ	714	29,1	10	50	Luglio
7	Arezzo	AR	246	31,5	12	50	Luglio
8	Asti	AT	123	32,1	11	50	luglio - agosto
9	Avellino	AV	348	30,1	11	50	luglio - agosto
10	Bari	BA	5	32,3	8	50	luglio - agosto
11	Bergamo	BG	249	31	13	50	luglio
12	Belluno	BL	383	31,1	13	45	luglio - agosto
13	Benevento	BN	135	32,2	11	50	luglio - agosto - settembre
14	Bologna	BO	54	33	12	43	luglio - agosto
15	Brindisi	BR	15	31,5	8	60	luglio - agosto
16	Brescia	BS	149	31,8	15	48	luglio
17	Bolzano	BZ	262	31,4	13	45	luglio
18	Cagliari	CA	4,0	32,1	9,0	52	luglio - agosto
19	Campobasso	CB	701	29,6	9	50	Agosto
20	Caserta	CE	68,0	32,1	11,0	50	luglio - agosto
21	Chieti	CH	330	29,4	10	53	Luglio
22	Caltanissetta	CL	568,0	34,0	9	35	luglio - agosto
23	Cuneo	CN	534	29	12	55	Luglio
24	Como	CO	201	32	8	50	Luglio
25	Cremona	CR	45	33	12	45	Luglio
26	Cosenza	CS	238	33,6	8	40	Luglio
27	Catania	CT	7	33,6	10	48	luglio - agosto
28	Catanzaro	CZ	320	33	10	40	Agosto
29	Enna	EN	931	29,2	7	40	luglio - agosto
30	Ferrara	FE	9	32,2	12	45	Luglio
31	Foggia	FG	76	33,9	13	33	luglio - agosto
32	Firenze	FI	40	33,6	13	45	Luglio
33	Forlì	FC	34	32	10	50	Luglio
34	Frosinone	FR	291	30,7	12	45	Luglio
35	Genova	GE	19	29,9	6	60	Luglio
36	Gorizia	GO	84	30,5	11	50	luglio - agosto
37	Grosseto	GR	10	33	13	42	luglio - agosto
38	Imperia	IM	10	29	6	55	Luglio
39	Isernia	IS	423	29,9	10	45	Luglio

Tabella 51: Condizioni termoigrometriche esterne estive



ORA	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OVEST	OVEST	SUD-OVEST	DIFFUSA	ORIZZONTALE
<b>Latitudine 38° N</b>										
5	0	2	4	4	2	0	0	0	0	1
6	42	260	491	457	182	42	42	42	42	157
7	81	466	786	614	165	77	77	77	77	364
8	115	584	787	567	116	103	103	103	103	558
9	238	621	722	478	129	123	123	123	123	723
10	338	587	578	316	138	138	138	141	138	651
11	404	492	382	158	147	147	147	174	147	931
12	428	349	162	150	150	150	162	349	162	958
13	404	174	147	147	147	158	382	492	147	931
14	338	141	138	138	138	316	576	576	138	851
15	236	123	123	123	129	473	722	621	123	723
16	113	103	103	103	116	576	787	584	103	558
17	81	77	77	77	165	614	736	466	77	364
18	42	42	42	42	182	457	491	260	42	157

Tabella 52: Radiazione solare massima estiva

ORA	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OVEST	OVEST	SUD-OVEST	DIFFUSA	ORIZZONTALE
<b>Latitudine 40° N</b>										
5	2	8	20	21	11	2	2	2	2	4
6	45	274	511	473	166	45	45	45	45	168
7	82	479	740	610	176	76	78	78	78	369
8	126	596	787	575	113	103	103	103	103	557
9	256	636	720	455	127	122	122	122	122	719
10	384	605	576	295	137	137	137	141	137	842
11	433	512	381	155	145	145	145	194	145	920
12	457	369	160	148	148	148	160	369	160	948
13	433	194	145	145	145	155	361	512	145	920
14	384	141	137	137	137	295	576	605	137	842
15	256	122	122	122	127	455	720	636	122	719
16	126	103	103	103	113	575	787	596	103	557
17	82	76	76	78	176	610	740	479	78	369
18	45	45	45	45	166	475	511	274	45	166
19	2	2	2	2	11	21	20	8	2	4
<b>Latitudine 38° N</b>										
5	0	2	4	4	2	0	0	0	0	1
6	42	260	491	457	182	42	42	42	42	157
7	81	466	786	614	165	77	77	77	77	364
8	115	584	787	567	116	103	103	103	103	558
9	238	621	722	478	129	123	123	123	123	723
10	338	587	578	316	138	138	138	141	138	651
11	404	492	382	158	147	147	147	174	147	931
12	428	349	162	150	150	150	162	349	162	958
13	404	174	147	147	147	158	382	492	147	931
14	338	141	138	138	138	316	576	576	138	851
15	236	123	123	123	129	473	722	621	123	723
16	113	103	103	103	116	576	787	584	103	558
17	81	77	77	77	165	614	736	466	77	364
18	42	42	42	42	182	457	491	260	42	157

Tabella 53: Radiazione solare massima estiva

**Prospetto 6 - Irradianza solare trasmessa attraverso vetro semplice disposto verticalmente (W/m2)**

ORA	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OVEST	OVEST	SUD-OVEST	DIFFUSA	ORIZZONTALE
<b>Latitudine 46° N</b>										
5	9	41	120	124	55	9	9	9	9	17
6	41	251	492	443	126	41	41	41	41	132
7	70	423	654	506	87	65	65	65	65	298
8	108	531	677	437	89	83	83	83	83	481
9	209	570	603	268	98	98	96	98	96	596
10	319	542	454	144	108	108	108	114	108	705
11	395	450	251	120	115	115	115	155	115	771
12	421	302	127	117	117	117	127	302	127	794
13	395	155	115	115	115	120	251	450	115	771
14	319	114	108	108	108	144	454	542	108	705
15	209	96	98	98	98	288	603	570	96	598
16	108	83	83	83	89	437	677	531	83	461
17	70	65	65	65	87	506	654	423	65	298
18	41	41	41	41	126	443	492	251	41	132
19	9	9	9	9	55	125	120	41	9	17
<b>Latitudine 44° N</b>										
5	6	28	81	84	37	6	6	6	6	11
6	39	240	478	434	127	39	39	39	39	124
7	69	414	652	512	92	64	64	64	64	295

ORA	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OVEST	OVEST	SUD-OVEST	DIFFUSA	ORIZZONTALE
8	101	520	678	450	90	83	83	83	83	463
9	190	556	605	306	101	98	98	96	98	606
10	293	526	456	156	109	109	109	114	109	716
11	366	430	255	122	116	116	116	146	116	785
12	392	263	128	115	118	118	128	283	128	808
13	366	148	116	116	116	122	253	430	116	765
14	293	114	109	109	109	156	456	526	109	716
15	190	98	98	98	101	306	605	556	98	606
16	101	83	83	83	90	450	678	520	83	463
17	39	64	64	64	92	512	652	414	64	295
18	6	39	39	39	127	434	476	240	39	124
19	6	6	6	6	37	84	81	28	6	11

Tabella 54: Irradianza trasmessa dal vetro verticale

**Prospetto 9 - Temperatura di progetto invernale dell'aria esterna**

Prov.	Comune	Altitudine	θ <sub>e</sub> (°C)	Prov.	Località	Altitudine	θ <sub>e</sub> (°C)
AG	Agrigento	230	3	MS	Massa Carrara	65	0
AL	Alessandria	95	-8	MT	Matera	200	-2
AN	Ancona	16	-2	NA	Napoli	17	2

Prov.	Comune	Altitudine	θ <sub>e</sub> (°C)	Prov.	Località	Altitudine	θ <sub>e</sub> (°C)
AO	Aosta	583	-10	NO	Novara	159	-5
AP	Ascoli Piceno	154	-2	NU	Nuoro	546	0
AQ	L'Aquila	714	-5	OR	Oristano	9	3
AR	Arezzo	246	0	PA	Palermo	14	5
AT	Asti	123	-8	PC	Piacenza	61	-5
AV	Avellino	348	-2	PD	Padova	12	-5
BA	Bari	5	0	PE	Pescara	4	2
BG	Bergamo	249	-5	PG	Perugia	493	-2
BI	Bielva	420	-9	PI	Pisa	4	0
BL	Belluno	383	-10	PN	Pordenone	24	-5
BN	Benevento	135	-2	PO	Prato	61	0
BO	Bologna	54	-5	PR	Parma	57	-5
BR	Brindisi	15	0	PU	Pesaro e Urbino	11	-2
BS	Brescia	149	-7	PT	Pistoia	67	0
BZ	Bolzano	262	-15	PV	Pavia	77	-5
CA	Cagliari	4	3	PZ	Potenza	819	-3
CB	Campobasso	701	-4	RA	Ravenna	4	-5
CE	Caserta	68	0	RC	Reggio Calabria	15	3
CH	Chieti	330	0	RE	Reggio Emilia	58	-5
CL	Caltanissetta	568	0	RG	Ragusa	502	0
CN	Cuneo	534	-10	RI	Rieti	405	-3
CO	Como	201	-5	RM	Roma	20	0
CR	Cremona	45	-5	RN	Rimini	5	-5
CS	Cosenza	238	3	RO	Rovigo	7	-5
CT	Catania	7	5	SA	Salerno	4	2
CZ	Catanzaro	320	-2	SI	Siena	322	-2
EN	Enna	931	-3	SO	Sondrio	307	-10

Tabella 55: Temperature di progetto invernali



## 6.4 UNI 10349 PARTE 3

La parte 3 infine fornisce, sia per la stagione di raffrescamento che di riscaldamento degli edifici, la metodologia di calcolo per determinare:

- i **gradi giorno**,
- le differenze cumulate di umidità massica,
- la radiazione solare cumulata sul piano orizzontale e l'indice sintetico di severità climatica del territorio.

La stessa norma fornisce inoltre la metodologia per la zonizzazione climatica estiva del territorio nazionale e per la stima del fabbisogno di energia per la climatizzazione degli edifici.

### 6.4.1 METODO DI CALCOLO DEI GRADI GIORNO

#### 4 Gradi giorno nella stagione di riscaldamento

##### 4.1 Generalità

La norma di riferimento per il calcolo dei gradi giorno di riscaldamento è la UNI EN ISO 15927-6.

##### 4.2 Temperatura base

I valori della temperatura di base da utilizzare nei calcoli sono 10 °C, 12 °C, 14 °C, 16 °C, 18 °C, 20 °C.

Nota: La temperatura base standard consigliata per i calcoli dalla UNI EN ISO 15927-6 è 12 °C. Tuttavia la norma consente anche l'utilizzo di differenti valori di temperature base (valori interi e multipli di 2 °C, per esempio 10 °C, 12 °C, 14 °C, 16 °C, 18 °C, 20 °C).

##### 4.3 Calcolo delle differenze di temperatura e delle differenze di temperatura cumulate

###### 4.3.1 Calcolo delle differenze orarie di temperatura

Nel periodo di calcolo considerato, le differenze orarie di temperatura  $\theta_{hm,H}$ , sono calcolate ora per ora usando l'equazione (1) quando  $\theta_{hm,H} < \theta_{b,H}$  o l'equazione (2) quando  $\theta_{hm,H} \geq \theta_{b,H}$

$$\Delta\theta_{h,H}(\theta_{b,H}) = (\theta_{b,H} - \theta_{hm,H}) \quad (1)$$

$$\Delta\theta_{h,H}(\theta_{b,H}) = 0 \quad (2)$$

###### 4.3.2 Calcolo delle differenze di temperature orarie cumulate

Le differenze di temperature orarie cumulate  $\theta_{\sum h,H}$ , per un periodo di  $n$  ore è calcolato come la somma dei valori di  $\Delta\theta_{h,H}$  nel periodo di calcolo considerato usando l'equazione (3):

$$\theta_{\sum h,H}(\theta_{b,H}) = \sum_{h=1}^n \Delta\theta_{h,H}(\theta_{b,H}) \quad (3)$$

Le differenze di temperatura orarie cumulate  $\theta_{\sum h,H}(\theta_b)$  possono essere espresse in gradi giorno di riscaldamento utilizzando l'equazione (4):

$$\theta_{\sum h(d),H}(\theta_{b,H}) = \frac{\theta_{\sum h,H}(\theta_{b,H})}{24} \quad (4)$$

Tabella 56: Metodo di calcolo dei gradi giorno

Prospetto 10 - Gradi giorno di riscaldamento determinati con  $\theta_{b,H}=16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 

		GEN [K × d]	FEB [K × d]	MAR [K × d]	APR [K × d]	MAG [K × d]	GIU [K × d]	LUG [K × d]	AGO [K × d]	SET [K × d]	OTT [K × d]	NOV [K × d]	DIC [K × d]	TOT. [K × d]
1	AG	132	145	122	41	0	0	0	0	0	3	29	91	563
2	AL	448	331	240	82	0	0	0	0	0	80	281	461	1923
3	AN	292	255	174	57	0	0	0	0	0	46	152	239	1215
4	AO	502	350	272	97	0	0	0	0	0	105	348	488	2162
5	AP	355	303	256	70	0	0	0	0	0	64	177	364	1589
6	AQ	404	328	252	101	0	0	0	0	0	94	250	412	1841
7	AR	369	308	235	62	0	0	0	0	0	98	216	318	1606
8	AT	512	341	210	80	0	0	0	0	0	111	270	449	1973
9	AV	291	271	214	65	0	0	0	0	0	87	170	277	1375
10	BA	232	236	182	51	0	0	0	0	0	47	117	216	1081
11	BG	412	308	237	88	0	0	0	0	0	71	264	395	1775
12	BI	445	360	244	88	0	0	0	0	0	86	305	453	1981
13	BL	548	416	311	102	0	0	0	0	0	106	365	501	2349
14	BN	221	233	182	57	0	0	0	0	0	23	176	248	1140
15	BO	454	296	204	65	0	0	0	0	0	33	203	379	1634
16	BR	221	183	129	39	0	0	0	0	0	40	90	177	879
17	BS	403	351	235	92	0	0	0	0	0	66	256	387	1790
18	BT	221	215	132	44	0	0	0	0	0	30	96	197	935
19	BZ	430	268	174	55	0	0	0	0	0	54	261	394	1636
20	CA	218	192	145	61	0	0	0	0	0	34	105	164	919
21	CB	333	320	244	75	0	0	0	0	0	45	177	352	1546
22	CE	202	210	156	48	0	0	0	0	0	10	143	199	968
23	CH	258	248	207	50	0	0	0	0	0	76	137	261	1237
24	CI	207	182	162	57	0	0	0	0	0	21	119	207	955
25	CL	218	156	142	39	0	0	0	0	0	4	73	145	777
26	CN	484	384	287	110	0	0	0	0	0	131	319	479	2194
27	CO	503	339	236	93	0	0	0	0	0	123	272	384	1950
28	CR	442	362	264	92	0	0	0	0	0	64	299	396	1919
29	CS	188	208	150	60	0	0	0	0	0	37	128	214	985
30	CT	134	162	144	27	0	0	0	0	0	2	68	123	660
31	CZ	305	268	207	76	0	0	0	0	0	40	152	234	1282
32	EN	234	261	223	70	0	0	0	0	0	18	124	209	1139

Tabella 57: Gradi Giorno con temperatura base 16 °C



Prospetto 11 - Gradi giorno di riscaldamento determinati con  $\theta_{b,H}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 

		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT.
		[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]	[K × d]
1	AG	192	200	182	65	0	0	0	0	0	12	58	147	856
2	AL	510	387	299	107	0	0	0	0	0	111	340	523	2277
3	AN	354	311	232	82	0	0	0	0	0	78	211	301	1569
4	AO	564	406	330	123	0	0	0	0	0	136	408	550	2517
5	AP	415	358	314	93	0	0	0	0	0	94	235	426	1935
6	AQ	466	383	310	127	0	0	0	0	0	125	308	474	2193
7	AR	431	364	294	87	0	0	0	0	0	129	275	380	1960
8	AT	574	397	266	105	0	0	0	0	0	143	330	511	2326
9	AV	353	326	273	87	0	0	0	0	0	115	226	339	1719
10	BA	294	291	236	74	0	0	0	0	0	73	165	277	1410
11	BG	474	364	297	115	0	0	0	0	0	103	324	457	2134
12	BI	507	416	302	114	0	0	0	0	0	117	365	515	2336
13	BL	610	472	371	129	0	0	0	0	0	138	425	563	2708
14	BN	283	288	240	79	0	0	0	0	0	39	232	310	1471
15	BO	516	352	262	91	0	0	0	0	0	63	262	441	1987
16	BR	283	239	183	60	0	0	0	0	0	62	134	237	1198
17	BS	465	407	293	117	0	0	0	0	0	95	312	449	2138
18	BT	282	271	187	66	0	0	0	0	0	54	146	258	1264
19	BZ	492	324	232	79	0	0	0	0	0	85	319	456	1987
20	CA	280	245	202	84	0	0	0	0	0	52	153	224	1240
21	CB	395	376	305	102	0	0	0	0	0	71	235	414	1898
22	CE	263	266	213	70	0	0	0	0	0	26	199	261	1298
23	CH	320	304	266	76	0	0	0	0	0	108	194	323	1591
24	CI	269	238	223	83	0	0	0	0	0	42	175	269	1299
25	CL	279	208	199	56	0	0	0	0	0	13	116	199	1070
26	CN	546	440	348	137	0	0	0	0	0	165	379	541	2556
27	CO	565	395	294	118	0	0	0	0	0	155	331	446	2304
28	CR	504	418	324	117	0	0	0	0	0	94	359	458	2274
29	CS	248	263	204	83	0	0	0	0	0	54	177	274	1303
30	CT	191	214	197	45	0	0	0	0	0	10	109	179	945
31	CZ	367	324	267	103	0	0	0	0	0	63	209	296	1629
32	EN	294	316	280	94	0	0	0	0	0	33	174	270	1461
33	FC	477	376	268	96	0	0	0	0	0	48	255	425	1945
34	FE	525	380	302	106	0	0	0	0	0	59	301	462	2135
35	FG	348	337	262	73	0	0	0	0	0	78	203	375	1676

Tabella 58: Gradi Giorno con temperatura base 18 °C

## 7. D.LGS. 28/2011 - PROMOZIONE DELLE FER

### 7.1 IL D.LGS. 28/2011

Il **D.Lgs. 03/03/2011 N. 28** recepisce la direttiva europea 2009/28/CE che promuove l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile.

Questo decreto legislativo introduce un quadro di riferimento normativo per il raggiungimento delle quote complessive di energie rinnovabili fino all'anno 2020 (si ricordi a tal proposito la direttiva europea *clima - energia 20/20/20*) e in particolare viene confermato il raggiungimento del limite del 17% di energia da fonti rinnovabili entro il 2020.

Al fine di accelerare l'iter autorizzativi il decreto fissa in 90 giorni il termine massimo per la conclusione del procedimento, al netto dei tempi previsti per la valutazione di impatto ambientale. Inoltre la pratica della *DIA (Dichiarazione Inizio attività)* viene sostituita da una "*procedura abilitativa semplificata*".

Continua ad applicarsi - nelle modalità previste dalle Linee guida nazionali - la "comunicazione relativa alle attività in edilizia libera". Prevista la possibilità per le Regioni di estendere la procedura semplificata anche agli impianti fino a 1 MW.

È sufficiente la comunicazione di inizio lavori per gli *impianti solari termici* installati sugli edifici. Gli interventi di installazione di impianti di produzione di energia termica da fonti rinnovabili (diversi dagli impianti solari termici e dagli impianti geotermici), realizzati negli edifici esistenti e negli spazi liberi privati annessi e destinati unicamente alla produzione di acqua calda e di aria, sono soggetti alla comunicazione di inizio lavori.

L'installazione di pompe di calore da parte di installatori qualificati, destinate unicamente alla produzione di acqua calda e di aria negli edifici esistenti e negli spazi liberi privati annessi, è considerata estensione dell'impianto idrico-sanitario già in opera.

Gli impianti a fonti rinnovabili accedono agli incentivi statali solo se rispettano i requisiti e le specifiche tecniche indicate nell'allegato 2 del decreto, fatte salve le diverse ricorrenze indicate nel medesimo allegato 2.

#### 7.1.1 INTEGRAZIONE DELLE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI (FER)

Fra le tante innovazioni introdotte da questo D.Lgs alcune riguardano l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici (art. 11 e 12).

Si osserva che questo decreto è obbligatorio. La mancata dichiarazione della Quota Rinnovabile (QR) comporta l'automatico decadimento del titolo edilizio.

L'allegato 3 del decreto definisce un calendario per il raggiungimento di aliquote di copertura con fonti di energia rinnovabili qui riportato:

*20% dal 31/05/2012 al 31/12/2013;*

35% dal 1/1/2014 al 31/12/2016;

50% dal 1/1/2017.

La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (installati sopra o all'interno degli edifici o nelle aree di pertinenza) per edifici nuovi o con ristrutturazioni rilevanti (> 1000 m<sup>2</sup>) è calcolata secondo la relazione:

$$P = \frac{S}{K}$$

con S superficie in pianta dell'edificio, in m<sup>2</sup> e K pari a:

80 dal 31/05/2012 al 31/12/2013

65 dal 1/1/2014 al 31/12/2016 (attualmente in vigore)

50 dal 1/1/2017.

Questi nuovi limiti sostituiscono quelli previsti nel D.P.R. 59/09 che sono, pertanto, abrogati.

Per gli edifici pubblici questi limiti sono incrementati del 10%. Per gli edifici alimentati con teleriscaldamento non si applicano questi limiti.

Nel caso di infattibilità tecnica comprovata di ottemperare all'obbligo di integrazione con fonti di energia rinnovabili occorre fare in modo che l'indice di prestazione energetica complessiva sia inferiore al valore dato da:

$$EP_{Dlgs\ 28-11} \leq EP_{lim-192} \left[ \frac{1}{2} + \frac{\frac{\%_{eff}}{4} + \frac{P_{eff}}{4}}{\frac{\%_{obbl}}{4} + \frac{P_{obbl}}{4}} \right]$$

ove:

$I_{192}$  è l'indice di prestazione energetica ai sensi del D.Lgs. 192/05 (kWh/m<sup>2</sup> per residenziali o kWh/m<sup>3</sup> per edifici non residenziali);

$\%_{obbligo}$  percentuale della somma dei consumi previsti per l'ACS, riscaldamento e raffrescamento che deve essere coperta da fonti rinnovabili;

$\%_{effettiva}$  percentuale effettivamente raggiunta nell'edificio;

$P_{obbligo}$  potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che debbono essere obbligatoriamente installati;

$P_{effettiva}$  potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata nell'edificio.

**Il decreto legislativo 28/2011 prevede anche un bonus volumetrico del 5% per edifici nuovi o ristrutturati (> 1000 m<sup>2</sup>) che assicurino una copertura energetica (calore e/o elettricità) da fonti rinnovabili superiore di almeno il 30% rispetto ai valori minimi sopra indicati.**

Infine si ha un ulteriore aggiornamento sulla notifica della certificazione energetica nei contratti di compravendita o di locazione. In particolare occorre che l'acquirente o il locatario dichiarino di aver ricevuto le informazioni e la documentazione relativi alla certificazione energetica dell'immobile in contratto.

E' anche fatto obbligo di allegare l'ACE (Attestato di Certificazione<sup>48</sup> Energetica) ai contratti di locazione se l'edificio o l'unità immobiliare ne è sprovvisto.

<sup>48</sup> Per effetto del DL 63/2013 l'Attestato di Certificazione Energetica, ACE, è sostituito dall'**Attestato di Prestazione Energetica, APE**, indicato dalla direttiva 2010/31/CE.

Infine dal 1/1/2012 gli annunci commerciali di vendita debbono riportare l'indice di prestazione energetica contenuto nell'APE.

In pratica si va verso una obbligatoria rendicontazione dell'APE in toni più garbati e comunque tali da non fermare le procedure notarili di acquisto.

Sull'applicazione del D.Lgs. 28/2011 si parlerà nei successivi capitoli.

#### **Norma UNI TS 11300 Parte 4°**

La norma *UNI TS11300 Parte 4°* indica le procedure da utilizzare per l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabili e come tenerne conto anche ai fini della verifica energetica.

Questo argomento richiede la conoscenza preliminare delle problematiche derivanti dall'utilizzo di quelle fonti energetiche.

Il Volume 4° tratta in modo specifico questi argomenti e pertanto l'esposizione della UNI TS 11300/4 è rimandata in quella sede.

## **7.2 RIEPILOGO DELLE VERIFICHE DA EFFETTUARE PER I DD.LL.GG.SS 192/05 E 28/2011**

Al fine di effettuare le verifiche energetiche degli edifici si riassumono i passi fondamentali richiesti dalle norme e leggi vigenti prima del 1/10/2015.

### **7.2.1 VERIFICHE AI SENSI DEL D.LGS. 192/05 E DPR 59/09**

Occorre verificare che:

- 1.  $L'EP_{ci}$  dell'edificio sia inferiore all' $EP_{i,lim}$ ;**
- 2. Che la produzione di acqua calda sia coperta, su base annuale, per almeno il 50% da energia solare (DM 59/09);**

Il secondo requisito può non essere soddisfatto per giustificati (ad esempio indisponibilità di superficie utile, edifici storici, ...) motivi da inserire nella relazione tecnica.

### **7.2.2 NUOVE VERIFICHE DOPO IL GIORNO 1/7/2015 CON IL DM 26/06/2015**

Con l'entrata in vigore dei nuovi decreti attuativi DM 26/06/2015 della L. 90/13, e in particolare con il decreto sui requisiti minimi, i requisiti richiesti per edificio nuovi, ricostruiti o soggetti a ristrutturazione importante di primo livello (cioè quando si interviene su più del 50% delle superfici disperdenti) sono i seguenti:

- 1) Verifica dell' $EP_{gl}$  (e dei sotto indici  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ ) rispetto ai valori dell'edificio di riferimento;**
- 2) Verifica del valore medio del coefficiente di scambio termico globale,  $H'_T$  rispetto a quello dell'edificio di riferimento;**
- 3) Verifica del parametro  $A_{sol}/A_{sup,utile}$  rispetto al valore limite previsto nell'Appendice 2 del decreto sui requisiti minimi;**
- 4) Verifica che le efficienze  $\eta_H$ ,  $\eta_W$  e  $\eta_C$ , risultino superiori ai valori delle corrispondenti efficienze indicate per l'edificio di riferimento ( $\eta_{H,limite}$ ,  $\eta_{W,limite}$ , e  $\eta_{C,limite}$ );**
- 5) Che la produzione di acqua calda sia coperta, su base annuale, per almeno il 50% da energia solare (D.Lgs. 28/2011)**

### **7.2.3 VERIFICHE AI SENSI DEL D.LGS. 28/2011**

Occorre verificare che:

1. **Si abbia una quota di energia rinnovabile (QR) superiore al valore in vigore (attualmente il 35%), dal 01/01/2017 il 50%);**
2. **Che si produca energia elettrica con pannelli fotovoltaici con potenza  $P=S/K$  kW. Attualmente  $K=65$ , dal 1/1/2017  $K=50$ .**

Nel caso in cui uno o entrambi i requisiti non siano soddisfatti viene ridotto l'EP<sub>i,lim</sub> con la relazione vista in precedenza in funzione delle percentuali effettive e delle potenze effettive.

### 7.3 USO DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI

La potenza elettrica P degli impianti alimentati **da fonti rinnovabili** che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo la relazione:

$$P = \frac{S}{K}$$

dove:

S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m<sup>2</sup>,

K è un coefficiente (m<sup>2</sup>/kW) che assume i seguenti valori: 65 dall'1/1/2014, e 50 dall'1/1/2017 (in pratica 100 m<sup>2</sup> di superficie dovranno dare, a pieno regime del decreto, 2 kW).

Questa prescrizione comporta di fatto l'installazione *preferenziale* di pannelli solari fotovoltaici.

Una veloce verifica per la zona climatica di Catania mostra come servano circa 9 m<sup>2</sup> per ottenere un kWp di potenza fotovoltaica e pertanto occorre coprire con pannelli fotovoltaici circa il 16% del tetto, oltre a dover utilizzare un po' di quello che resta per qualche pannello solare termico (per coprire almeno il 50% di acqua calda sanitaria) e sperare che ciò basti per soddisfare gli obblighi di copertura dei consumi con energia da fonte rinnovabile.

La prescrizione dovrebbe essere riferita alla superficie utile riscaldata per coerenza con altre disposizioni ma ciò dovrebbe essere precisato dal legislatore. In modo cautelativo si può considerare tutta la superficie utile in pianta.

#### 7.3.1 OBBLIGO DI INTEGRAZIONE SUI TETTI

Il D.Lgs. 28/2011, a proposito di utilizzo di pannelli fotovoltaici, così recita (All. 3, comma 4):

*In caso di utilizzo di pannelli solari termici o fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere **aderenti o integrati nei tetti medesimi**, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda.*

Quindi possiamo installare i pannelli solari termici e fotovoltaici solo se hanno la stessa inclinazione della falda o della copertura in genere.

Si tratta di una prescrizione che ha una valenza architettonica (riduzione dell'impatto visivo) che nulla ha a che vedere con l'efficienza energetica. Anzi, in caso di tetti piani o poco inclinati, non è una soluzione energeticamente corretta.

Questa prescrizione appare antitetica con lo scopo di utilizzare più efficacemente la fonte solare ma risulta utile per ridurre l'impatto visivo degli impianti solari.

#### 7.4 AGGIORNAMENTO DEL D.LGS 28/2011 CON IL DM 26/06/2015

Con l'entrata in vigore dei DM 26/06/2015 e con l'inglobamento del D.Lgs. 28/2011 all'interno dei decreti attuativi cambiano alcuni riferimenti.

Nel caso di infattibilità tecnica comprovata di ottemperare all'obbligo di integrazione con fonti di energia rinnovabili occorre fare in modo che l'indice di prestazione energetica complessiva sia inferiore al valore dato da:

$$EP_{Dlgs28-11} \leq EP_{DM\_26/06/15} \left[ \frac{1}{2} + \frac{\frac{\%_{eff}}{4} + \frac{P_{eff}}{4}}{\frac{\%_{obbl}}{4} + \frac{P_{obbl}}{4}} \right]$$

ove:

$EP_{DM\_26/06/15}$  è l'indice di prestazione energetica ai sensi del DM 26/06/2015 (kWh/m<sup>2</sup> determinato con le nuove procedure del decreto sui requisiti minimi (vedi dopo);

$\%_{obbligo}$  percentuale della somma dei consumi previsti per l'ACS, riscaldamento e raffrescamento che deve essere coperta da fonti rinnovabili;

$\%_{effettiva}$  percentuale effettivamente raggiunta nell'edificio;

$P_{obbligo}$  potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che debbono essere obbligatoriamente installati;

$P_{effettiva}$  potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata nell'edificio.

Inoltre ai fini della qualifica degli edifici a quasi zero energia (nZEB) occorre che la QR sia superiore al 50% e che la potenza elettrica da FER sia superiore a  $P=S/50$  kW.

#### 7.5 USO DELLE P.D.C. PER EDIFICI AD ALTE PRESTAZIONI ENERGETICHE

Realizzare un edificio totalmente autosufficiente senza l'intervento degli impianti meccanici è possibile per casi particolari di edifici passivi (*Zero Energy Buildings*). Si tratta di costruzioni particolari, di volumetria limitata e quasi sempre di tipo prototipale.

In questo tipo di edifici si ha anche il problema di assicurare un buon ricambio d'aria all'interno degli ambienti senza dover pagare un forte tributo energetico per la ventilazione naturale.

L'inserimento di opportuni impianti meccanici conferisce più flessibilità agli edifici tanto che sono stati realizzati anche grattacieli con caratteristiche di positività, cioè capaci di produrre più energia di quanta ne richiedano per la climatizzazione.

Se si desidera realizzare edifici quasi zero energia occorre contemperare sia le azioni progettuali di tipo architettonico con la capacità di autoproduzione energetica degli edifici.

Si osservi che il bilancio energetico è fatto sull'edificio e sue pertinenze in un periodo annuale. Ciò significa che in alcune parti dell'anno l'edificio può assorbire energia dalla rete esterna e in altre parti dell'anno può invece produrre energia in eccesso che può essere ceduta alla rete esterna.

In alcune nazioni si impone che il bilancio sia nullo (*Edifici a Zero Energia*) mentre in Europa, per effetto delle direttiva 31/2010/CE si richiede che questo bilancio sia non nullo ma *quasi zero*. Il valore di questa differenza non è ancora fissato.



## 7.6 UTILIZZO DI ENERGIA ELETTRICA DA RETE

L'energia elettrica è una fonte energetica di grandissima importanza nell'impiantistica di un edificio. Essa consente di far marciare pompe, bruciatori, refrigeratori d'acqua, riscaldatori elettrici, ... Praticamente quasi tutti i dispositivi d'impianto funzionano ad energia elettrica.

Anche se l'approvvigionamento dell'energia elettrica è garantito dal Gestore di Rete, va tenuto presente che la produzione di energia elettrica è effettuata nelle centrali elettriche con un rendimento termodinamico non unitario. Per produrre 1 kWh di energia elettrica occorrono **2,174 kWh** di energia termica, considerando un *fattore di produzione nazionale* pari a **0,46 kWh<sub>e</sub>/kWh<sub>t</sub>**.

Si intuisce, quindi, che usare una banale resistenza elettrica per il riscaldamento ambientale (*stufe e scaldiglie elettriche*) è un **uso improprio** e fortemente penalizzante per la collettività.

Meglio è, certamente, utilizzare le pompe di calore. Queste utilizzano l'energia elettrica in modo più appropriato per far marciare un sistema complesso che, assorbendo calore dall'ambiente esterno, cede all'ambiente più energia di quanto ne consumi.

Come già detto, viene definito COP (*Coefficient of Performance*) istantaneo il rapporto fra la potenza termica resa e la potenza elettrica assorbita:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ceduto}}{P_{elettrica}}$$

Questo fattore varia a seconda del tipo di pompa di calore (ciclo utilizzato, fluido frigorifero, tipologia di scambiatori di calore) e varia, per pompe a compressione di vapori saturi, da circa 2 a circa 7. Assumendo un valore pari a 4 la precedente espressione ci dice che per ogni kW di potenza elettrica impegnata se ne ottengono 4 kW termici. Il bilancio energetico sul sistema pompa di calore porta a considerare 3 kW di potenza termica assorbiti dall'ambiente esterno e quindi del tutto **gratuiti**.

In pratica il fattore di utilizzo dell'energia elettrica con pompa di calore avente COP=4 è pari al 104%. Un semplice resistenza elettrica avrebbe un fattore di utilizzo pari a  $1/2.174 = 0,46$  cioè appena il 46% dell'energia primaria spesa nelle centrali elettriche.

L'ambiente esterno da cui prelevare energia mediante pompe di calore può essere, oltre all'aria esterna, anche il terreno ad opportuna profondità (geotermia a bassa entalpia) o un serbatoio di acqua (acque di falda, mare, lago o fiume), cascami termici di processi industriali o anche calore di scarto di motori termici primari (cogenerazione termica).

Per caratterizzare la variabilità del COP durante la stagione invernale è stato proposto l'**ES COP** (*European Seasonal Coefficient of Performance*) che è valutato per i climi di riferimento di Helsinki, Amburgo e Napoli. Di questo indice si è parlato in precedenza.

Questo indice è l'analogo dell'ESEER (*European Seasonal Energy Ratio*) utilizzato per caratterizzare l'efficienza media stagionale dei refrigeratori d'acqua.

## 7.7 INTEGRAZIONE ENERGETICA NEGLI EDIFICI CON POMPA DI CALORE

Si presenta qui uno studio di utilizzo delle pompe di calore con integrazione elettrica di origine anche fotovoltaica.

L'energia primaria totale utilizzata dall'edificio è data dalla somma dei seguenti termini:

- *energia per riscaldamento;*
- *energia per il raffrescamento;*
- *energia per produzione di acqua calda sanitaria (ACS);*
- *energia per illuminazione.*

Se riferiamo i consumi energetici primari all'unità di superficie e all'anno possiamo esprimere ciascuno dei termini sopra indicati in kWh/(m<sup>2</sup>.a), si hanno cioè gli indici di prestazione energetica per tipologia di consumi. La somma di tutti gli indici di prestazione energetica ci fornisce l'indice globale di prestazione energetica, EP<sub>g</sub>, dell'edificio. Detto indice attualmente è sottoposto alle verifiche per la certificazione energetica, domani dovrà rispettare i valori proposti dalle norme per gli edifici quasi zero energia.

### 7.7.1 EDIFICIO CON SOLO RISCALDAMENTO ACS ED ILLUMINAZIONE

Si supponga di avere un edificio sottoposto a solo riscaldamento invernale e con consumi per ACS ed illuminazione. Se riportiamo tutti i consumi riferiti all'involucro in consumi equivalenti elettrici si ha il seguente schema di calcolo. Le richieste energetiche vanno riferite all'involucro, cioè dagli impianti all'edificio, e ciò può farsi moltiplicando l'EP<sub>H</sub> per il rendimento globale di impianto, η<sub>g</sub>. Si ricorda che quest'ultimo è dato dal prodotto:

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_c \eta_r$$

cioè è dato dal prodotto dei rendimenti:

- η<sub>p</sub>      *rendimento di produzione del generatore termico;*
- η<sub>d</sub>      *rendimento di distribuzione;*
- η<sub>c</sub>      *rendimento di cessione dei terminali;*
- η<sub>r</sub>      *rendimento di regolazione.*

Il D.P.R. 59/09 indica come valutare ciascuno di questi termini. Lo stesso decreta fissa anche il rendimento minimo dell'impianto pari a:

$$\eta_{g\_impianto} = 75 + 3 \text{Log } P$$

con P la potenza in kW dell'impianto. Pertanto ci riferiremo a questo valore. L'energia elettrica per riscaldamento ed acqua calda sanitaria, supponendo di utilizzare una pompa di calore come generatore combinato, si ottiene dividendo la somma dei due consumi per il COP della pompa di calore:

$$E_{elett.da.risc.e.ACS} = \frac{E_{risc} \cdot \eta_{g\_impianto} + E_{ACS}}{COP} = \frac{(EP_i + EP_{ACS}) \cdot S_{utile}}{COP}$$

espresso<sup>49</sup> in kWh/a. I consumi elettrici per illuminazione si ottengono direttamente dalla relazione:

$$E_{illuminazione} = EP_{ill} \cdot S$$

Il consumo elettrico annuo complessivo vale:

$$E_{globale} = E_{elett.da.risc.e.ACS} + E_{illuminazione}$$

Questa richiesta deve soddisfare le richieste sia del D.Lgs. 28/2011 che quelle per gli EQZE.

Se si vuole integrare con una percentuale<sup>50</sup> p<sub>int</sub> ad esempio con pannelli fotovoltaici dei quali si conosce la produzione annua espressa in  $\eta = kWh_{anno} / kW_{picco}$  allora la potenza di picco è pari a:

<sup>49</sup> Quanto qui detto per l'EP<sub>i</sub> riferito alla superficie utile (edifici residenziali) vale anche per l'EP<sub>i</sub> riferito al volume lordo riscaldato (edifici non residenziali)

<sup>50</sup> Si considera una percentuale minima del 50% di integrazione con energie rinnovabili necessaria per avere l'EQZE.

$$P_{FV} = \frac{E_{globale} \cdot P_{int}}{\eta}$$

espressa in kW<sub>p</sub>. Tale valore deve essere non inferiore alla *potenza minima* richiesta dal D.lgs. 28/2011 che vale:

$$P = \frac{S_{pianta}}{K}$$

in kW e con K che assume valore pari a,65 o 50 a partire, rispettivamente, dal 01/01/2014 e dal 01/01/2017. La superficie di raccolta è allora calcolabile note le caratteristiche dei pannelli fotovoltaici utilizzati. Se indichiamo con  $\varepsilon = \frac{S_{FV}}{P_{FV}}$  la superficie specifica<sup>51</sup> per unità di potenza di picco dei pannelli utilizzati allora la superficie totale richiesta è;

$$S_{FV} = P_{FV} \cdot \varepsilon$$

espressa in m<sup>2</sup>. A questa superficie di raccolta occorre sommare quella di integrazione (almeno 50%) per la produzione di acqua calda sanitaria da effettuare con collettori solari termici.

In Tabella 59 si ha un esempio di calcolo per edificio in zona B avente EP<sub>H</sub>, EP<sub>W</sub>, EP<sub>L</sub> calcolati in base alla certificazione energetica (linee guida nazionali), con rendimento globale di impianto pari a 0,8 e con tre ipotesi di pompa di calore con COP=3,3,5 e 4.

Si suppone che la percentuale di integrazione in base al D.lgs. 28/2011 sia variabile da 20 al 50%. La superficie utile è di 100 m<sup>2</sup>.

Si ha nell'ultima colonna il calcolo della superficie utile di pannelli fotovoltaici da inserire nell'edificio, in aggiunta a quelli per la produzione di ACS che, per la superficie indicata e per edilizia residenziale, possiamo ritenere di 4 m<sup>2</sup> di collettori solari piani.

Epi	eta.g	EP.i.inv	COP	EP.acs	Su	EP.ill	E.i.inv	E.acs	E-elettrico	E.ill	p%	eta.FV	P.FV	epsilon	S.FV
kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/kW	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	%	kWh/kWp	kW	m <sup>2</sup> /kWp	m <sup>2</sup>
43,7	0,8	34,96	3,00	19	100	50	3496	1900	1798,67	5000	20%	1200	1,13	10	11,33
43,7	0,8	34,96	3,00	19	100	50	3496	1900	1798,67	5000	35%	1200	1,98	10	19,83
43,7	0,8	34,96	3,00	19	100	50	3496	1900	1798,67	5000	50%	1200	2,83	10	28,33
43,7	0,8	34,96	3,50	19	100	50	3496	1900	1541,71	5000	20%	1200	1,09	10	10,90
43,7	0,8	34,96	3,50	19	100	50	3496	1900	1541,71	5000	35%	1200	1,91	10	19,08
43,7	0,8	34,96	3,50	19	100	50	3496	1900	1541,71	5000	50%	1200	2,73	10	27,26
43,7	0,8	34,96	4,00	19	100	50	3496	1900	1349,00	5000	20%	1200	1,06	10	10,58
43,7	0,8	34,96	4,00	19	100	50	3496	1900	1349,00	5000	35%	1200	1,85	10	18,52
43,7	0,8	34,96	4,00	19	100	50	3496	1900	1349,00	5000	50%	1200	2,65	10	26,45

Tabella 59: Calcolo della superficie di pannelli FV per varie ipotesi

In definitiva al variare della percentuale di integrazione dal 20 al 50% la superficie di raccolta totale (FV + termico) varia da 15,30 a 32,33 m<sup>2</sup> per COP=3 e da 15,58 a 30,45 m<sup>2</sup> per COP=4.

La modesta riduzione della superficie dei PV può trarre in inganno. In realtà si osservi come l'energia elettrica richiesta per illuminazione (ed elettrodomestici) sia circa il 50% di quella richiesta per il riscaldamento invernale. Pertanto la copertura del carico elettrico di illuminazione pesa fortemente nel bilancio complessivo perché non viene ridotto dal COP della pompa di calore.

<sup>51</sup> Questo valore è desumibile dai Data Sheet dei costruttori di Pannelli fotovoltaici.

Nella Tabella 60 si ha la stessa tipologia di calcolo precedente ma con  $EP_L=0$ , cioè senza carichi elettrici interni. L'energia richiesta è solo per riscaldamento e ACS.

Epi	eta.g	EP.i.inv	COP	EP.acs	Su	EP.ill	E.i.inv	E.acs	E-elettrico	E.ill	p%	eta.FV	P.FV	epsilon	S.FV
kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kW/kW	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	%	kWh/kWp	kW	m <sup>2</sup> /kWp	m <sup>2</sup>
43,7	0,8	34,96	3,00	19	100	0	3496	1900	1798,67	0	20%	1200	0,30	10	3,00
43,7	0,8	34,96	3,00	19	100	0	3496	1900	1798,67	0	35%	1200	0,52	10	5,25
43,7	0,8	34,96	3,00	19	100	0	3496	1900	1798,67	0	50%	1200	0,75	10	7,49
43,7	0,8	34,96	3,50	19	100	0	3496	1900	1541,71	0	20%	1200	0,26	10	2,57
43,7	0,8	34,96	3,50	19	100	0	3496	1900	1541,71	0	35%	1200	0,45	10	4,50
43,7	0,8	34,96	3,50	19	100	0	3496	1900	1541,71	0	50%	1200	0,64	10	6,42
43,7	0,8	34,96	4,00	19	100	0	3496	1900	1349,00	0	20%	1200	0,22	10	2,25
43,7	0,8	34,96	4,00	19	100	0	3496	1900	1349,00	0	35%	1200	0,39	10	3,93
43,7	0,8	34,96	4,00	19	100	0	3496	1900	1349,00	0	50%	1200	0,56	10	5,62
43,7	0,8	34,96	5,00	19	100	0	3496	1900	1079,20	0	20%	1200	0,18	10	1,80
43,7	0,8	34,96	5,00	19	100	0	3496	1900	1079,20	0	35%	1200	0,31	10	3,15
43,7	0,8	34,96	5,00	19	100	0	3496	1900	1079,20	0	50%	1200	0,45	10	4,50
43,7	0,8	34,96	6,00	19	100	0	3496	1900	899,33	0	20%	1200	0,15	10	1,50
43,7	0,8	34,96	6,00	19	100	0	3496	1900	899,33	0	35%	1200	0,26	10	2,62
43,7	0,8	34,96	6,00	19	100	0	3496	1900	899,33	0	50%	1200	0,37	10	3,75

Tabella 60: Calcolo della superficie di pannelli FV per varie ipotesi ma con  $EP_{ill}=0$

Si osserva come la superficie dei PF si riduce drasticamente di quasi un fattore e, in aggiunta, come al crescere del COP diminuisca sensibilmente anche la superficie dei PF.

Da quanto osservato si deduce che le azioni principali per ridurre le superfici dei pannelli fotovoltaici sono due:

- 1 ridurre al massimo l'energia elettrica richiesta dall'edificio utilizzando lampade a basso consumo (a luminescenza), elettrodomestici in classe A+ e anche A++, scaldacqua con pompa di calore, anziché a resistenza, assistita da collettori solari termici integrativi;
- 2 utilizzare la pompa di calore con il più alto COP possibile. Oggi sono in commercio pompe di calore ad alte prestazioni con  $COP > 3,5$ . Ancora meglio se si utilizzano pompe del tipo acqua – acqua, come quelle per geotermia a bassa temperatura, con  $COP > 5,5$ , come dimostrato nella Tabella precedente.

Il calcolo sopra esposto non garantisce che si abbia effettivamente la percentuale di integrazione  $p\%$  specificata. Si ricordi, infatti, che l'energia solare e l'energia eolica hanno una utilizzabilità di tipo statistico e non deterministico.

Mediamente nell'anno il bilancio energetico si approssima a quello desiderato ma si può avere l'anno più favorevole e quello meno favorevole.

Un edificio *grid connected*, cioè connesso alla rete elettrica, potrà compensare la mancanza di energia o la maggiore produzione di energia importandola o esportandola, rispettivamente, dalla rete esterna.

### 7.7.2 EDIFICIO CON IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO, ACS E ILLUMINAZIONE

Esaminiamo ora il caso di un edificio che abbia tutte e quattro le tipologie impiantistiche e quindi si abbia anche il raffrescamento.

L'energia specifica di involucro per il riscaldamento vale:

$$EP_{i,inv} = EP_i \cdot \eta_{g\_impianto}$$

L'energia specifica di involucro per riscaldamento e raffrescamento vale:

$$EP_{ie,inv} = EP_i \cdot \eta_{g\_impianto} + EP_{e,inv}$$

espressa in kWh/(m<sup>2</sup>.a) per edifici residenziali e in kWh/(m<sup>3</sup>.a) per edifici non residenziali.

L'energia termica globale annua richiesta dall'edificio di superficie utile S<sub>u</sub> è la somma del valore precedente più quello di ACS, cioè  $E_{impianti} = EP_{g,imp} \cdot S_u$  e l'energia elettrica equivalente da fornire alla pompa di calore avente efficienza COP è data dalla relazione:

$$E_{elett.impianti.e.ACS} = \frac{E_{risc} + E_{ACS} = (EP_i + EP_{ACS}) \cdot S_{utile}}{COP}$$

in kWh/a. A questo punto possiamo proseguire come esposto nel precedente paragrafo per il calcolo della superficie dei collettori fotovoltaici necessari alla integrazione desiderata nel rispetto anche del D.lgs. 28/2011.

In Tabella 61 si una sintesi dei risultati derivati dalla Tabella precedente ma con l'inserimento di Ep<sub>e,inv</sub>.

Valgono le stesse considerazioni esposte per il caso precedente.

### 7.8 CONDIZIONI PER L'ACCETTAZIONE DELLA RINNOVABILITÀ DELL'ENERGIA

Come già accennato, l'energia termica contenuta nell'aria, nel terreno o nelle acque superficiali si può definire rinnovabile a patto che l'efficienza con cui viene estratta sia sufficientemente elevata da renderne vantaggioso lo sfruttamento. Si ritiene vantaggioso lo sfruttamento delle fonti rinnovabili aerotermiche, geotermiche e idrotermiche quando il consumo di combustibili fossili è mantenuto a bassi livelli, pertanto diventa necessario verificare i consumi di energia primaria delle diverse tipologie di pompe di calore, siano esse azionate da combustibile gassoso oppure da energia elettrica.

Epi	eta.g	EP.i.inv	EP.e.inv	COP	EP.acs	Su	EP.ill	E.i.inv	E.e.inv	E.acs	E-elettrico	E.ill	p%	eta.FV	P.FV	epsilon	S.FV
Wh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kW/kW	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> .a)	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	%	kWh/kWp	kW	m <sup>2</sup> /kWp	m <sup>2</sup>
43,7	0,8	34,96	50	3,00	19	100	50	3496	5000	1900	3465,33	5000	20%	1200	1,41	10	14,11
43,7	0,8	34,96	50	3,00	19	100	50	3496	5000	1900	3465,33	5000	35%	1200	2,47	10	24,69
43,7	0,8	34,96	50	3,00	19	100	50	3496	5000	1900	3465,33	5000	50%	1200	3,53	10	35,27
43,7	0,8	34,96	50	3,50	19	100	50	3496	5000	1900	2970,286	5000	20%	1200	1,33	10	13,28
43,7	0,8	34,96	50	3,50	19	100	50	3496	5000	1900	2970,286	5000	35%	1200	2,32	10	23,25
43,7	0,8	34,96	50	3,50	19	100	50	3496	5000	1900	2970,286	5000	50%	1200	3,32	10	33,21
43,7	0,8	34,96	50	4,00	19	100	50	3496	5000	1900	2599	5000	20%	1200	1,27	10	12,67
43,7	0,8	34,96	50	4,00	19	100	50	3496	5000	1900	2599	5000	35%	1200	2,22	10	22,16
43,7	0,8	34,96	50	4,00	19	100	50	3496	5000	1900	2599	5000	50%	1200	3,17	10	31,66
43,7	0,8	34,96	50	5,00	19	100	50	3496	5000	1900	2079,2	5000	20%	1200	1,18	10	11,80
43,7	0,8	34,96	50	5,00	19	100	50	3496	5000	1900	2079,2	5000	35%	1200	2,06	10	20,65
43,7	0,8	34,96	50	5,00	19	100	50	3496	5000	1900	2079,2	5000	50%	1200	2,95	10	29,50
43,7	0,8	34,96	50	6,00	19	100	50	3496	5000	1900	1732,667	5000	20%	1200	1,12	10	11,22
43,7	0,8	34,96	50	6,00	19	100	50	3496	5000	1900	1732,667	5000	35%	1200	1,96	10	19,64
43,7	0,8	34,96	50	6,00	19	100	50	3496	5000	1900	1732,667	5000	50%	1200	2,81	10	28,05

Tabella 61: Calcolo della superficie di pannelli FV per varie ipotesi con raffrescamento

La sotto riportata equazione consente la verifica dell'ammissibilità delle pompe di calore come sistemi in grado di sfruttare energia rinnovabile aerotermica, geotermica o idrotermica.

$$SPF_{min} > \frac{1,15}{\eta}$$

Il termine SPF nella presente formula, come anche nelle successive, identifica il coefficiente di prestazione medio stagionale della pompa di calore, di fatto un GUE o un COP medio stagionale. Il termine  $\eta$  identifica invece il rendimento di trasformazione da energia primaria a energia elettrica. Il valore 1,15 è un coefficiente stabilito dalla Direttiva Europea. Il rendimento  $\eta$  è definito annualmente da *Eurostat* e attualmente vale 0,46.

Ne risulta un valore minimo dell'SPF che, con gli attuali valori di  $\eta$ , risulta:

$$SPF_{min} > 1,15$$

per pompe di calore a gas

$$SPF_{min} > 2,875$$

per pompe di calore elettriche

Da notare che il valore di SPF pari a 2,875 può essere agevole da raggiungere per unità geotermiche o idrotermiche, ma risulta molto più arduo da ottenere per unità aerotermiche, specie se applicate in regimi rigidi o con richiesta di alte temperature.

Per il calcolo dell'SPF la normativa citata propone la seguente relazione:

$$SPF_{PdC} = \frac{E_{PdC}}{E_{ass}}$$

dove  $SPF_{PdC}$  è il coefficiente di prestazione medio stagionale della pompa di calore;  $E_{PdC}$  è l'energia termica resa disponibile dalla pompa di calore durante una stagione;  $E_{ass}$  è in generale l'energia spesa per consentire il funzionamento della pompa di calore durante una stagione.

Per le pompe di calore azionate elettricamente l'SPF è sempre riferito al consumo di energia  $E_{ass}$  elettrica, mentre per le pompe di calore ad assorbimento e a motore endotermico il consumo di energia  $E_{ass}$  è riferito ai consumi primari della macchina.

Pertanto per le pompe di calore a gas vale la seguente relazione:

$$E_{ass} = E_{gas} + \frac{E_{elet}}{\eta}$$

Dove:

$E_{gas}$  è l'energia dovuta al consumo di gas combustibile;

$E_{elett}$  è l'energia elettrica consumata dall'unità e dai suoi ausiliari montati a bordo,

$\eta$  identifica come in precedenza il rendimento di trasformazione da energia primaria a energia elettrica.

Si può ulteriormente definire il rapporto di energia primaria stagionale  $REP_s$ , definito come il rapporto tra l'energia termica resa dalla pompa di calore e l'energia primaria complessivamente spesa dalla stessa per il suo funzionamento.

Per le pompe di calore elettriche vale la seguente relazione:

$$REP_s = \eta SPF_{PdC}$$

Per le pompe di calore a gas (ad assorbimento o a motore endotermico) vale la seguente relazione:

$$REP_s = SPF_{PdC}$$



## 7.9 CALCOLO DELL'ENERGIA RINNOVABILE REALE AI FINI DELLA VALUTAZIONE ENERGETICA

Lo scopo finale dell'utilizzo delle energie rinnovabili è la riduzione del consumo globale di combustibili fossili, pertanto risulta evidente che ogni tipologia di diagnosi o valutazione energetica sui consumi degli impianti di climatizzazione non può prescindere dal considerare l'efficienza dei sistemi progettati e realizzati per prelevare e trasferire dalle sorgenti fredde l'energia rinnovabile.

Non trascurare l'efficienza per stimare i consumi di energia primaria dei sistemi di generazione che fanno uso anche di energie rinnovabili, equivale a dire che in luogo della relazione precedentemente descritta, si deve far uso di una relazione differente avente interpretazione univoca e legata al rapporto di energia primaria REP in luogo del coefficiente di prestazione stagionale SPF.

Per tutti gli scopi di valutazione energetica, l'energia rinnovabile realmente prelevata dalle pompe di calore  $E^*_{RES}$  deve essere necessariamente calcolata attraverso la seguente relazione:

$$E^*_{RES} = E_{tot} \left( 1 - \frac{1}{REP_{S,Sist}} \right)$$

ove:

$E_{tot}$  è l'energia totale trasferita dall'intero sistema di generazione;

$REP_{S,Sist}$  è il rapporto di energia primaria calcolato a livello stagionale per l'intero sistema di generazione dell'energia.

Nei prossimi capitoli si parlerà diffusamente delle pompe di calore e del loro utilizzo nell'ambito dell'applicazione del D.Lgs. 28/2011 e della norma UNI TS 11300/4 sulle FER.

## 8. LE RACCOMANDAZIONI DEL CTI

Si esaminano brevemente le Raccomandazione del CTI 09/2012 e 14/2013 che rivestono importanza per l’ utilizzo delle FER. La prima è in parte superata dalla seconda e quest’ ultima dalla UNI TS 11300/5:2016 sopra esaminata.

### 8.1.1 SIMBOLISMO UTILIZZATO NELLE NORMATIVE

I simboli utilizzati nelle normative europee ed italiane di ultima generazione sono qui riassunte nelle seguenti tabelle.

Voce	Simbolo	Unità di misura
Fabbisogno di energia	Q	kWh

Tabella 43: Simboli per unità di misura

Voce	Pedice
Climatizzazione invernale	H
Acqua calda sanitaria	W
Climatizzazione estiva	C
Ventilazione	V
Illuminazione	L
Vettore energetico	i
Servizio energetico in esame	k
Altro servizio energetico attivo contestualmente a quello in esame dal quale si considera energia recuperata	j
Mese	m
Anno	an
Globale	gl
Perdite o energia elettrica ausiliaria esclusa la generazione	ngn
Energia termica utile ideale	nd
Energia elettrica	el
Energia da fonti energetiche rinnovabili "on site"	os
Energia da vettori energetici rinnovabili "off site"	ofs
Energia da unità cogenerative	CG
Energia primaria	P
Energia netta	net
Energia non rinnovabile	nren
Energia rinnovabile	ren
Energia consegnata	del
Energia riconsegnata	rdel
Energia lorda	gross
Energia utilizzata	used
Recupero termico	rec

Tabella 62: prospetto dei pedici

**8.2 CONTRIBUTO DELLA RACCOMANDAZIONE 09/2012 DEL CTI**

La Raccomandazione 09/2012 (in parte superata dalla Raccomandazione CTI 14/2013) cerca di superare questa difficoltà. Essa, infatti, dice che ai fini del calcolo (secondo la stessa Raccomandazione) il valore di SPF (*Seasonal Performance Factor*) si ottiene in base al **valore stagionale medio** derivante dal calcolo su base mensile secondo UNI TS 11300-4<sup>52</sup> e si considera il rendimento medio di produzione del sistema elettrico nazionale dato dal prospetto seguente ( $f_{p,ren} = f_p = 2.18$ <sup>53</sup>). Questa raccomandazione, come pure la R 14/13, sarà superata dall’emanazione della UNI TS 11300/5 sul calcolo della QR.

<b>Energia fornita da vettori energetici finali "off site"</b>	$f_{p,ren}$	$f_{p,nren}$	$f_p$
Gas naturale	0	1,02	1,02
GPL	0	1,10	1,10
Olio combustibile	0	1,10	1,10
Biomasse solide, liquide e gassose	0,90	0,20	1,10
Energia elettrica da rete	0	2,18	2,18
Energia termica da rete (teleriscaldamento) <sup>(1)</sup>	0	1,20	1,20
<b>Energia da fonti energetiche "on site"</b>	$f_{p,ren}$	$f_{p,nren}$	$f_p$
Energia captata da irradiazione solare	1,00	0	1,00
Energia termica prelevata dall’ambiente	1,00	0	1,00
<b>Energia esportata<sup>(2)</sup></b>	$f_{p,ren}$	$f_{p,nren}$	$f_p$
Energia elettrica	0	2,18	2,18

<sup>(1)</sup> In assenza di valori dichiarati dal fornitore.

<sup>(2)</sup> NOTA: l’energia esportata non è rilevante ai fini del calcolo di QR e probabilmente non verrà citata nella versione finale del documento..

Tabella 63: Prospetto indicato dalla Raccomandazione 09/2012

Il metodo di verifica della copertura con fonte rinnovabile è strettamente legato alla scelta relativa ai fattori di conversione in energia primaria. Di seguito ne vengono illustrati alcuni.

**8.2.1 VERIFICA DEL GRADO DI COPERTURA CON IL METODO DELL’ENERGIA PRIMARIA TOTALE**

Se si utilizzano i fattori di conversione in energia primaria totale, per determinare il grado di copertura con fonti rinnovabili, occorre fare l’inventario di tutti i vettori energetici Edel, i consegnati all’impianto.

Si calcolano poi in sequenza:

*L’energia primaria totale  $EP_{TOT}$ , ottenuta moltiplicando ciascuna quantità di energia consegnata  $E_{del, i}$  per il rispettivo fattore di conversione in energia totale  $f_{p, tot, i}$*

$$EP_{TOT} = \sum_i (E_{del, i} \times f_{p, tot, i})$$

*Questo termine, che comprende anche la radiazione solare e gli altri contributi da Fonti Rinnovabili;*

*L’energia primaria non rinnovabile  $EP_{NREN}$  ottenuta moltiplicando ciascuna quantità di energia consegnata  $E_{del, i}$  per il rispettivo fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile  $f_{p, nren, i}$ ;*

$$EP_{NREN} = \sum_i (E_{del, i} \times f_{p, nren, i});$$

*Il grado di copertura con fonti rinnovabili FR% è dato allora da*

$$QR = (EP_{TOT} - EP_{NREN}) / EP_{TOT}.$$

<sup>52</sup> Si vedrà nel prosieguo questo calcolo.

<sup>53</sup> La Raccomandazione R14/13 porta il valore 2.176 quale rendimento elettrico medio europeo.

È sufficiente un solo calcolo del sistema edificio/impianto. Occorre però definire un insieme di fattori in energia primaria totale attualmente mancanti in Italia.

Questo metodo consente di includere fra i flussi energetici in ingresso anche l'energia catturata dall'ambiente dalle pompe di calore. La definizione di energia primaria legalmente rinnovabile comporta che i fattori di conversione in energia primaria totale e rinnovabile dell'energia catturata dall'ambiente esterno valgono entrambi 1,0

Un difetto di questo metodo è la penalizzazione delle pompe di calore ad assorbimento rispetto a quelle a compressore azionate da motore elettrico.

### 8.3 RACCOMANDAZIONE 14/2013 DEL CTI

Questa norma<sup>54</sup> definisce la prestazione energetica degli edifici e in particolare indica come calcolare il *fabbisogno di energia primaria non rinnovabile* (kWh) dell'edificio con la relazione:

$$Q_{P,nren,gl} = \sum_k (Q_{P,nren,k}) = Q_{P,nren,H} + Q_{P,nren,C} + Q_{P,nren,W} + Q_{P,nren,V} + Q_{P,nren,L}$$

Ove tutti i termini sono in kWh e sono così definiti:

- $Q_{P,nren,gl}$  è l'energia primaria non rinnovabile globale;
- $Q_{P,nren,k}$  è l'energia primaria non rinnovabile per il servizio energetico k.mo;
- $Q_{P,nren,H}$  è l'energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale;
- $Q_{P,nren,C}$  è l'energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione estiva;
- $Q_{P,nren,W}$  è l'energia primaria non rinnovabile per la produzione di ACS;
- $Q_{P,nren,V}$  è l'energia primaria non rinnovabile per la ventilazione;
- $Q_{P,nren,L}$  è l'energia primaria non rinnovabile per l'illuminazione.

L'energia primaria si calcola tenendo conto dell'energia consegnata (*delivered*) e dell'energia esportata (*exported*) per ciascun vettore energetico *i* secondo la relazione:

$$Q_k = \sum_i (Q_{del,i,k} \cdot f_{P,del,i}) - \sum_i (Q_{exp,i,k} \cdot f_{P,exp,i})$$

Ove tutti i termini sono espressi in kWh ed hanno i seguenti significati:

- $Q_{del,i,k}$  è l'energia consegnata del vettore energetico *i*;
- $Q_{exp,i,k}$  è l'energia esportata del vettore energetico *i*;
- $f_{P,del,i}$  è il fattore di energia primaria consegnata del vettore energetico *i*;
- $f_{P,exp,i}$  è il fattore di energia primaria esportata del vettore energetico *i*.

I fattori di energia primaria  $f_p$  possono essere eguali o diversi per energia consegnata o esportata.

Su base annuale l'energia consegnata e l'energia esportata per singolo vettore energetico viene calcolata sommando i contributi mensili per ciascuna tipologia.

Il fabbisogno mensile di energia elettrica per il k.mo servizio energetico si calcola mediante la relazione:

<sup>54</sup> La nuova Norma UNI TS 1133/5 del 2016 ridefinisce quanto indicato dalla R 14/2013 sostituendola a partire dal 28/06/2016.

$$Q_{el,in,gl,m} = \sum_k Q_{k,aux,el,ngn,m} + \sum_k Q_{k,aux,ele,gn,m} + \sum_k Q_{k,el,gn,m}$$

Ove ciascun termine è espresso in kWh ed ha il seguente significato:

$Q_{k,aux,el,ngn,m}$  Energia elettrica mensile per gli impianti ausiliari di non generazione;

$Q_{k,aux,el,gn,m}$  Energia elettrica mensile per gli impianti ausiliari di generazione;

$Q_{k,el,gn,m}$  Energia elettrica mensile in ingresso ai generatori (ad es. pompe di calore elettriche).

I fabbisogni di energia dell'edificio possono essere soddisfatti attraverso:

- Energia rinnovabile captata o prelevata in loco, definita come energia rinnovabile "on site";
- Energia consegnata da vettori energetici che può comprendere energia non rinnovabile ed energia rinnovabile "off site".

Attraverso l'energia rinnovabile on site si può produrre energia termica o energia elettrica.

Attraverso i vettori energetici si può produrre energia termica ed elettrica con generazione combinata (cogenerazione).

La quota di energia termica o di energia elettrica prodotta con vettori energetici rinnovabili è definita energia rinnovabile off site.

Possiamo dunque avere due casi:

- Energia rinnovabile "on site";
- Energia rinnovabile "off site".

Le produzioni di energia elettrica da fonti rinnovabili on site e off site si sommano al fine della procedura di calcolo.

**Legenda**

- 1 Utilizzazione (fabbisogno di energia termica)
- 2 Accumulo
- 3 Generatore
- 4 Vettore energetico primario
- 5 Energia elettrica
- 6 Energia per ausiliari
- 7 Collettori solari termici
- 8 Pannelli fotovoltaici
- 9 Energia termica utile fornita da rete
- 10 Energia termica utile esportata
- 11 Sistema di dissipazione del calore
- 12 Energia elettrica esportata da cogenerazione
- 13 Energia elettrica esportata da fotovoltaico
- 14 Rete elettrica pubblica
- 15 Confine del sistema

**Confine del sistema edifico**

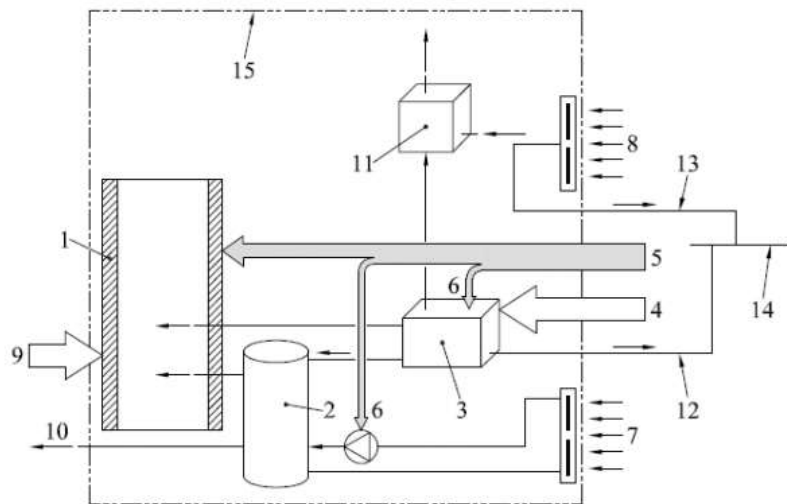


Figura 102: Definizione del confine dell'edificio

**8.3.1 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI ON SITE**

Si considerano fonti di energia rinnovabili on site:

Energia solare captata entro il confine del sistema da collettori solari termici e trasformata in energia termica utile;

Energia solare captata entro il confine del sistema da pannelli fotovoltaici e convertita in energia elettrica;

Energia meccanica trasformata in energia elettrica da micro generatori eolici (attualmente non trattati dalle UNI TS 11300) o eventuali altri sistemi di generazione “on site”;

Energia prelevata entro il confine del sistema da fonte aerotermica, geotermica, idrotermica utilizzata direttamente oppure riqualificata mediante pompa di calore in energia a più elevata entalpia (ad esempio con unità esterne per prelievo di energia dall’aria, sonde geotermiche per prelievo di energia dal terreno, etc.)

Il calcolo dell’energia termica e elettrica prodotta da fonte on site si effettua secondo le procedure indicate dalla UNI TS11300/4. Nel caso di energia termica si prevede che questa sia immessa nel punto di collegamento fra generazione ed utilizzazione, ossia in ingresso all’accumulo o alla distribuzione *riducendo il fabbisogno di energia termica fornito dalla generazione*.

L’energia aerotermica, geotermica ed idrotermica prelevata on site e riqualificata attraverso pompe di calore è valutata attraverso l’efficienza della macchina.

L’energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile on site si sottrae dal fabbisogno mensile di energia elettrica e può ridurre o annullare il fabbisogno consegnato da rete oppure dar luogo ad un surplus. Qualora l’energia rinnovabile interessi due servizi, come ad esempio climatizzazione invernale (riscaldamento) e produzione di acqua calda sanitaria (ACS), si ripartisce l’energia on site tra i servizi in proporzione al fabbisogno di energia termica in ingresso alla distribuzione di ciascun servizio.



Figura 103: Punto di fornitura delle energie rinnovabili on site

**8.3.2 GENERATORI DA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA**

L’energia termica utile netta richiesta in uscita dai generatori si calcola con la relazione:

$$Q_{k,i,gnout,net,m} = Q_{k,d,in,i,m} - Q_{k,os,m}$$

Ove ciascun termine è espresso in kWh con i seguenti significati:



- $Q_{k,i,gnout,net,m}$  energia termica mensile netta in uscita dal generatore i.mo;
- $Q_{k,d,in,i,m}$  energia termica utile mensile richiesta alla distribuzione del vettore i;
- $Q_{k,os,m}$  energia termica utile mensile ricevuta da fonte rinnovabile “on site”.

Nel caso di pompa di calore si considera solamente la richiesta di energia  $Q_{k,d,in,i,m}$ .

### 8.3.3 GENERATORI DI ENERGIA COMBINATA

Si fa riferimento alla UNI TS 11300/4 e in particolare si ha la seguente procedura.

Per unità di cogenerazione alimentati da combustibili non rinnovabili si effettuano le seguenti operazioni:

- Si calcola il fabbisogno mensile di energia (kWh) in ingresso al cogeneratore per la combustione richiesto dal vettore non rinnovabile i;
- Si calcola l’energia elettrica prodotta mensilmente al netto dei consumi ausiliari;
- Si calcola l’energia primaria mensile in ingresso al cogeneratore deducendo dal consumo effettivo la produzione netta di energia elettrica calcolata come al punto precedente, tenendo conto del fattore di energia elettrica esportata;
- Ai fini della determinazione dell’energia elettrica consegnata alla rete non si tiene conto dell’energia elettrica netta cogenerata e il fabbisogno elettrico dell’edificio viene considerato fornito dalla rete.

### 8.3.4 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

Il fabbisogno di energia primaria di ciascun vettore energetico, ad eccezione dell’energia elettrica, si calcola mediante la relazione:

$$Q_{del,i,k,an} = \sum_m Q_{del,i,k,m}$$

Il fabbisogno annuo di energia elettrica consegnata ed esportata si calcola tenendo conto dei fattori di energia di Tabella 46.

### 8.3.5 NUOVI FATTORI DI ENERGIA PRIMARIA

I fattori di trasformazione riportati dalla Raccomandazione 14/2013 del CTI sono leggermente diversi da quelli della Raccomandazione 09/2012.

Vettore energetico	$f_{p,ren}$	$f_{p,ren}$	$f_p$
Gas naturale	1	0	1
GPL	1	0	1
Olio combustibile	1	0	1
Biomasse solide, liquide e gassose*	0,3	0,7	1
Energia elettrica da rete	2,174	0	2,174
Teleriscaldamento	**	-	-

\* come definite dall'allegato X del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006  
 \*\* valore dichiarato dal fornitore

Tabella 64: Fattori di energia primaria dei vettori energetici della R. 14/13 CTI

In particolare vengono modificati i fattori energetici per le biomasse e per l’energia elettrica di rete che ora ha  $f_p=2.174$  con un rendimento elettrico  $\eta=0.46$ .

Energia elettrica esportata da fotovoltaico $f_{P,el,exp,FV}$	0
Energia elettrica esportata da cogenerazione $f_{P,el,exp,CG}$ * (combustibili non rinnovabili)	2,174
* fattore da utilizzare per il calcolo al punto 9.2.2. Il fattore è basato sul rendimento di produzione della rete elettrica nazionale pari a 0,46 con combustibili non rinnovabili.	

Tabella 65: fattori di energia primaria dell'energia elettrica esportata

Si osserva che la futura norma UNI TS 11300/5 sul calcolo della QR supera quanto sopra indicato. Inoltre i fattori di energia primaria della precedente tabella sono superati dai valori indicati dall'Allegati 1 dei nuovi decreti attuativi DM 26/06/2016 della L. 90/13 e in particolare si hanno i nuovi valori seguenti:

Vettore energetico	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale <sup>(1)</sup>	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide <sup>(2)</sup>	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose <sup>(2)</sup>	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete <sup>(3)</sup>	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento <sup>(4)</sup>	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento <sup>(4)</sup>	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, Mini-eolico e mini-idraulico <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
<sup>(1)</sup> I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE. <sup>(2)</sup> Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. <sup>(3)</sup> I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE. <sup>(4)</sup> Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2. <sup>(5)</sup> Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.			

Tabella 66: Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

Si osservino le variazioni degli indici di conversione per le varie fonti energetiche. Restano fortemente privilegiate le biomasse solide.

## 9. DIRETTIVA 2010/31/CE

### 9.1 DIRETTIVA 2010/31/CE – EPDB RECAST

La nuova direttiva europea nasce dall'esigenza di ridurre i consumi energetici del 20% entro il 2020 incidendo sul 40% di consumi energetici per l'edilizia. Essa, pertanto, indica una direzione di intervento proprio in questo settore. La direttiva prende spunto anche dalla direttiva detta Clima – Energia 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia rinnovabile per promuoverne l'utilizzo in modo da raggiungere la riduzione del 20% dell'energia globale consumata entro il 2020.

Entrambi gli interventi, riduzione dei consumi energetici e utilizzo di fonti rinnovabili, prevedono la promozione dell'efficienza energetica nell'edilizia fino al punto da introdurre il concetto di "*edifici a energia quasi zero*" a partire dal 2020. L'edificio a energia quasi zero è un edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I della direttiva stessa. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze.

La prestazione energetica degli edifici dovrebbe essere calcolata in base ad una metodologia che potrebbe essere differenziata a livello nazionale e regionale. Ciò comprende, oltre alle caratteristiche termiche, altri fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza, come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di energia da fonti rinnovabili, gli elementi passivi di riscaldamento e rinfrescamento, i sistemi di ombreggiamento, la qualità dell'aria interna, un'adeguata illuminazione naturale e le caratteristiche architettoniche dell'edificio. Tale metodologia di calcolo dovrebbe tener conto della prestazione energetica annuale di un edificio e non essere basata unicamente sul periodo in cui il riscaldamento è necessario. Essa dovrebbe tener conto delle norme europee vigenti.

La direttiva afferma che è di esclusiva competenza degli Stati membri fissare requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi. Tali requisiti dovrebbero essere fissati in modo da conseguire un equilibrio ottimale in funzione dei costi tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio, fatto salvo il diritto degli Stati membri di fissare requisiti minimi più efficienti sotto il profilo energetico dei livelli di efficienza energetica ottimali in funzione dei costi.

È necessario istituire misure volte ad aumentare il numero di edifici che non solo rispettano i requisiti minimi vigenti, ma presentano una prestazione energetica ancora più elevata, riducendo, in tal modo, sia il consumo energetico sia le emissioni di biossido di carbonio.

A tal fine gli Stati membri dovrebbero elaborare piani nazionali intesi ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero e provvedere alla trasmissione regolare di tali piani alla Commissione.

Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché siano fissati requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici o le unità immobiliari al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi. La prestazione energetica è calcolata conformemente alla metodologia adottata

da ciascuno Stato membro. I livelli ottimali in funzione dei costi sono calcolati conformemente al quadro metodologico comparativo che sarà stabilito dalla Commissione entro il 30/06/2011.

Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché siano fissati requisiti minimi di prestazione energetica per gli elementi edilizi che fanno parte dell'involucro dell'edificio e hanno un impatto significativo sulla prestazione energetica dell'involucro dell'edificio quando sono sostituiti o rinnovati, al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi.

Nel fissare i requisiti, gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché tra diverse tipologie edilizie.

Tali requisiti tengono conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni allo scopo di evitare eventuali effetti negativi quali una ventilazione inadeguata, nonché delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età.

Nei prossimi paragrafi verrà riportata una sintesi del contenuto della Direttiva 2010/31/CE e di alcuni allegati.

### 9.1.1 REQUISITI MINIMI DI PRESTAZIONE ENERGETICA IN EDIFICI NUOVI

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché gli edifici di nuova costruzione soddisfino i **requisiti minimi di prestazione energetica**<sup>55</sup> fissati conformemente dalla Commissione.

Per gli edifici di nuova costruzione gli Stati membri garantiscono che, prima dell'inizio dei lavori di costruzione, sia valutata e tenuta presente la fattibilità tecnica, ambientale ed economica di sistemi alternativi ad alta efficienza come quelli indicati di seguito, se disponibili:

- a) sistemi di fornitura energetica decentrati basati su energia da fonti rinnovabili;
- b) cogenerazione;
- c) teleriscaldamento o tele-rinfrescamento urbano o collettivo, in particolare se basato interamente o parzialmente su energia da fonti rinnovabili;
- d) pompe di calore.

2. Gli Stati membri garantiscono che l'esame di sistemi alternativi sia documentato e disponibile a fini di verifica.

3. Tale esame di sistemi alternativi può essere effettuato per singoli edifici, per gruppi di edifici analoghi o per tipologie comuni di edifici nella stessa area. Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento e raffrescamento collettivi, l'esame può essere effettuato per tutti gli edifici collegati all'impianto nella stessa area.

### 9.1.2 REQUISITI MINIMI DI PRESTAZIONE ENERGETICA IN EDIFICI ESISTENTI

Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che la prestazione energetica degli edifici o di loro parti destinati a subire ristrutturazioni importanti sia migliorato al fine di soddisfare i requisiti minimi di prestazione energetica fissati conformemente all'articolo 4 per quanto tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile.

Tali requisiti si applicano all'edificio o all'unità immobiliare oggetto di ristrutturazione nel suo complesso. In aggiunta o in alternativa, i requisiti possono essere applicati agli elementi edilizi ristrutturati. Gli Stati membri adottano le misure necessarie, inoltre, per garantire che la prestazione energetica degli elementi edilizi che fanno parte dell'involucro dell'edificio e hanno un impatto significativo sulla prestazione energetica dell'involucro dell'edificio destinati ad essere sostituiti o rinnovati soddisfino i requisiti minimi di prestazione energetica per quanto tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile.

---

<sup>55</sup> I decreti attuativi della L. 90/2013 indicano proprio i requisiti minimi degli edifici e le nuove modalità di calcolo per la certificazione energetica (vedi Capitolo 12).

Gli Stati membri stabiliscono i requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti. Gli Stati membri incoraggiano, in relazione agli edifici destinati ad una ristrutturazione importante, a valutare e tener presenti i sistemi alternativi ad alto rendimento per quanto tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile.

### 9.1.3 IMPIANTI TECNICI NELL'EDILIZIA

Al fine di ottimizzare il consumo energetico dei sistemi tecnici per l'edilizia, gli Stati membri stabiliscono requisiti di impianto relativi al rendimento energetico globale, alla corretta installazione e alle dimensioni, alla regolazione e al controllo adeguati degli impianti tecnici per l'edilizia installati negli edifici esistenti. Gli Stati membri possono altresì applicare tali requisiti agli edifici di nuova costruzione.

Tali requisiti sono stabiliti per il caso di nuova installazione, sostituzione o miglioramento di sistemi tecnici per l'edilizia e si applicano per quanto tecnicamente, economicamente e funzionalmente fattibile. Detti requisiti riguardano:

- a) *impianti di riscaldamento;*
- b) *impianti di produzione di acqua calda;*
- c) *impianti di condizionamento d'aria;*
- d) *grandi impianti di ventilazione; o una combinazione di tali impianti.*

### 9.1.4 EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO

1. Gli Stati membri provvedono affinché:

- a) *entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero; e*
- b) *a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.*

Gli Stati membri elaborano piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Tali piani nazionali possono includere obiettivi differenziati per tipologia edilizia.

2. Gli Stati membri procedono inoltre, sulla scorta dell'esempio del settore pubblico, alla definizione di politiche e all'adozione di misure, quali la fissazione di obiettivi, finalizzate a incentivare la trasformazione degli edifici ristrutturati in edifici a energia quasi zero e ne informano la Commissione nei piani nazionali.

3. I piani nazionali comprendono, tra l'altro, i seguenti elementi:

- a) *l'applicazione dettagliata nella pratica, da parte degli Stati membri, della definizione di edifici a energia quasi zero, tenuto conto delle rispettive condizioni nazionali, regionali o locali e con un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno. I fattori di energia primaria usati per la determinazione del consumo di energia primaria possono basarsi sui valori medi nazionali o regionali annuali e tener conto delle pertinenti norme europee;*
- b) *obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015;*
- c) *informazioni sulle politiche e sulle misure finanziarie o di altro tipo adottate in virtù dei paragrafi 1 e 2 per promuovere gli edifici a energia quasi zero, compresi dettagli relativi ai requisiti e alle misure nazionali concernenti l'uso di energia da fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti ad una ristrutturazione importante stabiliti nell'ambito dell'articolo 13, paragrafo 4, della direttiva 2009/28/CE e degli articoli 6 e 7 della presente direttiva.*

### 9.1.5 ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Gli Stati membri adottano le misure necessarie per l'istituzione di un sistema di certificazione energetica degli edifici. L'*attestato di prestazione energetica* comprende la prestazione energetica di un edificio e valori di riferimento quali i requisiti minimi di prestazione energetica al fine di consentire ai proprietari o locatari dell'edificio o dell'unità immobiliare di valutare e raffrontare la prestazione energetica.

L'attestato di prestazione energetica può comprendere informazioni supplementari, quali il consumo energetico annuale per gli edifici non residenziali e la percentuale di energia da fonti rinnovabili nel consumo energetico totale.

L'attestato di prestazione energetica comprende raccomandazioni per il miglioramento efficace o ottimale in funzione dei costi della prestazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare, a meno che manchi un ragionevole potenziale per tale miglioramento rispetto ai requisiti di prestazione energetica in vigore.

Le raccomandazioni che figurano nell'attestato di prestazione energetica riguardano:

- a) *le misure attuate in occasione di una ristrutturazione importante dell'involucro di un edificio o dei sistemi tecnici per l'edilizia; e*
- b) *le misure attuate per singoli elementi edilizi, a prescindere da ristrutturazioni importanti dell'involucro dell'edificio o dei sistemi tecnici per l'edilizia.*

Le raccomandazioni riportate nell'attestato di prestazione energetica devono essere tecnicamente fattibili per l'edificio considerato e possono fornire una stima dei tempi di ritorno o del rapporto costi-benefici rispetto al ciclo di vita economico.

L'attestato di prestazione energetica precisa se il proprietario o locatario può ottenere informazioni più particolareggiate, anche per quanto riguarda l'efficacia in termini di costi delle raccomandazioni formulate nell'attestato di prestazione energetica. La valutazione dell'efficacia in termini di costi si basa su una serie di condizioni standard, quali la valutazione del risparmio energetico, i prezzi dell'energia e una stima preliminare dei costi. Contiene, inoltre, informazioni sui provvedimenti da adottare per attuare le raccomandazioni. Al proprietario o locatario possono essere fornite anche altre informazioni su aspetti correlati, quali diagnosi energetiche o incentivi di carattere finanziario o di altro tipo e possibilità di finanziamento.

Fatte salve le norme nazionali, gli Stati membri incoraggiano gli enti pubblici a tener conto del ruolo guida che dovrebbero svolgere nel settore della prestazione energetica degli edifici, tra l'altro attuando le raccomandazioni riportate nell'attestato di prestazione energetica rilasciato per gli edifici di cui sono proprietari entro il suo periodo di validità.

La certificazione per le unità immobiliari può fondarsi:

- a) *su una certificazione comune dell'intero edificio; ovvero*
- b) *sulla valutazione di un'un'altra unità immobiliare con le stesse caratteristiche energetiche rappresentativa dello stesso edificio.*

La certificazione delle abitazioni mono-familiari può fondarsi sulla valutazione di un altro edificio rappresentativo che sia simile per struttura, dimensione e per qualità della prestazione energetica effettiva, sempre che l'esperto che rilascia l'attestato sia in grado di garantire tale corrispondenza.

La validità dell'attestato di prestazione energetica è di dieci anni al massimo.

### 9.1.6 RILASCIO DELL'ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Gli Stati membri provvedono affinché un attestato di prestazione energetica sia rilasciato:

- a) *per gli edifici o le unità immobiliari costruite, venduti o locati ad un nuovo locatario;*



*b) per gli edifici in cui una metratura utile totale di oltre 500 m<sup>2</sup> è occupata da enti pubblici e abitualmente frequentata dal pubblico. Il 9 luglio 2015 la soglia di 500 m<sup>2</sup> è abbassata a 250 m<sup>2</sup>.*

L'obbligo di rilasciare un attestato di prestazione energetica viene meno ove sia disponibile e valido un attestato rilasciato conformemente alla direttiva 2002/91/CE o alla presente direttiva per l'edificio o l'unità immobiliare interessati. Gli Stati membri dispongono che, in caso di costruzione, vendita o locazione di edifici o unità immobiliari, l'attestato di prestazione energetica (o copia dello stesso) sia mostrato al potenziale acquirente o nuovo locatario e consegnato all'acquirente o al nuovo locatario. In caso di vendita o locazione di un edificio prima della sua costruzione, gli Stati membri possono disporre, in deroga ai paragrafi 1 e 2, che il venditore fornisca una valutazione della futura prestazione energetica dell'edificio; in tal caso, l'attestato di prestazione energetica è rilasciato entro la fine della costruzione dell'edificio.

#### **9.1.7 ESPERTI INDEPENDENTI**

Gli Stati membri garantiscono che la certificazione della prestazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria siano effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati, operanti in qualità di lavoratori autonomi o come dipendenti di enti pubblici o di imprese private.

L'accreditamento degli esperti è effettuato tenendo conto della loro competenza.

Gli Stati membri mettono a disposizione del pubblico informazioni sulla formazione e l'accreditamento. Gli Stati membri provvedono affinché siano messi a disposizione del pubblico elenchi periodicamente aggiornati di esperti qualificati e/o accreditati o elenchi periodicamente aggiornati di società accreditate che offrono i servizi di tali esperti.

#### **9.1.8 RECEPIMENTO**

Gli Stati membri adottano e pubblicano, entro e non oltre il 9 luglio 2012, le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi agli articoli da 2 a 18 e agli articoli 20 e 27. Essi applicano le disposizioni relative agli articoli 2, 3, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 20 e 27 al più tardi a decorrere dal 9 Gennaio 2013.

Essi applicano le disposizioni relative agli articoli 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15 e 16 agli edifici occupati da enti pubblici al più tardi a decorrere dal 9 Gennaio 2013 e agli altri edifici al più tardi a decorrere dal 9 luglio 2013. Essi possono rinviare fino al 31 dicembre 2015 l'applicazione dell'articolo 12, paragrafi 1 e 2, a singole unità immobiliari in locazione. Ciò non comporta, tuttavia, che nello Stato membro interessato si rilasci un minor numero di attestati rispetto a quello che sarebbe stato rilasciato a norma della direttiva 2002/91/CE.

#### **9.1.9 QUADRO COMUNE GENERALE PER IL CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI**

La prestazione energetica di un edificio è determinata sulla base della quantità di energia, reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare le varie esigenze legate ad un uso normale dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico per il riscaldamento e il rinfrescamento (energia necessaria per evitare un surriscaldamento) che consente di mantenere la temperatura desiderata dell'edificio e coprire il fabbisogno di acqua calda nel settore domestico.

La prestazione energetica di un edificio è espressa in modo chiaro e comprende anche un indicatore di prestazione energetica e un indicatore numerico del consumo di energia primaria, basato su fattori di energia primaria per vettore energetico, eventualmente basati su medie ponderate annuali nazionali o regionali o un valore specifico per la produzione in loco. La

metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici dovrebbe tener conto delle norme europee ed essere coerente con la pertinente legislazione dell'Unione, compresa la direttiva 2009/28/CE.

Ai fini della determinazione della metodologia di calcolo si deve tener conto almeno dei seguenti aspetti:

- a) le seguenti caratteristiche termiche effettive dell'edificio, comprese le sue divisioni interne: capacità termica; isolamento; riscaldamento passivo; elementi di rinfrescamento; ponti termici;*
- b) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di isolamento;*
- c) impianti di condizionamento d'aria;*
- d) ventilazione naturale e meccanica, compresa eventualmente l'ermeticità all'aria;*
- e) impianto di illuminazione incorporato (principalmente per il settore non residenziale);*
- f) progettazione, posizione e orientamento dell'edificio, compreso il clima esterno;*
- g) sistemi solari passivi e protezione solare;*
- h) condizioni climatiche interne, incluso il clima degli ambienti interni progettato;*
- i) carichi interni.*

Il calcolo deve tener conto, se del caso, dei vantaggi insiti nelle seguenti opzioni:

- a) condizioni locali di esposizione al sole, sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da energia da fonti rinnovabili;*
- b) sistemi di cogenerazione dell'elettricità;*
- c) impianti di teleriscaldamento e tele-rinfrescamento urbano o collettivo;*
- d) illuminazione naturale.*

Quando gli Stati membri adottano tali misure, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Esse recano altresì l'indicazione che i riferimenti alla direttiva 2002/91/CE contenuti nelle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative vigenti devono essere intesi come riferimenti fatti alla presente direttiva. Le modalità di tale riferimento nonché la forma redazionale di tale indicazione sono decise dagli Stati membri.

Ai fini del calcolo gli edifici dovrebbero essere classificati adeguatamente secondo le seguenti categorie:

- a) abitazioni mono-familiari di diverso tipo;*
- b) condomini (di appartamenti);*
- c) uffici;*
- d) strutture scolastiche;*
- e) ospedali;*
- f) alberghi e ristoranti;*
- g) impianti sportivi;*
- h) esercizi commerciali per la vendita all'ingrosso o al dettaglio;*
- i) altri tipi di fabbricati impieganti energia.*

## 10. LEGGE 90/2013

Il Consiglio dei Ministri del 31/05/2013 recepisce la Direttiva 2010/31/CE, dopo la messa in mora dell'Italia per il mancato recepimento della stessa direttiva e per l'inosservanza della precedente 2002/91/CE. Il DL 63/2013 è stato pubblicato il 04/06/2013 e trasformato successivamente nella L. 90/2013.

Sostanzialmente questo decreto si limita ad integrare e/o modificare il D.Lgs. 192/05 in alcuni articoli. Se ne riporta di seguito un estratto qualificato.

### 10.1 AMBITO DI APPLICAZIONE

Il decreto disciplina in particolare:

- a) *la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici;*
- b) *le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici quando sono oggetto di:*
  - 1) *nuova costruzione;*
  - 2) *ristrutturazioni importanti<sup>56</sup>;*
  - 3) *riqualificazione energetica.*
- c) *la definizione di un Piano di azione per la promozione degli edifici a “energia quasi zero”;*
- d) *l’attestazione della prestazione energetica degli edifici e delle unità immobiliari;*
- e) *lo sviluppo di strumenti finanziari e la rimozione di barriere di mercato per la promozione dell’efficienza energetica degli edifici;*
- f) *l’utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili negli edifici;*
- g) *la realizzazione di un sistema coordinato di ispezione periodica degli impianti termici negli edifici;*
- h) *i requisiti professionali e di indipendenza degli esperti o degli organismi cui affidare l’attestazione della prestazione energetica degli edifici e l’ispezione degli impianti di climatizzazione;*
- i) *la realizzazione e l’adozione di strumenti comuni allo Stato e alle Regioni e Province autonome per la gestione degli adempimenti a loro carico;*
- l) *la promozione dell’uso razionale dell’energia anche attraverso l’informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l’aggiornamento degli operatori del settore;*

---

<sup>56</sup> Per ristrutturazioni rilevanti si intendono lavori che interessano almeno il 25% della superficie esterna che inviluppa l’edificio, ad esempio per rifacimento delle pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell’impermeabilizzazione delle coperture.

*m).la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore.*

Sono escluse dall'applicazione del decreto le seguenti categorie di edifici:

- a) gli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, fatto salvo quanto disposto al comma 3-bis;
- b) gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
- c) edifici rurali non residenziali sprovvisti di impianti di climatizzazione;
- d) i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati;
- e) gli edifici che risultano non compresi nelle categorie di edifici classificati sulla base della destinazione d'uso di cui all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, il cui utilizzo standard non prevede l'installazione e l'impiego di sistemi tecnici, quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, fatto salvo quanto disposto dal comma 3-ter;
- f) gli edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose;"

## 10.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

Con uno o più decreti<sup>57</sup> del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti e, per i profili di competenza, con il Ministro della Salute e con il Ministro della difesa, acquisita l'intesa con la Conferenza unificata, sono definiti:

a) le modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici, in relazione ai paragrafi 1 e 2 dell'Allegato 1 della direttiva 2010/31/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, n.31 sulla prestazione energetica nell'edilizia, tenendo conto dei seguenti criteri generali:

1) la prestazione energetica degli edifici è determinata in conformità alla normativa tecnica UNI e CTI, allineate con le norme predisposte dal CEN a supporto della direttiva 2010/31/CE, su specifico mandato della Commissione europea;

2) il fabbisogno energetico annuale globale si calcola per singolo servizio energetico, espresso in energia primaria, su base mensile. Con le stesse modalità si determina l'energia rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema;

3) **si opera la compensazione mensile tra i fabbisogni energetici e l'energia rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema, per vettore energetico e fino a copertura totale del corrispondente vettore energetico consumato;**

4) ai fini della compensazione di cui al punto 3, è consentito utilizzare l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili all'interno del confine del sistema ed esportata, secondo le modalità definite dai decreti di cui al presente comma;

b) l'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi, aggiornati **ogni cinque anni**, in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari, siano essi di nuova costruzione, oggetto di ristrutturazioni importanti o di riqualificazioni energetiche, sulla base dell'applicazione della metodologia comparativa di cui all'articolo 5 della direttiva 2010/31/UE, secondo i seguenti criteri generali:

---

<sup>57</sup> I decreti attuativi della L. 90/2013 indicano proprio i *requisiti minimi degli edifici* e le *nuove modalità di calcolo per la certificazione energetica* (vedi Capitolo 12).

1) i requisiti minimi rispettano le valutazioni tecniche ed economiche di convenienza, fondate sull'analisi costi benefici del ciclo di vita economico degli edifici;

2) in caso di nuova costruzione e di ristrutturazione importante, i requisiti sono determinati con l'utilizzo dell'*edificio di riferimento*, in funzione della tipologia edilizia e delle fasce climatiche;

3) per le verifiche necessarie a garantire il rispetto della qualità energetica prescritta, sono previsti dei parametri specifici del fabbricato, in termini di indici di prestazione termica e di trasmittanze, e parametri complessivi, in termini di indici di prestazione energetica globale, espressi sia in energia primaria totale che in energia primaria non rinnovabile.

Con uno o più decreti del Presidente della Repubblica sono aggiornate, in relazione all'articolo 8 e agli articoli da 14 a 17 della direttiva 2010/31/CE, le modalità di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici nonché i requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione e la realizzazione di un sistema informativo coordinato per la gestione dei rapporti tecnici di ispezione e degli attestati di prestazione energetica.”

### 10.3 EDIFICI A QUASI ZERO ENERGIA

A partire dal 31 dicembre 2018, gli edifici di nuova costruzione utilizzati da Pubbliche Amministrazioni e di proprietà di queste ultime, ivi compresi gli edifici scolastici, devono essere edifici a energia quasi zero. Dal 1° gennaio 2021 la predetta disposizione è estesa a tutti gli edifici di nuova costruzione.

Entro il 31 dicembre 2014, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con i Ministri per la pubblica amministrazione e la semplificazione, della coesione territoriale, dell'economia e delle finanze, delle infrastrutture e dei trasporti, dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e con il Ministro della Salute e il Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, ognuno per i profili di competenza, con il parere della Conferenza unificata è definito il Piano d'azione destinato ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Tale piano, che può includere obiettivi differenziati per tipologia edilizia, è trasmesso alla Commissione europea.

Il Piano d'azione di cui al comma 2, comprende, tra l'altro, i seguenti elementi:

a) l'applicazione della definizione di edifici a energia quasi zero alle diverse tipologie di edifici e indicatori numerici del consumo di energia primaria, espresso in kWh/(m<sup>2</sup>.anno);

b) le politiche e le misure finanziarie o di altro tipo previste per promuovere gli edifici a energia quasi zero, **comprese le informazioni relative alle misure nazionali previste per l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, in attuazione della direttiva 2009/28/CE;**

c) individuazione, in casi specifici e sulla base dell'analisi costi-benefici sul ciclo di vita economico, della non applicabilità di quanto disposto al comma 1;

d) gli obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015, in funzione dell'attuazione del comma 1.

### 10.4 ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

L'attestato di certificazione energetica degli edifici è denominato “**attestato di prestazione energetica**” ed è rilasciato per gli edifici o le unità immobiliari costruiti, venduti o locati ad un nuovo locatario e per gli edifici indicati al comma 6. Gli edifici di nuova costruzione e quelli sottoposti a

ristrutturazioni importanti, sono dotati di un attestato di prestazione energetica al termine dei lavori.

Nel caso di nuovo edificio, l'attestato è prodotto a cura del costruttore, sia esso committente della costruzione o società di costruzione che opera direttamente. Nel caso di attestazione della prestazione degli edifici esistenti, ove previsto dal presente decreto, l'attestato è prodotto a cura del proprietario dell'immobile.

Nel caso di vendita o di nuova locazione di edifici o unità immobiliari, ove l'edificio o l'unità non ne sia già dotato, il proprietario è tenuto a produrre l'attestato di prestazione energetica di cui al comma 1.

In tutti i casi, **il proprietario deve rendere disponibile l'attestato di prestazione energetica al potenziale acquirente o al nuovo locatario** all'avvio delle rispettive trattative e consegnarlo alla fine delle medesime; in caso di vendita o locazione di un edificio prima della sua costruzione, il venditore o locatario fornisce evidenza della futura prestazione energetica dell'edificio e produce l'attestato di prestazione energetica congiuntamente alla dichiarazione di fine lavori.

Nei contratti di vendita o nei nuovi contratti di locazione di edifici o di singole unità immobiliari è inserita apposita clausola con la quale l'acquirente o il conduttore danno atto di aver ricevuto le informazioni e la documentazione, comprensiva dell'attestato, in ordine alla attestazione della prestazione energetica degli edifici.

L'attestazione della prestazione energetica può riferirsi a una o più unità immobiliari facenti parte di un medesimo edificio. L'attestazione di prestazione energetica riferita a più unità immobiliari può essere prodotta solo qualora esse abbiano la medesima destinazione d'uso, siano servite, qualora presente, dal medesimo impianto termico destinato alla climatizzazione invernale e, qualora presente, dal medesimo sistema di climatizzazione estiva.

L'attestato di prestazione energetica di cui al comma 1 ha una validità temporale massima di dieci anni a partire dal suo rilascio ed è aggiornato a ogni intervento di ristrutturazione che modifichi la classe energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare. La validità temporale massima è subordinata al rispetto delle prescrizioni per le operazioni di controllo di efficienza energetica degli impianti termici, comprese le eventuali necessità di adeguamento, previste dal decreto del 16 aprile 2013, concernente i criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo manutenzione e ispezione degli impianti termici nonché i requisiti professionali per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli ispettori. Nel caso di mancato rispetto di dette disposizioni, l'attestato di prestazione energetica decade il 31 dicembre dell'anno successivo a quello in cui è prevista la prima scadenza non rispettata per le predette operazioni di controllo di efficienza energetica.

A tali fini, i libretti di impianto previsti dai decreti di cui all'articolo 4, comma 1, sono allegati, in originale o in copia, all'attestato di prestazione energetica.

Nel caso di edifici utilizzati da Pubbliche Amministrazioni e aperti al pubblico con superficie utile totale *superiore a 500 m<sup>2</sup>*, ove l'edificio non ne sia già dotato, è fatto obbligo al proprietario, o al soggetto responsabile della gestione, di produrre l'attestato di prestazione energetica entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto e di affiggere l'attestato di prestazione energetica con evidenza all'ingresso dell'edificio stesso o in altro luogo chiaramente visibile al pubblico. A partire dal 9 luglio 2015, la soglia di 500 m<sup>2</sup> di cui sopra, è abbassata a 250 m<sup>2</sup>. Per gli edifici scolastici tali obblighi ricadono sugli enti proprietari di cui all'articolo 3 della legge 11 gennaio 1996, n. 23.

Per gli edifici aperti al pubblico, con superficie utile totale superiore a 500 m<sup>2</sup>, per i quali sia stato rilasciato l'attestato di prestazione energetica di cui ai commi 1 e 2, è fatto obbligo, al proprietario o al soggetto responsabile della gestione dell'edificio stesso, di affiggere con evidenza tale attestato all'ingresso dell'edificio o in altro luogo chiaramente visibile al pubblico.



Nel caso di offerta di vendita o di locazione, i corrispondenti annunci tramite tutti i mezzi di comunicazione commerciali riportano l'indice di prestazione energetica dell'involucro edilizio e globale dell'edificio o dell'unità immobiliare e la classe energetica corrispondente.

Tutti i contratti, nuovi o rinnovati, relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici, o nei quali figura come committente un soggetto pubblico, devono prevedere la predisposizione dell'attestato di prestazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare interessati.

***L'obbligo di dotare l'edificio di un attestato di prestazione energetica viene meno ove sia già disponibile un attestato in corso di validità, rilasciato conformemente alla direttiva 2002/91/CE.***

L'attestato di qualificazione energetica, al di fuori di quanto previsto all'articolo 8, comma 2, è **facoltativo** ed è predisposto al fine di semplificare il successivo rilascio della prestazione energetica. A tal fine, l'attestato di qualificazione energetica comprende anche l'indicazione di possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche e la classe di appartenenza dell'edificio, o dell'unità immobiliare, in relazione al sistema di attestazione energetica in vigore, nonché i possibili passaggi di classe a seguito della eventuale realizzazione degli interventi stessi. L'estensore provvede ad evidenziare opportunamente sul frontespizio del documento che il medesimo **non costituisce attestato di prestazione energetica dell'edificio**, ai sensi del decreto di recepimento, nonché, nel sottoscriverlo, quale è od è stato il suo ruolo con riferimento all'edificio medesimo.

Con decreto del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con i Ministri dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, delle infrastrutture e dei trasporti e per la pubblica amministrazione e la semplificazione, d'intesa con la Conferenza unificata, sentito il CNCU, avvalendosi delle metodologie di calcolo definite con i decreti di cui all'articolo 4, è **predisposto l'adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico del 26 giugno 2009**, nel rispetto dei seguenti criteri e contenuti:

a) la previsione di metodologie di calcolo semplificate, da rendere disponibili per gli edifici caratterizzati da ridotte dimensioni e prestazioni energetiche di modesta qualità, finalizzate a ridurre i costi a carico dei cittadini;

b) la definizione di un attestato di prestazione energetica che comprende tutti i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio che consentano ai cittadini di valutare e confrontare edifici diversi. Tra tali dati sono obbligatori:

1. *la prestazione energetica globale dell'edificio sia in termini di energia primaria totale che di energia primaria non rinnovabile, attraverso i rispettivi indici;*
2. *la classe energetica determinata attraverso l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria non rinnovabile;*
3. *la qualità energetica del fabbricato a contenere i consumi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento, attraverso gli indici di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale ed estiva dell'edificio;*
4. *i valori di riferimento, quali i requisiti minimi di efficienza energetica vigenti a norma di legge;*
5. *le emissioni di anidride carbonica;*
6. *l'energia esportata.*
7. *le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente convenienti, separando la previsione di interventi di ristrutturazione importanti da quelli di riqualificazione energetica;*
8. *le informazioni correlate al miglioramento della prestazione energetica, quali diagnosi e incentivi di carattere finanziario;*

c) la definizione di uno schema di annuncio di vendita o locazione, per esposizione nelle agenzie immobiliari, che renda uniformi le informazioni sulla qualità energetica degli edifici fornite ai cittadini;

d) la definizione di un sistema informativo comune per tutto il territorio nazionale, di utilizzo obbligatorio per le Regioni e le Province autonome, che comprenda la gestione di un catasto degli edifici, degli attestati di prestazione energetica e dei relativi controlli pubblici.

### 10.5 RELAZIONI TECNICHE E DEPOSITO IN COMUNE

Il progettista o i progettisti, nell'ambito delle rispettive competenze edili, impiantistiche termotecniche e illuminotecniche, devono inserire i calcoli e le verifiche previste dal decreto di recepimento nella relazione tecnica di progetto attestante la rispondenza alle prescrizioni per il contenimento del consumo di energia degli edifici e dei relativi impianti termici, che il proprietario dell'edificio, o chi ne ha titolo, deve depositare presso le amministrazioni competenti, in doppia copia, contestualmente alla dichiarazione di inizio dei lavori complessivi o degli specifici interventi proposti. *Tale relazione non è dovuta in caso di mera sostituzione del generatore di calore dell'impianto di climatizzazione.*

Gli schemi e le modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto sono definiti con decreto del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti e per la pubblica amministrazione e la semplificazione, sentita la Conferenza Unificata, in funzione delle diverse tipologie di lavori: nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti, interventi di riqualificazione energetica. Ai fini della più estesa applicazione dell'articolo 26, comma 7, della legge 9 gennaio 1991, n. 10, per gli enti soggetti all'obbligo di cui all'articolo 19 della stessa legge, la relazione tecnica di progetto è integrata attraverso attestazione di verifica sulla applicazione della norma predetta redatta dal Responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia nominato.

In relazione all'articolo 6, paragrafo 1 della direttiva 2010/31/UE, in caso di nuova costruzione, nell'ambito della relazione di cui al comma 1, è prevista una valutazione della fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'inserimento di sistemi alternativi ad alta efficienza tra i quali, a titolo puramente esemplificativo, sistemi di fornitura di energia rinnovabile, cogenerazione, teleriscaldamento e teleraffrescamento, pompe di calore e sistemi di misurazione intelligenti.

### 10.6 NORME TRANSITORIE

Nelle more dell'aggiornamento delle specifiche norme europee di riferimento per l'attuazione della direttiva 2010/31/UE, le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, di cui all'articolo 3, comma 1, del decreto del Presidente della Repubblica, del 2 aprile 2009, n. 59, predisposte in conformità alle norme EN a supporto della direttive 2002/91/CE e 2010/31/UE, sono quelle di seguito elencate:

a) Raccomandazione **CTI 14/2013** "Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio", o normativa UNI equivalente e successive norme tecniche che ne conseguono;

b) **UNI/TS 11300 – 1** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;

c) **UNI/TS 11300 – 2** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione;

d) **UNI/TS 11300 – 3** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;

e) **UNI/TS 11300 – 4** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria.”

In base ai nuovi decreti attuativi della L. 90713 le norme di riferimento sono:

- a) **Raccomandazione CTI 14/2013** “Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell’energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell’edificio”, o normativa UNI equivalente e successive norme tecniche che ne conseguono;
- b) **UNI/TS 11300 – 1** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
- c) **UNI/TS 11300 – 2** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l’illuminazione;
- d) **UNI/TS 11300 – 3** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
- e) **UNI/TS 11300 – 4** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria;

A queste norme si stanno per aggiungere, non appena saranno pubblicate, le nuove norme:

- f) **UNI TS 11300 – 5:** Prestazioni Energetiche degli Edifici: calcolo dell’energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili;
- g) **UNI TS 11300 – 6:** Prestazioni Energetiche degli Edifici - Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.

Sono inoltre di riferimento le norme:

- h) **UNI EN 15193** - Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.
- i) **UNI TR 11552:** - Abaco delle strutture costituenti l’involucro opaco degli edifici.

## 10.7 SANZIONI

1. L’attestato di prestazione energetica di cui all’articolo 6, il rapporto di controllo tecnico di cui all’articolo 7, la relazione tecnica, l’asseverazione di conformità e l’attestato di qualificazione energetica di cui all’articolo 8, sono resi in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell’articolo 47, del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445.

2. Le autorità competenti che ricevono i documenti di cui al comma 1 eseguono i controlli con le modalità di cui all’articolo 71 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445 e applicano le sanzioni amministrative di cui ai commi da 3 a 6. Inoltre, qualora ricorrano le ipotesi di reato di cui all’articolo 76 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, si applicano le sanzioni previste dal medesimo articolo.

3. Il professionista qualificato che rilascia la relazione tecnica di cui all’articolo 8, compilata senza il rispetto degli schemi e delle modalità stabilite nel decreto di cui all’articolo 8, comma 1 e 1-bis, o un attestato di prestazione energetica degli edifici senza il rispetto dei criteri e delle metodologie di cui all’articolo 6, è punito con una sanzione amministrativa non inferiore a 700 euro e non superiore a 4200 euro. L’ente locale e la Regione, che applicano le sanzioni secondo le rispettive competenze, danno comunicazione ai relativi ordini o collegi professionali per i provvedimenti disciplinari conseguenti.

4. Il direttore dei lavori che omette di presentare al Comune l'asseverazione di conformità delle opere e l'attestato di qualificazione energetica, di cui all'articolo 8, comma 2, contestualmente alla dichiarazione di fine lavori, è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 1000 euro e non superiore a 6.000 euro. Il Comune che applica la sanzione deve darne comunicazione all'ordine o al collegio professionale competente per i provvedimenti disciplinari conseguenti.

5. Il proprietario o il conduttore dell'unità immobiliare, l'amministratore del condominio, o l'eventuale terzo che se ne è assunta la responsabilità, qualora non provveda alle operazioni di controllo e manutenzione degli impianti di climatizzazione secondo quanto stabilito dall'articolo 7, comma 1, è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 500 euro e non superiore a 3000 euro.

6. L'operatore incaricato del controllo e manutenzione, che non provvede a redigere e sottoscrivere il rapporto di controllo tecnico di cui all'articolo 7, comma 2, è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 1000 euro e non superiore a 6000 euro. L'ente locale, o la Regione competente in materia di controlli, che applica la sanzione comunica alla Camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura di appartenenza per i provvedimenti disciplinari conseguenti.

7. In caso di violazione dell'obbligo di dotare di un attestato di prestazione energetica gli edifici di nuova costruzione e quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti, come previsto dall'articolo 6, comma 1, il costruttore o il proprietario è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 3000 euro e non superiore a 18.000 euro.

8. In caso di violazione dell'obbligo di dotare di un attestato di prestazione energetica gli edifici o le unità immobiliari nel caso di vendita, come previsto dall'articolo 6, comma 2, il proprietario è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 3000 euro e non superiore a 18000 euro.

9. In caso di violazione dell'obbligo di dotare di un attestato di prestazione energetica gli edifici o le unità immobiliari nel caso di nuovo contratto di locazione, come previsto dall'articolo 6, comma 2, il proprietario è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 300 euro e non superiore a 1800 euro. 10. In caso di violazione dell'obbligo di riportare i parametri energetici nell'annuncio di offerta di vendita o locazione, come previsto dall'articolo 6, comma 8, il responsabile dell'annuncio è punito con la sanzione amministrativa non inferiore a 500 euro e non superiore a 3000 euro.

## 10.8 ABROGAZIONI E DISPOSIZIONI FINALI

Dalla data di entrata in vigore del presente decreto, sono abrogati, gli articoli 1, comma 3, 2, comma 1, lettere c), d), e) ed f), l'articolo 5, 12, 14, i punti 2, 11, 12 e 56 dell'Allegato A, gli Allegati B ed I del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, nonché il punto 4 dell'allegato 4 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

All'entrata in vigore dei decreti di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, come modificato dal presente decreto, sono abrogati i commi 1 e 2 dell'articolo 3 del decreto legislativo stesso. Nel decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, ovunque ricorrano le parole: "*attestato di certificazione energetica*", sono sostituite dalle seguenti: "***attestato di prestazione energetica***".

## 10.9 DIRETTIVA 2012/27/CE

La Direttiva 2012/27/CE tenta di accelerare il raggiungimento degli obiettivi indicati dal "*pacchetto clima-energia 20/20/20*", andando a incidere soprattutto nel comparto edilizio, responsabile del 40% dei consumi finali di energia.

Tra gli strumenti strategici anche il *Green Public Procurement* in relazione al quale si prospettano numerosi obblighi in capo alle Amministrazioni.

La Direttiva, 2012/27/CE, da recepire entro il 5 giugno 2014, impone agli Stati membri di stabilire: "un obiettivo nazionale indicativo di efficienza energetica, basato sul consumo di energia primaria o finale, sul risparmio di energia primaria o finale o sull'intensità energetica" (art.3), oltre ad una strategia a lungo termine per incentivare gli investimenti nella ristrutturazione degli edifici residenziali e commerciali, pubblici e privati (art. 4) stimolando la concorrenza tra le imprese e la creazione di posti di lavoro nei settori correlati.

La Direttiva, inoltre, promuove campagne d'informazione/formazione, anche professionale di tutti gli operatori del settore, sull'efficienza energetica e sugli aspetti giuridici e finanziari rivolte sia agli specialisti di settore sia ai consumatori.

I Piani d'Azione Nazionali dovranno essere pubblicati entro il 30 aprile 2014 e aggiornati ogni tre anni.

La commissione adotterà un sistema di monitoraggio che consentirà di esaminare il raggiungimento dell'obiettivo del 20% di efficienza energetica al fine di attuare eventuali misure e raccomandazioni.

Con riferimento specifico alla Pubblica Amministrazione si segnalano importanti novità.

Dal 1 gennaio 2014, il 3 % della superficie coperta utile totale degli edifici pubblici riscaldati e/o raffreddati superiore a 500 m<sup>2</sup> (di proprietà del proprio governo centrale e da esso occupati) dovrà essere ristrutturata ogni anno per rispettare almeno i requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti in applicazione dell'art. 4 della direttiva 2010/31/UE (non ancora recepita dall'Italia).

A partire dal 9 luglio 2015 tale soglia sarà abbassata per ricomprendere gli edifici pubblici con aree calpestabili pari a 250 m<sup>2</sup>.

Le priorità sono gli edifici del governo centrale con basse prestazioni energetiche, mentre potranno essere esclusi gli edifici protetti in relazione all'appartenenza a determinate aree o al loro particolare valore storico-architettonico, gli edifici di proprietà delle forze armate o del governo centrale destinati a scopi difensivi (a eccezione degli alloggi e degli uffici) e gli edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose.

Anche gli Enti che si occupano di edilizia sociale, dovranno adottare piani di efficienza energetica autonomi con obiettivi e azioni specifiche analoghe a quelle fissate per le amministrazioni centrali e instaurare un sistema di gestione dell'energia, compresi audit energetici.

Novità consistenti investono il campo degli acquisti verdi, nell'ambito delle gare d'appalto d'importo oltre le soglie di cui all'art. 7 della Direttiva 2004/18/CE.

Non si tratta ovviamente di un caso: il "*Piano di efficienza energetica 2011*" dell'UE, al quale la Direttiva dà attuazione, raccomanda proprio la metodica GPP nel settore della ristrutturazione di edifici e nell'adozione di criteri di efficienza energetica per il raggiungimento dell'obiettivo di risparmio del 20% di energia primaria entro il 2020, analogamente a quanto affermato nelle Linee guida PAES del Patto dei Sindaci.

Gli Stati, quindi, saranno obbligati a introdurre norme affinché il governo centrale *acquisti esclusivamente prodotti, servizi ed edifici ad alta efficienza energetica*, incoraggiando gli enti pubblici, anche a livello regionale e locale, a conformarsi al ruolo esemplare del governo centrale, salvo i casi in cui prevalgono diverse esigenze di efficienza in termini di costi, fattibilità economica, idoneità tecnica e adeguata concorrenza.

In particolare, l'Allegato III, con riferimento ai requisiti di efficienza energetica per l'acquisto di prodotti, servizi ed edifici da parte del governo centrale prevede che:

- a) *si dovranno acquistare solo prodotti appartenenti alla classe di efficienza energetica più elevata possibile*, qualora gli stessi siano contemplati da un atto delegato adottato ai sensi della direttiva 2010/30/UE (recepita in Italia dal D.Lgs. 104/2012, che estende l'etichetta energetica, anche ai prodotti che contribuiscono alla conservazione dell'energia durante

l'uso quali, ad es., serramenti e infissi) o da una direttiva di esecuzione della Commissione collegata.

b) per i prodotti non contemplati da atti delegati ma indicati da una misura di attuazione della direttiva 2009/125/CE (specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia), adottata successivamente all'entrata in vigore della direttiva 2012/27/UE, bisognerà acquistare solo prodotti conformi ai parametri di efficienza energetica specificati dalla misura di attuazione;

c) sarà obbligatorio acquistare *apparecchiature per ufficio conformi al marchio Energy Star* (Decisione 2006/1005/CE, alla quale è succeduta la Decisione 2013/107/UE);

d) si dovranno acquistare pneumatici conformi al criterio della più elevata efficienza energetica in relazione al consumo di carburante (Reg. n. 1222/2009), salvo ragioni di sicurezza o salute pubblica;

e) per gli appalti di servizi sarà obbligatorio richiedere nei bandi che i fornitori utilizzino esclusivamente prodotti conformi ai requisiti di efficienza energetica di cui sopra.

f) sarà obbligatorio acquistare o concludere nuovi contratti per affittare esclusivamente edifici conformi almeno *ai requisiti minimi di prestazione energetica di cui all'art. 5, par. 1 della direttiva. Eccezioni sono previste per gli acquisti diretti ad avviare una ristrutturazione profonda o una demolizione, o finalizzati a rivendere l'edificio (senza che l'ente pubblico se ne avvalga per i fini che gli sono propri), o per salvaguardare edifici di particolare valore storico-architettonico.*

È previsto che la conformità con i citati requisiti *sia verificata attraverso gli attestati di prestazione energetica* di cui all'art. 11 della direttiva 2010/31/UE (Direttiva "Edifici a Energia Quasi Zero") che, tuttavia, non è ancora operativa nel nostro ordinamento (il termine previsto era il 9 luglio 2012), e per la quale l'Italia rischia di essere deferita alla Corte di Giustizia Europea.



# 11. DECRETO LEGISLATIVO N. 102/2014

Previste misure di efficientamento energetico edifici pubblici istituzione Fondo nazionale efficienza energetica edilizia e nuova disciplina deroghe materia spessore involucro e distanze minime tra edifici

Il 19 luglio 2014 è entrato in vigore il **decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102**, di Attuazione della direttiva **2012/27/UE** sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

Il testo, pubblicato sulle Gazzette Ufficiali n. 165 del 18 luglio 2014 e n. 170 del 24 luglio 2014, definisce un insieme di misure per migliorare l'efficienza energetica, in tutti i settori, utili al raggiungimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico al 2020, ovvero una riduzione di 20 milioni di TEP dei consumi di energia primaria.

Tra i contenuti del decreto, sono di seguito riportate le principali **misure in materia di efficienza energetica in edilizia**.

## **Miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione centrale (art. 5)**

A partire dal 2014 e fino al 2020, gli **immobili della Pubblica Amministrazione centrale** dovranno essere **sottoposti a riqualificazione energetica nella misura minima del 3% all'anno** della superficie coperta utile climatizzata. In alternativa, dovranno essere realizzati interventi che comportino un risparmio energetico cumulato per lo stesso periodo di almeno 0,04 Mtep.

Per tali interventi il decreto prevede stanziamenti di risorse **fino a 380 milioni di euro** per l'intero periodo 2014-2020, che potranno eventualmente essere integrati con le risorse derivanti dagli strumenti di incentivazione comunitari, nazionali e locali dedicati all'efficienza energetica nell'edilizia pubblica e con risorse dei Ministeri interessati.

Sono **esclusi** dal programma di interventi:

1. gli immobili con superficie coperta utile totale inferiore a 500 m<sup>2</sup>. Tale soglia a partire dal 9 luglio 2015 è ridotta a 250 m<sup>2</sup>;
2. gli immobili vincolati ai sensi del Codice dei beni culturali e del paesaggio, nella misura in cui gli interventi modificherebbero in maniera inaccettabile il loro carattere o aspetto;
3. gli immobili destinati a scopi di difesa nazionale, ad eccezione di alloggi e uffici;
4. gli immobili adibiti a luoghi di culto e attività religiose.

Al fine di elaborare il programma di riqualificazione, le Pubbliche Amministrazioni centrali predisporranno, entro il 30 settembre per il 2014 ed entro il 30 giugno per ciascuno degli anni successivi, proposte di intervento sugli immobili dalle stesse occupati, e le trasmetteranno, entro i quindici giorni successivi, al Ministero dello sviluppo economico.

Le proposte saranno formulate sulla base di appropriate diagnosi energetiche o faranno riferimento agli interventi di miglioramento energetico previsti dall'Attestato di prestazione energetica.

Sulla base delle proposte pervenute, il Ministero dello sviluppo economico predisporrà il programma di interventi entro il 30 novembre di ogni anno.

**Per la definizione del programma** saranno applicati i seguenti **criteri** di individuazione:

- ottimizzazione dei tempi di recupero dell'investimento, anche con riferimento agli edifici con peggiore indice di prestazione energetica;
- minori tempi previsti per l'esecuzione dell'intervento;
- entità di eventuali forme di cofinanziamento.

Le **modalità** per l'esecuzione del programma verranno definite con decreto da emanare entro 30 giorni dall'entrata in vigore del decreto.

### **Fondo nazionale per l'efficienza energetica (art. 15)**

E' istituito presso il Ministero dello Sviluppo economico il “**Fondo nazionale per l'efficienza energetica**”, di natura rotativa, destinato a sostenere il **finanziamento di interventi di efficienza energetica**, realizzati anche attraverso le ESCo, il ricorso a partenariato pubblico-privato, società di progetto o di scopo, relativamente alle seguenti finalità:

- interventi di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici di proprietà della Pubblica Amministrazione;
- realizzazione di reti per il teleriscaldamento e per il teleraffrescamento;
- efficienza energetica dei servizi e infrastrutture pubbliche, compresa l'illuminazione pubblica;
- efficientamento energetico di interi edifici ad uso residenziale, compresa l'edilizia popolare;
- efficienza energetica e riduzione dei consumi di energia nei settori dell'industria e dei servizi.

Il Fondo sarà articolato in due sezioni destinate alla concessione di garanzie e all'erogazione di finanziamenti, direttamente o attraverso banche e intermediari finanziari, inclusa la Banca Europea degli Investimenti.

Potranno avere accesso al Fondo anche gli interventi di realizzazione e ampliamento di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento, avviati tra il 29 marzo 2011 e il 19 luglio 2014.

Le priorità, i criteri e le **modalità di funzionamento del Fondo** saranno stabiliti con uno o più decreti da emanarsi entro 90 giorni dall'entrata in vigore del decreto.

**Priorità** nell'accesso al Fondo sarà comunque attribuita agli interventi volti a:

- creare nuova occupazione;
- migliorare l'efficienza energetica dell'intero edificio;
- promuovere nuovi edifici a energia quasi zero;
- introdurre misure di protezione antisismica in aggiunta alla riqualificazione energetica;
- realizzare reti per il teleriscaldamento e per il teleraffrescamento in ambito agricolo o comunque connesse alla generazione distribuita a biomassa.

Il Fondo sarà alimentato con **circa 70 milioni di euro all'anno** per il periodo 2014-2020, che saranno integrati con eventuali contributi volontari delle P.A., con le risorse derivanti dai fondi strutturali europei e con i proventi delle sanzioni per il mancato rispetto degli obblighi (sanzioni previste all'articolo 16 del decreto in esame).

### **Deroghe per gli spessori di murature e solai e per le distanze minime tra gli edifici (art. 14)**

I commi 6 e 7 dell'articolo 14 sostituiscono le previsioni contenute nel D.Lgs. n. 115/2008, ai commi 1 e 2 dell'articolo 11, in merito agli extra-spessori e alle distanze minime permessi nel caso

di nuove costruzioni con migliore prestazione energetica e nel caso di riqualificazioni energetiche di edifici esistenti.

Nel caso di **edifici di nuova costruzione** che presentano una riduzione minima del 20% dell'indice di prestazione energetica previsto dal D.Lgs. n.192/2005 e s.m.i., **non è considerato, nei computi** per la determinazione dei volumi, delle altezze, delle superfici e nei rapporti di copertura, lo **spessore** delle murature esterne, delle tamponature o dei muri portanti, dei solai intermedi e di chiusura superiori ed inferiori, eccedente ai 30 centimetri, fino ad un massimo di ulteriori 30 centimetri per tutte le strutture che racchiudono il volume riscaldato, e fino ad un massimo di 15 centimetri per i solai intermedi.

Nel rispetto dei suddetti limiti è permesso **derogare** a quanto previsto dalle normative nazionali, regionali o dai regolamenti edilizi comunali, in merito alle **distanze minime** tra edifici, alle distanze minime dai confini di proprietà, alle distanze minime di protezione del nastro stradale e ferroviario, e alle **altezze massime** degli edifici, nel rispetto delle distanze minime riportate dal codice civile.

Nel caso di interventi di **riqualificazione energetica di edifici esistenti** che comportino maggiori **spessori** delle murature esterne e degli elementi di chiusura superiori ed inferiori necessari ad ottenere una riduzione minima del 10% dei limiti di trasmittanza previsti dal D.Lgs. n.192/2005 e s.m.i., è permesso **derogare** a quanto previsto dalle normative:

- in merito alle **distanze minime** tra edifici, alle distanze minime dai confini di proprietà e alle distanze minime di protezione del nastro stradale, nella misura massima di 25 centimetri per il maggiore spessore delle pareti verticali esterne;
- in merito alle **altezze massime** degli edifici, nella misura massima di 30 centimetri, per il maggiore spessore degli elementi di copertura.

La deroga può essere esercitata nella misura massima da entrambi gli edifici confinanti.

## 12. DM 26/06/2015 - NUOVI DECRETI ATTUATIVI

### 12.1 INTRODUZIONE ALLE NUOVE PROBLEMATICHE

La L. 90/2013 di accettazione della direttiva 2010/31/CE indica la riproposizione dei nuovi decreti attuativi per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e per le nuove Linee Guida per l'**Attestato di Prestazione Energetica (APE)**. Il decreto per le **nuove Linee Guida** richiama due nuovi decreti, uno per la definizione dei **requisiti minimi** ed uno per la preparazione dell'**APE**.

Rispetto ai precedenti *DPR 59/09* e *DM 06/09* questi nuovi decreti modificano sostanzialmente le procedure di calcolo ed introducono anche nuovi concetti che influenzeranno le procedure di calcolo delle prestazioni energetiche e la progettazione degli edifici a quasi zero energia (**EQZE**).

In particolare si introduce il concetto di **edificio di riferimento** come edificio ideale avente la stessa geometria dell'edificio reale ma con caratteristiche termofisiche (valori delle trasmittanze delle pareti opache e finestrate) stabilite per decreto in funzione delle zone climatiche e dell'anno. A tale edificio di riferimento si attribuiscono comportamenti virtuosi ai quali gli edifici reali debbono avvicinarsi e con i quali, in ogni caso, debbono confrontarsi.

Inoltre anche gli impianti fanno la loro parte definendo i nuovi decreti efficienze nominali dei componenti di riferimento (caldaie, pompe di calore, ...) rispetto alle quali l'edificio reale potrà avere valori migliorativi.

Cambia anche lo schema grafico per l'APE e si introduce l'obbligo di valutare tutto il comportamento energetico dell'edificio mediante l' $EP_{gl,tot}$  (**Indice di Prestazione Energetica globale**) che tiene conto di  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ ,  $EP_w$ ,  $EP_v$ ,  $EP_L$  (efficienza energetica, invernale, estiva, per ACS, di ventilazione e di illuminazione).

I nuovi decreti ridefiniscono anche le procedure progettuali per gli **EQZE** proponendo ancor più la sinergia con l'utilizzo di impianti ad alte prestazioni e, soprattutto, con l'integrazione di **Fonti Energetiche Rinnovabili (FER)** secondo quanto indicato dal **D.Lgs. 28/2011**.

### 12.2 LA TRANSIZIONE VERSO LE NUOVE PROCEDURE DI VALUTAZIONE ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

Con le procedure indicate nel *DPR 59/09* e nelle Linee Guida Nazionali del *DM 26/06/09* le verifiche energetiche sono effettuate sull'edificio reale per il quale sono indicati limiti per i valori delle trasmittanze dei componenti opachi e vetrati e per l'indice  $EP_C$ ,  $EP_w$  e  $EP_{CE}$  in funzione del rapporto architettonico  $S/V$  e della zona climatica. La classificazione energetica è effettuato costruendo una scala energetica locale utilizzando l' $EP_{C,lim.192}$  del 2010 quale valore limite fra la classe C e D.

L'Art. 4 della L. 90/2013 indica le modificazioni all'articolo 4 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192/05. In particolare all'articolo 4 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, sono apportate le seguenti modificazioni:

a) il comma 1 è sostituito dal seguente:

1. Con uno o più decreti del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti e, per i profili di competenza, con il Ministro della salute e con il Ministro della difesa, acquisita l'intesa con la Conferenza unificata, sono definiti:

b) l'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi, aggiornati ogni cinque anni, in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari, siano essi di nuova costruzione, oggetto di ristrutturazioni importanti o di riqualificazioni energetiche, sulla base dell'applicazione della metodologia comparativa di cui all'articolo 5 della direttiva 2010/31/UE

2. in caso di nuova costruzione e di ristrutturazione importante, i requisiti sono determinati con l'utilizzo dell'"**edificio di riferimento**", in funzione della tipologia edilizia e delle fasce climatiche;

Le nuove procedure, così come richiesto dalla direttiva **2010/31/CE** (EPBD recast) e recepito nella **L. 90/2013**, introducono una metodologia di calcolo che fa uso dell'**edificio di riferimento**.

### 12.3 EDIFICIO DI RIFERIMENTO

L'**edificio di riferimento** è un edificio ideale che si presuppone abbia le caratteristiche energetiche ottimali alle quali riferire, per confronto, l'edificio reale. Già il protocollo LEED definisce un edificio di riferimento secondo il protocollo il *Building Performance Rating* dell'Appendice G dell'ASHRAE 90.1-2007.

I nuovi decreti attuativi, secondo quanto indicato dalla L.90/2013, introduce l'edificio di riferimento ai fini sia del calcolo dei consumi energetiche che della classificazione energetica.

**Questo è un edificio ideale che ha la stessa geometria (forma, superfici calpestabili, superfici degli elementi disperdenti) ubicazione ed orientamento dell'edificio reale ma avente caratteristiche termofisiche e parametri energetici predeterminati in funzione della zona climatica e del periodo considerato (2015-2018 e 2019-2021). Con edificio di riferimento si intende quindi un edificio avente un fabbricato di riferimento e degli impianti tecnici di riferimento.**

In pratica tutti i calcoli sulle prestazioni energetiche degli edifici e sulla classificazione energetica passano attraverso un **confronto** fra le caratteristiche termofisiche dell'edificio reale e quelle dell'edificio di riferimento, considerate come caratteristiche di riferimento relative all'edificio reale considerato. I requisiti minimi di prestazione energetica tengono conto del livello ottimale di prestazione energetica determinato per ciascun edificio di riferimento.

Si osservi che l'edificio di riferimento ha un comportamento più virtuoso dell'edificio reale in quanto:

- Le trasmittanze delle pareti comprendono anche i ponti termici (ciò significa che l'edificio reale a pari trasmittanza disperde dal 3 al 20% in più per ponti termici in funzione della zona climatica);
- Le superfici vetrate hanno una trasmittanza solare  $g_{gl}=0,35$  contro valori commerciali di 0,5-0,9 dei vetri normali. Questo costringe ad usare vetri antisolari e schermature interne/esterne per limitare il flusso solare.

Questo Regolamento integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.



Figura 104: Edificio reale ed edificio di riferimento di pari geometria

Più precisamente le fasi sono:

1. *definizione degli edifici di riferimento*
2. *identificazione delle misure di efficienza energetica, delle misure basate sull'energia da fonti rinnovabili e/o dei pacchetti e varianti di tali misure per ciascun edificio di riferimento*
3. *calcolo del fabbisogno di energia primaria derivante dall'applicazione delle misure e dei pacchetti di misure a un edificio di riferimento*
4. *calcolo del costo globale in termini di valore attuale netto per ciascun edificio di riferimento*
5. *svolgimento di un'analisi di sensibilità per i dati di costo per i calcoli che includono i prezzi dell'energia*
6. *derivazione di un livello ottimale in funzione dei costi della prestazione energetica per ciascun edificio di riferimento.*

La nuova normativa che si esporrà in questo capitolo segue le fasi sopra indicate.

#### 12.4 IL DECRETO SUI REQUISITI MINIMI DEGLI EDIFICI

La normativa attualmente ancora vigente è basata sul **D.Lgs. 192/05** e sui suoi decreti attuativi: **DPR 59/09**, **DM 06/09** e **DPR 75/2013**. Tuttavia avendo già recepito con la **L. 90/2013** la direttiva **2010/31/CE** sugli edifici a quasi zero energia (EQZE) tali norme sono da considerare *in prorogatio* fino a quando saranno emessi i nuovi decreti attuativi in conformità a quanto indicato dalla stessa **L. 90/2013**.

#### 12.5 CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI IN BASE ALLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO

Gli edifici sono classificati, in base alla loro destinazione d'uso, nelle categorie di cui all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, di seguito D.P.R. 412/93.

Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, ai fini del calcolo della prestazione energetica, le stesse devono essere valutate separatamente, ciascuna nella categoria che le compete.

L'edificio è valutato e classificato in base alla destinazione d'uso prevalente in termini di volume climatizzato.



### 12.5.1 NUOVA COSTRUZIONE, DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE, AMPLIAMENTO E SOPRA ELEVAZIONE

Per edificio **di nuova costruzione** si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del presente provvedimento. Sono assimilati agli edifici di nuova costruzione:

- a) Gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario;
- b) L'ampliamento di edifici esistenti, ovvero i nuovi volumi edilizi con destinazione d'uso di cui al punto 1.2, sempre che la nuova porzione abbia un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m<sup>3</sup>. L'ampliamento può essere connesso funzionalmente al volume pre-esistente o costituire, a sua volta, una nuova unità immobiliare (definita come "parte progettata per essere utilizzata separatamente" dall'allegato A del decreto legislativo 192/2005). In questi casi, la verifica del rispetto dei requisiti deve essere condotta solo sulla nuova porzione di edificio. Nel caso in cui l'ampliamento sia servito mediante l'estensione di sistemi tecnici pre-esistenti (a titolo di esempio non esaustivo l'estensione della rete di distribuzione e nuova installazione di terminali di erogazione) il calcolo della prestazione energetica è svolto in riferimento ai dati tecnici degli impianti comuni risultanti.

### 12.5.2 RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI

Si definisce **ristrutturazione importante** l'intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio che delimitano un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con **un'incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio**.

Ai fini della determinazione di tale soglia di incidenza, sono da considerarsi unicamente gli elementi edilizi opachi e trasparenti che delimitano il volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati quali le pareti verticali, i solai contro terra e su spazi aperti, i tetti e le coperture (solo quando delimitanti volumi climatizzati).

Fermo restando quanto disposto dal decreto, gli interventi di "**ristrutturazione importante**" si distinguono in:

- a) **Ristrutturazioni importanti di primo livello:** l'intervento, oltre a interessare l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al **50 per cento** della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprende anche la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio. In tali casi i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati;
- b) **Ristrutturazioni importanti di secondo livello:** l'intervento interessa l'involucro edilizio con un'incidenza **superiore al 25 per cento** della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva. In tali casi, i requisiti di prestazione energetica da verificare riguardano le caratteristiche termo-fisiche delle sole porzioni e delle quote di elementi e componenti dell'involucro dell'edificio interessati dai lavori di riqualificazione energetica e il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_T$ ) determinato per l'intera parete, comprensiva di tutti i componenti su cui si è intervenuti. A titolo esemplificativo e non esaustivo:

- se l'intervento riguarda una porzione della copertura dell'edificio, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_{\tau}$ ) si effettua per la medesima porzione della copertura;
- se l'intervento riguarda una porzione della parete verticale opaca dell'edificio esposta a nord, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_{\tau}$ ) si effettua per l'intera parete verticale opaca esposta a nord.

Per gli impianti oggetto di eventuale intervento sono comunque rispettate le prescrizioni di cui al capitolo 5.

### 12.5.3 RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE

Ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera l-vicies ter) del decreto legislativo, si definiscono interventi di **"riqualificazione energetica di un edificio"** quelli che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio. Tali interventi coinvolgono quindi una **superficie inferiore o uguale al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva** dell'edificio e/o consistono **nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o di altri interventi parziali, ivi compresa la sostituzione del generatore**. In tali casi i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche termo-fisiche o di efficienza.

### 12.5.4 DEROGHE

Risultano esclusi dall'applicazione dei requisiti minimi di prestazione energetica:

- a) gli interventi di ripristino dell'involucro edilizio che coinvolgono unicamente strati di finitura, interni o esterni, ininfluenti dal punto di vista termico (quali la tinteggiatura), o rifacimento di porzioni di intonaco che interessino una superficie inferiore al 10 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio;
- b) gli interventi di manutenzione ordinaria sugli impianti termici esistenti.

In caso di interventi di riqualificazione energetica dell'involucro opaco che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori delle trasmittanze di cui alle tabelle da 1 a 4 dell'Appendice B, sono incrementati del 30%.

## 12.6 DEFINIZIONE DI EDIFICI A QUASI ZERO ENERGIA

In base al nuovo decreto sui **requisiti minimi degli edifici** (che sostituisce il DPR 59/09) sono **"edifici a energia quasi zero"** tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

*tutti i requisiti previsti dal decreto dei requisiti minimi (Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici), determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;*

*gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 (Decreto sulle FER).*

Valgono le seguenti definizioni:

verifica del rispetto delle seguenti condizioni con riferimento ai parametri, indici e rendimenti definiti alla precedente lettera a):

il parametro  $H'_T$  (vedi definizione nel prosieguo) risulti inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 55, ripresa dall'Appendice A;

il parametro  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ , determinato in base a quanto previsto dal decreto sui requisiti minimi, risulti inferiore al corrispondente valore limite riportato nella Tabella 56 dello stesso decreto rispettivamente per gli edifici della categoria E.1, e per gli edifici di tutte le altre categorie.

## 12.7 NUOVA CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI

Gli edifici sono classificati, in base alla loro destinazione d'uso, nelle categorie di cui alla Tabella seguente:

<b>E.1 Edifici di tutte le tipologie adibiti a residenza e assimilabili:</b>
E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con un massimo di quattro unità abitative
E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con più di quattro unità abitative
<b>E.2 Edifici adibiti a residenze collettive, a uffici e assimilabili:</b>
E.2 (1) edifici adibiti ad albergo, pensione e attività similari
E.2 (2) collegi, conventi, case di pena, caserme
E.2 (3) uffici pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico
<b>E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili:</b>
Ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici
<b>E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:</b>
E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi
E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto
E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo
<b>E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili:</b>
Quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni
<b>E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:</b>
E.6 (1) piscine, saune e assimilabili
E.6 (2) palestre e assimilabili
E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive
<b>E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili</b>
<b>E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili</b>

Tabella 67: Classificazione degli edifici in base alla destinazione d'uso

Non sono più presenti gli edifici ad occupazione saltuaria.

Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, ai fini del calcolo della prestazione energetica, le stesse devono essere considerate separatamente, ciascuna nella categoria che le compete. Ove non fosse tecnicamente possibile trattare separatamente le diverse zone termiche, l'edificio è valutato e classificato in base alla destinazione d'uso prevalente in termini di volume climatizzato.

## 12.8 INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Il nuovo decreto, detto dei **requisiti minimi**, richiede che gli indici  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$  e  $EP_{gl,tot}$  risultino inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'*edificio di riferimento* ( $EP_{H,nd,limite}$ ,  $EP_{C,nd,limite}$  e  $EP_{gl,tot,limite}$ ), come definito dal decreto legislativo e per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e di generazione sono dati nelle pertinenti tabelle, come indicato nel prosieguo.

In particolare oltre agli indici di prestazione energetica sopra indicati dovranno essere presi in considerazione gli indici  $EP_w$  per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS),  $EP_L$  per l'illuminazione degli ambienti,  $EP_v$  per la ventilazione degli ambienti.

Si osservi come il nuovo decreto tenga conto anche dell'energia per la ventilazione, qualora presente. In realtà l'effetto della ventilazione è presente a partire dalle zone climatiche oltre la C e per edifici non residenziali per i quali sia richiesto un ricambio fisiologico diverso da 0.3÷0.5 ric./orari. In effetti per zone climatiche rigide è richiesto l'utilizzo di *recuperatori di calore* in grado di recuperare almeno il 50% del calore di ventilazione. Per le zone climatiche A e B questo recupero non è richiesto.

Infine si richiede di valutare anche il contributo energetico dovuto all'illuminazione,  $EP_L$ , secondo la norma UNI EN 15193 – “Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione”. Viene, pertanto, definito un indice di prestazione globale  $EP_{gl}$  dato da:

$$EP_{gl} = EP_H + EP_w + EP_C + EP_v + EP_L + EP_T$$

espresso sempre in  $kWh/(m^2.anno)^{58}$ . Dal 29/06/2016 si aggiungerà anche  $EP_T$  per l'energia necessaria agli ascensori, montacarichi e nastri trasportatore, giusta la nuova norma UNI TS 11300/6:2016.

La comparazione con i valori limiti non avverrà più attraverso le tabelle sopra riportate per il DPR 59/09 ma con l' $EP_{gl}$  di **edifici di riferimento ideali** costituiti da edifici aventi la stessa geometria degli edifici da valutare ma con elementi disperdenti (pareti verticali, pavimenti, soffitto, porte e finestre) aventi trasmittanze indicate dai futuri regolamenti.

Vale la seguente tabella.

$H'_T$ [W/ m <sup>2</sup> K]	Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente
$A_{sol,est}/ A_{sup\ utile}$	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;
$EP_{H,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
$\eta_H$ [-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;
$EP_H$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale. Può essere espresso in energia primaria non rinnovabile (indice “nren”) o totale (indice “tot”)

<sup>58</sup> Si osservi come il decreto preveda una sola unit' di misura, il  $kWh/(m^2.anno)$  per tutti gli indici di prestazione e per tutte le categorie di edifici, contrariamente alle vecchie norme che riferivano I-EP al m<sup>2</sup> solo per gli edifici residenziali e al m<sup>3</sup> per le altre categorie. In questo modo si rendono tutti gli indici omogenei e sommabili.

$EP_{W,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria;
$\eta_w$ [-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;
$EP_w$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Può essere espresso come energia primaria non rinnovabile (indice "nren") e totale (indice "tot")
$EP_v$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione energetica per la ventilazione. Può essere espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") e totale (indice "tot")
$EP_{C,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;
$\eta_c$ [-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità);
$EP_c$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità). Può essere espresso come energia primaria non rinnovabile (indice "nren") e totale (indice "tot")
$EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale. Questo indice non si calcola per la categoria E.1. Può essere espresso come energia primaria non rinnovabile (indice "nren") e totale (indice "tot")
$EP_{gl} = EP_H + EP_w + EP_v + EP_c + EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Può essere espresso come energia primaria non rinnovabile (indice "nren") e totale (indice "tot")

Tabella 68: Rendimenti, parametri e indici di prestazione energetica

## 12.9 EDIFICIO DI RIFERIMENTO PER NUOVE COSTRUZIONI

In caso di nuova costruzione e di ristrutturazione importante<sup>59</sup>, i requisiti minimi sono determinati con l'utilizzo dell'**edificio di riferimento**, in funzione della tipologia edilizia e delle fasce climatiche. Pertanto il nuovo sistema di verifica degli interventi **non si basa più su classi ed indici predefiniti**, ma su valori di volta in volta definiti in relazione alle caratteristiche dell'edificio che si sta progettando tramite l'edificio di riferimento.

L'edificio di riferimento deve avere caratteristiche costruttive che, ad esempio, si presumono<sup>60</sup> date dalle seguenti tabelle:

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2019/2021
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 69: Trasmittanze termiche per strutture verticali opache dell'edificio di riferimento

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2019/2021
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26

<sup>59</sup> La ristrutturazione importante si ha quando è interessata almeno il 25% della superficie utile del pavimento.

<sup>60</sup> Le tabelle presentate sono desunte da informazioni ufficiose e pertanto hanno soltanto valore indicativo. I valori definitivi ed ufficiali potranno essere desunte dai decreti attuati della L. 90/2013 non appena saranno pubblicati.

E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Tabella 70: Trasmittanze termiche per strutture orizzontali opache verso l'esterno dell'edificio di riferimento

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2019/2021
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 71: Trasmittanze termiche per strutture orizzontali opache verso il terreno dell'edificio di riferimento

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2019/2021
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Tabella 72: Trasmittanze termiche per strutture verticali trasparenti dell'edificio di riferimento

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015	2019/2021
Tutte le zone	0,8	0,8

Tabella 73: Trasmittanze termiche per strutture opache di separazione tra edifici

Pertanto la verifica degli indici prestazionali passa attraverso il calcolo delle prestazioni termiche dell'edificio di riferimento.

## 12.10 VERIFICHE RICHIESTE PER EDIFICI NUOVI O RISTRUTTURATI DI 1° LIVELLO

Le verifiche energetiche richieste sono numerose e riguardano ben otto parametri che debbono rispettare i limiti indicati.

Questi parametri sono classificabili in due categorie:

*Parametri relativi all'involucro:  $H'_T$  e il rapporto  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ .*

*Parametri relativi agli impianti:  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ ,  $EP_{gl,tot}$ ,  $\eta H$ ,  $\eta C$ ,  $\eta W$ .*

Ciascun parametro di involucro va confrontato con il proprio valore limite tabellare (vedi nel prosieguo) mentre i parametri energetici relativi agli impianti hanno come valori limite gli omologhi calcolati per l'edificio di riferimento.

Come si dirà più estesamente nel prosieguo, la verifica degli 8 parametri appare eccessiva ed incongruente. Non ha senso limitare gli EP dei servizi di riscaldamento e condizionamento e poi limitare anche l'EP globale.

Inoltre, a causa degli algoritmi di calcolo e della sovra valutazione degli apporti solari si hanno  $EP_{H,nd}$  bassi ed  $EP_{C,nd}$  alti, a seconda delle zone climatiche.



$H'_T$	Coefficiente medio globale di scambio termico per unità di superficie disperdente
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile
$EP_{H,nd}$	Indice di prestazione termica utile per riscaldamento
$EP_{C,nd}$	Indice di prestazione termica utile per raffrescamento
$\eta_H$	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale
$\eta_w$	Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione di ACS
$\eta_c$	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva
$EP_{gl,tot}$	Indice di prestazione energetica globale dell'edificio

Figura 105: Grandezze da verificare per edifici nuovi e/o ristrutturati di 1° livello

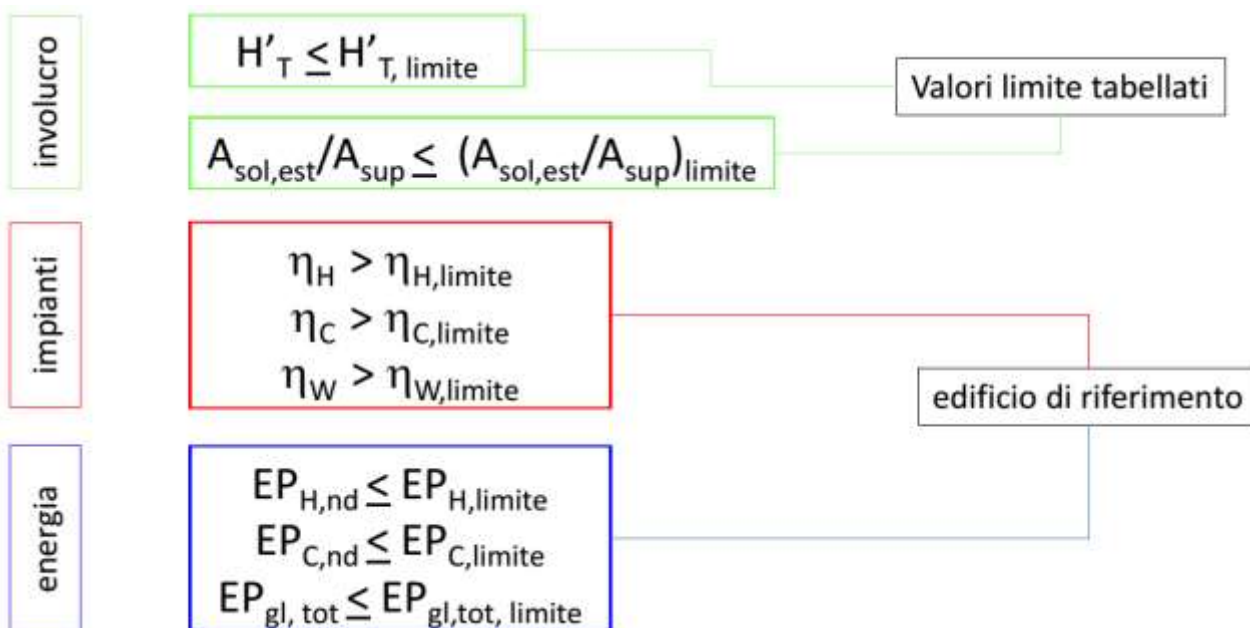


Tabella 74: Quadro sinottico delle verifiche richieste dal DM 26/06/2015

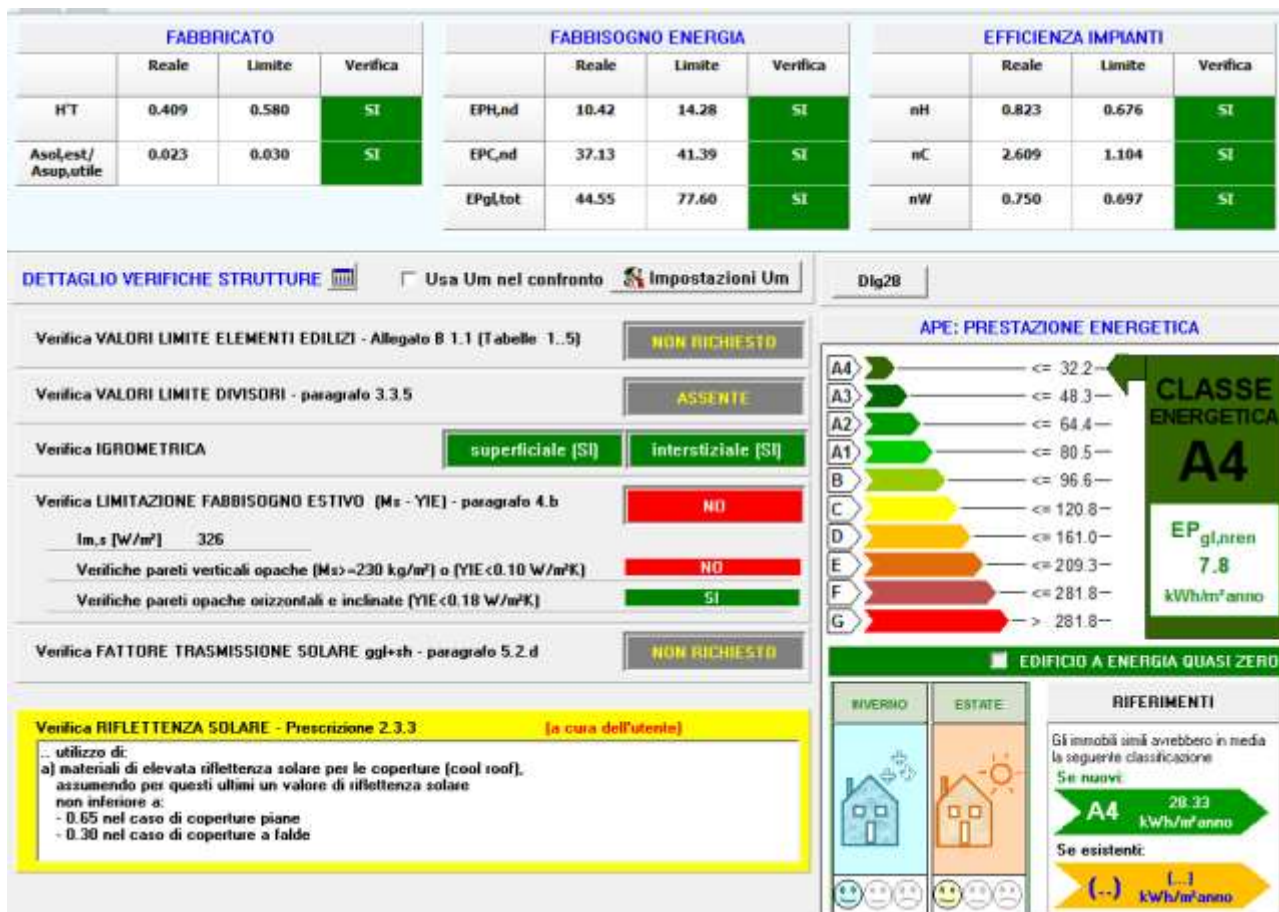


Figura 106: Esempio di verifiche energetiche del DM 26/06/2015

12.10.1 OSSERVAZIONE SULLA VERIFICA ENERGETICA

Il nuovo decreto sui requisiti minimi esige una. Ciò significa che l'EP<sub>g</sub> tiene conto dei consumi energetici sia invernali che estivi, oltre che per ventilazione ACS e illuminazione. Il fatto che si debbano considerare i consumi energetici annuali veri, diversamente a quanto fatto fino ad ora con la sola verifica dell'EP<sub>Ci</sub> invernale, significa che tutte le azioni sull'involucro e sugli impianti sono tenute in considerazione contemporaneamente.

Ad esempio se mettiamo schermi esterni alle finestre i consumi energetici, Q<sub>H,nd</sub>, per il solo riscaldamento invernale aumentano perché si riduce l'energia solare gratuita attraverso i vetri. Se facciamo la stessa considerazione per il periodo estivo invece, Q<sub>C,nd</sub>, le cose vanno in direzione opposta perché la radiazione solare attraverso i vetri (non più energia gratuita ma forzante esterna) si riduce per la presenza degli schermi solari.

Analogamente se utilizziamo vetri normali e poi li sostituiamo con vetri a camera e bassa emissività. In Figura 108 e Figura 109 si hanno i riepiloghi delle verifiche energetiche. E' possibile subito osservare che l'energia di involucro invernale diminuisce con l'uso del vetro camera e così pure quella estiva.

Tuttavia se stampiamo l'APE conforme al DM 06/09 si ha la classe E con 64.3 kWh/(m<sup>2</sup>.anno) per il solo inverno mentre se stampiamo l'APE 2015 con le nuove linee guida della L. 90/2013 si ha una classe energetica D con ancora 64.63 kWh/(m<sup>2</sup>.anno). Il nuovo APE riporta in basso a sinistra anche un giudizio sulle prestazioni energetiche di involucro che risultano buone per quelle invernali e scarse per quelle estive.

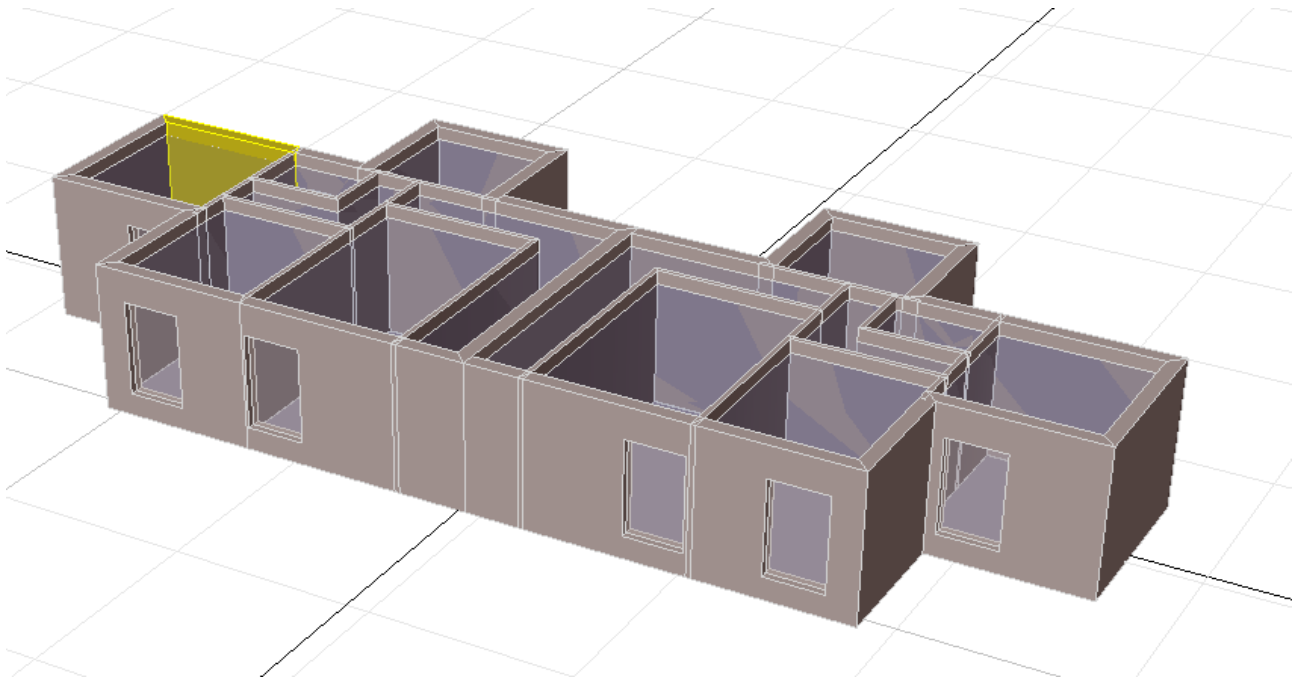


Figura 107: Esempio di edificio

PRINCIPALI RISULTATI DEL CALCOLO - Intero edificio - Comune di ubicazione dell'edificio: Catania					
<b>Dati geometrici</b>					
			Superficie utile	Su	115,50 m <sup>2</sup>
<b>FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA</b>					
Riscaldamento involucro	QH,nd	1.325,6 kWh	Indice di prestazione	EPI,inv	11,48 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Acqua calda sanitaria	Qh,W	1.819,7 kWh	Indice di prestazione	EPw,ter	15,75 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Raffrescamento involucro	QC,nd	5.188,0 kWh	Indice di prestazione	Epe,inv	44,92 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
<b>RISCALDAMENTO: fabbisogni di energia primaria e rendimenti</b>					
Energia primaria riscaldamento	Qp,H	2.001,2 kWh	Indice di prestazione	Epi	<b>17,33 kWh/(m<sup>2</sup>anno)</b>
Classe energetica riscaldamento		B	Rendimento globale stagionale	ηG,H	<b>0,662</b>
Energia primaria rinnovabile	Qp,H,ren	0,000 kWh	Quota rinnovabile	QR,H	0,0 %
Energia primaria totale	Qp,H,tot	2.001,2 kWh	Indice di prestazione totale	Epi,tot	17,33 kWh/(m <sup>2</sup> anno)

Figura 108: Risultati della verifica energetica con vetro semplice

PRINCIPALI RISULTATI DEL CALCOLO - Intero edificio - Comune di ubicazione dell'edificio: Catania					
<b>Dati geometrici</b>					
			Superficie utile	Su	115,50 m <sup>2</sup>
<b>FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA</b>					
Riscaldamento involucro	QH,nd	776,0 kWh	Indice di prestazione	EPI,inv	6,72 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Acqua calda sanitaria	Qh,W	1.819,7 kWh	Indice di prestazione	EPw,ter	15,75 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Raffrescamento involucro	QC,nd	4.927,9 kWh	Indice di prestazione	Epe,inv	42,67 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
<b>RISCALDAMENTO: fabbisogni di energia primaria e rendimenti</b>					
Energia primaria riscaldamento	Qp,H	1.213,3 kWh	Indice di prestazione	Epi	<b>10,51 kWh/(m<sup>2</sup>anno)</b>
Classe energetica riscaldame...		A	Rendimento globale stagionale	ηG,H	<b>0,640</b>
Energia primaria rinnovabile	Qp,H,ren	0,000 kWh	Quota rinnovabile	QR,H	0,0 %
Energia primaria totale	Qp,H,tot	1.213,3 kWh	Indice di prestazione totale	Epi,tot	10,51 kWh/(m <sup>2</sup> anno)

Figura 109: Nuova verifica energetica con vetro camera a bassa emissività

## ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Sostituisce l'attestato di certificazione energetica ai sensi della Legge 90/2013.

Edifici residenziali

**1. Informazioni generali**

Codice certificato	1253456	Validità:	23/06/2024
Riferimenti catastali	Foglio: Particella: Subalterno:		
Indirizzo edificio	- 95100 Catania CT		
Nuova costruzione	<input type="checkbox"/>	Passaggio di proprietà	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Locazione	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Riqualificazione energetica	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Altro	<input type="checkbox"/>
Motivazione rilascio	Ristrutturazione edilizia		
Proprietà		Telefono	
Indirizzo		e-mail	
Proprietà 2		Telefono	
Indirizzo		e-mail	

**2. Classe energetica globale dell'edificio**

Edificio di classe: E

**3. Grafico delle prestazioni energetiche globali e parziali**

**EMISSIONI DI CO2**  
 26,2 KgCO2/m²anno

**PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE**  
 -dato non presente-

**PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE**  
64,3 kWh/m²anno

**PRESTAZIONE RAFFRESCAMENTO**

**PRESTAZIONE RISCALDAMENTO**  
10,5 kWh/m²anno

**PRESTAZIONE ACQUA CALDA**  
53,8 kWh/m²anno

**4. Qualità dell'involucro (raffrescamento)**

			V
--	--	--	---

Figura 110: APE con Linee Guida 06/09



	<h2 style="margin: 0;">ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</h2> <p style="margin: 0; font-weight: bold;">CODICE IDENTIFICATIVO: <span style="float: right;">VALIDO FINO: 02/04/2025</span></p>	
--	--	---

Il presente documento attesta la **prestazione** e la **classe energetica** dell'edificio o dell'unità immobiliare, ovvero la quantità di energia necessaria ad assicurare il comfort attraverso i diversi servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in condizioni convenzionali d'uso. Al fine di individuare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica, l'attestato riporta, oltre alla prestazione energetica globale, informazioni specifiche sulle prestazioni energetiche parziali: del fabbricato, degli impianti di climatizzazione e ventilazione, di produzione di acqua calda sanitaria, di illuminazione (per il settore non residenziale) e di produzione di energia da fonti rinnovabili in loco. Viene altresì indicata la classe energetica più elevata raggiungibile in caso di realizzazione delle misure migliorative consigliate, così come descritte nella sezione "raccomandazioni" (pag.2).

**DATI GENERALI**

Tipologia d'uso	Oggetto dell'attestato
<input checked="" type="checkbox"/> <b>RESIDENZIALE</b> <input type="checkbox"/> <b>NON RESIDENZIALE</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>INTERO EDIFICIO</b> <input type="checkbox"/> <b>UNITA' IMMOBILIARE</b> (parte di edificio) numero di unità immobiliare di cui è composto l'edificio: 2

Dati identificativi	Servizi energetici presenti
Proprietà: Privata Regione: Sicilia Comune: Catania (CT) Indirizzo: Piano: 1 Interno: Coordinate GIS: Anno di costruzione: 2014	<input checked="" type="checkbox"/> Riscaldamento <input type="checkbox"/> Raffrescamento <input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/> Prod. Acqua calda sanitaria <input type="checkbox"/> Illuminazione
Edificio tipo: secondo Linee guida Zona climatica invernale: B Zona climatica estiva: S utile riscaldata: 115,5 m <sup>2</sup> V lordo riscaldata: 469,5 m <sup>3</sup>	
Dati catastali Foglio:    Particella:    Sub:    Sez:	

**PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE**

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

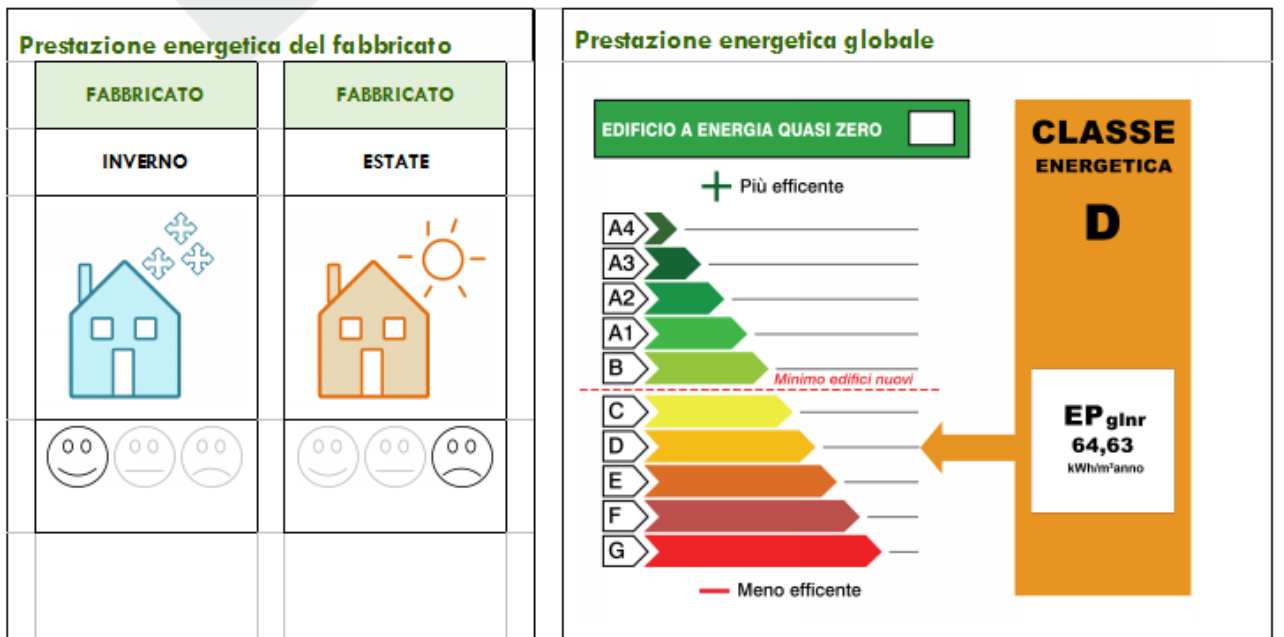


Figura 111: Nuova APE 2015

**12.11 VERIFICA DEL COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO**

Per l’edificio da verificare è definito anche un nuovo *coefficiente medio globale di scambio termico*,  $H'_T$ , dato dalla relazione:

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k}$$

ove:

$H_{tr,adj}$  è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell’involucro definito dalla UNI TS 11300/1, espresso in W/K;

$A_k$  è la superficie del k.mo componente (opaco e/o trasparente) costituente l’involucro, m<sup>2</sup>.

Il valore di  $H'_T$  dovrà essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in tabella seguente in funzione della zona climatica e del rapporto S/V.

RAPPORTO DI FORMA (S/V) (Tipologia Edilizia)	Zona climatica				
	A e B	C	D	E	F
$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
$0,7 > S/V \geq 0,4^{(*)}$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Ampliamenti e ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Tabella 75: Valore massimo ammissibile del coefficiente medio globale di scambio termico  $H'_T$  (W/(m<sup>2</sup>K))

Per valori intermedi ai valori estremi si effettua l’interpolazione lineare.

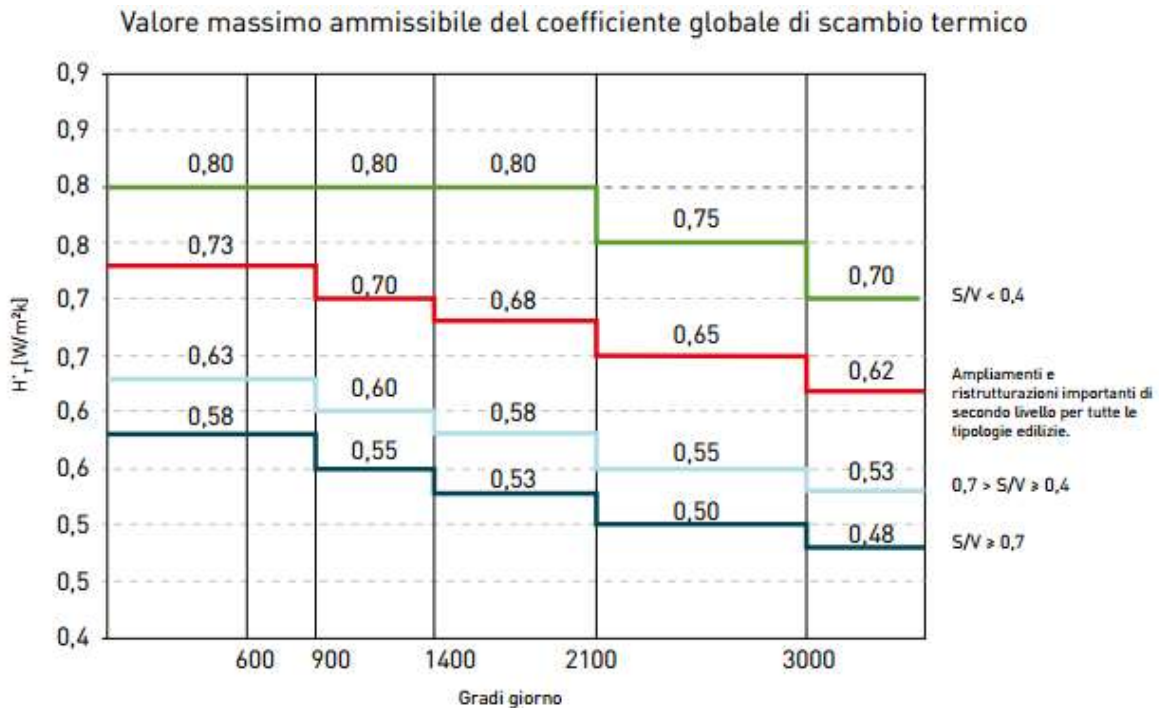


Figura 112: Andamento di  $H'_T$  per edifici nuovi e per riqualificazione energetica

### 12.12 VERIFICA DEL VALORE MASSIMO DEL RAPPORTO $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

L'area equivalente estiva  $A_{sol,est}$  dell'edificio è definita come la sommatoria delle aree equivalenti estive (in m<sup>2</sup>) di ogni componente vetrato k:

$$A_{sol,est} = \sum_k F_{sh,ob} \cdot g_{gl+sh} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} \cdot F_{sol,est}$$

dove:

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

$g_{gl+sh}$  è la trasmittanza<sup>61</sup> di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata (nota: il valore di  $g_{gl}$  è assunto pari a  $g_{gl,n} \times 0,9$ );

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

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

$F_{sol,est}$  è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale sul piano orizzontale di Roma.

Il valore di  $A_{sol,est}$  rapportato all'area della superficie utile deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in tabella seguente:

Categoria edificio	Tutte le zone climatiche
Residenziale (E1)	$\leq 0,030$
Non Residenziale (Tutte le categorie escluso E1)	$\leq 0,040$

Tabella 76: Valore massimo ammissibile del rapporto  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

Si osserva come il limite sopra indicato influenza la progettazione architettonica e in particolare pone l'attenzione all'utilizzo di una superficie vetrata non eccessiva al fine di evitare i surriscaldamenti ambientali (sia invernali che estivi).

La metodologia sopra indicata cerca di limitare l'utilizzo di superfici vetrate oltre i valori limiti indicati nella Valore massimo ammissibile del rapporto  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ .

Le norma ASHRAE, sopra richiamata per il protocollo LEED, stabilisce che se la percentuale di superficie vetrata rispetto a quella di ciascuna facciata è inferiore al 40% tale valore resta inalterato. Se invece supera il 40% della superficie lorda opaca allora l'edificio di riferimento assume la percentuale del 40% fissa.

Il metodo indicato dal decreto sui requisiti minimi è più articolato poiché fa riferimento all'area solare equivalente estiva calcolata con la relazione sopra indicata.

<sup>61</sup> Nella UNI TS 11300 si parla di valore di "Trasmittanza di energia solare totale  $g_{gl}$ " degli elementi vetrati (punto 14.3.1) e si dice che può essere ricavato moltiplicando il "valore di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale  $g_{gl,n}$ " per un fattore di esposizione  $F_w$  assunto pari a 0,9. Viene anche detto che questo valore di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale  $g_{gl,n}$  può essere determinato secondo la UNI EN 410 ed è il cosiddetto "valore g", detto anche "fattore solare", o "trasmissione di energia solare diretta", che esprime in percentuale la radiazione solare che effettivamente riesce ad attraversare il vetro (considerando l'intero spettro di emissione del sole) e che è cruciale per i guadagni passivi solari. Il valore g non va confuso con il valore "TL di trasmissione luminosa" che esprime in percentuale quanta luce attraversa effettivamente il vetro (considerando solo la parte visibile dello spettro solare). Normalmente i produttori di vetri più organizzati forniscono questi dati e i produttori di serramenti più "trasparenti" mettono a disposizione tutta la documentazione tecnica dei vari tipi di vetro che installano sui loro serramenti. La stessa UNI TS 11300 poco oltre nel prospetto 13 fornisce alcuni valori del valore g di alcuni tipi di vetro (vetro singolo, doppio vetro normale, doppio vetro basso emissivo, etc.). In conclusione per la UNI TS 11300 bisogna moltiplicare il valore g che troviamo nei dépliant per 0,9 per ottenere il valore  $g_{gl}$  da inserire nelle formule per il calcolo degli apporti solari  $Q_{sol}$ .



In definitiva le nuove norme ripropongono il problema del controllo del surriscaldamento per effetto di grandi superfici vetrate. Il metodo indicato **non è più quello di limitare la superficie delle pareti vetrate** ( $S_v/S_u < 0.2$ , come prima indicato del D.Lgs 311/06) ma **limitare le caratteristiche radiative** (fattore  $g_{gl-sh}$ ) e il rapporto  $A_{sol,est}/A_{utile}$ . In questo modo per potere grandi superfici vetrate occorre utilizzare vetri antisolari ( $g < 0.35$ ) che hanno un costo elevato.

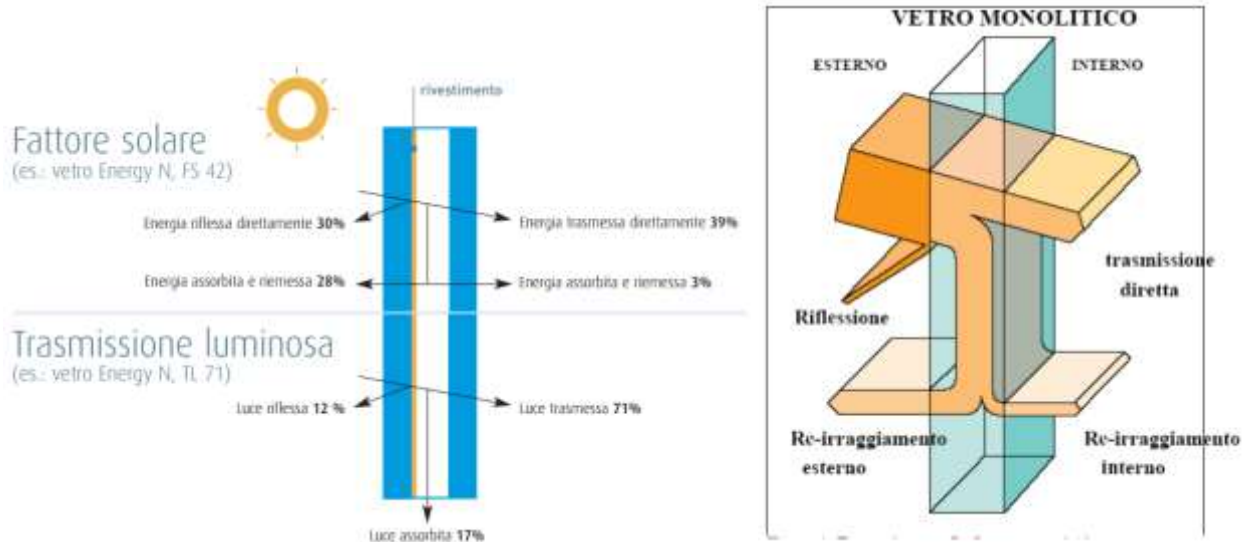


Figura 113: Trasmissione di luce e di energia nei vetri

La trasmittanza solare del vetro corretta per la presenza di schermature si calcola tenendo conto delle **schermature mobili** mediante il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili,  $F_{sh-gl}$ , dato dall'espressione:

$$F_{sh-gl} = \frac{[(1 - f_{sh,with}) g_{gl} + f_{sh,with} g_{gl-sh}]}{g_{gl}}$$

dove:

- $g_{gl}$  è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata;
- $g_{gl+sh}$  è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;
- $f_{sh,with}$  è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente. Essa dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione.

Il valore di  $g_{gl+sh}$  si ottiene dalla relazione:

$$g_{gl+sh} = g_{gl} f_R$$

ove  $f_R$  è pari al rapporto tra la trasmittanza solare della finestra con e senza schermatura:

$$f_R = g_{gl+sh} / g_{gl}$$

Ai fini della verifica del rapporto  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$  è utile osservare il seguente abaco dal quale si può osservare che per rapporti  $A_w/A_{sup\ utile}$  superiore a 1/8 occorre utilizzare schermature solari (tenda bianca, veneziana bianca) e vetri basso emissivi.

Per valori superiore a 0.20 di  $A_w/A_{sup\ utile}$  occorrono necessariamente vetri basso emissivi ( $\epsilon=0.05$ ) e veneziana bianca (fattore di schermatura 0.1).

Per avere una verifica positiva del rapporto  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$  è quasi sempre necessario, specialmente nel zone climatiche più soleggiate (A e B), utilizzare vetri non solamente basso emissivi ( $\epsilon=0.05$ ) ma anche con trasmittanza termica bassa quale quella raggiungibile con gas pesanti (krypton, SF<sub>6</sub>) nell’intercapedine dei vetri camera.

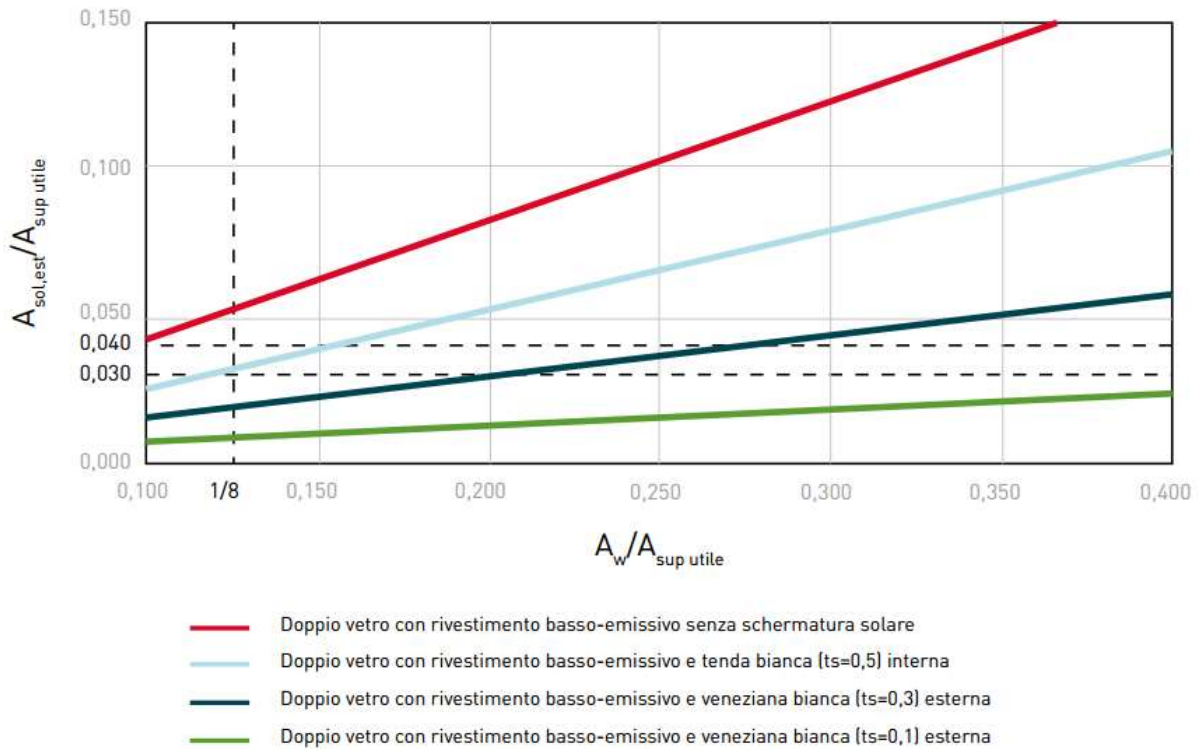


Figura 114: Correlazione fra  $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$  e  $A_w/A_{sup,utile}$

Descrizione	$g_{gl,p}$	$g_{gl+sh}/g_{gl}$
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo senza schermatura solare	0,67	1
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo e tenda bianca ( $T_s=0,5$ ) interna	0,67	0,65
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo e veneziana bianca ( $T_s=0,3$ ) esterna	0,67	0,35
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo e veneziana bianca ( $T_s=0,1$ ) esterna	0,67	0,15

Tabella 77: Valori di  $g_{gl}$  e di  $g_{gl}/g_{gl+sh}$

Si osservi che nella verifica del rapporto  $A_{sol,est}/A_{utile}$  entrano 4 fattori:

$F_{sh,ob}$  è il fattore di riduzione per ombreggiatura;

- $g_{gl+sh}$  è la trasmittanza di energia solare totale della finestra;
- $F_F$  è la frazione di area relativa al telaio;
- $A_{w,p}$  è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);
- $F_{sol,est}$  è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente.

Per ridurre il rapporto  $A_{sol,est}/A_{utile}$  occorre agire:

- sugli aggetti ( $F_{sh,ob}$ );
- sulle superfici vetrate ( $A_{w,p}$ ) eventualmente riducendole;
- Sul fattore di trasmissione solare ( $g_{gl+sh}$ ) utilizzando vetri con  $g_{gl}$  basso e, soprattutto, con l'utilizzo dei tendaggi, giusta la tabella precedente.

Quest'ultima azione su  $g_{gl+sh}$  appare alquanto formale poiché si ipotizza in sede di progetto l'utilizzo di tendaggi che poi nella realtà non si sa se sarà rispettato.

In ogni caso si hanno due necessità da affrontare:

1. Verificare il rapporto  $A_{sol,est}/A_{utile}$  agendo come sopra descritto;
2. Ridurre gli apporti solari al fine di verificare  $EP_{C,nd}$  che dipende fortemente dalle caratteristiche dei vetri. Ancora di più si osserva che spesso è necessario utilizzare vetrate di pregio basso emissive ( $e=0.05$ ) con gas di riempimento pregiati.

Il rapporto  $A_{sol,est}/A_{utile}$  assume grande rilevanza alla luce delle **Nuove Linee Guida Nazionali**. Infatti le nuove norme prevedono non solo la verifica degli indici prestazionali ma anche, in sede di rilascio della nuova **APE**, la formulazione di un giudizio di qualità sull'involucro sia in condizioni invernali che estive. Tuttavia, mentre per le condizioni invernali viene utilizzato l' $EP_H$  (come si indicherà nel prosieguo) per le condizioni estive non si utilizza l' $EP_C$  ma due indici:

- Il rapporto  $A_{sol,est}/A_{utile}$ ;
- La trasmittanza periodica  $Y_{IE}$ .




Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	

Tabella 78: Valutazione della prestazione estiva

### 12.13 CONTROLLO SULLE COPERTURE

Al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione stiva e di contenere la temperatura degli ambienti, nonché di limitare il surriscaldamento a scala urbana, per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi/benefici, dell'utilizzo di:

- *Materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:*
- 0.65 per coperture piane;
- 0.30 per coperture a falde;

*Tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo, coperture a verde).*

Tali verifiche e valutazioni devono essere puntualmente documentate nella relazione tecnica di cui al paragrafo 2.2.

#### 12.14 OSSERVAZIONI SULLE VERIFICHE DEL DM 26/06/2015

Le verifiche richieste dal decreto sui requisiti minimi sopra riportate sono essenzialmente due:

- Verifiche prestazionale relative all'involucro:
  - $H'_T$  Trasmittanza media (W/m);
  - $A_{sol.est}/S_{utile}$  Rapporto fra la superficie solare estiva e la superficie utile;
- Verifiche energetiche:
  - $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$  ed  $EP_{gl,tot}$
  - $\eta_H$ ,  $\eta_W$  ed  $\eta_C$

Le prime verifiche (prestazionali) dipendono solamente dall'involucro e in particolare:

- Dall'isolamento termico dei componenti edilizi ( $H'_T$ );
- Dalle caratteristiche delle superfici vetrate e dal fattore di trasmissione solare  $g_{gl+sh}$  ( $A_{sol.est}/S_{utile}$ )

Le seconde verifiche (energetiche) dipendono in modo relativo dall'edificio di riferimento e pertanto vanno considerati tutti i parametri che entrano in gioco in questo confronto.

Si ricordi ancora che: **l'energia primaria totale è la somma dell'energia primaria non rinnovabile e dell'energia primaria rinnovabile.**

Concorrono quindi ad aumentare l' $EP_{gl,tot}$  non solo i classici fabbisogni alle fonti energetiche (combustibili, energia elettrica da rete...) ma anche le **quote di energia rinnovabile** sfruttate dall'edificio (contributo dei pannelli solari e fotovoltaici, contributo  $E_{res}$  delle pompe di calore etc....).

Ne consegue che **inserendo FER varia anche  $EP_{gl,tot}$**  sia per l'edificio reale che per quello di riferimento.

Una Pompa di Calore (PdC) può avere un'efficienza inferiore a quella della caldaia perché l'efficienza è calcolata come rapporto fra l'energia **utile ideale fornita** e l'**energia primaria non rinnovabile** del servizio. Pertanto a denominatore non viene considerata l'energia rinnovabile  $E_{res}$ .

Si osservi che lo stesso criterio di calcolo vale per l'edificio di riferimento e quindi il confronto fra efficienza reale e limite è congruente.

Le verifiche del fabbisogno di energia utile ideale invernale ed estivo sono calcolate sempre con il criterio dell'**edificio di riferimento**.

E' normale quindi che i limiti cambino al variare delle condizioni di progetto perché vengono di volta in volta ricalcolati in funzione delle nuove condizioni di input.

Ci sono soltanto due condizioni che nell'edificio di riferimento non cambiano mai, pur variando le condizioni di quello reale:

- *le trasmittanze termiche (che son sempre comprensive di ponti termici);*
- *il fattore solare dei vetri  $g_{gl+sh}$ .*

**Per tutti gli altri parametri di involucro l'edificio di riferimento ricalca quello reale, quindi eventuali variazioni sono applicate a tutti e due gli edifici e il valore limite insegue quello calcolato.**

L'introduzione di ombreggiamenti, la modifica dei tassi di ricambio dell'aria, ad esempio, possono non essere utili a rendere positive queste verifiche.

Il DM **26/06/2015** richiede che siano rispettati **contemporaneamente** tutti i limiti dei vari indici. Appare **incongruente** che debba essere  $EP_{H,nd} < EP_{H,nd\_limite}$  (quindi l'energia di involucro per

riscaldamento),  $EP_{C,nd} < EP_{C,nd\_limite}$  e al tempo stesso  $EP_{gl,nd} < EP_{gl,nd\_limite}$  (quindi energia globale). In altri termini occorre verificare che per ogni tipologia di servizio (H, W, C) siano rispettati i limiti **parziali** e poi anche quello **globale**.

Si osserva ancora che solamente i servizi per **riscaldamento** (H), **ACS** (W) e **condizionamento** (C) dell'edificio di riferimento cambiano al variare delle tipologie di impianto (caldaie, pompe di calore, refrigeratori, UTA, ...).

Le prestazioni energetiche per **ventilazione** (V), per **illuminazione** (L) e per **trasporti** (T) rimangono invariati e pari a quelli dell'edificio reale. Ne consegue che se si interviene sull'edificio reale si ha anche una variazione delle prestazioni (almeno per H,C,W) dell'edificio di riferimento e non è detto che si riesca ad avere prestazioni reali migliori di quelle di riferimento.

Per migliorare il confronto con l'edificio di riferimento (soprattutto per **EP<sub>H,nd</sub>**, **EP<sub>C,nd</sub>** ed **EP<sub>gl,tot</sub>**) occorre intervenire sui parametri che non fanno cambiare anche le prestazioni energetiche di riferimento quali, ad esempio, le trasmittanze globali solari  $g_{gl+sh}$ , le tipologie di impianto più performanti.

Gli indici **EP<sub>H,nd</sub>**, **EP<sub>C,nd</sub>** e **EP<sub>gl,tot</sub>** **debbono** risultare inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'**edificio di riferimento** (**EP<sub>H,nd,limite</sub>**, **EP<sub>C,nd,limite</sub>** e **EP<sub>gl,tot,limite</sub>**), come definito alla lettera I-novies), del comma 1, dell'articolo 2, del decreto legislativo e per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e di generazione sono dati nelle pertinenti tabelle del Capitolo 1, dell'Appendice A, per i corrispondenti anni di vigenza. Deve essere:

$$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite} \text{ indice di prestazione termica utile riscaldamento}$$

$$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite} \text{ indice di prestazione termica utile raffrescamento}$$

$$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite} \quad (tot = ren + nren)$$

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$$

Con  $EP_T$  indice di prestazione energetica per **trasporti** (ascensori, montacarichi, nastri trasportatori, così come definito nella nuova UNI TS 11300/6 che entrerà in vigore dal 29/06/2016.

Nella verifica energetica si calcolano gli indici di prestazione energetica in modo diverso dagli analoghi indici per la certificazione energetica.

Per i **requisiti minimi** risulta:

$$EP_{nd} / EP_{tot}$$

L'efficienza media stagionale è il rapporto tra fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di **energia primaria totale**.

Per l'**APE** si ha:

$$EP_{nd} / EP_{nren}$$

Il rendimento medio stagionale è il rapporto tra fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di **energia primaria non rinnovabile**.

Si può avere il caso che al denominatore sia  $EP_{nren} = 0$  e quindi che si abbia un'efficienza infinita.

Questa diversificazione degli indici non era presente nei precedenti DPR 59/09 e DM 06/09.

Inoltre le efficienze  $\eta_H$ ,  $\eta_W$  e  $\eta_C$ , debbono risultare superiori ai valori delle corrispondenti efficienze indicate per l'edificio di riferimento ( $\eta_{H,limite}$ ,  $\eta_{W,limite}$ , e  $\eta_{C,limite}$ ), come definito alla lettera I novies), del comma 1, dell'articolo 2, del decreto legislativo e per il quale i parametri energetici e le caratteristiche termiche sono dati nelle Tabelle 7 e 8 dell'Appendice A.

$$\eta_H > \eta_{H,limite} \text{ riscaldamento}$$

$$\eta_W > \eta_{W,limite} \text{ acqua calda sanitaria}$$

$$\eta_C > \eta_{C,limite} \text{ raffrescamento}$$

## 12.15 PARAMETRI RELATIVI AGLI IMPIANTI TECNICI

Come già accennato, anche le tipologie di impianto definiscono un comportamento virtuoso degli edifici di riferimento. Si riportano i parametri relativi agli **impianti tecnici di riferimento** e la metodologia per la determinazione dell'energia primaria totale per ciascun servizio energetico considerato.

In assenza del servizio energetico nell'edificio reale non si considera il fabbisogno di energia primaria per quel servizio. *L'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia elettrica dell'edificio reale.*

### 12.15.1 SERVIZI DI PRESENTI NELL'EDIFICIO REALE E DI RIFERIMENTO

I fabbisogni di energia primaria  $E_p$  e i fabbisogni di energia termica utile  $Q_{H,nd}$  e  $Q_{C,nd}$  dell'edificio di riferimento sono calcolati secondo la normativa tecnica di cui all'art. 3 del decreto tenendo conto dei parametri di seguito specificati e dei fattori di conversione in energia primaria definiti nell'Allegato 1 del decreto sui minimi energetici (vedi tabella). il fattore di conversione in energia primaria totale  $f_{p,tot}$  è pari a:

$$f_{p,tot} = f_{p,nren} + f_{p,ren}$$

dove:

$f_{p,nren}$ : *fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile*

$f_{p,ren}$ : *fattore di conversione in energia primaria rinnovabile.*

Per i servizi di climatizzazione invernale (H) e climatizzazione estiva (C) si utilizzano i parametri del fabbricato di riferimento.

Per il servizio di acqua calda sanitaria (W) il fabbisogno di energia termica utile  $Q_{W,nd}$  è pari a quello dell'edificio reale. Le efficienze medie  $\eta_u$  del complesso dei sottosistemi di utilizzazione (*emissione/erogazione, regolazione, distribuzione e dell'eventuale accumulo*) sono definite in tabella seguente.

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione $\eta_u$ :	H	C	W
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aeraulica	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

Tabella 79: Efficienze medie  $\eta_u$  dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi di H, C, W

Si osservi che le efficienze medie riportate in tabella sono il prodotto delle tre efficienze, di emissione, di distribuzione e di regolazione. Pertanto l'edificio di riferimento ha i relativi componenti di impianto fissati.

Gli impianti reali dovranno avere efficienze complessive di utilizzazione migliori di queste.

Le efficienze medie dei sottosistemi di generazione sono definite nella Tabella seguente.

Vettore energetico	$f_{p,nren}$	$f_{p,ren}$	$f_{p,tot}$
Gas naturale <sup>(1)</sup>	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide <sup>(2)</sup>	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose <sup>(2)</sup>	0,40	0,60	1,00



Energia elettrica da rete <sup>(3)</sup>	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento <sup>(4)</sup>	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,0	0,2
Teleraffrescamento <sup>(4)</sup>	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
<p>(1) I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.</p> <p>(2) Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.</p> <p>(3) Fonte GSE. I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.</p> <p>(4) Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza,</p> <p>(5) Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.</p>			

Tabella 80: Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

Sottosistemi di generazione:	Produzione energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,50	(*)	3,00	-
Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,50	-	-
Pompa di calore ad assorbimento	1,30	(*)	1,10	-
Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	0,90	-	-
Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,70 x $\eta_{gn}$ (**)	-	-
Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1,00	1,05	-
Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
Riscaldamento con resistenza elettrica	1,00	-	-	-
Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
Solare termico	0,3	-	0,3	-
Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)
<p>NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore</p> <p>(*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia</p> <p>(**) si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale</p>				

Tabella 81: Efficienze medie  $\eta_{gn}$  dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ.

I rendimenti indicati nelle tabelle precedenti sono comprensivi dell'effetto dei consumi di energia elettrica ausiliaria.

### 12.16 FABBISOGNI ENERGETICI DI ILLUMINAZIONE

Nelle more dei risultati dello studio di cui all'articolo 4, comma 2, del decreto:

*il calcolo del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione è effettuato secondo la normativa tecnica (UNI EN 15193) e sulla base delle indicazioni contenute nella UNI/TS 11300-2.*

*Per l'edificio di riferimento si considerano gli stessi parametri (occupazione, sfruttamento nella luce naturale) dell'edificio reale e sistemi automatici di regolazione di classe B (UNI EN 15232).*

### 12.17 FABBISOGNI ENERGETICI DI VENTILAZIONE

In presenza di impianti di ventilazione meccanica, nell'edificio di riferimento si considerano le medesime portata di aria che nell'edificio reale. Nell'edificio di riferimento si assumono i fabbisogni specifici di energia elettrica per la ventilazione riportati nella Tabella seguenti.

Tipologia di Impianto	$E_{ve}$ [Wh/m <sup>3</sup> ]
Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione	0,25
Ventilazione meccanica a semplice flusso per immissione con filtrazione	0.30
Ventilazione meccanica a doppio flusso senza recupero	0.35
Ventilazione meccanica a doppio flusso con recupero	0.50
UTA: Assumendo la portata e la prevalenza dell'edificio reale	

Tabella 82: Fabbisogno di energia elettrica specifico per m<sup>3</sup> di aria movimentata

### 12.18 CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI TECNICI AI SENSI DEL DM 26/06/2015

Nel caso di **nuova installazione** di impianti termici di climatizzazione invernale in edifici esistenti, o ristrutturazione dei medesimi impianti o di **sostituzione dei generatori di calore**, compresi gli impianti a sistemi ibridi, si applica quanto previsto di seguito:

- a) calcolo dell'**efficienza media stagionale dell'impianto termico di riscaldamento** e verifica che la stessa risulti superiore al valore limite calcolato utilizzando i valori delle efficienze per l'edificio di riferimento;
- b) **installazione di sistemi di regolazione per singolo ambiente** o per singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica;
- c) nel caso degli impianti a servizio di più unità immobiliari, **installazione di un sistema di contabilizzazione diretta o indiretta del calore** che permetta la ripartizione dei consumi per singola unità immobiliare;
- d) nel caso di **sostituzione di generatori di calore**, si intendono rispettate tutte le disposizioni vigenti in tema di uso razionale dell'energia, incluse quelle di cui alla lettera a), qualora coesistano le seguenti condizioni:
  - i nuovi generatori di calore a combustibile gassoso o liquido abbiano un rendimento termico utile nominale non inferiore a quello indicato al paragrafo 1.3, comma 1, dell'Appendice B.
  - ii. le nuove pompe di calore elettriche o a gas abbiano un coefficiente di prestazione (COP o GUE) non inferiore ai valori riportati al paragrafo 1.3, comma 2, dell'Appendice B. Nel caso di installazioni di generatori con potenza nominale del focolare maggiore del valore preesistente di oltre il 10%, l'aumento di potenza sia motivato con la **verifica dimensionale dell'impianto di riscaldamento** condotto secondo la norma UNI EN 12831;

- iv. nel caso di installazione di generatori di calore in impianti a servizio di più unità immobiliari, o di edifici adibiti a uso non residenziale siano presenti **un sistema di regolazione per singolo ambiente o per singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica, e un sistema di contabilizzazione diretta o indiretta del calore;**

**12.18.1 AUTOMAZIONE NEGLI IMPIANTI**

Al fine di ottimizzare l’uso dell’energia negli edifici, per gli edifici a uso **non residenziale** è reso obbligatorio un **livello minimo di automazione** per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell’edificio e degli impianti termici (**BACS**), **corrispondente alla Classe B**, come definita nella Tabella 1 della norma UNI EN 15232 e successive modifiche o norma equivalente.

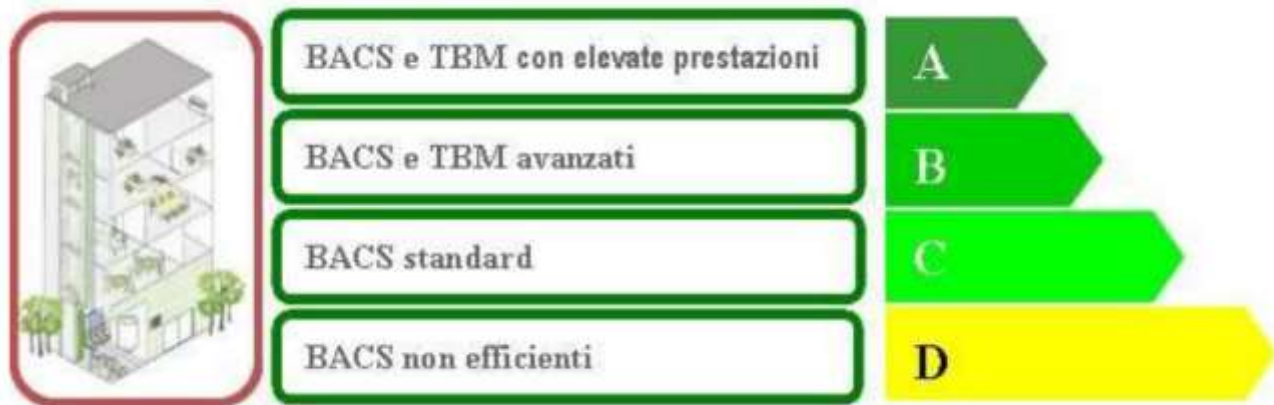


Figura 115: Classificazione BACS per le regolazioni

**12.18.2 EDIFICIO DI NUOVA COSTRUZIONE: CONTROLLO DEGLI IMPIANTI:**

- Automazione **BACS (Building Automation and Control System)** classe **B**;
- **Regolazione automatica temperatura** – regolazione climatica – valvole termostatiche;
- **Contabilizzazione** del calore – ripartitori dei consumi per le singole unità immobiliari.
- **Ascensori e scale mobili:** Dotati di motori elettrici con livello minimo di efficienza **IE3**
- Micro-cogenerazione: Indice **PES**  $\geq 0$  (*Primary Energy Saving*) quindi rispetto dei requisiti minimi previsti dal Dlgs 20/2007:

$$PES = \frac{E_e}{\eta_{eR}} + \frac{E_t}{\eta_{tR}} - E_c$$

$$PES(\%) = \left( 1 - \frac{E_c}{\frac{E_e}{\eta_{eR}} + \frac{E_t}{\eta_{tR}}} \right) \times 100 = \left( 1 - \frac{1}{\frac{\eta_e}{\eta_{eR}} + \frac{\eta_t}{\eta_{tR}}} \right) \times 100$$

$\eta_{eR}$  = Rendimento elettrico di riferimento (produzione energia elettrica)

$\eta_{tR}$  = Rendimento elettrico di riferimento (caldaia)

**12.18.3 EDIFICI NON RESIDENZIALI:**

Per il **Riscaldamento** e il **Raffrescamento**:

- Controllo della temperatura in ogni ambiente. Regolatori interconnessi e collegati ad un sistema centralizzato;
- Temperatura di mandata e/o ritorno funzione della temperatura interna;

- Tutte le pompe a pressione costante o proporzionale;
- Ottimizzatori dei tempi di accensione/spegnimento;
- Generatori di calore a temperatura scorrevole;
- Sequenza delle caldaie in base al carico e alle potenze nominali;
- Interblocco delle funzioni di riscaldamento e raffrescamento.

Per la **Ventilazione e trattamento aria**:

- Controllo della portata nei singoli locali in base all'occupazione o alla richiesta;
- Controllo del ventilatore dell'UTA a pressione o a portata costante, fissa o scorrevole;
- Controllo automatico dello sbrinamento e del surriscaldamento sui recuperatori di calore;
- Funzione di free-cooling automatico permanente;
- Temperatura di immissione dell'aria in funzione della temperatura interna o del carico;
- Controllo dell'umidità dell'aria immessa o estratta.

Per l'**illuminazione** e Varie:

- Accensione o spegnimento in base al controllo di presenza;
- Regolazione automatica in funzione della luce solare esterna;
- Controllo dei sistemi oscuranti coordinato con il controllo degli impianti HVAC;
- Sistema centralizzato di impostazioni degli orari, temperature, set-point, parametri di regolazione;
- Rilevamento automatico dei guasti e delle programmazioni anomale con supporto alle diagnosi.

Si osserva che l'energia per illuminazione è calcolata allo stesso modo sia per l'edificio reale che per quello di illuminazione. Pertanto la scelta del sistema di illuminazione non contribuisce a migliorare le prestazioni dell'edificio reali in confronto con l'edificio di riferimento.

#### 12.18.4 IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Fermo restando il rispetto dei requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari emanati ai sensi della direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE, nel caso di nuova installazione di impianti termici di climatizzazione estiva in edifici esistenti o **ristrutturazione** dei medesimi impianti o di **sostituzione** delle macchine frigorifere dei generatori, si applica quanto previsto di seguito:

- a) calcolo dell'**efficienza globale media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva** e verifica che la stessa risulti superiore al valore limite calcolato utilizzando i valori delle efficienze fornite in Allegato A per l'edificio di riferimento;
- b) installazione, ove tecnicamente possibile, di **sistemi di regolazione per singolo ambiente e di sistemi di contabilizzazione diretta o indiretta del calore** che permetta la ripartizione dei consumi per singola unità immobiliare;
- c) nel caso di **sostituzione** di macchine frigorifere, si intendono rispettate tutte le disposizioni vigenti in tema di uso razionale dell'energia, incluse quelle di cui alle lettera a), qualora coesistano le seguenti condizioni:
  - a) le nuove macchine frigorifere elettriche o a gas, con potenza utile nominale maggiore di 12 kW, abbiano un indice di efficienza energetica non inferiore a valori riportati al paragrafo 1.3, comma 2, dell'Appendice B;
  - b) nel caso di installazione di macchine frigorifere a servizio di più unità immobiliari, o di edifici adibiti a uso non residenziale siano presenti un **sistema di regolazione per singolo ambiente o per singola unità immobiliare**, e un sistema di **contabilizzazione diretta** o indiretta del calore che permetta la ripartizione dei consumi per singola unità immobiliare.

## 12.19 VALORI DEI PARAMETRI PER EDIFICI SOTTOPOSTI A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

I nuovi decreti attuativi provvedono a fornire anche i valori dei parametri caratteristici degli elementi edilizio e degli impianti tecnici negli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica.

### 12.19.1 ELEMENTI EDILIZI

I valori limite dei parametri caratteristici degli elementi edilizi negli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica debbono rispettare i seguenti limiti.

Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Tabella 83: Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno

Valgono le seguenti date:

- (1) dal 1 luglio 2015 per tutti gli edifici  
 (2) dal 1 gennaio 2021 per tutti gli edifici.

In caso di interventi di **riqualificazione** energetica dell'involucro opaco che prevedano **l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine**, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori delle trasmittanze di cui alle tabelle da 1 a 4 dell'Appendice B, sono **incrementati del 30%**.



Tabella 84: Isolamento posto all'interno delle pareti

Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015(1)	2021(2)
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

Tabella 85: Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di copertura, verso l'esterno

Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015(1)	2021(2)
A e B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

Tabella 86: Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno

Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015(1)	2021(2)
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

Tabella 87: Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non riscaldati

Nel caso in cui fossero previste aree limitate di spessore ridotto, quali sottofinestre e altri componenti, i limiti devono essere rispettati con riferimento alla trasmittanza media della rispettiva facciata. Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non riscaldati, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza della struttura moltiplicata per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella norma UNI TS 11300-1. Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza equivalente della struttura tenendo conto dell'effetto del terreno calcolata secondo UNI EN 13370.

I valori di trasmittanza delle precedenti tabelle si considerano comprensive dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione (a esempio ponte termico tra finestra e muro) e di *metà* del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione.

Per il fattore di trasmissione solare totale la norma prevede i valori indicati nella seguente tabella:

Zona climatica	$g_{gl+sh}$
	2015 <sup>(1)</sup>
Tutte le zone	0,35

Tabella 88: Valore del fattore di trasmissione solare totale  $g_{gl+sh}$  per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud

Si osserva che il valore 0,35 del fattore di trasmissione solare totale è molto basso ed è raggiungibile solo con vetri speciali antisolari.

### 12.19.2 REQUISITI PER GLI IMPIANTI TECNICI

Negli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica, il rendimento globale medio stagionale minimo dell'impianto termico di riscaldamento si determina attraverso i valori dei parametri caratteristici corrispondenti riportati nella Tabella 57, nella Tabella 58 e nella Tabella 59 alle quali si rimanda.



### 12.19.3 REQUISITI DEI GENERATORI TERMICI

#### Requisiti per generatore di calore a combustibile liquido e gassoso

Il rendimento di generazione utile minimo per i generatori a combustibile liquido e gassoso è pari a:

$$\eta = 90 + 2 \log P_n$$

dove  $\log P_n$  è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore, espressa in kW. Per valori di  $P_n$  maggiori di 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW.

#### Requisiti per pompe di calore e macchine frigorifere

Per le pompe di calore valgono i limiti della seguente tabella:

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP
aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	3,5
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento $\leq 35$ kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,8
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento $\geq 35$ kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,5
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	4,0
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,0
acqua/aria	Temperatura entrata: 15 Temperatura uscita: 12	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,2
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,2

Tabella 89: Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio riscaldamento

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	EER
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entrata: 24	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entrata: 19	3,0
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento $\leq 35$ kW	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entrata: 24	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	3,5
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento $\geq 35$ kW	Bulbo secco all'entrata: 35 Bulbo umido all'entrata: 24	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	3,0
salamoia/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entrata: 19	4,0
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,0
acqua/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entrata: 19	4,0
acqua/acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,2

Tabella 90: Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio raffrescamento

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C] (*)	GUE
--	--------------------------	---------------------------	-----

aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20 °C	1,38
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura all'entrata: 30 °C (*)	1,30
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 °C	1,45
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura all'entrata: 30 °C (*)	1,40
acqua/aria	Temperatura entrata: 10	Bulbo secco all'entrata: 20 °C	1,50
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura all'entrata: 30 °C (*)	1,45
(*) $\Delta t$ : pompe di calore ad assorbimento 30-40°C - pompe di calore a motore endotermico 30-35°C			

Tabella 91: Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche servizio riscaldamento

Tipo di pompa di calore	EER
Assorbimento ed endotermiche	0,6

Tabella 92: Requisiti di efficienza energetica per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche per il servizio di raffrescamento, per tutte le tipologie

I valori di cui alle Tabelle precedenti possono essere ridotti del 5% per macchine elettriche con azionamento a velocità variabile.

La prestazione delle macchine deve essere misurata in conformità alle seguenti norme:

*per le pompe di calore elettriche in base alla EN 14511;*

*per le pompe di calore a gas ad assorbimento in base alla EN 12309-2 (valori di prova sul p.c.i.);*

*per le pompe di calore a gas endotermiche non essendoci una norma specifica, si procede in base alla EN 14511.*

Al momento della prova le pompe di calore devono funzionare a pieno regime, nelle condizioni indicate nelle tabelle citate.

#### 12.19.4 RIQUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI IDRICO – SANITARI

Nel caso di **nuova installazione di impianti tecnologici idrico-sanitari** destinati alla produzione di **acqua calda sanitaria**, in edifici esistenti, o ristrutturazione dei medesimi impianti, si procede al **calcolo dell'efficienza globale media stagionale** dell'impianto tecnologico idrico-sanitario e alla verifica che la stessa risulti superiore al valore limite calcolato utilizzando i valori delle efficienze fornite per l'edificio di riferimento.

Nel caso di **sostituzione di generatori di calore destinati alla produzione dell'acqua calda sanitaria** negli impianti esistenti di cui al precedente punto, devono essere rispettati i requisiti minimi definiti per la corrispondente tipologia impiantistica.

#### 12.19.5 RIQUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI TECNICI – DIAGNOSI ENERGETICA

Nel caso di **ristrutturazione** o di **nuova installazione** di impianti termici di potenza termica nominale del generatore maggiore o uguale a **100 kW**, ivi compreso il distacco dall'impianto centralizzato anche di un solo utente/condomino, deve essere realizzata una **diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto** che metta a confronto le diverse soluzioni impiantistiche compatibili e la loro efficacia sotto il profilo dei **costi complessivi** (investimento, esercizio e manutenzione).

La soluzione progettuale prescelta deve essere **motivata nella relazione tecnica** sulla base dei risultati della diagnosi. La diagnosi energetica deve considerare, in modo vincolante ma non esaustivo, almeno le **seguenti opzioni**:

- a) **impianto centralizzato** dotato di **caldaia a condensazione** con contabilizzazione e termoregolazione del calore per singola unità abitativa;

- b) **impianto centralizzato** dotato di **pompa di calore elettrica o a gas** con contabilizzazione e termoregolazione del calore per singola unità abitativa;
- c) le possibili integrazioni dei suddetti impianti con **impianti solari termici**;
- d) **impianto centralizzato di cogenerazione**;
- e) stazione di **teleriscaldamento** collegata, se disponibile, a una rete efficiente come definita al decreto legislativo n. 102 del 2014;
  - e) per gli edifici non residenziali, l’installazione di un sistema di **gestione automatica degli edifici e degli impianti conforme al livello B** della norma **EN15232**

**12.20 ASSEVERAZIONE DEL PROGETTISTA SULL’UTILIZZO DELLE FER**

Nei **nuovi edifici** e negli edifici sottoposti a **ristrutturazioni importanti di primo livello**, il **Progettista**, nel rispetto delle disposizioni e dei metodi di calcolo di cui all’articolo 3 del presente decreto, con l’utilizzo dei pertinenti fattori di conversione in energia primaria totale, rinnovabile e non rinnovabile, come previsto al Capitolo 1, paragrafo 1.1, lettera g) e h), **assevera l’osservanza degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi e le decorrenze di cui all’Allegato 3, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.**

**12.21 PRESCRIZIONI, REQUISITI E VERIFICHE IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO**

Al fine di semplificare l’applicazione del presente decreto, nella Tabella 4 si riporta il riepilogo delle prescrizioni, dei requisiti e delle verifiche da eseguire in funzione della tipologia e del livello di intervento.

Tipologia di intervento	Descrizione livelli di intervento	Prescrizioni / Verifiche di legge
<b>Edifici nuovi</b>	Edifici di nuova costruzione o demoliti e ricostruiti	Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 2 e 3.
<b>Ampliamenti di edifici esistenti</b>	Ampliamenti volumetrici di un edificio esistente se collegati a impianto tecnico esistente.  Recupero volumi esistenti precedentemente non climatizzati o cambio di destinazione d'uso (es. recupero sottotetti, depositi, magazzini) se collegati a impianto tecnico esistente.	Rispetto, per la parte ampliata e per il volume recuperato: <ul style="list-style-type: none"> <li>• di tutti i requisiti pertinenti di cui al capitolo 2;</li> <li>• delle prescrizioni di cui al paragrafo 3.2, capoversi 4 e 7;</li> <li>• dei requisiti relativi al coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (<math>H'_{T}</math>), di cui al paragrafo 3.3, lettera b), punto i.</li> <li>• dei requisiti relativi al parametro <math>Asol,est/A_{sup,utile}</math>, di cui al paragrafo 3.3, lettera b), punto ii..</li> </ul>
	Ampliamenti volumetrici di un edificio esistente se dotati di nuovi impianti tecnici.  Recupero volumi esistenti precedentemente non climatizzati o cambio di destinazione d'uso (es. recupero sottotetti, depositi, magazzini) se dotati di nuovi impianti tecnici.	Rispetto, per la parte ampliata o il volume recuperato, di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 2 e 3 (come se si trattasse di un edificio nuovo) .

<b>Ristrutturazione importante di primo livello</b>	<p>Intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio delimitanti un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con un incidenza superiore al 50 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e comporta il rifacimento dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio.</p>	<p>Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 2 e 3, limitatamente ai servizi coinvolti (impianto/i).</p>
<b>Ristrutturazione importante di secondo livello</b>	<p>Intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio delimitanti un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con un incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva;</p>	<p>Rispetto di tutti i requisiti pertinenti e in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dei requisiti di trasmittanza termica limite di cui all'Appendice B delle porzioni e delle quote di elementi e componenti l'involucro dell'edificio interessati dai lavori di riqualificazione energetica;</li> <li>• dei requisiti minimi per gli impianti oggetto di intervento, se applicabile;</li> <li>• del requisito relativo al coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (<math>H'_T</math>), di cui all'Appendice A, determinato per l'intera parete, comprensiva di tutti i componenti, su cui si è intervenuti. A titolo esemplificativo e non esaustivo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- se l'intervento riguarda una porzione della copertura dell'edificio, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (<math>H'_T</math>) si effettua per l'intera porzione di copertura;</li> <li>- se l'intervento riguarda una porzione della parete verticale dell'edificio esposta a nord, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione (<math>H'_T</math>) si effettua per l'intera porzione di parete verticale esposta a nord.</li> </ul> </li> </ul>

<p><b>Riqualficazione energetica</b> (ovvero interventi non riconducibili ai casi di cui al paragrafo 1.4.1)</p> <p><i>Nota: Indicazioni esemplificative e non esaustive delle casistiche possibili</i></p>	<p>Intervento che interessi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●coperture piane o a falde , opache e trasparenti (isolamento / impermeabilizzazione), compresa la sostituzione di infissi in esse integrate;</li> <li>●pareti verticali esterne, opache e trasparenti, compresa la sostituzione di infissi in esse integrate.</li> </ul>	<p>Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 2 e 5 e in particolare dei valori di trasmittanza termica limite di cui all'Appendice B per le parti dell'involucro dell'edificio interessate all'intervento</p>
	<p>Ristrutturazione dell'impianto/i di riscaldamento, di raffrescamento e produzione dell'acqua calda sanitaria o installazione di nuovo/i impianto/i per i predetti servizi</p>	<p>Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 2 e 5 e in particolare dell'efficienza media stagionale dell'impianto o degli impianti ristrutturati o installati di cui ai punti 5.3.1, 5.3.2 e 5.3.3.</p>
	<p>Sostituzione del solo generatore di calore e installazione di generatori di calore e/o altri impianti tecnici per il soddisfacimento dei servizi dell'edificio</p>	<p>Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 2 e 5 e in particolare che dell'efficienza di generazione di cui ai punti 5.3.1, 5.3.2 e 5.3.3.</p>

Tabella 93: Prescrizioni, requisiti e verifiche in funzione della tipologia di intervento

**12.22 QUADRO DI SINTESI DEI REQUISITI E DELLE PRESCRIZIONI AI SENSI DEL DM 26/06/2015**

Tipologia di intervento	Requisiti	Prescrizioni specifiche	Prescrizioni comuni
Edificio nuovo	$H'_T < H'_{T,limite}$ Tab. 10 - App. A $(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$ Tab. 11 - App. A $EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$ $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$ $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$	Predisposizione per il collegamento alle reti di teleriscaldamento e raffrescamento  Sistemi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone termiche	Verifica prestazione igrometrica dei componenti dell'involucro (UNI EN ISO 13788)  Efficacia delle strutture di copertura nel limitare il fabbisogno energetico estivo
	Valori limite calcolati con edificio di riferimento  $n_H > n_{H,limite}$		
Ristrutturazione importante di primo livello (*)	$n_C > n_{C,limite}$ Tab. 7 e 8 - App. A $n_W > n_{W,limite}$	Sistemi di misurazione intelligente dell'energia consumata    Livello minimo di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS)	Deroga dalle altezze minime dei locali di abitazione per pannelli radianti a pavimento o a soffitto    Requisiti di rendimento termico dei generatori di calore alimentati a biomasse solide
	Pareti opache verticali, eccetto NO-N-NE: $M_s \geq 230 \text{ kg/m}^2$ oppure $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ Se $I_{ms} \geq 290 \text{ W/m}^2$ (esclusa zona F e cat. E.6, E.8)		
	Pareti opache orizzontali o inclinate: $Y_{IE} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$		
	Divisori u.i. verticali e orizzontali e strutture opache delimitanti gli ambienti non climatizzati: Zone climatiche C, D, F, eccetto cat. E.8 $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$		
	Obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo l'Allegato 3 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28		

Tabella 94: Edifici nuovi o ristrutturati di 1° livello

Ampliamento di edificio esistente (**)	Dotato di nuovi impianti tecnici	$H'_T < H'_{T,limite}$ Tab. 10 - App. A	Valori limite calcolati con edificio di riferimento	Condizionamento chimico dell'acqua negli impianti termici
		$(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$ Tab. 11 - App. A		
		$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$		
		$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$		
		$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$		
		$n_H > n_{H,limite}$ $n_C > n_{C,limite}$ $n_W > n_{W,limite}$ Tab. 7 e 8 - App. A		
Collegato a impianti tecnici esistenti	$H'_T < H'_{T,limite}$ Tab. 10 - App. A		Requisiti di rendimento energetico degli impianti di microgenerazione	
	$(A_{sol,est}/A_{sup,utile}) < (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$ Tab. 11 - App. A			
Ristrutturazione importante di secondo livello (***)	Interventi sull'involucro	Requisiti previsti per la riqualificazione energetica, se applicabili	Prescrizioni previste per la riqualificazione energetica, se applicabili	Ecocompatibilità dei motori elettrici di ascensori e scale mobili
		$H'_T < H'_{T,limite}$ Tab. 10 - App. A	Installazione di valvole termostatiche, ovvero di altro sistema di termoregolazione per singolo ambiente o singola unità immobiliare	
		Componenti involucro opaco: $U \leq U_{limite}$ Tab. 1,2,3 - App. B		
		Componenti involucro trasparente: $U \leq U_{limite}$ Tab. 4 - App. B		
		Componenti involucro trasparente da E a O: $g_{gl+sh} < g_{gl+sh,limite}$ Tab. 5 - App. A		

Interventi sull'involucro	$H'_T < H'_{T,limite}$ Tab. 10 - App. A	
	Componenti involucro opaco: $U \leq U_{limite}$ Tab. 1,2,3 - App. B	
	Componenti involucro trasparente: $U \leq U_{limite}$ Tab. 4 - App. B	
	Componenti involucro trasparente da E a O: $g_{gl+sh} < g_{gl+sh,limite}$ Tab. 5 - App. A	

Riqualificazione di impianti termici		Obbligo di diagnosi energetica (impianti termici di potenza termica nominale del generatore $\geq 100$ kW)
Riqualificazione di impianti di climatizzazione invernale	Nuova installazione o ristrutturazione di impianti:	Installazione di sistemi di regolazione per singolo ambiente o per singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica
	Sostituzione di generatori di calore:	
	Generatori a combustibile liquido e gassoso $n_{DN} > 90 + 2 \log P_n$ se $P_n \leq 400$ kW $n_{DN} > 95,20$ se $P_n > 400$ kW	
	Pompe di calore elettriche $COP > COP_{lim}$ Tab. 6 - App. B	
Pompe di calore a gas $GUE > GUE_{lim}$ Tab. 8 - App. B	Nel caso degli impianti a servizio di più unità immobiliari, installazione di un sistema di contabilizzazione diretta o indiretta del calore	

Tabella 95: ampliamento e ristrutturazione di 2° livello



Riqualificazione energetica [***]	Riqualificazione di impianti di climatizzazione estiva Nuova installazione o ristrutturazione di impianti: $n_c > n_{c,limite}$ Tab. 7 e 8 - App. A	Installazione, ove tecnicamente possibile, di sistemi di regolazione per singolo ambiente
	Sostituzione di macchine frigorifere: Macchine frigorifere elettriche e a gas $EER > EER_{lim}$ Tab. 7 e 9 - App. B	Nel caso degli impianti a servizio di più unità immobiliari, installazione di sistemi di contabilizzazione diretta o indiretta del calore
	Riqualificazione di impianti idrosanitari Nuova installazione o ristrutturazione di impianti: $n_w > n_{w,limite}$ Sostituzione di generatori di calore: Requisiti minimi definiti, per la corrispondente tipologia impiantistica sopra citata	
	Riqualificazione di impianti di illuminazione Con l'esclusione degli edifici E.1(1) ed E.1(2): Requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari ai sensi della direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE Rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti	Con l'esclusione degli edifici E.1(1) ed E.1(2): Nuovi apparecchi caratteristiche tecnico funzionali equivalenti a quelli sostituiti
Riqualificazione di impianti di ventilazione Requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari ai sensi della direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE Rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti (UNI 10339, UNI EN 13379, UNI EN 13141 serie)	Nuovi apparecchi con caratteristiche tecnico funzionali equivalenti a quelli sostituiti	

Tabella 96: Riqualificazione

### 12.23 CHIARIMENTI DEL MISE SUL DM 26/06/2015

Già dalle prime settimane si sono avute numerose richieste di chiarimenti al MiSE sull'applicazione delle Nuove Norme sui Requisiti Minimi degli Edifici contenute nel DM 26/06/2015.

Il MiSE ha predisposto, già ad ottobre 2015, una **nota** contenente **chiarimenti** sull'applicazione delle metodologie di calcolo dei requisiti minimi.

Con il trascorrere dei mesi sempre più richieste di chiarimenti hanno costretto le varie software house, certificate dal CTI, ad emanare continui aggiornamenti ai loro programmi commerciali.

Si riportano alcune FAQ ritenute importanti.

Va osservato che sempre più numerose sono le incongruenze riscontrate nel DM 26/06/2015, come si mostrerà nel prosieguo. Si attende una revisione critica della nuova normativa.



*Ministero dello Sviluppo Economico*

**Direzione generale per il mercato elettrico, le rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare**

## **CHIARIMENTI IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA**

Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto requisiti minimi”

Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto Linee guida APE”

**OTTOBRE 2015**

Figura 116: Prospetto della Nota del MiSE dell'ottobre 2015

<p>Per gli edifici di cui al paragrafo 3.1, di tutte le categorie così come definite al paragrafo 1.2 del Capitolo 1, in sede progettuale si procede alla verifica dell'EP<sub>gl,tot</sub> o dell'EP<sub>gl,nren</sub>?</p>	<p>Si procede alla verifica che l'indice EP<sub>gl,tot</sub> sia inferiore all'indice EP<sub>gl,tot,limite</sub> calcolato per il corrispondente anno di vigenza. Oltre a ciò, si procede alla verifica di tutti gli altri requisiti previsti al punto 3.3. Non è prevista la verifica dell'EP<sub>gl,nren</sub>.</p>
<p>L'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili in un edificio ad energia quasi zero è costituito <b>esclusivamente</b> dalla copertura del 50% della somma dei consumi previsti per ACS, riscaldamento e raffrescamento (paragrafo 1, lettera c) dell'Allegato 3 del DLgs 28/2011)?</p>	<p>Il riferimento al paragrafo 1, lettera c) dell'Allegato 3 è da intendersi esplicativo della quota da fonti rinnovabili da garantire (50% della somma di ACS, riscaldamento e raffrescamento) <b>a prescindere dalla decorrenza</b>; l'obbligo di integrazione si riferisce comunque <b>a tutte le prescrizioni contenute nell'Allegato 3</b> (50% di ACS e potenza elettrica installata)</p>
<p>Ai fini dell'identificazione di un edificio ad energia quasi zero, rimane valido quanto previsto ai punti 5, 6, 7 e 8 dell'Allegato 3 del D.Lgs 3 marzo 2011, n. 28?</p>	<p><b>Sì</b></p>
<p>Quali, tra gli edifici della categoria E.1, sono le destinazioni d'uso "residenziali"?</p> <p>Per quali categorie è necessario considerare i servizi di illuminazione e trasporto?</p>	<p>Ai fini della compilazione dell'APE e nell'ambito del DM Interministeriale 26 giugno 2015, tra gli edifici di categoria E.1, si considerano "non residenziali" le seguenti sotto-categorie: E.1.(1) bis: collegi, conventi, case di pena, caserme; E.1.(3): edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari.</p> <p>Si considerano "residenziali" solamente le seguenti sotto-categorie: E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali; E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili.</p> <p>I servizi di illuminazione e trasporto vanno considerati per tutti gli edifici non residenziali.</p> <p>Per quanto riguarda i servizi energetici da considerare a seconda della destinazione d'uso, si consideri che gli alberghi, le pensioni e attività similari rientrano nel "settore terziario", per cui i servizi energetici di illuminazione e trasporto vanno considerati ai fini della prestazione energetica dell'edificio (cfr. definizione di "prestazione energetica di un edificio" contenuta nella Legge 90/13).</p>
<p>E' necessario indicare i servizi energetici effettivamente presenti nell'edificio oppure i servizi energetici valutati nel calcolo della prestazione energetica?</p>	<p>E' necessario indicare i servizi energetici valutati o, eventualmente, "simulati" nel calcolo della prestazione energetica. Per esempio nel caso in cui un edificio residenziale non sia riscaldato e non abbia l'impianto di produzione dell'ACS (acqua calda sanitaria) essi saranno comunque indicati tra i servizi perché è necessario simularli.</p> <p>Per tenere traccia del fatto che i consumi indicati sono stati calcolati "simulando" la presenza di un impianto fittizio/convenzionale, si indichi, nella tabella degli impianti a pagina 3 dell'attestato, "impianto simulato in quanto assente". In questo caso non si compilano i campi delle potenze ecc. ma solo le efficienze medie e i fabbisogni EP "simulati".</p>
<p>Servizi energetici presenti: edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale Nel caso di unità dotate di impianto di climatizzazione estiva, ma nelle quali non è presente l'impianto di riscaldamento, è necessario simulare l'impianto di climatizzazione invernale come sempre presente?</p>	<p>Sì, visto che nel testo delle Linee guida è scritto: <i>Il calcolo della prestazione energetica si basa sui servizi effettivamente presenti nell'edificio in oggetto, fatti salvi gli impianti di climatizzazione invernale e, nel solo settore residenziale, di produzione di acqua calda sanitaria che si considerano sempre presenti.</i></p>

E' necessario indicare i servizi energetici effettivamente presenti nell'edificio oppure i servizi energetici valutati nel calcolo della prestazione energetica?	E' necessario indicare i servizi energetici valutati o, eventualmente, "simulati" nel calcolo della prestazione energetica. Per esempio nel caso in cui un edificio residenziale non sia riscaldato e non abbia l'impianto di produzione dell'ACS (acqua calda sanitaria) essi saranno comunque indicati tra i servizi perché è necessario simularli. Per tenere traccia del fatto che i consumi indicati sono stati calcolati "simulando" la presenza di un impianto fittizio/convenzionale, si indichi, nella tabella degli impianti a pagina 3 dell'attestato, "impianto simulato in quanto assente". In questo caso non si compilano i campi delle potenze ecc. ma solo le efficienze medie e i fabbisogni EP "simulati".
Servizi energetici presenti: edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale Nel caso di unità dotate di impianto di climatizzazione estiva, ma nelle quali non è presente l'impianto di riscaldamento, è necessario simulare l'impianto di climatizzazione invernale come sempre presente?	Sì, visto che nel testo delle Linee guida è scritto: <i>Il calcolo della prestazione energetica si basa sui servizi effettivamente presenti nell'edificio in oggetto, fatti salvi gli impianti di climatizzazione invernale e, nel solo settore residenziale, di produzione di acqua calda sanitaria che si considerano sempre presenti.</i>
Cosa si intende per "impianti combinati"?	Per "impianto combinato" si intende un impianto asservente più servizi energetici. Suggeriamo comunque di non compilare tale riga in quanto i generatori sono già presenti nelle righe relative ai vari servizi.
Cosa bisogna scrivere nelle righe "Produzione da fonti rinnovabili"?	Per le fonti rinnovabili si elenchino gli impianti utilizzando fonti rinnovabili in situ presenti nell'edificio, quali, ad esempio pompe di calore (anche già presente sopra), solare termico, fotovoltaico, ecc. ; Per questi impianti ci si limiterà ad indicare la potenza nell'apposita colonna. In particolare si indicheranno: potenza di picco per il fotovoltaico, la potenza nominale elettrica per il mini-eolico, la potenza utile per le pompe di calore. Tutte le potenze si indichino espresse in [kW]. Nel caso di collettori solari termici, invece della potenza in kW si indicherà il valore della superficie di apertura installata in m <sup>2</sup> .
Cosa indicare come potenza dell'impianto nel caso di trasporto di cose e persone?	Si indichi la somma delle potenze elettriche dei motori degli ascensori e delle scale mobili.

Nel caso di ampliamento o sopraelevazione superiore del 15% ma legata all'edificio esistente e non scorporabile né come impianti né come involucro ( esempio un nuovo locale aperto su quelli esistenti-es.mansarda...) i requisiti da rispettare sono per l'intero edificio con l'edificio di riferimento o riguarda solo delle verifiche parziali dei singoli componenti?	La risposta deriva da quanto riportato nel testo del decreto nella tabella 4 del capitolo 6 di sintesi. In questo caso le verifiche sono parziali e non comprendono il calcolo dell' indice di prestazione energetica ma i requisiti riportati al cap.2, cap. 3.2 solo il comma 4 e 7, cap.3.3 comma 2 lettera b) punto i e punto ii. Per il cap.2 valgono ovviamente solo le verifiche pertinenti l'applicazione specifica.
Come mi comporto se oltre l'intervento sul più del 50% della superficie disperdente ho una sostituzione del generatore?	In questo caso ricado nella ristrutturazione importante di secondo livello ( il primo livello prevede la ristrutturazione dell'impianto termico) e dovrò di conseguenza rispettare i requisiti per l'involucro e per l'impianto i requisiti per la sostituzione del generatore (Allegato 1 punto 5.3.1 e/o 5.3.2)

Cosa si intende con ristrutturazione dell'impianto termico e quindi quando ricado nella ristrutturazione importante di primo livello?	Ricado nella ristrutturazione importante di primo livello quando, oltre a interessare l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, si effettua una ristrutturazione globale dell'impianto così come definita nel DLgs 192: "e' un insieme di opere che comportano la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che di distribuzione ed emissione del calore; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari, o parti di edificio, in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato" quindi si intende globale.
Nel caso di ampliamenti di edifici esistenti in cui l'ampliamento abbia un volume lordo climatizzato inferiore sia al 15% di quello esistente sia a 500 m3 non è necessario rispettare alcun requisito?	I requisiti da rispettare saranno quelli riferiti all'ambito di applicazione corrispondente: se agisco sull'involucro avrò da rispettare i requisiti di involucro (ristrutturazione importante o riqualificazione in funzione della dimensione dell'intervento)
In caso di installazione o ristrutturazione di impianto termico, senza interventi sull'involucro, quali caratteristiche devono avere gli elementi edilizi interessati (es: solette)?	Si tratta di riqualificazione energetica. Nel caso intervenga solo sull'impianto sarà solo questo sistema a rispettare i requisiti prescritti.
Come si calcola la percentuale di superficie di intervento per stabilire l'ambito di applicazione dell'intervento?	Se l'intervento riguarda parti ad uso comune (definiti dal codice civile come beni comuni) indipendentemente dal tipo di impianto se autonomo o centralizzato, la percentuale di intervento sulla superficie disperdente va valutata sull'intero edificio e non sulle singole proprietà o unità immobiliari. Nel caso in cui invece, l'intervento sia localizzato e riguardi parti di proprietà individuale, come ad esempio interventi di isolamento dall'interno di pareti o solai verso esterno, la percentuale di intervento va valutata sulla superficie disperdente totale dell'unità immobiliare di proprietà di chi fa l'intervento.
Le verifiche di cui al punto 3.3 devono essere fatte per unità immobiliare?	Tutte i requisiti devono essere verificati per unità immobiliare



<p>La verifica dei divisori interni (orizzontali e verticali) va eseguita solo nel caso di nuova costruzione, ristrutturazione importante di primo livello (solo demolizioni e ricostruzioni) e in tutti gli ambiti solo in caso di realizzazione di nuove pareti interne di separazione tra unità immobiliari?</p> <p>Nel caso di rifacimento delle partizioni interne si parla solo di pareti interne di separazione di unità immobiliari, quindi vengono esclusi i divisori orizzontali e i divisori contro locali non riscaldati?</p>	<p>L'obbligo vale per nuova costruzione, per ristrutturazione importante di primo livello in caso di demolizione o costruzione di divisori sia verticali che orizzontali verso altre unità.</p> <p>Rientrano anche i casi di ristrutturazione importante di secondo livello, la riqualificazione energetica, gli ampliamenti volumetrici con estensione di impianto (vedere tabella di sintesi).</p>
---	--

#### 12.24 CONFRONTO FRA DM 26/06/2015 E DIRETTIVA 2010/31/CE

La direttiva **2010/31/CE** chiede all'art. 4 la determinazione dei requisiti minimi per la prestazione energetica **al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi**.

Tuttavia il **DM 26/06/2015** sui requisiti minimi richiede solamente una verifica energetica non finalizzata al raggiungimento dei **valori ottimali in funzione dei costi**.

La procedura per **Edifici a Quasi zero Energia** non rispetta pienamente quanto indicato dalla direttiva europea e la nuova direttiva **RES 2013** (che prevede una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 40%, utilizzo di FER del 27% e risparmio energetico del 20%).

L'UE richiede che l'APE comprenda la prestazione energetica di un edificio e **i valori di riferimento quali i requisiti minimi di prestazione energetica al fine di consentire di valutare e raffrontare la prestazione energetica**.

L'APE del **DM 26/06/2015** non contiene questi riferimenti. Inoltre è diverso il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche assumendo come riferimento l'**Energia Primaria Totale** per la verifica dei requisiti minimi e dell'**Energia Primaria non rinnovabile** per la determinazione della Classe Energetica (APE).

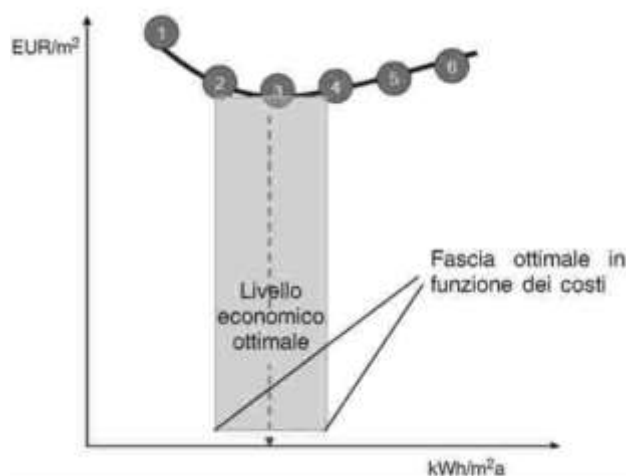


Figura 117: Curva dei costi

La verifica dei requisiti minimi (non finalizzata al raggiungimento dei livelli ottimali in funzione dei costi) può essere ottenuta con edifici che differiscono solo per il sistema di generazione con  $EP_{tot}$  e costi molto diversi.



Sulla base dei calcoli sul consumo di energia primaria e dei costi associati alle differenti soluzioni adottate, per specifici edifici di riferimento, si possono ottenere grafici che forniscono l'indicazione dei costi totali al variare dei consumi di energia primaria.

Dal numero di soluzioni adottate si ricava una curva di **costo specifico** che individua la soluzione con costo più basso (in figura la soluzione 3).

La sua posizione sull'ascissa fornisce automaticamente il **livello ottimale in funzione dei costi dei requisiti minimi di prestazione energetica**.

### 12.25 OSSERVAZIONI SUGLI EDIFICI NZEB

Per la direttiva 2010/31/CE si definisce nZEB “*un edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'Allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da FER, compresa l'energia da FER prodotta in loco o nelle vicinanze*”.

Per il DM 26/06/2016 si definisce Edificio a Quasi Zero Energia “*un edificio che rispetta i requisiti minimi per l'anno 2019/2021 e contemporaneamente rispetti il D.Lgs. 28/2011, cioè abbia  $QR \geq 50\%$  e  $P_e > S/50$* .”

La definizione del DM 26/06/2015 per nZEB coincide con l'edificio di riferimento per l'anno 2019/2021. Questo edificio ha vincoli solamente sulle trasmittanze dei componenti di involucro ma non sulle relative superfici.

Il DM 26/06/2015 rimedia a quest'incongruenza imponendo la verifica di  $H'_T$  e del rapporto  $A_{sol.est}/S_{utile}$ . Verificati questi limiti è possibile accrescere le dispersioni, ad esempio incrementando la superficie vetrata dell'edificio reale, senza modifica della Classe Energetica.

La classificazione energetica fa riferimento ad una scala che fissa il confine tra la classe B e la classe A1 e pari al valore dell'indice di **Energia Primaria non rinnovabile** dell'edificio di riferimento per l'anno **2019/2021** e prevedendo, per il riscaldamento ambientale, un generatore a gas.

**In pratica il confronto è basato solo sull'utilizzo di sistemi tecnologici diversi e più efficienti della caldaia a gas.**

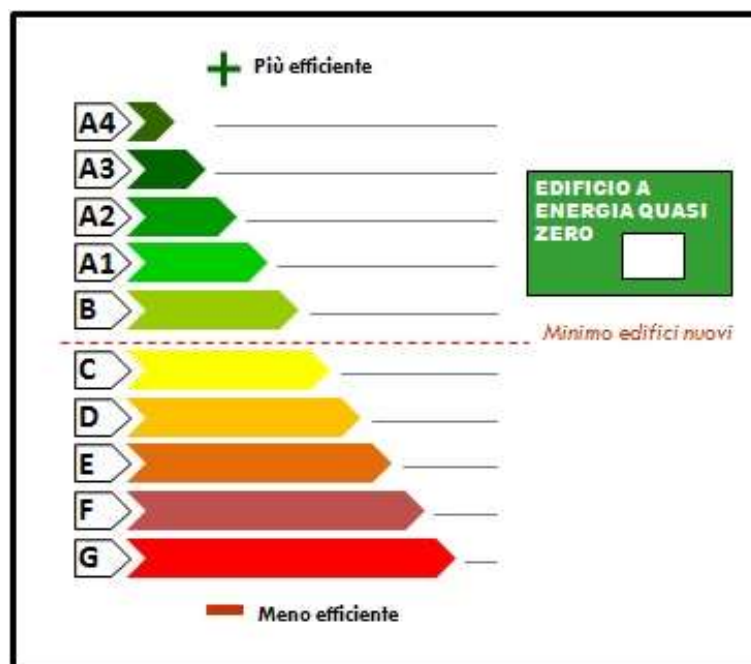


Figura 118: Nuova Scala Energetica del DM 26/06/2015

## 12.26 OSSERVAZIONI AULL'APPLICAZIONE DEL DM 26/06/2015

Malgrado circa tre anni di preparazione, la versione finale del decreto attuativo della L. 90/2013 presenta problemi di applicazione dovuti sia ad un coordinamento non sempre efficace sia alla mancanza di una valutazione di impatto su casi reali distribuiti nelle varie zone climatiche.

Alcune incongruenze derivano dall'aver modificato le procedure di calcolo degli apporti gratuiti nelle **UNI TS 11300:2014** (*per altro non indicate nella UNI EN 13790:2008*) e negli eccessivi vincoli delle procedure di calcolo indicato nel decreto sui requisiti minimi.

Si osserva, in genere, una sopravvalutazione degli apporti gratuiti invernali che riduce notevolmente l'energia primaria di riscaldamento- Quest'effetto si ripercuote nella produzione di energia primaria delle pompe di calore: minore è l'energia ceduta all'edificio minore è l'energia primaria ceduta. In alcuni casi quest'ultima può essere così bassa da non verificare la condizione imposta dal D.Lgs. 28/2011:

$$SPF > \frac{1.15}{\eta} \quad (\text{valore minimo } SPF = 2.501)$$

ove SPF coincide con lo SCOP determinato applicando il metodo Bin. Quest'anomalia del tutto derivata dall'algoritmo di calcolo può portare ad indicare una potenza della pompa di calore notevolmente inferiore a quella che impiantisticamente si deve scegliere in base al carico di picco e questo comporta una sorta di biforcazione del calcolo:

*Ai fini della verifica energetica si sceglie una pompa di calore avente potenzialità bassa;*

*Ai fini del dimensionamento dell'impianto in base al carico di picco si sceglie una potenza della pompa di calore in grado di fornire tale potenza<sup>62</sup> nei momenti di necessità.*

Per edifici molto vetrati (oltre il 25%) si può avere un'energia primaria di riscaldamento addirittura nulla o negativa (edificio passivo). Questo comporta un basso valore della Quota Rinnovabile, QR, ed una difficoltà di verifica degli otto parametri richiesti dal DM 26/06/2015. In particolare per verificare le energie primarie stagionali occorre ipotizzare l'utilizzo di veneziane o tende bianche in modo da avere una riduzione degli apporti solari.

Già nei testi provvisori in circolazione dal settembre 2014 erano evidenti anomalie che in parte sono state corrette e in parte sono rimaste.

Purtroppo non è possibile attuare in tempi brevi una modifica del decreto 26/06/2015. Sia al MiSE che al CTI sono presenti gruppi di lavoro per cercare di aggiustare il testo con varianti congruenti con le osservazioni fin qui pervenute ad entrambi gli enti.

Un'ultima osservazione va ancora fatta. Già a partire con il DM 59/09 si è voluto utilizzare un metodo di calcolo semplificato, definito **statico** che suppone di effettuare i calcoli per il **giorno medio mensile con temperature medie giornaliere**, che non può mai fornire risultati corretti nella generalità dei casi. Si è cercato di ottenere troppe informazioni da un metodo con grossi limiti di applicabilità.

Il metodo **dinamico**<sup>63</sup>, basato sulla variabilità giornaliera oraria della temperatura, consente di calcolare con maggior precisione ed affidabilità i consumi energetici annuali degli edifici rispetto ai metodi cosiddetti **statici**. In figura si ha il confronto per **Catania**, zona B, con 8 di ore di riscaldamento massimo giornaliero. Si osserva come per le ore di effettivo riscaldamento le differenze di temperatura reali ( $20 - T_e$ ) siano molto diverse da differenza ( $20 - T_{media}$ ).

<sup>62</sup> Si ricordi il più volte citato esempio: il grattacielo Pirelli a Milano nell'esposizione a Sud, in inverno, nelle giornate soleggiate può richiedere il raffrescamento a causa dell'elevato apporto solare e tuttavia richiedere il riscaldamento nelle giornate nuvolose con ridotta radiazione solare.

<sup>63</sup> Il metodo dinamico derivato dalla UNI EN 13790:2008 sarà esposto in modo dettagliato in un successivo capitolo.

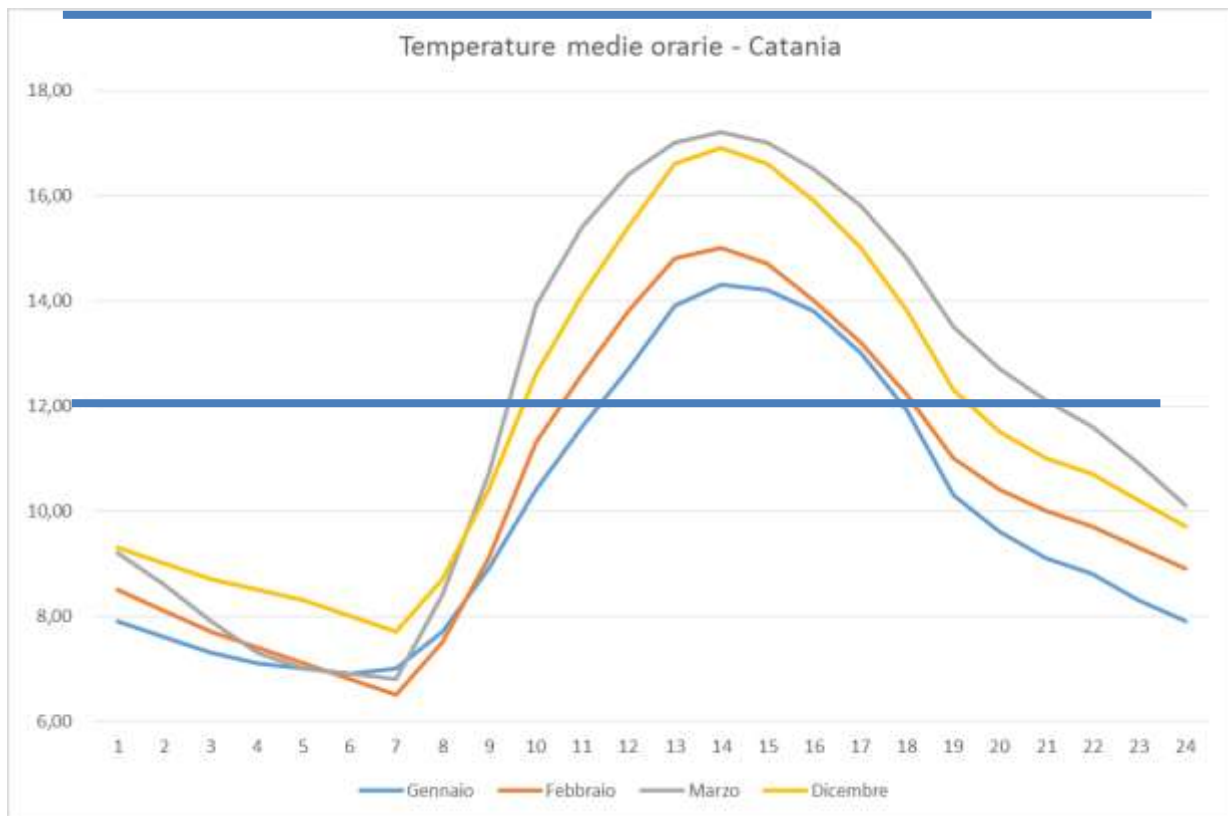


Figura 119: Andamento della temperatura giornaliera media mensile a Catania

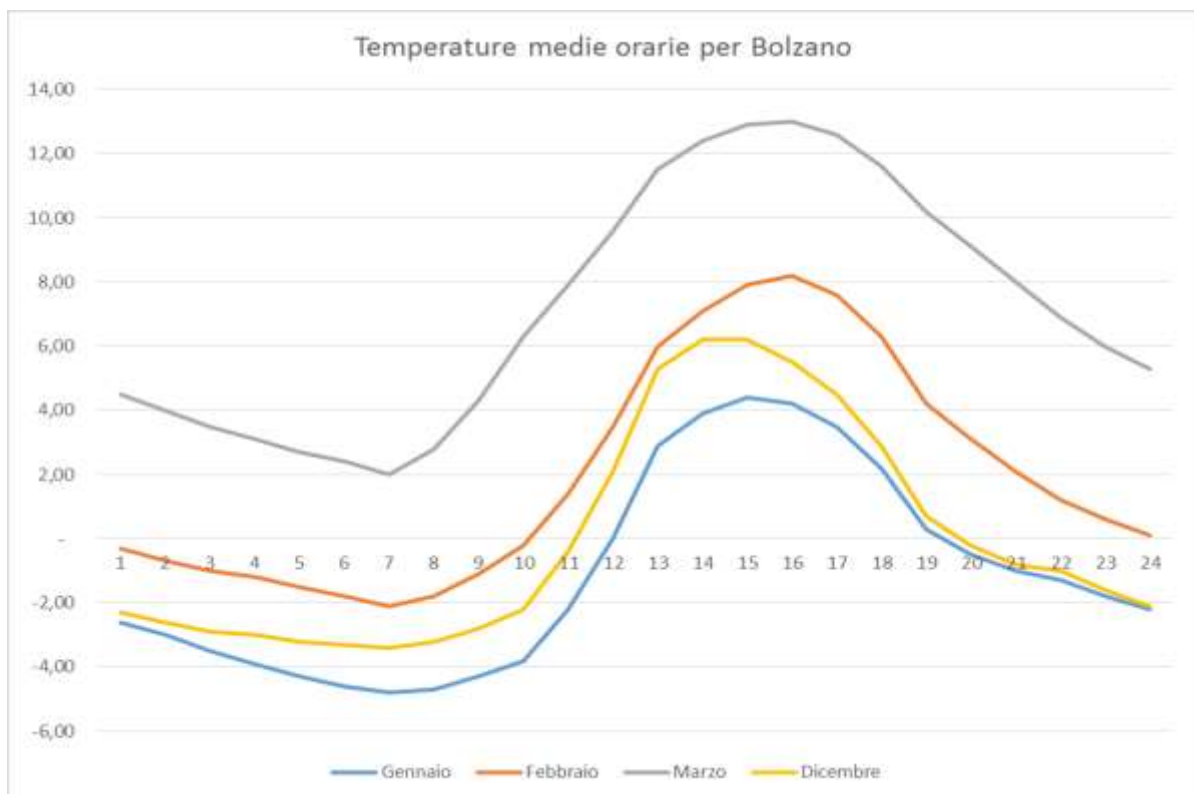


Figura 120: Andamento della temperatura giornaliera media mensile a Bolzano

La difficoltà di verifica del DM 26/06/2015 si ha nella verifica di  $H'_T$  e del rapporto  $A_{sol.est}/A_{utile}$ , anche in considerazione delle caratteristiche dell'edificio di riferimento.

Spesso per verificare il secondo parametro ( $A_{sol.est}/A_{utile}$ ) occorre utilizzare vetri particolarmente **pregiati**, cioè vetri basso emissivi ( $\epsilon = 0.05$ ) e con trasmittanza solare molto bassa

rispetto ai vetri commerciali in modo da avvicinarsi il più possibile alla trasmittanza solare dell'edificio di riferimenti ( $g_{gl\_sh} = 0.35$ ). In definitiva per raggiungere la verifica di questi due parametri occorre avere pareti **molto isolate** (più di quanto l'edilizia convenzionale faccia di norma) e **vetri atermici e basso emissivi** di costo elevato.

Si richiede di verificare, inoltre, che sia  $EP_{H,nd} < EP_{H,nd\_limite}$  ,  $EP_{C,nd} < EP_{C,nd\_limite}$  e  $Ep_{gl,tot} < EP_{gl,tot\_limite}$ . In pratica ogni servizio deve essere verificato rispetto al proprio limite e poi, stranamente, anche l'  $Ep_{gl,tot}$  .

**Tutte queste verifiche contemporanee appaiono non congruenti soprattutto in confronto con il precedente D.Lgs. 192/05 che richiedeva solamente la verifica dell' $EP_{CI}$ .**

Si arriva facilmente all'assurdo di avere un edificio con una **classe energetica A3-A4** (cioè al vertice della scala di classificazione energetica) e spesso anche con caratteristiche di **nZEB** (cioè bassi valori dell'indice di prestazione globale e verifica del D.Lgs. 28/2011 al 2017) ma, al tempo stesso, non verificare uno o più dei suddetti parametri.

## 13. CERTIFICAZIONE ENERGETICA - CENNI STORICI

### 13.1 LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

La direttiva europea 2002/91/CE prescrive che tutti gli edifici debbano possedere un certificato nel quale, mediante opportune scale numeriche e/o grafiche, si caratterizzi il consumo energetico annuale degli edifici. La norma europea la imponeva a tutti gli edifici ma il recepimento in Italia della stessa, avvenuto con il D.Lgs. 192/2005, limitava l'obbligo agli edifici nuovi o ristrutturati con superficie superiore a 1000 m<sup>2</sup>.

Successivamente con l'uscita della direttiva europea 2010/31/CE, recepita con la L. 90/2013 e resa esecutiva con il DM 26/06/2015, la procedura per la certificazione energetica è stata aggiornata.

### 13.2 CENNI STORICI SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Si presentano inizialmente i precedenti decreti per i casi in cui il riferimento storico sia anteriore al 1/10/2015.

La normativa italiana, introdotta con il D.lgs. 192/05 e integrata dal D.lgs. 311/06, prescrive che il parametro di certificazione energetica sia il fabbisogno specifico di energia per metro quadro e per anno,  $EP_{CI}$  in kWh/m<sup>2</sup>.anno per edifici residenziali e in kWh/m<sup>3</sup>.anno per gli altri edifici.

La metodologia di calcolo di questo parametro non è stata ancora indicata poiché manca ancora la pubblicazione del regolamento di applicazione, come più volte detto.

Tuttavia la stessa normativa indica che l' $EP_{CI}$  deve essere calcolato tramite il FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato) e tutti i codici di calcolo sono già predisposti per il calcolo di questo parametro. Il calcolo del Fabbisogno energetico annuale procede secondo i seguenti semplici calcoli:

*fabbisogno energetico annuale:*

$$EP_{CI} = \frac{Q_{STi}}{S_p}$$

o in<sup>64</sup>:

$$EP_{CI} = \frac{Q_{STi}}{V}$$

(in kWh/(m<sup>2</sup>.anno)), ove:

---

<sup>64</sup> Questa differenziazione nel riferirsi alla superficie utile per edifici residenziali e al volume per tutti gli altri è stata annullata dal nuovi DM 26/06/2015 attuativi della L. 90/2013. Ora tutte le prestazioni energetiche sono riferite alla superficie utile e misurati in kWh/(m<sup>2</sup>.anno).

- $V$  Volume dell'edificio,  $m^3$ ;
- $S_p$  Superficie utile riscaldata,  $m^2$ ;
- $Q_{STi}$  è l'energia stagionale invernale in kWh.

Lo  $EP_{Ci}$  calcolato, in applicazione del D.M. 06/09 *Linee Guida Nazionali* (delle quali si parlerà più avanti), mediante le norme *UNI TS11300* parte 1 e 2 e va poi confrontato con l' $EP_{C\_limite}$  dato in Figura 28.

Alcune regioni forniscono una scala grafica per caratterizzare le prestazioni energetiche degli edifici, come mostrato in un esempio in seguente.

Le Linee Guida nazionali del DM 06/09 prevedono una diversa scala energetica, più precisamente a quadrante. Le nuove linee guida nazionali conseguenti ai decreti attuativi DM 26/06/2015 della L. 90/2013 propongono (vedi più avanti) una scala energetica a gradini, conforme all'indicazione delle direttive europee.

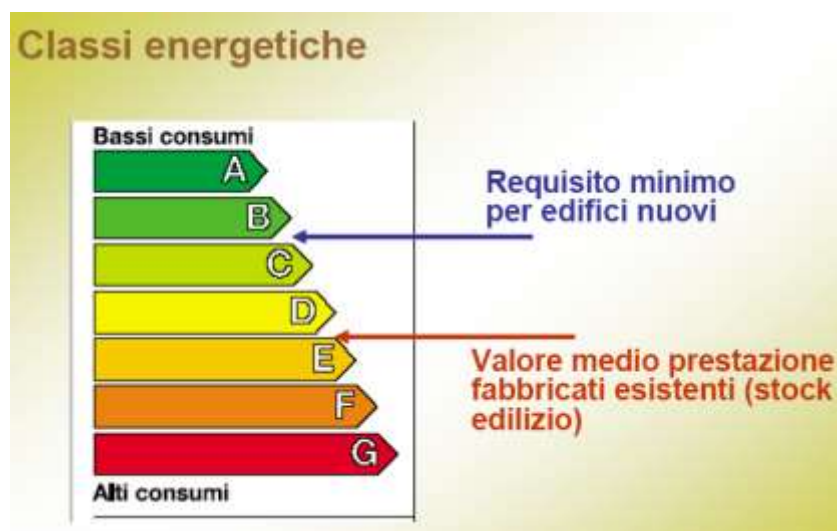


Figura 121: Classificazione energetica degli edifici

### 13.2.1 PREMIALITÀ DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI - CASA CLIMA®

La classificazione energetica degli edifici deve essere eseguita per gli edifici nuovi (inizialmente e temporaneamente effettuata dal *Direttore dei Lavori*) o per gli edifici già esistenti se soggetti a transazioni (acquisti e/o vendite) certificate dai notai.

Pertanto l'acquisto o la vendita di un immobile deve essere accompagnata dalla certificazione energetica dello stesso sia per edifici nuovi sia per edifici esistenti.

Al di là delle complicazioni delle attuali condizioni transitorie dovute alla mancanza dei decreti attuativi del D.Lgs 192/05, primo o poi si arriverà a regime con l'emissione dei certificati energetici per gli edifici interessati.

A questo punto tutti potranno scoprire la qualità energetica del proprio immobile semplicemente osservando quanto indicato in figure del tipo di Figura 32.

E' anche possibile che le regioni, per effetto della clausola di cedevolezza, deliberino di cambiare la scala di valutazione in modo più restrittivo ottenendo in questo modo giudizi più severi ovvero edifici più performanti. Ciò può avvenire anche attraverso una regolamentazione edilizia di tipo premiale verso gli edifici che presentano la certificazione di grado più elevato, come indicato, ad esempio, in Figura 33. Un esempio di regolamentazione premiale è attuato nelle province autonome di Trento e Bolzano con il progetto *Casa Clima*. Con questa iniziativa le due province stanno incrementando il valore commerciale del nuovo parco edilizio incentivando il



raggiungimento degli indici più elevati con riduzioni fiscali o altri vantaggi nella regolamentazione comunale.

La certificazione avviene secondo la scala riportata nella Figura 34. L’etichetta Casa Clima è concessa solo agli edifici che raggiungono l’indice B di 50 kWh/m<sup>2</sup>.anno.

L’etichetta A corrisponde a 30 kWh/m<sup>2</sup>.anno e l’etichetta Casa Clima Oro a 10 kWh/m<sup>2</sup>.anno.

A valori così bassi dei fabbisogni energetici corrispondono edifici di pregio caratterizzati da bassi consumi energetici. Le provincie di Trento e Bolzano premiano ogni anno il miglior progetto Casa Clima ed il valore immobiliare degli edifici in classe A o A+ (cioè Casa Clima Oro) sono notevolmente più elevati degli edifici con prestazioni inferiori.

Il raggiungimento dei 30 o dei 10 kWh/m<sup>2</sup>.anno non è assolutamente agevole. Occorre prestare molta attenzione ai particolari costruttivi e occorre ridurre ogni tipologia di ponte termico. Ad esempio la scelta dei cassonetti per le finestre deve ridurre al minimo le infiltrazioni di aria esterna, come riportato in Figura 35.

La ventilazione controllata è spesso integrata con un impianto di recupero geotermico. Il risparmio di energia è dell’ordine di 0,5-1,5 kWh/(m<sup>2</sup>.anno). In ogni caso l’aria di ventilazione ripresa dall’esterno è preriscaldata dall’aria di espulsione mediante uno scambiatore di calore.

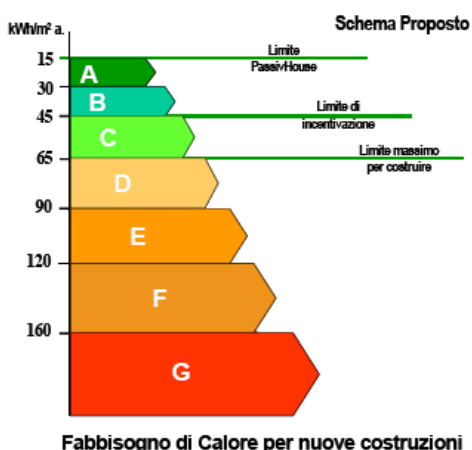


Figura 122: Esempio di regolamentazione premiale per la certificazione energetica

L’edificio Casa Clima ha scarsissime perdite di aria interna e quindi anche scarse infiltrazioni di aria esterna. Questa qualità è testata mediante il blower door test, cioè mediante una soffiante che raggiunge il normale funzionamento solo le perdite d’aria attraverso la porta d’ingresso, sono inferiori a un limite molto basso.

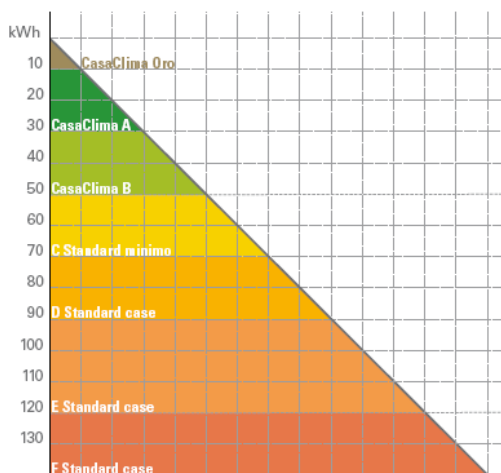


Figura 123: Scala di valutazione per Casa Clima

Sono preferiti generatori di calore non convenzionali quali quelli funzionanti con pellets (cioè con trucioli di legno compressi) a pompa di calore e con integrazione solare. Si osservi che il valore di 30 o di 10 kWh/m<sup>2</sup>.anno di consumi energetici sono davvero bassi e pertanto questi obiettivi richiedono soluzioni tipiche dell'edilizia bioclimatica (vedasi più avanti la trattazione dettagliata). Occorre utilizzare pareti molto isolate, coperture ben coibentate a cappotto e finestre con più vetri camera.

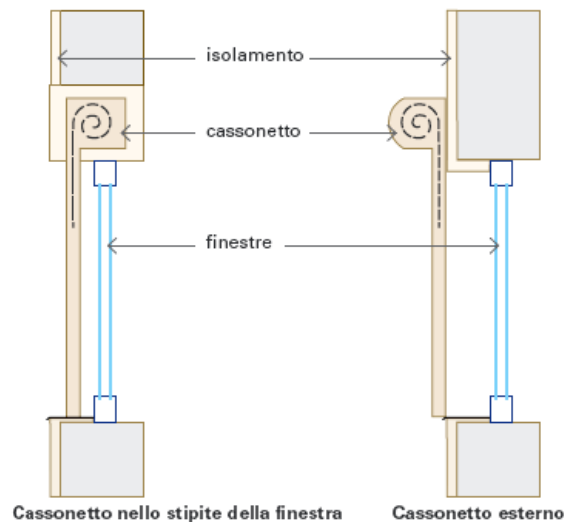


Figura 124: Selezione dei cassonetti per le finestre

Ogni dettaglio costruttivo deve essere studiato con attenzione e si può affermare con certezza che tutta la progettazione architettonica è asservita alla riduzione dei consumi energetici.

### 13.3 LINEE GUIDA NAZIONALI – DM 26/06/09

Il D.M. 06/09<sup>65</sup> reca indicazioni sulle procedure da seguire per la certificazione energetica in ambito nazionale. Le regioni o le province autonome che hanno deliberato autonomamente (clausola di cedevolezza) debbono attuare un riavvicinamento alle norme nazionali.

#### 13.3.1 IL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

La certificazione energetica richiede il calcolo dell'energia primaria annua rapportata alla superficie dell'edificio [kWh/(m<sup>2</sup>.anno)]. Si ricordi che l'energia primaria è riferita alla domanda di energia a monte degli impianti, prima delle trasformazioni operate nelle varie sezioni impiantistiche, vedi figura. L'energia primaria relativa alla climatizzazione di un edificio è calcolata con un bilancio termico riferito all'involucro edilizio. Questo bilancio termico è collegato ad un più generale bilancio energetico dell'edificio che contempla anche gli altri usi finali dell'energia. Sulla base della valutazione dei rendimenti dei sistemi impiantistici, si risale alla domanda di energia primaria, a monte delle conversioni e delle varie operazioni operate da- gli impianti.

Si è già detto che i calcoli di bilancio sono semplificati, sia su base stagionale che mensile. La norma europea EN ISO 13790:2008 "*Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling*", attualmente in vigore e ripresa nelle norme UNI TS11300 Parte 1° e 2°, e nelle norme analoghe che l'hanno preceduta.

<sup>65</sup> I decreti attuativi della L. 90/2013 indicano una nuova procedura da seguire per la certificazione energetica degli edifici. Quanto qui esposto ha valore storico e vale solo per le certificazioni degli edifici fatte anteriormente all'emanazione dei suddetti decreti attuativi. Sulle nuove Linee Guida si rimanda al capitolo 15

Il metodo consente di tener conto delle variazioni temporali delle temperature interna ed esterna, dell'inerzia termica delle masse costituenti l'edificio e del regime di funzionamento dell'impianto (attenuazioni, intermittenza, interruzioni).

Per la valutazione delle prestazioni energetiche estive dell'edificio la normativa italiana prevede, in alternativa al calcolo del fabbisogno energetico per climatizzazione, il calcolo di alcuni parametri caratterizzanti l'involucro che deve essere fatto secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008. In ogni caso la normativa consente e consiglia l'uso di metodi di calcolo più dettagliati qualora si disponga dei dati climatici necessari, ovvero su base oraria.

Quest'ultima possibilità è richiesta dal DM 59/09 per edifici aventi volumetria superiore a 10.000 m<sup>3</sup> con modelli che tengano conto dell'influenza dei fenomeni dinamici del sistema.

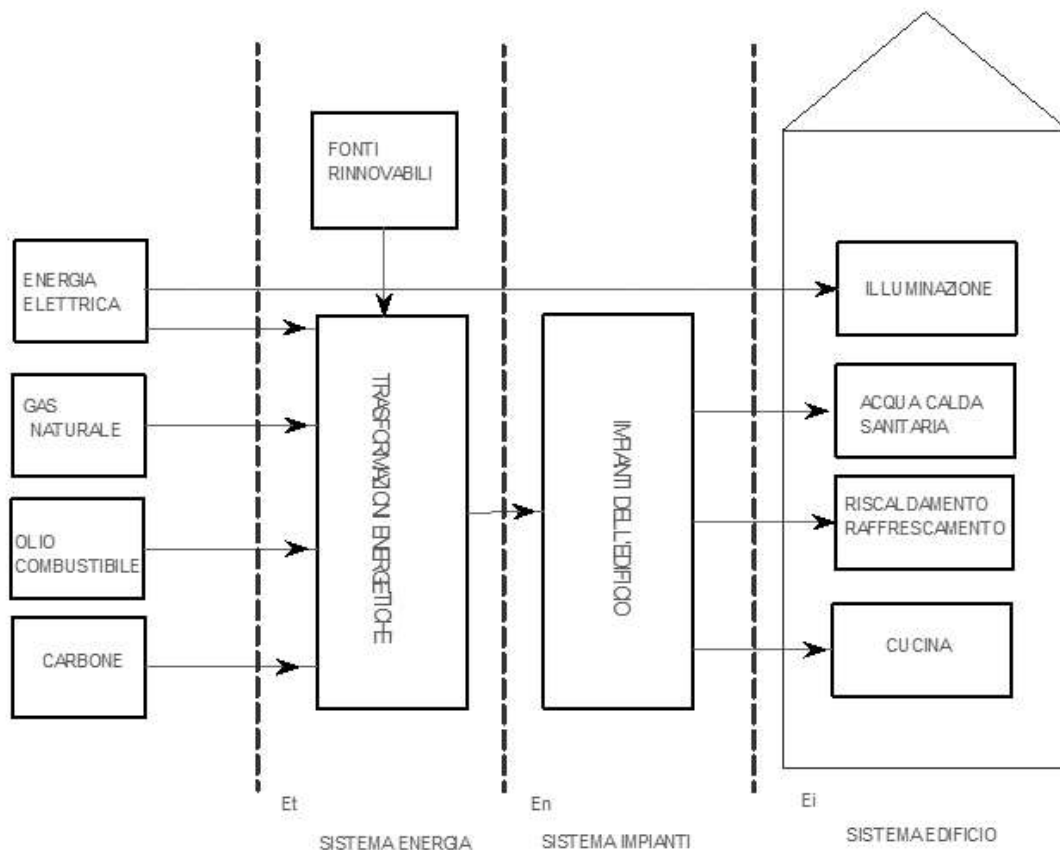


Figura 125: Sistema edificio-impianto

La UNI EN ISO 13790: 2008 richiede le seguenti fasi di verifica:

2. Comparazione delle prestazioni energetiche di diverse soluzioni progettuali per uno stesso edificio;
3. Descrizione delle prestazioni energetiche di un edificio esistente;
4. Valutazione dell'effetto dei possibili interventi su di un edificio esistente finalizzati al risparmio energetico (calcolando la domanda di energia con e senza l'intervento in oggetto);
5. Previsione dei futuri fabbisogni energetici su vasta scala (anche nazionale o sopranazionale), basandosi sul calcolo della domanda di energia di edifici rappresentativi del parco edilizio presente ed estendendo i risultati con metodi statistici,
6. Miglioramento trasparenza negli atti di compravendita nel caso di edifici esistenti, grazie alle informazioni sulla delle informazioni sulla domanda di energia dell'edificio.

### 13.3.2 BILANCIO ENERGETICO

#### Bilancio energetico orario

Si è già detto che l'edificio è un sistema termodinamico sul quale è possibile effettuare<sup>66</sup> un bilancio di potenza dato dall'equazione seguente (ogni termine è considerato positivo se entrante nell'edificio e negativo se uscente):

$$\dot{Q}_{nd} + \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{int} + \dot{Q}_{tr} + \dot{Q}_{ve} = C \frac{dT}{d\tau}$$

Ove si ha il simbolismo:

$\dot{Q}_{nd}$  potenza fornita all'ambiente (*net delivered*) dall'impianto (cioè il carico termico), W;

$\dot{Q}_{sol}$  potenza fornita dalla radiazione solare, W;

$\dot{Q}_{int}$  potenza interna dell'edificio dovuta alla presenza di persone (*affollamento*), lampade, macchinari, ..., W;

$\dot{Q}_{tr}$  potenza termica per trasmissione attraverso le pareti esterne dell'edificio, W;

$\dot{Q}_{ve}$  potenza termica di ventilazione, W;

$C$  la capacità termica dell'edificio  $C = \sum m_i c_i$ , J/K;

$\tau$  tempo, s.

Note le temperature interna,  $t_i$ <sup>67</sup>, ed esterna,  $t_e$ , è possibile calcolare ciascun termine della precedente equazione.

Assumendo un intervallo di tempo sufficientemente piccolo da considerare al suo interno condizioni stazionarie, utilizzando le espressioni già viste per la trasmittanza termica e per il flusso globale trasmesso, si può scrivere la precedente equazione nella forma:

$$\dot{Q}_{nd} = \underbrace{n\rho V c_{pa} (t_i - t_e)}_{\text{Potenza per ventilazione}} + \sum_i \underbrace{U_i S_i (t_i - t_e)}_{\text{Potenza per trasmissione}} + \sum_j \underbrace{\psi L_j (t_i - t_e)}_{\text{Potenza per ponti termici}} - \dot{Q}_{int} - \dot{Q}_{sol} + \underbrace{C \frac{dT}{d\tau}}_{\text{Potenza accumulata}}$$

ove la portata di ventilazione è espressa, come solito, in numero di ricambi orari,  $nV$ . Si osservi che questa è un'equazione differenziale nella quale è presente l'accumulo termico ( $C \frac{dT}{d\tau}$ ). La

soluzione di quest'equazione richiede la definizione delle condizioni al contorno spazio – temporali.

Tale soluzione viene semplificata con il metodo *Quasi – Stazionario* eliminando l'accumulo e tenendo conto dei suoi effetti mediante il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti. Con il metodo *Dinamico* la soluzione dell'equazione differenziale è esatta e ciò comprende la conoscenza dei parametri climatici ed attinometrici orari ed i profili d'uso degli impianti e delle sorgenti interne. Questa soluzione è presentata nel capitolo sul metodo R5C1 della UNI EN 13790:2008.

Si definisce rendimento globale (vedi riferimenti alla Legge 10/91) il prodotto:

<sup>66</sup> Si osservi che ai fini del carico termico si effettua un bilancio di potenze perché queste sono utilizzate per la progettazione impiantistica. In questa sede ci interessiamo invece di **bilancio di energia**. Pertanto le equazioni sopra scritte si intendono come bilanci riferiti ad un intervallo di tempo unitario.

<sup>67</sup> E' opportuno osservare che ai fini della trasmissione del calore il coefficiente limite interno tiene conto sia *delle perdite convettive che radiative* e quindi ci si riferisce alla temperatura operativa dell'aria mentre ai fini delle perdite per ventilazione ci si riferisce alla temperatura a bulbo secco dell'aria interna. In realtà la UNI Ts11300 Parte 1° definisce come **temperatura interna** la media aritmetica fra la temperatura media radiante al centro dell'ambiente e la temperatura a bulbo secco dell'aria.

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_c \eta_r$$

ove si ha:

- $\eta_p$     *rendimento di produzione del generatore di calore,*
- $\eta_d$     *rendimento di distribuzione,*
- $\eta_c$     *rendimento di cessione dei terminali,*
- $\eta_r$     *rendimento di regolazione.*

L'energia chimica dovuta alla combustione del combustibile utilizzato in caldaia è data dal rapporto fra l'energia fornita dall'impianto all'edificio  $\dot{Q}_{nd}$  e il rendimento globale dell'impianto di climatizzazione  $\eta_g$ :

$$dE = \frac{\dot{Q}_{nd}}{\eta_g} d\tau = \frac{\dot{Q}_{tr} - \dot{Q}_{sol} - \dot{Q}_{int} + Q_{ve} + C \frac{dt}{d\tau}}{\eta_g} d\tau$$

La precedente equazione va risolta per ogni passo temporale  $d\tau$  scelto per tutte le zone termiche dell'edificio. I dati climatici relativi al sito spesso non sono disponibili in modo così dettagliato come la precedente equazione vorrebbe.

La UNI 10349:1994 riporta i dati climatici per i soli capoluoghi di provincia italiani in modo sintetico e cioè i valori medi mensili dell'irradiazione solare, della temperatura esterna e degli altri dati climatici. In letteratura sono disponibili dati più definiti ma per alcune località importanti che in Italia si riducono ad una decina di siti.

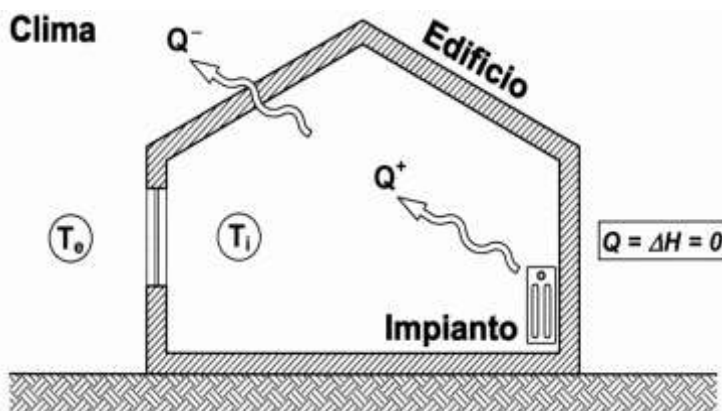


Figura 126: Bilancio energetico di un edificio

Nasce quindi evidente la difficoltà di applicare le precedenti equazioni ai casi correnti nella progettazione. I codici di calcolo avanzati (DOE-2, Energy-Plus, NBLSD, ...) hanno a corredo un data base di siti internazionali importanti ai quali ci si può riferire come località di riferimento, ad esempio per la Sicilia è presente la località di Sigonella per la presenza di un aeroporto militare utilizzato come base NATO.

**Bilancio Energetico mensile**

Per i calcoli usuali di progettazione impiantistica si preferisce utilizzare un metodo più semplificato di quello orario, tale che possa utilizzare i data base indicati dalla normativa italiana.

Pertanto si preferisce far ricorso a metodi di calcolo con i quali si prende in esame l'intero edificio o ad una zona di esso (zona termica), di dimensioni non inferiori al vano, omogenea per temperatura interna e condizioni al contorno e servita da uno stesso impianto. Il calcolo si riferisce ad un periodo mensile o stagionale.

Le principali ipotesi semplificative, su cui sono basati questi metodi, sono le seguenti:

- *stazionarietà degli scambi termici all'interno del periodo di calcolo, questa ipotesi consente di assumere valori costanti delle temperature (come già detto per il carico di picco ci si riferisce ai valori medi nel periodo), e di tener conto in modo semplificato degli effetti delle variazioni di energia interna delle masse,*
- *monodimensionalità dei flussi termici attraverso gli elementi di involucro edilizio, con trattamento semplificato dei ponti termici,*
- *assunzione dei valori medi stagionali o mensili delle grandezze climatiche,*
- *valutazione semplificata dei contributi dei guadagni termici interni e di origine solare.*

Le UNI TS11300 indicano un calcolo mensile per cui le voci di bilancio energetico dell'edificio:

$\dot{Q}_{is}$  dispersioni termiche,  $W$

$\dot{Q}_{gn}$  guadagni termici,  $W$ .

venono calcolati in termini di energia mensile (espressi in  $MJ$  per mese).

La richiesta di energia si calcola diversamente a seconda della stagione:

### Riscaldamento

$$Q_{H,nd} = Q_{is} - \eta_{H,gn} Q_{gn}$$

ove  $Q_{H,nd}$  è l'energia richiesta per il riscaldamento invernale,  $MJ$ .

### Raffrescamento

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,is} Q_{is}$$

Queste equazioni non fanno riferimento direttamente all'accumulo termico<sup>68</sup>  $C \Delta t$  ma utilizzano i coefficienti di utilizzazione degli apporti termici  $\eta_{H,gn}$  e delle dispersioni termiche  $\eta_{C,is}$  che tengono conto dei fenomeni di accumulo e restituzione dell'energia nelle strutture murarie.

Questi coefficienti sono proporzionali alla capacità termica,  $C$ , delle zone termiche e ai guadagni gratuiti (solare ed interno) mentre sono inversamente proporzionali al coefficiente globale di scambio termico,  $H=US$ , e quindi alla rapidità della cessione di energia all'esterno mediante dispersioni.

Nel primo caso il coefficiente di utilizzazione,  $\eta_{H,gn}$ , esprime la capacità dell'edificio di utilizzare il calore accumulato nelle masse per contribuire alla copertura del carico termico.

L'inerzia termica delle masse contribuisce a diminuire il fabbisogno di energia dell'ambiente confinato in quanto in Inverno riduce la possibilità che i guadagni termici, in particolare quelli solari (che intervengono nelle ore centrali più calde), elevino la  $t_i$  oltre il valore di set point (surriscaldamento), consentendo inoltre di utilizzare successivamente l'energia termica accumulata nelle ore più fredde, quando maggiori sono le dispersioni.

Quando si verifica il surriscaldamento la conseguente dispersione termica addizionale è conteggiata attraverso il fattore di utilizzazione che riduce i guadagni stessi.

Nel periodo estivo invece la dispersione dell'energia accumulata nelle masse, che può avvenire nelle ore notturne più fredde, ed il conseguente raffreddamento delle masse stesse, può contribuire a contenere i carichi da raffreddamento nelle ore più calde. Inoltre nelle ore in cui le

<sup>68</sup> La UN I EN 13790:2008 propone anche un metodo di calcolo dinamico che risolve il sistema in transitorio termico e quindi tiene conto della capacità termica dell'edificio. Quest'argomento sarà discusso in un capitolo a parte più avanti.



superfici esterne sono esposte alla radiazione solare l'inerzia termica degli elementi di involucro ritarda la trasmissione di calore dall'esterno all'interno.

Un calcolo del carico dell'impianto termico,  $\dot{Q}_{nd}$ , eseguito in base alla "temperatura esterna di progetto" ( $t_e$ ) e senza tener conto dei guadagni termici, cioè del cosiddetto *carico di picco*, è utilizzabile per un primo dimensionamento del generatore di calore, tenendo conto anche in questo caso del rendimento totale dell'impianto.

Il corretto dimensionamento consente di ottenere elevati valori del rendimento globale medio stagionale dell'impianto, sul quale esistono limiti di legge:

$$\dot{Q}_{H,nd} = \dot{Q}_{tr} + \dot{Q}_{ve} = \sum_i \underbrace{U_i S_i (t_i - t_e)}_{\text{Potenza per trasmissione}} + \sum_j \underbrace{\psi L_j (t_i - t_e)}_{\text{Potenza per ponti termici}} + \underbrace{n \rho V c_{pa} (t_i - t_e)}_{\text{Potenza per ventilazione}}$$

e la temperatura esterna di progetto è indicata dal DPR 1052/1977 per le varie località italiane di riferimento. Essa è *la temperatura che si è mantenuta costante per almeno cinque giorni consecutivi nell'ultimo ventennio nella località considerata*.

Questa caratteristica è importante perché solo dopo un periodo adeguato (cinque giorni) si può ritenere che la temperatura esterna abbia interessato anche la temperatura interna degli ambienti<sup>69</sup>.

### 13.3.3 RIEPILOGO SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA SECONDO IL DM 26/06/2009

Secondo quanto indicato dal **DM 06/09<sup>70</sup>** (Linee Guida per la certificazione energetica degli edifici) l'**indice di prestazione energetica globale**,  $EP_{gl}$ , è definito dalla relazione:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

con il seguente simbolismo:

$EP_i$  indice di prestazione energetica invernale, kWh/(m<sup>2</sup>.anno);

$EP_e$  indice di prestazione energetica estivo, kWh/(m<sup>2</sup>.anno);

$EP_{acs}$  indice di prestazione energetica per produzione di acqua calda sanitaria, kWh/(m<sup>2</sup>.anno);

$EP_{ill}$  indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale, kWh/(m<sup>2</sup>.anno).

Nel caso di edifici industriale gli indici sono riferiti al volume e cioè kWh/(m<sup>3</sup>.anno)<sup>71</sup>.

L'indice  $EP_{gl}$  viene utilizzato per definire una classe energetica per l'edificio, come detto a proposito della Certificazione Energetica.

Per edifici nuovi o che subiscono lavori di ristrutturazione con superficie utile > 1000 m<sup>2</sup> o ampliamenti di volume superiori al 20% occorre verificare che l'indice di prestazione invernale,  $EP_i$ , e quello estivo,  $EP_{e,inv}$ <sup>72</sup>, siano inferiori ai limiti indicati per zona climatica e per rapporto S/V.

Per interventi di ristrutturazione con superficie < 1000 m<sup>2</sup> allora si devono verificare i valori delle trasmittanze delle pareti opache, dei pavimenti e soffitti e delle finestre in funzione dei rispettivi valori limiti che, per data zona climatica, sono aggiornati ogni due anni.

<sup>69</sup> Si ricordi quanto detto a proposito del regime periodico stabilizzato.

<sup>70</sup> Questo paragrafo è riportato per completezza. Il DM 06/09 sulle Linee Guida nazionali è superato dal nuovo DM 26/06/2015 e pertanto è a questo nuovo decreto che occorre riferirsi.

<sup>71</sup> Si vedrà nel capitolo relativo ai nuovi decreti attuativi della L. 90/13 che tutti gli indici di prestazione energetica saranno riferiti alla superficie utile in pianta e non più al volume. Questo consente di sommare tutti gli indici ( $EP_H$ ,  $EP_C$ ,  $EP_W$ ,  $EP_V$ ,  $EL$ ) in modo omogeneo poiché misurati tutti in kWh/(m<sup>2</sup>.anno).

<sup>72</sup> Si osservi che  $EP_{e,inv}$  è il rapporto fra il fabbisogno energetico di raffrescamento (che dipende dal solo involucro dell'edificio e non dall'impianto) e la superficie calpestabile. La sua unità di misura è kWh/(m<sup>2</sup>.anno).

Per edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a<sup>73</sup> 1000 m<sup>2</sup> è possibile valutare le prestazioni energetiche estive, anziché mediante il calcolo di (EP<sub>e</sub>), mediante il calcolo di indici qualitativi quali lo *sfasamento* ed il fattore di *attenuazione*, il primo è definito come il ritardo temporale tra il picco del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il picco della temperatura interna, (espresso in ore), il secondo come il rapporto (adimensionale) tra la trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica stazionaria.

Il riferimento per il calcolo di tali indici è la norma *UNI EN ISO 13786:2008*.

Nel caso i due indici non rientrino nella stessa classe si considera solo lo sfasamento. L'indicazione della qualità termica estiva è poi facoltativa nel caso di unità immobiliari con superficie minore di 200 m<sup>2</sup>.

Per tutti gli edifici, nel caso di nuova installazione/ristrutturazione degli impianti termici o sola sostituzione dei generatori di calore, va calcolato il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico e va verificato che il suo valore sia superiore al valore limite (stabilito al punto 5 dell'allegato C del D.Lgs 192/05).

Se la potenza del generatore è superiore ai 100 kW va eseguita anche una diagnosi energetica del sistema edificio-impianto che individui i possibili interventi di razionalizzazione.

La certificazione energetica (*Attestato di Prestazione Energetica, APE*) viene eseguita da soggetti riconosciuti su richiesta del costruttore o del proprietario o del detentore dell'immobile, ha una validità massima di 10 anni e va in ogni caso aggiornata ogniqualvolta venga eseguito un intervento sul sistema edificio-impianto che ne modifichi le prestazioni.

È prevista anche un'attestazione di *qualificazione energetica (AQE)*, che può essere redatta da un tecnico abilitato non necessariamente estraneo alla proprietà o alla realizzazione od alla progettazione dell'immobile. Solitamente quest'attestato (AQE) viene rilasciato dal Direttore dei Lavori a chiusura dei lavori di intervento sull'edificio. Essa è obbligatoria nel caso di nuova costruzione o ristrutturazione totale ma è diversa dall'attestato di certificazione energetica, che deve essere redatto da soggetti al di sopra delle parti, essa può solo proporre una classe di efficienza energetica per l'edificio in questione.

La normativa, come già indicato per la UNI EN 13790:2008, prevede tre diversi tipi di valutazione energetica, classificati come segue.

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
di Progetto (Design rating)	Standard	Standard	Progettato	Permesso di costruire Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
Standard (Asset rating)	Standard	Standard	Realizzato	Certificazione o Qualificazione Energetica
Adattata all'utenza (Tailored rating)	In funzione dello scopo		Realizzato	Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione

Tabella 97: Tipologia di valutazione energetica

Le linee guida prevedono solo i primi due tipi di valutazione dei tre sopra elencati:

- *il metodo calcolato di progetto, basato sui dati di progetto e da impiegarsi nel caso di edifici di nuova costruzione o totalmente ristrutturati, indipendentemente dalle loro dimensioni,*
- *il metodo di calcolo da rilievo su edificio o standard, che riguarda gli edifici esistenti e si avvale di dati ricavati da indagini sull'edificio, quali:*
- *rilievi con uso di misure strumentali,*

<sup>73</sup> I nuovi decreti attuativi fanno riferimento ad edifici con interventi rilevanti, cioè interventi che interessano il 25% delle superfici disperdenti relative al volume considerato.

*analogia con altri edifici (anche con utilizzo di banche dati),  
sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici.*

Il primo metodo è descritto dalla normativa UNI TS11300 parte 1° e Parte 2° (per il calcolo dell'EPi e dell'EPacs).

La Parte 3° è relativa al raffrescamento estivo e la Parte 4° all'uso di fonti di energia rinnovabili.

I metodi di cui al punto 2) possono avere vari gradi di approfondimento. Nel caso i), ci si riferisce alle semplificazioni contenute nelle stesse due norme ora citate e riguardanti gli edifici esistenti senza limiti dimensionali: metodi tabellari che forniscono dati descrittivi dell'edificio (trasmittanze) e degli impianti in funzione della tipologia e dell'anno di costruzione (Appendici A, B e C di UNI/TS11300-1), sempre per il calcolo di EP<sub>i</sub> ed EP<sub>acs</sub>.

La metodologia di cui al punto 2ii) è applicabile agli edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a 3000 m<sup>2</sup>, consente il calcolo degli indici di prestazione energetica dell'edificio per la climatizzazione invernale (EPi) e per la produzione dell'acqua calda sanitaria (EPacs), mediante il metodo di calcolo *DOCET*, predisposto da CNR ed ENEA, sulla base delle norme tecniche di cui al punto 1.

La metodologia di cui al punto 2iii), sempre per il calcolo dell'indice di prestazione energetica dell'edificio per la climatizzazione invernale (EPi), utilizza come riferimento il metodo semplificato di cui all'allegato 2 delle *Linee Guida* (qui riportato in Appendice n. 1), mentre per il calcolo dell'indice energetico per la produzione dell'acqua calda sanitaria (EP<sub>ACS</sub>) alle norme UNI/TS11300 per la parte semplificata relativa agli edifici esistenti.

Questa procedura è applicabile agli edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a 1000 m<sup>2</sup>. Oltre alla verifica delle prestazioni energetiche degli edifici a partire dalla direttiva 2002/92/CE è richiesta anche la certificazione energetica con il rilascio dell'APE.

Con la direttiva 2010/31/CE la certificazione energetica porta all'Attestato di Prestazione Energetica (APE) che ancora oggi viene rilasciato regione per regione secondo norme a volta molto diverse le une dalle altre.

Il DM 06/09 indica le Linee Guida Nazionali recepite in diverse regioni, fra le quali anche la Sicilia con il DA 03/03/2011.

Va ancora ricordato che con il recepimento delle direttiva 2002/92/CE, tramite la L. 90/2013, e con l'emanazione dei nuovi decreti attuativi le procedure per la certificazione energetica cambiano molto rispetto alle procedure del DM 06/09, come sarà illustrato nel prosieguo.

Quanto qui riportato sulla certificazione energetica riprende le Linee Guida Nazionali del DM 06/09 e debbono essere considerate valide fino a quando le nuove norme non avranno effetto.

In tutti i casi vuole anche essere un riferimento storico alle procedure di calcolo utilizzate fin dal 2009.

#### **13.3.4 CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA (EP) – METODO SEMPLIFICATO<sup>74</sup>**

Il calcolo dell'energia primaria procede secondo le indicazioni viste in precedenza. Vi è tuttavia la possibilità di potere effettuare un calcolo semplificato, ai sensi dell'allegato 2 del D.M. 26/06/2009<sup>75</sup> sulle *Linee Guida Nazionali*.

Questo metodo semplificato vale per superficie utile inferiore a 1000 m<sup>2</sup>, Vale la relazione, per edifici residenziali:

<sup>74</sup> Il metodo semplificato, pur se enunciato del DM 06/09, non ha avuto grande sviluppo a causa della grande diffusione dei programmi di calcolo certificati dal CTI che utilizzano la procedura più completa.

<sup>75</sup> Si ricorda, vedi nel prosieguo, che con l'emanazione dei nuovi decreti attuativi della L. 90/2013 anche le modalità di calcolo delle Linee Guida cambiano. Quanto segue viene riportato per il progresso.

$$EPi = \frac{\frac{Q_h}{A_{pav}}}{\eta_g}$$

espressa in kWh/(m<sup>2</sup>.anno) e:

$Q_h$  fabbisogno di energia termica per riscaldamento, kWh;

$A_{pav}$  superficie utile del pavimento, m<sup>2</sup>;

$\eta_g$  rendimento globale di impianto medio stagionale.

Per edifici non residenziali l'indice di prestazione energetica si riferisce al volume lordo riscaldato anziché alla superficie utile:

$$EPi = \frac{\frac{Q_h}{V_{lordo}}}{\eta_g}$$

e quindi l'unità di misura diviene kWh/(m<sup>3</sup>.anno).

Il fabbisogno di energia termica si calcola con la relazione:

$$Q_h = 0,024 \cdot GG \cdot (H_T + H_V) - f_x (Q_s + Q_i)$$

ove si ha:

$GG$  Gradi Giorno del sito, (K.gg);

$H_T$  coefficiente di scambio termico per trasmissione, W/K,  $H_T = \sum S_i \cdot U_i \cdot b_{tr,i}$

$H_V$  coefficiente di scambio termico per ventilazione, W/K,  $H_V = 0,34 \cdot n \cdot V_{netto}$  ove  $V_{netto}$  è pari a 0,7 V lordo;

$Q_s$  apporti solari gratuiti attraverso i componenti trasparenti, kWh,  $0,2 \sum I_{sol,i} S_{aerr,i}$  con  $I_{sol,i}$  l'irraggiamento solare sul generico serramento di superficie  $S_{serr,i}$ ;

$Q_i$  apporti gratuiti interni, kWh,  $Q_i = (\Phi_{int} \cdot A_{pav} \cdot h) / 1000$  con  $\Phi_{int}$  pari a 4 W/m<sup>2</sup> ed  $h$  numero di ore della stagione di riscaldamento..

Il rendimento globale di impianto  $\eta_g$  è già stato definito in precedenza.

### 13.3.5 PROCEDURE PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA SECONDO IL DM 06-09<sup>76</sup>

Nella definizione del sistema di classificazione nazionale il MSE<sup>77</sup> ha, di fatto, individuato indici di riferimento o *benchmark* leggermente diversi da quelli proposti nella norma UNI EN 15217 per due motivazioni principali:

*La difficoltà a dover reperire e/o definire per ogni categoria di edificio e destinazione d'uso gli indici di tipo  $R_s$ , cioè la media dei consumi degli edifici esistenti, differenziandoli per categoria, zona climatica, rapporto di forma ecc.;*

*Il considerare il sistema di classificazione previsto nella norma UNI EN 15217, indicazione europea, implicherebbe che il solo fatto di rispettare i limiti di conformità edilizia previsti dalla legislazione nazionale (vedi  $EP_{ilim}$  previsto dal D.P.R. 02 aprile 2009 n. 59 porterebbe*

<sup>76</sup> Vale quanto detto in precedenza sulla validità di questa procedura fino a quando entreranno in vigore le nuove linee guida derivanti dai nuovi decreti attuativi della L. 90/13.

<sup>77</sup> Ministero dello Sviluppo Economico, MSE

inevitabilmente gli edifici ad una classe energetica B diventando C per valori di  $EP_i = EP_{i,lim}$  e questo per il MSE stimolerebbe poco il mercato e farebbe venir meno quel ruolo fondamentale della certificazione energetica come propulsiva e di stimolo alla promozione del mercato dell'efficienza energetica.

Per queste motivazioni, il MSE si è avvalso di un unico indice di riferimento: il requisito minimo fissato dal D.P.R. 02 aprile 2009 n. 59 e dal D.Lgs n. 192/05 e s.m.i. a partire dal 1° gennaio 2010 per le nuove costruzioni  $EP_{Cl.im(2010)}$  quale limite di separazione tra le classi C e D (soglia di riferimento legislativo). In merito alla rappresentazione delle prestazioni energetiche globali e parziali dell'edificio, il MSE ha ritenuto opportuno, per la massima efficacia comunicativa, affiancare a una rappresentazione grafica diretta delle predette prestazioni, un sistema di valutazione basato su classi. La scala delle classi energetiche per la climatizzazione invernale residenziale è allora data in Figura 104. L'indicatore proposto è di tipo a cruscotto, come indicato in Figura 105. Va osservato che la classificazione proposta per le sette classi energetiche (da G alla A+) non sono dirette, come ad esempio avviene per la regione Lombardia, bensì dipendenti dall'  $EP_{Cl.im(2010)}$  e quindi dipendente dal rapporto S/V dell'edificio da classificare.

CLASSE	$EP_i$ kWh/m <sup>2</sup> anno
A <sub>1</sub> +	$EP_i \leq 0,25 EP_{lim(2010)}$
A <sub>1</sub>	$0,25 EP_{lim(2010)} \leq EP_i < 0,50 EP_{lim(2010)}$
B <sub>1</sub>	$0,50 EP_{lim(2010)} \leq EP_i < 0,75 EP_{lim(2010)}$
C <sub>1</sub>	$0,75 EP_{lim(2010)} \leq EP_i < 1,00 EP_{lim(2010)}$
D <sub>1</sub>	$1,00 EP_{lim(2010)} \leq EP_i < 1,25 EP_{lim(2010)}$
E <sub>1</sub>	$1,25 EP_{lim(2010)} \leq EP_i < 1,75 EP_{lim(2010)}$
F <sub>1</sub>	$1,75 EP_{lim(2010)} \leq EP_i < 2,00 EP_{lim(2010)}$
G <sub>1</sub>	$EP_i \geq 2,00 EP_{lim(2010)}$

Figura 127: Scala di classificazione nazionale

Pertanto ogni edificio ha la propria scala di classificazione energetica. Ciò vuol dire, come ben s'intuisce, che due edifici che hanno la stessa classe energetica non hanno lo stesso indicatore di consumo.

**RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE PRESTAZIONI GLOBALE E PARZIALI EDIFICI DEL TERZIARIO**



Figura 128: Indicatore a cruscotto della scala energetica nazionale

Si osserva ancora che edifici esistenti le linee Guida danno la possibilità al proprietario d’ottemperare agli obblighi di legge negli atti di compravendita dichiarando che l’edificio è di classe energetica **G** e che i costi di gestione energetica sono molto alti. Si tratta di un escamotage legale per evitare di predisporre il certificato energetico per edifici esistenti.

**Esempio di classificazione energetica**

Se un edificio ha un rapporto di forma  $>S/V=0,60$ , è sito in zona climatica C con 2100 GG e la sua energia primaria calcolata è pari a  $EP_i= 76 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{anno}$  allora  $EP_{i,\text{lim.2010}}= 65 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{anno}$  e pertanto la scala di classificazione diviene quella di Tabella 98 e l’edificio si classifica in classe D.

CLASSE	PRESTAZIONE EP
A+	$EP_i < 16,25 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
A	$EP_i < 32,50 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
B	$EP_i < 48,75 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
C	$EP_i < 65,00 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
D	$EP_i = 76 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < 81,25 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
E	$EP_i < 113,75 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
F	$EP_i < 162,50 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
G	$EP_i \geq 162,50 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$

Tabella 98: Esempio di applicazione della scala di classificazione

Per la produzione di acqua calda sanitaria si ha una classificazione riportata in Figura 107.

Nel caso si desideri avere una scala unica per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria allora si deve calcolare l’indice prestazionale:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} \quad [27]$$

La prestazione energetica globale, rappresentata dai relativi indici per la climatizzazione invernale ( $EP_i$ ), e per la preparazione dell’acqua calda per usi igienici e sanitari ( $EP_{acs}$ ), in  $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$  di superficie utile dell’edificio, viene messa a confronto con una scala di valori costituenti le classi energetiche. La classificazione delle scale energetiche globali è riportata in Figura 108.

CLASSE	PRESTAZIONE $EP_{acs} \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$A_{acs}$	$EP_{acs} < 9$
$B_{acs}$	$9 \leq EP_{acs} < 12$
$C_{acs}$	$12 \leq EP_{acs} < 18$
$D_{acs}$	$18 \leq EP_{acs} < 21$
$E_{acs}$	$21 \leq EP_{acs} < 24$
$F_{acs}$	$24 \leq EP_{acs} < 30$
$G_{acs}$	$EP_{acs} \geq 30$

Tabella 99: Classificazione per la produzione di acqua calda sanitari



CLASSE	PRESTAZIONE EPI
$A_{gl}^+$	$EP_{gl} \leq 0,25 EP_{U(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$A_{gl}$	$0,25 EP_{U(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{gl} \leq 0,50 EP_{U(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$B_{gl}$	$0,50 EP_{U(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{gl} \leq 0,75 EP_{U(2010)} + 12 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$C_{gl}$	$0,75 EP_{U(2010)} + 12 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{gl} \leq 1,00 EP_{U(2010)} + 18 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$D_{gl}$	$1,00 EP_{U(2010)} + 18 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{gl} \leq 1,25 EP_{U(2010)} + 21 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$E_{gl}$	$1,25 EP_{U(2010)} + 21 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{gl} \leq 1,75 EP_{U(2010)} + 24 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$F_{gl}$	$1,75 EP_{U(2010)} + 24 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{gl} \leq 2,50 EP_{U(2010)} + 30 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$
$G_{gl}$	$EP_{gl} > 2,50 EP_{U(2010)} + 30 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$

Tabella 100: Classificazione nazionale per prestazione globale

Al punto 3 dell'allegato 4 del DM 26 giugno è riportata la scala nazionale delle classi, espressione della prestazione energetica globale per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici e sanitari, determinata sulla base di considerazioni tecnico-economiche.

### 13.3.6 INDICE DI PRESTAZIONE TERMICA DELL'EDIFICIO PER IL RAFFRESCAMENTO ( $EP_{e,inv}$ )

Congiuntamente all'applicazione delle metodologie precedenti per riscaldamento e ACS si procede alla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il *raffrescamento*:  $EP_{e,inv}$  espresso in  $kWh/m^2\text{anno}$ , pari al rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il *raffrescamento* dell'edificio (energia richiesta dall'involucro edilizio per mantenere negli ambienti interni le condizioni di comfort, e la superficie calpestabile del volume climatizzato).

Il riferimento nazionale per il calcolo del fabbisogno di energia termica per il raffrescamento sono le *norme UNI TS 11300 prestazioni energetiche degli edifici – parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*, come già discusso in precedenza. Il metodo proposto porta a una classificazione delle prestazioni termiche per raffrescamento,  $EP_{e,inv}$ , data da una scala unica data in Tabella 101.

$EP_{e,inv} \text{ kWh/m}^2\text{.anno}$	Prestazioni	Qualità prestazionale
$EP_{e,inv} \leq 10$	Ottime	I
$10 < EP_{e,inv} \leq 20$	Buone	II
$20 < EP_{e,inv} \leq 30$	Sufficienti	III
$30 < EP_{e,inv} \leq 40$	Mediocri	IV
$EP_{e,inv} > 40$	Cattive	V

Tabella 101: Classificazione  $EP_{e,inv}$  per tutte le destinazioni d'uso

In alternativa si può procedere alla determinazione di indicatori quali: lo *sfasamento* ( $S$ ), espresso in ore, ed il *fattore di attenuazione* ( $f_d$ ), coefficiente adimensionale.

Questa procedura è comoda quando l'edificio non ha impianti di raffrescamento fissi, come nella maggior parte dei casi. Il riferimento nazionale per il calcolo dei predetti indicatori è la norma tecnica UNI EN ISO 13786, dove i predetti parametri rispondono rispettivamente alle seguenti definizioni:

*fattore di attenuazione o fattore di decremento è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie.*

*sfasamento è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.*

Si ricordi che, per quanto indicato nell'UNI EN ISO 13786, per componenti costituiti da strati piano e omogenei si *definiscono ammettenza termica periodica e conduttanza termica periodica* le seguenti espressioni:

$$Y_{11} = \frac{Z_{11} - 1}{Z_{12}} ; \quad Y_{22} = \frac{Z_{22} - 1}{Z_{12}} \quad [28]$$

E il *fattore di decremento* dato dalla relazione:

$$f = \frac{1}{|Z_{12}|U} \quad [29]$$

dove la trasmittanza termica  $U$  è calcolata in accordo alla EN ISO 6946. Il fattore di decremento è sempre inferiore all'unità.

Il ritardo del *fattore di decremento* è dato da:

$$\Delta t_f = \frac{T}{2\pi} \arg(Z_{12}) \quad [30]$$

in cui l'argomento è calcolato nell'intervallo  $0$  e  $\pi$ .

Sulla base dei valori assunti da questi parametri si ha la classificazione di Tabella 102.

Sfasamento (ore)	Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
$S > 12$	$f_a \leq 0,15$	Ottime	I
$12 \geq S > 10$	$0,15 < f_a \leq 0,30$	Buone	II
$10 \geq S > 8$	$0,30 < f_a \leq 0,40$	Sufficienti	III
$8 \geq S > 6$	$0,40 < f_a \leq 0,60$	Mediocri	IV
$S \geq 6$	$f_a > 0,60$	Cattive	V

Tabella 102: Classificazione in base a parametri  $S$  e  $f_a$

### 13.3.7 OPERAZIONI NECESSARIE PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Si riportano le operazioni necessarie alla redazione ed emissione dell'attestato di certificazione energetica (allegati 6 e 7) del DM 26 giugno 2009. Si ricorda che i soggetti certificatori sono definiti sulla base del D.P.R. non ancora emanato, anche se valgono le disposizioni indicate dal D.lgs. 115/08 sui soggetti abilitati.

La certificazione va richiesta, a proprie spese, dal titolare del titolo abilitativo a costruire, comunque denominato, o dal proprietario, o dal detentore dell'immobile, ai soggetti certificatori riconosciuti ai sensi del D.P.R. con le disposizioni, ivi previste, per assicurare indipendenza e imparzialità di giudizio dei medesimi soggetti nei differenti casi di edifici nuovi o esistenti.

La procedura di certificazione energetica degli edifici comprende il complesso di operazioni svolte dai soggetti certificatori e in particolare:

*l'esecuzione di una diagnosi, o di una verifica di progetto (come indicato in precedenza), finalizzata alla determinazione della prestazione energetica dell'immobile e all'individuazione degli interventi di riqualificazione energetica che risultano economicamente convenienti:*

- *il reperimento dei dati di ingresso, relativamente alle caratteristiche climatiche della località, alle caratteristiche dell'utenza, all'uso energetico dell'edificio e alle specifiche caratteristiche dell'edificio e degli impianti, avvalendosi, in primo luogo dell'attestato di qualificazione energetica se presente;*
- *la determinazione della prestazione energetica mediante l'applicazione di un'appropriata metodologia, secondo quanto indicato in precedenza per UNI TS 11300 relativamente a tutti gli usi energetici, espressi in base agli indici di prestazione energetica EP totale e parziali;*
- *l'individuazione delle opportunità di intervento e delle azioni più opportune per il miglioramento della prestazione energetica in relazione alle soluzioni tecniche proponibili, ai rapporti costi-benefici e ai tempi di ritorno degli investimenti necessari a realizzarle;*
- *la classificazione dell'edificio in funzione degli indici di prestazione energetica di cui alla lettera b), del punto 1, e il suo confronto con i limiti di legge e le potenzialità di miglioramento in relazione agli interventi di riqualificazione individuati;*
- *il rilascio dell'attestato di certificazione energetica.*

Le modalità esecutive della diagnosi possono essere diverse e commisurate al livello di complessità della metodologia di calcolo utilizzata per la valutazione della prestazione energetica, come precisato in precedenza.

Il richiedente il servizio di certificazione energetica, ai sensi dell'articolo 6, comma 2bis, del D.Lgs n. 192/05 e s.m.i., può rendere disponibili a proprie spese i dati relativi alla prestazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare. lo stesso può richiedere il rilascio dell'attestato di certificazione energetica sulla base di:

- *un attestato di qualificazione energetica relativo all'edificio o alla unità immobiliare oggetto di certificazione, anche non in corso di validità, evidenziando eventuali interventi su edifici ed impianti eseguiti successivamente;*
- *le risultanze di una diagnosi energetica effettuata da tecnici abilitati con modalità coerenti con i metodi di valutazione della prestazione energetica attraverso cui si intende procedere.*

Il soggetto certificatore è tenuto a utilizzare e valorizzare i documenti sopra indicati (e i dati in essi contenuti), qualora esistenti e resi disponibili dal richiedente. L'attestato di qualificazione e la diagnosi predetti, in considerazione delle competenze e delle responsabilità assunte dai firmatari degli stessi, sono strumenti che favoriscono e semplificano l'attività del soggetto certificatore e riducono l'onere a carico del richiedente.

Entro i 15 giorni successivi alla consegna al richiedente dell'attestato di certificazione energetica, il soggetto certificatore trasmette *copia del certificato alla regione o provincia autonoma competente per territorio.*

Nel caso di edifici di nuova costruzione o di interventi ricadenti nell'ambito di applicazione di cui all'articolo 3, comma 2, lettere a), b) e c), del medesimo del D.Lgs n. 192 e s.m.i., in questo ultimo caso limitatamente alle ristrutturazioni totali, *la nomina* del soggetto certificatore avviene prima dell'inizio dei lavori.

Nei medesimi casi, qualora fossero presenti, a livello regionale o locale, incentivi legati alla qualità energetica dell'edificio (bonus volumetrici, ecc.), la richiesta dell'attestato di certificazione energetica può essere resa obbligatoria prima del deposito della richiesta di autorizzazione edilizia.

In tali ambiti, al fine di consentire controlli in corso d'opera, può essere previsto che il *direttore dei lavori* segnali al soggetto certificatore le varie fasi della costruzione dell'edificio e degli impianti, rilevanti ai fini delle prestazioni energetiche dell'edificio.

Il soggetto certificatore, nell'ambito della sua attività di diagnosi, verifica o controllo, può procedere alle ispezioni e al *collaudo energetico* delle opere, avvalendosi, ove necessario di tecniche strumentali.

Le condizioni e le modalità attraverso cui è stata effettuata la valutazione della prestazione energetica di un edificio o di una unità immobiliare va indicata esplicitamente nel relativo attestato, anche ai fini della determinazione delle conseguenti responsabilità.

In caso di trasferimento di immobili, garantendo la corretta informazione dell'acquirente, in presenza di edifici di cattiva qualità energetica, per i quali non si reputa sempre congruo introdurre oneri aggiunti per certificare tale stato, ed in ogni caso per favorire lo sviluppo graduale delle procedure di certificazione energetica sgombrando la strada a facili speculazioni nei medesimi casi, il MISE ha ritenuto opportuno dare *la possibilità al proprietario di attestare* con propria dichiarazione *la pessima qualità energetica del suo edificio ponendolo in classe G*. Tale procedura non è compatibile con l'accesso ad incentivi pubblici.

Pertanto per gli edifici di superficie utile  $S \leq 1000 \text{ m}^2$  e ai soli fini di trasferimento a titolo oneroso, mantenendo la garanzia di una corretta informazione dell'acquirente, il proprietario dell'edificio non può più affermare che l'edificio è di classe energetica G, come poteva essere fatto prima della L.90/2013, ma deve comunque effettuare la procedura completa di certificazione energetica.

Entro quindici giorni dalla data del rilascio di detta dichiarazione, il proprietario deve trasmettere copia alla regione o provincia autonoma competente per territorio.

In Sicilia è stato istituito il sito SINERGIE per la formazione del data base regionale delle certificazioni energetiche.

### 13.3.8 VALIDITÀ DEGLI ATTESTATI DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Gli attestati di certificazione hanno una validità temporale massima di **10 anni**. Tale validità non è inficiata dall'emanazione di provvedimenti di aggiornamento del DM 26 giugno 2009 e/o introduttivi della certificazione energetica di ulteriori servizi quali, a titolo esemplificativo, la climatizzazione estiva e l'illuminazione.

La validità massima dell'attestato di certificazione di un edificio, è confermata solo se sono rispettate, ai sensi dell'articolo 7, comma 1, del D.Lgs n. 192 e s.m.i., le prescrizioni normative vigenti per le operazioni di controllo di efficienza energetica, compreso le eventuali conseguenze di adeguamento, degli impianti di climatizzazione asserviti agli edifici.

Nel caso di mancato rispetto delle predette disposizioni l'attestato di certificazione decade il 31 dicembre dell'anno successivo a quello in cui è prevista la prima scadenza non rispettata per le predette operazioni di controllo di efficienza energetica.

Ai fini del punto 2, i libretti di impianto o di centrale di cui all'articolo 11, comma 9, del D.P.R., n. 412/93, sono allegati, in originale o in copia, all'attestato di certificazione energetica.

Ai sensi dell'articolo 6, comma 5, del D.Lgs n. 192 e s.m.i. l'attestato di certificazione energetica è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione, edilizio e impiantistico, che modifica la prestazione energetica dell'edificio nei termini seguenti:

- *ad ogni intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione che riguardino almeno il 25% della superficie esterna dell'immobile;*
- *ad ogni intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria che prevedono l'installazione di sistemi di produzione con rendimenti più alti di almeno 5 punti percentuali rispetto ai sistemi preesistenti;*
- *ad ogni intervento di ristrutturazione impiantistica o di sostituzione di componenti o apparecchi che, fermo restando il rispetto delle norme vigenti, possa ridurre la prestazione energetica dell'edificio;*

*facoltativo in tutti gli altri casi.*

Riguardo al premio per impianti fotovoltaici abbinati a un uso efficiente dell'energia previsti dall'articolo 7, del D.Lgs 29 dicembre 2003, n. 387, l'indice di prestazione energetica, su cui determinare la riduzione per accedere al premio, si determina esclusivamente con il metodo di calcolo di progetto di cui in precedenza.

## 14. DECRETI ATTUATIVI SULLA CERTIFICAZIONE

A completamento del D.Lgs. 192/05 sono stati emessi, seppure con grande ritardo, altri decreti che in questo capitolo sono riassunti.

Il primo, DPR 74/2013, reca norme sull'esercizio degli impianti termici.

Il secondo, DPR 75/2013, reca norme sulla formazione e accreditamento dei corsi per certificatori energetici.

Questi decreti sono ancora validi dopo l'emissione del DM 26/06/2015.

### 14.1 DPR N. 74/2013 – ESERCIZIO DEGLI IMPIANTI TERMICI

Il DPR 74/13 *“Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192.”* definisce i criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici, per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, nonché i requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi cui affidare i compiti di ispezione degli impianti di climatizzazione, ai sensi dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, di seguito denominato: "decreto legislativo".

Il decreto definisce i valori massimi della temperatura ambiente pari a:

- a)  $18^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$  di tolleranza per gli edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili;
- b)  $20^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$  di tolleranza<sup>78</sup> per tutti gli altri edifici.

Il mantenimento della temperatura dell'aria negli ambienti entro i limiti fissati ai commi 1 e 2 è ottenuto con accorgimenti che non comportino spreco di energia.

Gli edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili, ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani, nonché le strutture protette per l'assistenza e il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici, sono esclusi dal rispetto dei commi 1 e 2, limitatamente alle zone riservate alla permanenza e al trattamento medico dei degenti o degli ospiti.

Per gli edifici adibiti a piscine, saune e assimilabili, per le sedi delle rappresentanze diplomatiche e di organizzazioni internazionali non ubicate in stabili condominiali, le autorità comunali possono concedere deroghe motivate ai limiti di temperatura dell'aria negli ambienti di

---

<sup>78</sup> Si ricordi che la tolleranza di  $+2^{\circ}\text{C}$  non è da intendere come un incremento della temperatura interna consentita ma come un ausilio alla verifica delle condizioni igrometriche. Incrementando la temperatura della faccia interna delle pareti si innalza il punto di rugiada e quindi si evita la formazione di condense superficiali. Questa tolleranza risulta utile in zone umide o con ambienti con sorgenti di vapore di elevata intensità (ad esempio nelle cucine).



cui ai commi 1 e 2, qualora elementi oggettivi o esigenze legati alla specifica destinazione d'uso giustificano temperature diverse di detti valori.

Per gli edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili, le autorità comunali possono concedere deroghe ai limiti di temperatura dell'aria negli ambienti di cui ai commi 1 e 2, qualora si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- a) *le esigenze tecnologiche o di produzione richiedano temperature diverse dai valori limite;*
- b) *l'energia termica per la climatizzazione estiva e invernale degli ambienti derivi da sorgente non convenientemente utilizzabile in altro modo.*

Gli impianti termici destinati alla climatizzazione degli ambienti invernali sono condotti in modo che, durante il loro funzionamento, non siano superati i valori massimi di temperatura indicati dal decreto.

L'esercizio degli impianti termici per la climatizzazione invernale è consentito con i limiti relativi al periodo annuale e alla durata giornaliera di attivazione, articolata anche in due o più sezioni:

- a) *Zona A: ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;*
- b) *Zona B: ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;*
- c) *Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;*
- d) *Zona D: ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;*
- e) *Zona E: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;*
- f) *Zona F: nessuna limitazione.*

Al di fuori di tali periodi, gli impianti termici possono essere attivati solo in presenza di situazioni climatiche che ne giustificano l'esercizio e, comunque, con una durata giornaliera non superiore alla metà di quella consentita in via ordinaria.

Il decreto fissa anche le procedure di manutenzione e controllo degli impianti termici e modalità di tenuta del *Libretto di Centrale*.

## **14.2 DPR N. 75/2013 – CERTIFICATORI ENERGETICI**

E' stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 149 del 27/06/2013, ed entra in vigore dal 12/07/2013, il D.P.R. 16/04/2013, n. 75, il nuovo ed atteso regolamento che definisce i requisiti professionali ed i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti o degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici.

Il Regolamento, che definisce i requisiti dei certificatori energetici, completa l'attuazione della Direttiva 2002/91/CE sul risparmio energetico, già avviata con il D.P.R. 59/2009 (Regolamento recante metodologie di calcolo e requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici) e con il D.M. 26/06/2009 (Linee guida nazionali per la certificazione energetica).

In particolare il Regolamento prevede che possono svolgere l'attività di certificazione energetica:

- tecnici abilitati, sia dipendenti di enti pubblici o di società di servizi pubbliche o private che liberi professionisti, in possesso di almeno uno dei seguenti titoli: laurea in architettura, ingegneria, agraria, scienze forestali, diploma di perito industriale, geometra, perito agrario;*
- enti pubblici o organismi di diritto pubblico accreditati che svolgono attività di ispezione del settore edile e degli impianti;*
- società di servizi energetica (ESCO).*

I corsi di formazione per la certificazione energetica degli edifici, i cui contenuti sono riportati nell'Allegato 1, dovranno avere durata minima di 64<sup>79</sup> ore, e saranno tenuti, a livello nazionale, da Università, Enti di ricerca, Ordini e Collegi professionali autorizzati dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, mentre a livello regionale, dalle Regioni e Province autonome e da altri soggetti autorizzati dalle Regioni.

Le nuove disposizioni si applicheranno a Regioni e Province autonome sprovviste di una propria disciplina in materia di qualificazione dei certificatori energetici, e comunque fino all'entrata in vigore delle norme regionali. Le Regioni e Province autonome che invece hanno già legiferato sono tenute ad adeguare la propria normativa.

---

<sup>79</sup> Quando è stato emesso questo decreto le UNI TS 11300:2014 non erano state ancora emesse. Con le nuove edizioni del 2014, specialmente con la UNI TS 11300/2:2014, si rendono necessarie conoscenze sugli impianti termotecnici che prima non erano richieste. Pertanto i nuovi corsi possono avere una durata anche di 80 ore per fornire ai corsisti le conoscenze minime sugli impianti e quindi applicare correttamente le nuove norme.

# 15. NUOVA CERTIFICAZIONE ENERGETICA – DM 26/06/2015

## 15.1 LA NUOVA NORMATIVA NAZIONALE DELLE LINEE GUIDA PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Con il DM 26/06/2015, entrato in vigore il giorno 1/10/2015, sono anche state emanate le NUOVE LINEE GUIDA NAZIONALI per la CERTIFICAZIONE ENERGETICA che sostituiscono le precedenti norme indicate nel DM 06/09.

Ai fini dell’attestazione (APE), la prestazione energetica dell’edificio è ora espressa attraverso l’indice di prestazione energetica globale *non rinnovabile*  $EP_{gl,nr}$ , espresso in energia primaria non rinnovabile e definito dal decreto requisiti minimi, vedi figura.

### Bilancio energetico dell’edificio

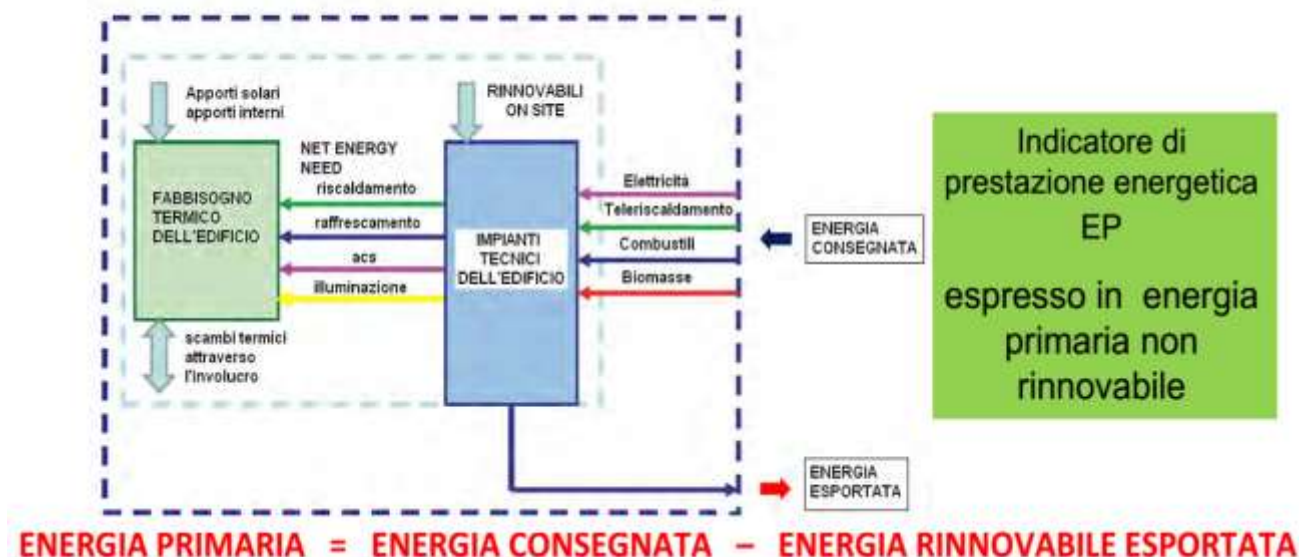


Figura 129: Bilancio energetico dell’edificio per l’energia primaria

Tale indice tiene conto del fabbisogno di *energia primaria non rinnovabile*<sup>80</sup> per la climatizzazione invernale ed estiva ( $EP_H$  ed  $EP_C$ ), per la produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_W$ ), per la ventilazione ( $EP_V$ ) e, nel caso del settore non residenziale, per l’illuminazione artificiale ( $EP_L$ ).

<sup>80</sup> Questa definizione si differenzia notevolmente da quella del precedente DM 06/09.

Pertanto esso si determina come somma dei singoli servizi energetici forniti nell'edificio in esame. L'indice è espresso in  $kWh/m^2\text{anno}^{81}$ .

L'**APE (Attestato di Prestazione Energetica)**, oltre a fornire l'indice di prestazione energetica globale ( $EP_{gl}$ ), riporti anche gli indici di prestazione dei singoli servizi energetici che concorrono a determinarlo ( $EP_H$ ,  $EP_W$ ,  $EP_V$ ,  $EP_C$ ,  $EP_L$ ), in conformità con le definizioni e disposizioni del decreto requisiti minimi.

Tali indici sono, a loro volta, la sintesi di diversi parametri e caratteristiche dell'edificio e degli impianti. In particolare:

$EP_H$ , *indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, deriva dall'indice della capacità dell'involucro edilizio nel contenere il fabbisogno di energia per il riscaldamento ( $EP_{H,nd}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio) e dal rendimento dell'impianto di riscaldamento ( $\eta_H$ : rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento);*

$EP_C$ , *indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva, deriva dall'indice della capacità dell'involucro edilizio nel contenere il fabbisogno di energia per il raffrescamento ( $EP_{C,nd}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva dell'edificio) e dal rendimento dell'impianto di raffrescamento ( $\eta_C$ : rendimento medio stagionale dell'impianto di raffrescamento).*

E' evidente che in entrambe le situazioni, invernale ed estiva, lo stesso indice di prestazione EP si può raggiungere con diverse combinazioni del fabbisogno  $EP_{nd}$  e dell'efficienza dell'impianto  $\eta$ .

## 15.2 PRESTAZIONE ENERGETICA E SERVIZI ENERGETICI

I servizi energetici presi in considerazione per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio sono la climatizzazione invernale, la climatizzazione estiva, la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione meccanica e, per il settore non residenziale, l'illuminazione.

Il calcolo della prestazione energetica si basa sui servizi effettivamente presenti nell'edificio in oggetto, fatti salvi gli impianti di climatizzazione invernale e, nel solo settore residenziale, di produzione di acqua calda sanitaria che si considerano sempre presenti.

Nel caso di loro assenza infatti, si procederà a simulare tali impianti in maniera virtuale, considerando che siano presenti gli impianti standard di cui alla tabella 2 del paragrafo 5.1 con le caratteristiche ivi indicate.

## 15.3 METODOLOGIE DI CALCOLO PER LA PRESTAZIONE ENERGETICA

### 15.3.1 PROCEDURA DI CALCOLO DI PROGETTO O DI CALCOLO STANDARDIZZATO

La procedura di calcolo di progetto o di calcolo standardizzato prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso relativi:

*al clima e all'uso standard dell'edificio;*

*alle caratteristiche dell'edificio, così come rilevabili dal progetto energetico dell'edificio e dei relativi impianti energetici come realizzati.*

---

<sup>81</sup> Si osserva che ora la definizione degli indici di prestazione energetica sono tutti omogenei ed espressi in  $kWh/m^2\text{anno}$ . In pratica si fa sempre riferimento alla superficie utile e non più anche al volume lordo, come accadeva con il DPR 59/09 per edifici non residenziali.

### 15.3.2 PROCEDURA DI CALCOLO DA RILIEVO SULL'EDIFICIO

La procedura di calcolo da rilievo sull'edificio prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso ricavati attraverso indagini svolte direttamente sull'edificio esistente, sulla base dei quali si esegue la valutazione della prestazione energetica secondo l'opportuno metodo di calcolo, come specificato nel capitolo 4 seguente. In questo caso le modalità di reperimento dei dati di ingresso relativi all'edificio possono essere:

*basate su procedure di rilievo, supportate anche da indagini strumentali, sull'edificio e/o sui dispositivi impiantistici effettuate secondo le normative tecniche di riferimento vigenti, nazionali o internazionali, o, in mancanza di tali norme, dalla letteratura tecnico-scientifica; ricavate per analogia costruttiva con altri edifici e sistemi impiantistici coevi, integrate da banche dati o abachi nazionali, regionali o locali.*

Nell'ambito di tale procedura sono utilizzabili, nel rispetto dei limiti indicati, metodi di calcolo semplificati.

### 15.4 METODO DI CALCOLO DI PROGETTO

Per quanto riguarda il calcolo dei parametri, degli indici di prestazione energetica e dei rendimenti, di cui al capitolo 3, e agli schemi di relazione tecnica di cui al decreto di cui al comma 1, lettere a) e b), dell'articolo 4, del decreto legislativo, in attuazione della procedura di calcolo di progetto o di calcolo standardizzato di cui al paragrafo 3.1, si procede nel rispetto dell'articolo 11 del decreto legislativo, secondo i seguenti metodi di calcolo:

- j) **Raccomandazione CTI 14/2013** "Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio", o normativa UNI equivalente e successive norme tecniche che ne conseguono;
- k) **UNI/TS 11300 – 1** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
- l) **UNI/TS 11300 – 2** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione;
- m) **UNI/TS 11300 – 3** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
- n) **UNI/TS 11300 – 4** Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria;

A queste norme si stanno per aggiungere, non appena saranno pubblicate, le nuove norme:

- o) **UNI TS 11300 – 5:** Prestazioni Energetiche degli Edifici: calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili;
- p) **UNI TS 11300 – 6:** Prestazioni Energetiche degli Edifici - Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.

Sono inoltre di riferimento le norme:

- q) **UNI EN 15193** - Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.
- r) **UNI TR 11552**: - Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici.

Il metodo di calcolo di progetto è applicabile a tutte le tipologie edilizie, sia per gli edifici nuovi che per quelli esistenti, indipendentemente dalla loro dimensione.

## 15.5 METODO DI CALCOLO DA RILIEVO SULL'EDIFICIO

Per quanto riguarda il calcolo dei parametri, degli indici di prestazione energetica e dei rendimenti, di cui al capitolo 3, e agli schemi di relazione tecnica di cui al decreto di cui al comma 1, lettere a) e b), dell'articolo 4, del decreto legislativo, in attuazione della "procedura di calcolo da rilievo sull'edificio", di cui al precedente paragrafo 3.2, sono previsti i seguenti livelli di approfondimento.

### 15.5.1 RILIEVO IN SITO (METODO ANALITICO E PER ANALOGIA COSTRUTTIVA)

In merito alla procedura di rilievo in situ, il metodo di calcolo è quello previsto dalle medesime norme tecniche di cui al paragrafo 4.1, con riferimento alle relative semplificazioni ivi previste per gli edifici esistenti (a tal fine, le predette norme prevedono infatti, per gli edifici esistenti, modalità di determinazione dei dati descrittivi dell'edificio e degli impianti sotto forma di abachi e tabelle in relazione, a esempio, alle tipologie e all'anno di costruzione) previa verifica della loro congruenza con le reali caratteristiche dell'edificio oggetto di valutazione energetica da realizzarsi mediante rilievo in situ, eventualmente con l'ausilio di adeguate strumentazioni.

Questo metodo è applicabile a tutti gli edifici esistenti, indipendentemente dalla tipologie edilizia e dalla dimensione.

## 15.6 METODO SEMPLIFICATO "DOCET"

In merito alla procedura di cui al paragrafo 3.2, lettere a) e b), in alternativa al metodo di calcolo di cui al paragrafo 4.2.1, si fa riferimento al metodo di calcolo DOCET, predisposto da ENEA in collaborazione con il CNR, il cui software applicativo è disponibile sui rispettivi siti internet.

Questo metodo è applicabile agli edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a 200 m<sup>2</sup>.

**DOCET**  
*Software per la Certificazione Energetica di  
Edifici Residenziali Esistenti*

**MANUALE UTENTE**  
Versione 3.2



Ultimo aggiornamento 3 Dicembre 2015

Figura 130: Il nuovo DOCET®

## 2 Campo di applicazione del software

Lo strumento DOCET è predisposto per effettuare certificazioni energetiche di edifici residenziali esistenti con superficie utile inferiore o uguale a 200 m<sup>2</sup> fatta eccezione per i casi in cui si rediga l'APE in conseguenza di una ristrutturazione importante (DM 26.06.2015: Linee Guida per la Certificazione Energetica, allegato 1, par 4.2.2).

Il software restituisce risultati in un range accettabile nel momento in cui viene modellizzato un edificio STANDARD.

Per edificio standard si intende un organismo edilizio che rispetta le seguenti caratteristiche:

- soluzioni costruttive omogenee dove le differenze possano essere mediate (ad es.: altezza interpiano costante, caratteristiche termofisiche dei componenti assimilabili);
- soluzioni impiantistiche standard (ad es. impianto ad acqua con terminali scaldanti omogenei).

La certificazione energetica con DOCET può essere eseguita solo per i seguenti servizi:

- Riscaldamento
- Acqua Calda Sanitaria
- Raffrescamento

Sono pertanto esclusi i servizi di: ventilazione meccanica e illuminazione.

Relativamente agli impianti l'uso di DOCET assume che il sistema impiantistico sia asservito ad un'unica tipologia di generatore di calore. Non è possibile pertanto valutare sistemi multi-generativi.

Figura 131: Campi di applicazione del nuovo DOCET

**DOCET**  
CERTIFICAZIONE ENERGETICA  
DI EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI

Versione Delta 2.15.10.35

aggiornata alle normative UNI TS 11300 parti 1 e 2:2014,  
UNI TS 11300 parte 3:2010 e UNI TS 11300 parte 4:2012

DOCET è applicabile esclusivamente agli edifici o alle unità immobiliari residenziali esistenti, con superficie utile inferiore o uguale a 200 m<sup>2</sup>, fatta eccezione per i casi in cui si rediga l'APE in conseguenza di una ristrutturazione importante.

Accetto

**ITC**   
[www.itc.cnr.it](http://www.itc.cnr.it)

  
Ministero dello Sviluppo Economico

**ENEA**  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Per maggiori informazioni [www.docet.itc.cnr.it](http://www.docet.itc.cnr.it)

Il software DOCET è stato sviluppato da ITC-CNR sulla base della procedura comunemente elaborata da ITC-CNR ed ENEA. Tutti i Diritti riservati.

Autori:  
ITC-CNR  
Lorenzo Belussi  
Ludovico Dianzani  
Italo Meroni

ENEA  
Gaelano Fasano  
Carlo Romeo  
Michele Zinzi

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Vietata la distribuzione e la vendita. Il software è scaricabile unicamente dal sito: [www.docet.itc.cnr.it](http://www.docet.itc.cnr.it)

Per il calcolo degli indici di prestazione energetica di edifici residenziali esistenti si fa riferimento al software DOCET, come descritto nelle Linee Guida per la certificazione energetica di cui al D.M. 26/06/15.

Figura 132: Pagina iniziale del nuovo DOCET




# DIAGNOSI E CERTIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI

Versione Beta 3.15.09.09

*aggiornata alle normative UNI TS 11300 parti 1 e 2 2014,  
UNI TS 11300 parte 3: 2010 e UNI TS 11300 parte 4:2012*

---

DOCET Involucro Impianti Raccomandazioni APE



## DOCET

**DATI CONTESTO**

Nome Edificio:

Provincia:  Gradi Giorno:

Comune:  Zona Climatica:

Contesto:


**EDIFICI CONFINANTI**

Esposizione:

Numero piani:

**DATI GENERALI**

Figura 133: Pagine di input del nuovo DOCET



# DOCET

Versione 3.15.12.42

## IMPIANTI

**DATI GENERALI**

<input checked="" type="checkbox"/> Tipo produzione	<input type="text" value="Combinata"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Tipo generazione ACS	<input type="text" value="Autonomo"/>	
Tipo generazione riscaldamento	<input type="text" value="Autonomo"/>	

**RISCALDAMENTO**

TELERISCALDAMENTO   
  COMBUSTIONE A BIOMASSE   
  GENERATORE TRADIZIONALE

Tipo generatore	<input type="text" value="A gas a condensazione cl****"/>		
Generatore monostadio	<input checked="" type="checkbox"/>		
Altezza camino	<input type="text" value="&lt;10m"/>		
Posizione generatore	<input type="text" value="installazione all'interno"/>	Temperature di ritorno	<input type="text" value="50 &lt; T &lt; 60"/>
Chiusura aria comburente	<input type="text"/>		
Temperatura media caldaia	<input type="text" value="&lt;65°"/>	Tipo combustibile	<input type="text" value="Gas naturale"/>

POMPA DI CALORE

Tipo generatore

**SOTTOSISTEMI**

Tipo terminale emissione	<input type="text" value="Ventilconvettori"/>		
Tipo regolazione	<input type="text" value="Climatica + ambiente"/>	Tipo distribuzione	<input type="text"/>

Figura 134: Selezione delle tipologie di impianti

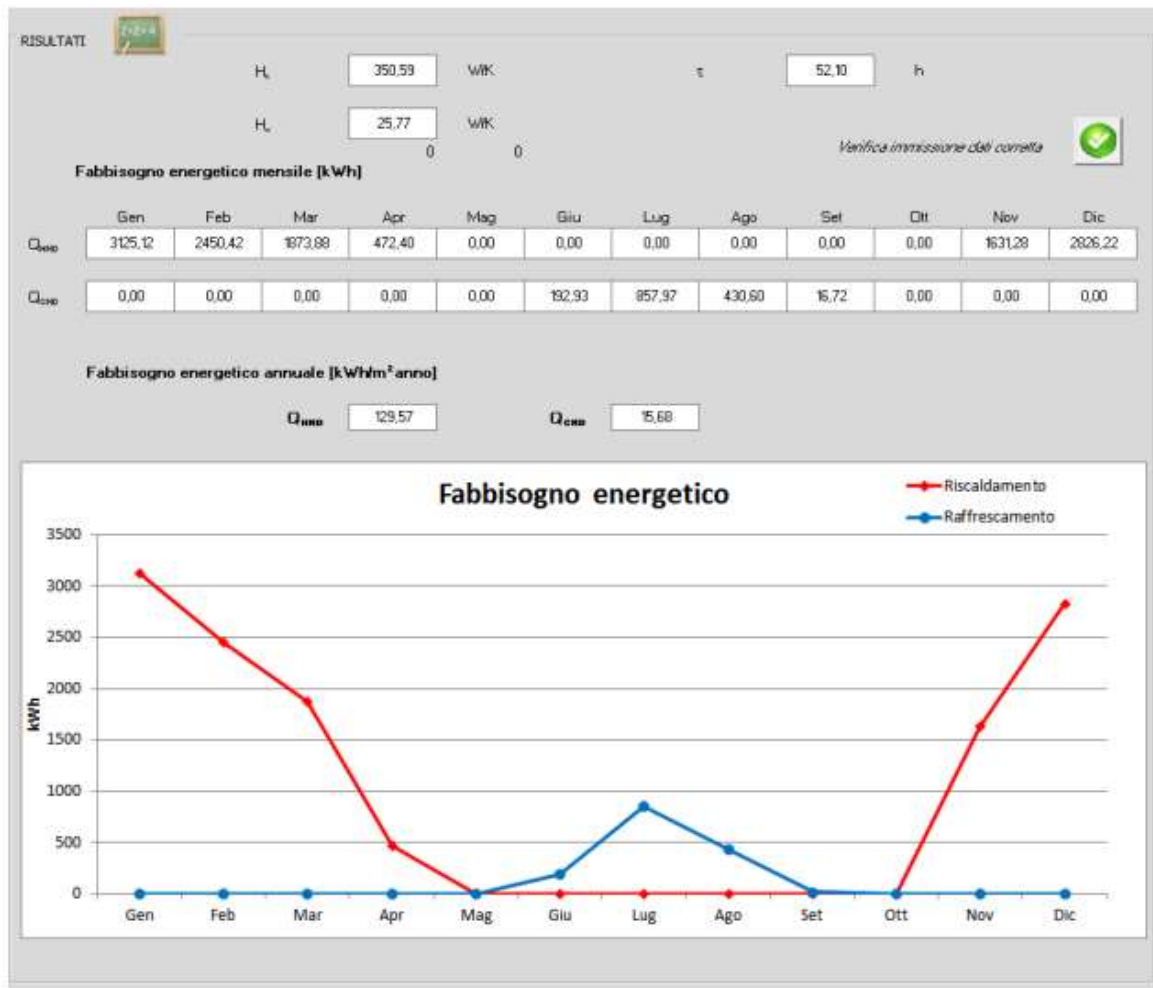


Figura 135: Calcolo dell'energia netta



Figura 136: Calcolo dell'energia primaria



Figura 137: Raccomandazioni per la riqualificazione

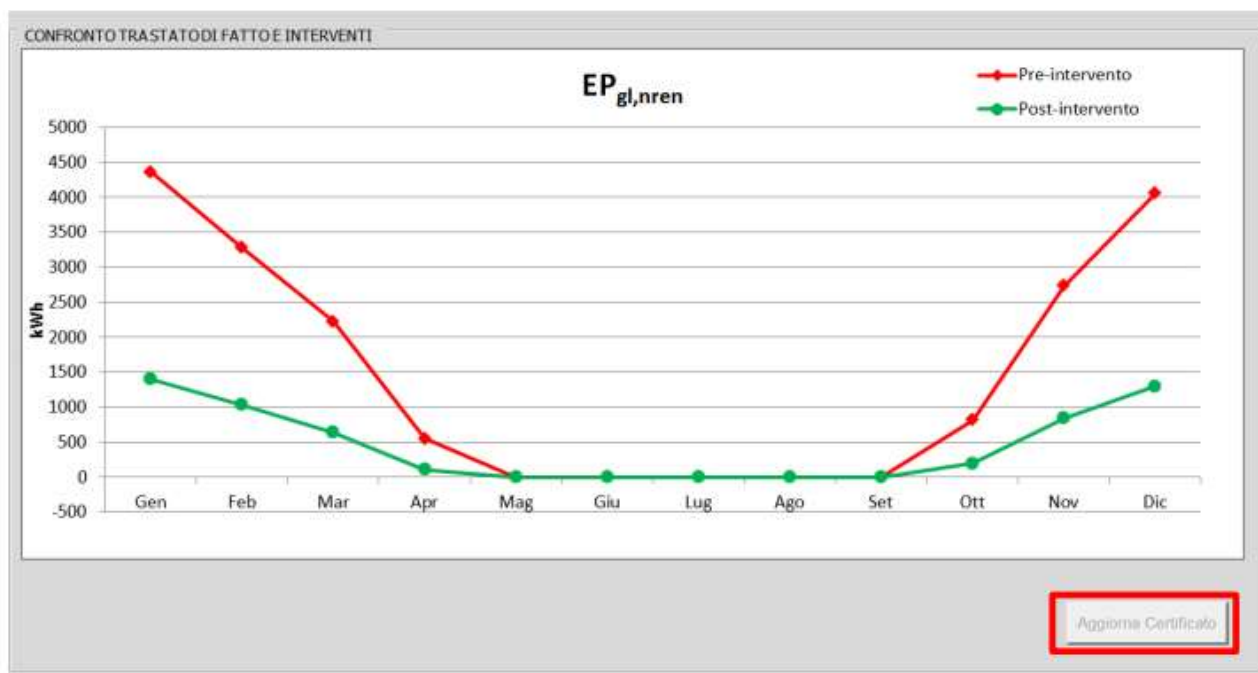


Figura 138: Confronto degli interventi di riqualificazione

### 15.7 NUOVA METODOLOGIA PER LA CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI

L’APE, grazie all’attribuzione di specifiche classi prestazionali e le correlate raccomandazioni per la riqualificazione energetica, è uno strumento di orientamento del mercato verso edifici a migliore qualità energetica.

Un attestato correttamente compilato, consente agli utenti finali di valutare e comparare le prestazioni dell’edificio di interesse e di confrontarle con i valori tecnicamente raggiungibili in un corretto rapporto tra i costi di investimento e i benefici che ne derivano. Le esperienze maturate con l’applicazione della Direttiva 2002/91/CE a livello regionale, nazionale ed europeo, rilevano diversi sistemi di classificazione energetica degli edifici che, in alcuni casi, possono coprire anche aspetti di sostenibilità ambientale.

Nel seguito è fornita la metodologia di classificazione adottata a livello nazionale per il raggiungimento degli obiettivi posti dalla direttiva 2010/31/CE, in relazione allo stato del patrimonio edilizio nazionale, valutato nella sua globalità territoriale.

Rispetto alla preesistente normativa, sono state introdotte diverse novità poiché, come già indicato nel capitolo 2, per il cittadino, proprietario o conduttore dell'edificio, è importante conoscere come la qualità dell'involucro edilizio e degli impianti contribuiscono al raggiungimento del livello di prestazione globale al fine di poter mettere *a fuoco* le più significative carenze energetiche dell'edificio e orientare le priorità di intervento.

#### 15.7.1 RAPPRESENTAZIONE DELLE PRESTAZIONI, SCALA DELLE CLASSI E SOGLIA DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO

La classe energetica dell'edificio è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio  $EP_{gl,nr}$ , per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica ben definito.

La classe energetica è contrassegnata da un indicatore alfanumerico in cui la lettera G rappresenta la classe caratterizzata dall'indice di prestazione più elevato (maggiori consumi energetici), mentre la lettera A rappresenta la classe con il miglior indice di prestazione (minori consumi energetici). Un indicatore numerico, affiancato alla lettera A, identificherà i livelli di prestazione energetica in ordine crescente a partire da 1 (rappresentante del più basso livello di prestazione energetica della classe A).

Un apposito spazio, se barrato, indicherà che si tratta di un **“Edificio a energia quasi zero”** come definito dall'Allegato 1, paragrafo 3.4 del **decreto requisiti minimi**. In figura seguente si riporta una rappresentazione grafica della scala sopra descritta.

In corrispondenza della scala delle classi viene evidenziato il requisito minimo previsto dalla legislazione vigente per l'edificio in oggetto, qualora fosse di nuova costruzione, calcolato in conformità al decreto requisiti minimi. Tale indicatore è, per sua natura, variabile in funzione dei requisiti minimi costruttivi in vigore nell'anno in cui viene redatto l'APE.

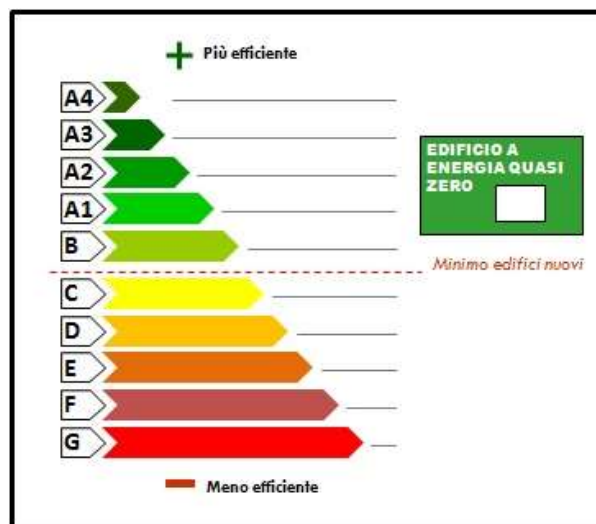


Figura 139: Scala di classificazione della prestazione energetica degli edifici

**La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento ( $EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$ ), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, **ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard**, dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. Tale valore è posto quale limite di separazione tra le classi A1 e B.**

Gli intervalli di prestazione che identificano le altre classi sono ricavati attraverso coefficienti moltiplicativi di riduzione/maggiorazione del suddetto valore  $EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$ , come evidenziato in tabella 3. Ai fini della determinazione della classe energetica complessiva dell'edificio per la redazione dell'APE, in base a quanto suddetto, si procede come segue:

*si determina il valore di  $EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$ , per l'edificio di riferimento secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, dotandolo delle tecnologie standard riportate nella tabella 2, in corrispondenza dei parametri vigenti per gli anni 2019/21;*

*si calcola il valore di  $EP_{gl,nr}$  per l'edificio oggetto dell'attestazione e si individua la classe energetica da attribuire dell'edificio in base alla tabella seguente.*

Climatizzazione invernale	Generatore a combustibile gassoso di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 dello stesso DM
Climatizzazione estiva	Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 dello stesso DM
Ventilazione	In corso di definizione
Acqua calda sanitaria	Generatore a combustibile gassoso di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 dello stesso DM
Illuminazione	In corso di definizione

Tabella 103: Tecnologie standard dell'edificio di riferimento

	<b>Classe A4</b>	$\leq 0,40 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$0,40 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe A3</b>	$\leq 0,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$0,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe A2</b>	$\leq 0,80 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$0,80 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe A1</b>	$\leq 1,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$1,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe B</b>	$\leq 1,20 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$1,20 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe C</b>	$\leq 1,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$1,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe D</b>	$\leq 2,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$2,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe E</b>	$\leq 2,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$2,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe F</b>	$\leq 3,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
	<b>Classe G</b>	$> 3,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$

Tabella 104: Scala di classificazione degli edifici con l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nr}$

Si evidenzia che ai fini della determinazione dei requisiti costruttivi di cui al decreto requisiti minimi, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale.

Differentemente, ai fini del calcolo dell'indice  $EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$  per la classificazione dell'edificio, esso si considera dotato degli **impianti standard** di cui alla Tabella 63. Tale differenza è motivata dal fatto che nel caso del calcolo della prestazione energetica dell'edificio, **riferirsi ad una tecnologia standard permette di valorizzare l'utilizzo di tecnologie più efficienti in termini energetici, sia nelle nuove costruzioni che nelle ristrutturazioni e riqualificazioni, dando riscontro di tali scelte nella classe energetica conseguita.**

D’altro canto, nella definizione dei requisiti minimi costruttivi per gli edifici nuovi e sottoposti a ristrutturazione importante, riferirsi agli stessi impianti di produzione di energia dell’edificio reale permette di garantire che su di essi, indipendentemente dalla tecnologia, siano rispettati requisiti minimi di efficienza più sfidanti lasciando al contempo al progettista maggiore libertà di scelta.

**15.8 IL NUOVO FORMATO DELL’APE**

I nuovi decreti ridefiniscono i formati per la classificazione energetica, per l’APE e per l’AQE, come indicato nelle figure seguenti.

Logo Regione

**ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI**  
 CODICE IDENTIFICATIVO: \_\_\_\_\_ VALIDO FINO AL: \_\_\_\_\_

DATI GENERALI

**Destinazione d'uso**

 Residenziale  
 Non residenziale  
  
 Classificazione D.P.R. 412/93: \_\_\_\_\_

**Oggetto dell'attestato**

 Intero edificio  
 Unità immobiliare  
 Gruppo di unità immobiliari  
  
 Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: \_\_\_\_\_

Nuova costruzione  
 Passaggio di proprietà  
 Locazione  
 Ristrutturazione importante  
 Riqualificazione energetica  
 Altro: \_\_\_\_\_

**Dati identificativi**

Regione : \_\_\_\_\_  
 Comune : \_\_\_\_\_  
 Indirizzo : \_\_\_\_\_  
 Piano : \_\_\_\_\_  
 Interno : \_\_\_\_\_  
 Coordinate GIS : \_\_\_\_\_

Zona climatica : \_\_\_\_\_  
 Anno di costruzione : \_\_\_\_\_  
 Superficie utile riscaldata (m<sup>2</sup>) : \_\_\_\_\_  
 Superficie utile raffrescata (m<sup>2</sup>) : \_\_\_\_\_  
 Volume lordo riscaldato (m<sup>3</sup>) : \_\_\_\_\_  
 Volume lordo raffrescato (m<sup>3</sup>) : \_\_\_\_\_

Comune catastale	Sezione	Foglio	Particella
Subalterni da a da a da a			
Altri subalterni			

**Servizi energetici presenti**

Climatizzazione invernale  
 Climatizzazione estiva

Ventilazione meccanica  
 Prod. acqua calda sanitaria

Illuminazione  
 Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

**Prestazione energetica del fabbricato**

INVERNO	ESTATE
 ☺ ☹ ☹ ☹	 ☺ ☹ ☹ ☹

**Prestazione energetica globale**

+ Più efficiente

- Meno efficiente

EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO  
**CLASSE ENERGETICA X**  
 EP<sub>gl,nren</sub>  
 kWh/m<sup>2</sup> anno

**Riferimenti**

Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione:

Se nuovi: Y (EP<sub>gl,nren</sub>)

Se esistenti: Z (EP<sub>gl,nren</sub>)

Figura 140: Prima pagina del nuovo APE



### 15.8.1 DATI SULLA CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

In questo riquadro si ha l'evidenziazione delle **scale energetiche in modo grafico e numerico** oltre alle prestazioni energetiche del fabbricato per l'inverno e per l'estate.

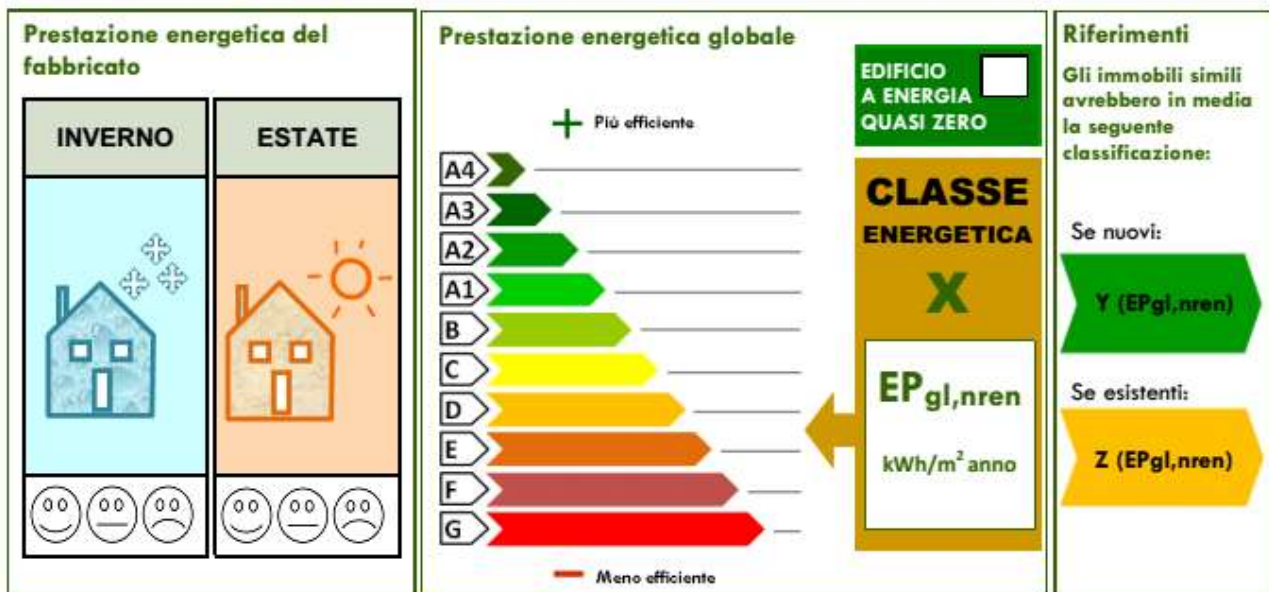


Figura 141: Riquadri sulla classificazione energetica e prestazioni di involucro

### 15.8.2 RIFERIMENTI ENERGETICI

In questo apposito spazio si indicano alcuni **riferimenti** che possono essere utili per fare una comparazione delle prestazioni energetiche.

Il riquadro riporta **gli indici di prestazione e la classificazione per gli edifici aventi le stesse caratteristiche dell'immobile oggetto di APE** nel caso che essi siano nuovi (quindi nel rispetto dei requisiti per gli edifici nuovi disposti dal decreto requisiti minimi) e nel caso che essi siano esistenti (l'indice in questo caso è riferito alla prestazione media degli edifici analoghi).

Nel primo caso "se nuovi", il **software simula un edificio uguale al nostro ma con tutti i parametri dell'edificio di riferimento requisiti minimi**, quindi simulando che sia una nuova costruzione con i requisiti minimi alla data di redazione dell'attestato.

A questo punto il software fa il bilancio energetico dell'edificio e calcola l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$  e lo riporta nel riquadro giallo.

Il software poi confronta questo valore con l'edificio di riferimento "della classe energetica", per poter attribuire la classe energetica a questo edificio "nuovo" e a riporta al posto della lettera Y.

Così, **se stiamo certificando un edificio esistente, potremo confrontare le prestazioni dell'edificio con quelle di un edificio identico al nostro, ma che rispetta i requisiti minimi energetici alla data di presentazione dell'attestato.**

La compilazione del campo relativo alla prestazione energetica media degli edifici **esistenti** analoghi a quello oggetto di APE, è obbligatoria a decorrere da **18 mesi** dall'entrata in vigore delle presenti Linee guida. A tal fine, l'**ENEA** mette a disposizione le informazioni utili all'adempimento di tale obbligo.



Figura 142: Riquadro dei Riferimenti

**15.8.3 PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI IMPIANTI**

L’APE deve riportare, nella seconda pagina, la descrizione delle prestazioni energetiche degli impianti e la stima dei consumi di energia. Inoltre vengono indicate le prestazioni energetiche dell’edificio espresse con i seguenti indici:

- **indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell’edificio EP<sub>gl,nren</sub>** , kWh/(m<sup>2</sup> anno);
- **indice di prestazione energetica globale rinnovabile dell’edificio EP<sub>gl,ren</sub>** , kWh/(m<sup>2</sup> anno);
- **emissioni di CO<sub>2</sub>** , kg/(m<sup>2</sup> anno).

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE		Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete		Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP <sub>gl,nren</sub> kWh/m <sup>2</sup> anno
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP <sub>gl,ren</sub> kWh/m <sup>2</sup> anno
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		Emissioni di CO <sub>2</sub> kg/m <sup>2</sup> anno
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		

Figura 143: Dati sulle prestazioni energetiche degli impianti

Ai fini del calcolo dei consumi energetici si utilizzano i dati della seguente tabella.

Fonti energetiche utilizzate	Quantità annua consumata in uso standard		P.C.I.		CO <sub>2</sub> prodotta Kg/kWh
Energia elettrica da rete		kWh			0,4332
Gas naturale		Sm <sup>3</sup>	9,45	kWh/Sm <sup>3</sup>	0,1969
GPL					
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )		Sm <sup>3</sup>	24,44	kWh/Sm <sup>3</sup>	0,2284
Butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )			32,25		0,2308
Miscela 70% di (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) + 30% di (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )			26,78		0,2291
Carbone		kg	7,92	kWh/kg	0,3402
Gasolio/ olio combustibile		kg	11,86	kWh/kg	0,2642
			11,47		0,2704
Biomasse solide		kg	4,88 <sup>(1)</sup>	kWh/kg	0,0412
Biomasse liquide			10,93 <sup>(1)</sup>	kWh/kg	0,0823
Biomasse gassose			6,40 <sup>(1)</sup>	kWh/kg	0,0823
Solare fotovoltaico		kWh			0
Solare termico		kWh			0
Eolico		kWh			0
Teleriscaldamento		kWh			0,3088
Teleraffrescamento		kWh			0,1029
Altro (specificare)		<sup>(2)</sup> kWh			<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> valore da adottare in mancanza del dato dichiarato dal fornitore della biomassa.

<sup>(2)</sup> dato da documentare a cura del soggetto certificatore.

Tabella 105: Poteri caloriferi dei combustibili

#### 15.8.4 INDICAZIONE DEI DATI SUL FABBRICATO

Nella terza pagina si hanno le indicazioni di dettaglio del fabbricato. Valgono le definizioni presenti all'art.2 del D.M.26/06/2015 requisiti minimi:

- superficie disperdente S** (m<sup>2</sup>): superficie che delimita il volume climatizzato V rispetto all'esterno, al terreno, ad ambienti a diversa temperatura o ambienti non dotati di impianto di climatizzazione;
- volume climatizzato V** (m<sup>3</sup>): volume lordo delle parti di edificio climatizzate come definito dalle superfici che lo delimitano;
- rapporto di forma (S/V)**: rapporto tra la superficie disperdente S e il volume climatizzato V. Inoltre è necessario indicare il valore di:
  - EP<sub>H,nd</sub> **indice di prestazione termica utile per il riscaldamento**
  - A<sub>sol,est</sub>/A<sub>sup utile</sub> **area solare equivalente estiva per unità di superficie utile**
  - Y<sub>IE</sub> **trasmissione termica periodica** prendendo in considerazione il valore medio pesato in base alle superfici, con l'esclusione delle superfici verticali esposte a Nord.

ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO		
V – Volume riscaldato		m <sup>3</sup>
S – Superficie disperdente		m <sup>2</sup>
Rapporto S/V		
EP <sub>H,nd</sub>		kWh/m <sup>2</sup> anno
A <sub>Sol,est</sub> /A <sub>sup utile</sub>		-
Y <sub>IE</sub>		W/m <sup>2</sup> K

Figura 144: Riquadro sui dati del fabbricato

**15.8.5 DATI PER GLI IMPIANTI SUI SERVIZI ENERGETICI**

In questa parte sono riportati dati di dettaglio degli impianti suddividendoli per servizio energetico. Le somme di EP<sub>ren</sub> deve coincidere con EP<sub>gl,ren</sub> e la somma di EP<sub>nren</sub> deve coincidere con EP<sub>gl,nren</sub> entrambi riportati nella pagina precedente.

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI									
Servizio energetico	Tipi di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza nominale kW	Efficienza media stagionale		EP <sub>ren</sub>	EP <sub>nren</sub>
Climatizzazione invernale	1-					η <sub>n</sub>			
	2-								
Climatizzazione estiva	1-					η <sub>c</sub>			
	2-								
Prod. acqua calda sanitaria						η <sub>w</sub>			
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili	1-								
	2-								
Ventilazione meccanica									
Illuminazione									
Trasporto di persone o cose	1-								
	2-								

Figura 145: Dati relativi ai dettagli di impianto

**15.8.6 DATI PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE**

Per la **climatizzazione invernale** si indicheranno i generatori che coprono quel servizio. Per esempio:

- 1 caldaia a condensazione
- 2 pompa di calore aria-aria.

Va poi riportato l’anno di installazione, il codice del catasto regionale degli impianti termici (o quello provinciale o comunale per il momento), il vettore energetico utilizzato, la potenza nominale. Infine vanno indicati per servizio l’efficienza media stagionale e gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile, in questo caso  $EP_{H,nren}$  e  $EP_{H,ren}$ .

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Climatizzazione invernale	1-					$\eta_H$		
	2-							

Figura 146: Dati per la climatizzazione invernale

**15.8.7 DATI PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA**

Per la **climatizzazione estiva** si indicheranno i generatori che coprono quel servizio. Va poi riportato l’anno di installazione, il codice del catasto regionale degli impianti termici (o quello provinciale o comunale per il momento), il vettore energetico utilizzato, la potenza nominale.

Infine vanno indicati per servizio l’efficienza media stagionale e gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile, in questo caso  $EP_{C,nren}$  e  $EP_{C,ren}$ .

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Climatizzazione estiva	1-					$\eta_C$		
	2-							

Figura 147: Dati per la climatizzazione estiva

**15.8.8 DATI PER LA PRODUZIONE DI ACS**

Per la **produzione di acqua calda sanitaria** si indicheranno i generatori che coprono quel servizio. Va poi riportato l’anno di installazione, il codice del catasto regionale degli impianti termici (o quello provinciale o comunale per il momento), il vettore energetico utilizzato, la potenza nominale.

Infine vanno indicati per servizio l’efficienza media stagionale e gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile, in questo caso  $EP_{W,nren}$  e  $EP_{W,ren}$ .

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Prod. acqua calda sanitaria						$\eta_W$		

Figura 148: Dati per la produzione di ACS



**15.8.9 DATI PER IMPIANTI COMBINATI**

La riga **impianti combinati** per il momento non va per il momento compilata.

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Impianti combinati								

Figura 149: Dati per impianti combinati

**15.8.10 DATI PER LE FER**

Per la **produzione da fonti rinnovabili** si indicheranno gli impianti utilizzando fonti rinnovabili in situ presenti nell’edificio, quali, ad esempio pompe di calore (anche se già indicato sopra), solare termico, fotovoltaico, ecc. Per questi impianti ci si limiterà ad indicare l’anno di installazione e la potenza nell’apposita colonna.

In particolare si indicheranno: potenza di picco per il fotovoltaico, la potenza nominale elettrica per il mini-eolico, la potenza utile per le pompe di calore. Nel caso di collettori solari termici, invece della potenza in kW si indicherà il valore della superficie di apertura installata in m<sup>2</sup>. Non vanno indicati l’efficienza media stagionale e gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile.

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Produzione da fonti rinnovabili	1-							
	2-							

Figura 150: Dati per le FER

**15.8.11 DATI PER LA VENTILAZIONE MECCANICA**

Per la **ventilazione meccanica** si indicherà il tipo di impianto. Va poi riportato l’anno di installazione, il vettore energetico utilizzato, la potenza nominale intesa come potenza totale dei ventilatori.

Infine vanno indicati gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile, in questo caso EP<sub>V,nren</sub> e EP<sub>V,ren</sub>.

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Ventilazione meccanica								

Figura 151: Dati per la Ventilazione Meccanica

**15.8.12 DATI PER L'ILLUMINAZIONE**

Per l'**illuminazione** si indicherà il tipo di lampade presenti nell'edificio: lampade ad incandescenza, a fluorescenza, a led, a scarica. Va poi riportato l'anno di installazione, il vettore energetico utilizzato, la potenza nominale intesa come la somma delle potenze per l'illuminazione interna degli ambienti.

Infine vanno indicati gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile, in questo caso  $EP_{L,nren}$  e  $EP_{L,ren}$ .

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Illuminazione								

Figura 152: Dati per l'Illuminazione

**15.8.13 DATI PER IL TRASPORTO DI PERSONE O COSE**

Per il **trasporto di persone o cose** si indicherà il tipo ascensori, scale mobili... presenti nell'edificio: ascensore con motore elettrico a fine corsa con contrappeso, ascensore con motore elettrico a fune con argano agganciato, ascensore idraulico, scala mobile, marciapiede mobile. Va poi riportato l'anno di installazione, il vettore energetico utilizzato, la potenza nominale intesa come potenza del motore. Infine vanno indicati gli indici di prestazione energetica non rinnovabile e rinnovabile, in questo caso  $EP_{T,nren}$  e  $EP_{T,ren}$ .

Il servizio relativo al trasporto di persone o cose per il momento è disattivo. sarà attivo a decorrere da 90 giorni dalla data della pubblicazione della norma UNI TS 11300-6, cioè dal 29/06/2016.

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale	EPren	EPnren
Trasporto di persone o cose	1-							
	2-							

Figura 153: Dati per il Trasporto di persone o cose

**15.8.14 INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA SUGGERITI**

In questa sezione dell'APE sono riportati gli **interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili**, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

L'art.4 del DM 26/06/2015 stabilisce che ogni APE riporti obbligatoriamente pena l'invalidità: **...le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente convenienti, distinguendo gli interventi di ristrutturazione importanti da quelli di riqualificazione energetica.**

Ogni APE riporta, inoltre, le informazioni correlate al miglioramento della prestazione energetica, quali gli **incentivi** di carattere finanziario e l'opportunità di eseguire **diagnosi**



**energetiche. Le raccomandazioni quindi sono un elemento obbligatorio del certificato, pena la sua invalidità.** Le raccomandazione vanno sempre inserite, anche per quelli ad altissima prestazione energetica.

Anche un edificio nZEB potrebbe migliorare la prestazione energetica (anche se, molto probabilmente, non sarà conveniente dal punto di vista economico).

Sarà responsabilità del certificatore **inserire le raccomandazioni con tempo di ritorno più breve.** Sarà discrezione dell’utente capire che interventi con tempo di ritorno elevato o con miglioramenti di prestazione molto ridotti saranno poco appetibili.

**In assenza di impianto, il certificatore deve inserire almeno le raccomandazioni relative all’involucro,** segnando nelle note che l’edificio non è dotato di impianto e dare indicazioni circa una possibile soluzione impiantistica riguardante il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria. Si consiglia di ordinare gli interventi per tempi di ritorno crescenti.

Analizzando la tabella, nella prima colonna si deve indicare il codice dell’intervento secondo questa classificazione:

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI					
Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell’investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l’intervento (EP <sub>gl,nren</sub> kWh/m <sup>2</sup> anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
REN1		Si /No		Es: X (YYY kWh/m <sup>2</sup> anno)	X  YYY kWh/m <sup>2</sup> anno
REN2					
REN3					
REN4					
REN5					
REN6					

Codice	TIPO DI INTERVENTO
REN1	FABBRICATO - INVOLUCRO OPACO
REN2	FABBRICATO - INVOLUCRO TRASPARENTE
REN3	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - INVERNO
REN4	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - ESTATE
REN5	ALTRI IMPIANTI
REN6	FONTI RINNOVABILI

Figura 154: Dati per la riqualificazione energetica

**INFORMAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA**

La sezione riporta informazioni sulle opportunità, anche in termini di strumenti di sostegno nazionali o locali, legate all’esecuzione di diagnosi energetiche e interventi di riqualificazione energetica, comprese le ristrutturazioni importanti.

Figura 155: Riquadro sul miglioramento della prestazione energetica

### 15.8.15 DATI PER IL SOGGETTO CERTIFICATORE

In questa parte vanno inseriti i dati del **soggetto certificatore energetico**.

SOGGETTO CERTIFICATORE	
<input type="checkbox"/> Ente/Organismo pubblico	<input type="checkbox"/> Tecnico abilitato
<input type="checkbox"/> Organismo/Società	
Nome e Cognome / Denominazione	
Indirizzo	
E-mail	
Telefono	
Titolo	
Ordine/iscrizione	
Dichiarazione di indipendenza	
Informazioni aggiuntive	

Figura 156: Dati per il Certificatore

### 15.8.16 INDICAZIONE DEI SOPRALLUOGHI

In questa parte si dichiara di aver eseguito almeno un **sopralluogo** sull'edificio. Nel software viene richiesto di inserire le date dei sopralluoghi effettuati, anche se non vengono riportate sul certificato.

SOPRALLUOGHI E DATI DI INGRESSO	
E' stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio obbligatorio per la redazione del presente APE?	Si / No

Figura 157: Dati per i Sopralluoghi effettuati

### 15.8.17 INDICAZIONE SUL SOFTWARE UTILIZZATO

In questa parte si dichiara di aver utilizzato un **software** certificato dal CTI. Viene richiesto anche il nome del software e il **numero del accreditamento** al CTI. Inoltre è necessario indicare se si è utilizzato un software che utilizza un **metodo di calcolo semplificato**.

Oggi è anche disponibile il software **DOCET** predisposto dall'ENEA per superfici fino a 200 m<sup>2</sup>.

SOFTWARE UTILIZZATO	
Il software utilizzato risponde ai requisiti di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti rispetto ai valori ottenuti per mezzo dello strumento di riferimento nazionale?	Si / No
Ai fini della redazione del presente attestato è stato utilizzato un software che impieghi un metodo di calcolo semplificato?	Si / No

Figura 158: Dati sul Software utilizzato

### 15.8.18 PRESTAZIONE ENERGETICA INVERNALE ED ESTIVA DELL'INVOLUCRO.

Nell'APE sono indicate, oltre alla classe energetica basata sull'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio, anche la prestazione energetica invernale ed estiva dell'involucro, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Tali informazioni sono fornite nella prima pagina dell'APE sotto forma di un indicatore grafico del livello di qualità, secondo quanto riportato nella tabella seguente.

L'indicatore di cui alla tabella seguente è definito a partire dal valore dell'indice di prestazione termica utile dell'edificio di riferimento ( $EP_{nd,Lst(2019/21)}$ ), calcolato secondo quanto previsto dal decreto requisiti minimi, ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri.

Tale valore è posto quale limite di separazione tra gli involucri edilizi di qualità alta e di qualità media.







Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 * EP_{H,nd,L(2019/21)}$	Alta	
$1 * EP_{H,nd,L(2019/21)} < EP_{H,nd} \leq 1,7 * EP_{H,nd,L(2019/21)}$	Media	
$EP_{H,nd} > 1,7 * EP_{H,nd,L(2019/21)}$	Bassa	
Prestazione estiva dell'involucro	Qualità	Indicatore
$A_{sol.est}/A_{utile} \leq 0.03, Y_{IE} \leq 0.14$	Alta	
$A_{sol.est}/A_{utile} \leq 0.03, Y_{IE} > 0.14$ $A_{sol.est}/A_{utile} > 0.03, Y_{IE} \leq 0.14$	Media	
$A_{sol.est}/A_{utile} > 0.03, Y_{IE} > 0.14$	Bassa	

Tabella 106: Indicatore della prestazione energetica invernale ed estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti.

Nel caso della trasmittanza termica periodica si prende in considerazione il **valore medio pesato in base alle superfici**, con l'esclusione delle superfici verticali esposte a Nord.

Nel caso di immobili con esposizione esclusivamente Nord delle superfici verticali, la trasmittanza termica periodica è posta pari a **0,14**.

Logo Regione	<b>ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____							
<b>DATI TECNICI GENERALI</b>								
Analisi energetica relativa a		1 <input type="button" value="v"/>		N. di unità immobiliari				
Regione		Comune		CAP				
Indirizzo				Piano	Int.			
Tipologia edilizia	2 <input type="button" value="v"/>		Uso prevalente	3 <input type="button" value="v"/>		Proprietà	4 <input type="button" value="v"/>	
Anno di costruzione		Zona climatica invernale		Zona climatica estiva		Coordinate GIS		
<b>DATI CATASTALI</b>								
Foglio		Particella		Sub.		Sex.	Identificativo	
<b>DATI DEL FABBRICATO</b>								
<b>CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE</b>				<b>SUPERFICI E RAPPORTO DI FORMA</b>				
COPERTURA				5 <input type="button" value="v"/>		Superficie utile riscaldata	m <sup>2</sup>	
STRUTTURA				6 <input type="button" value="v"/>		Superficie utile non riscaldata	m <sup>2</sup>	
INFISSI E FINESTRE						V – Volume riscaldato	m <sup>3</sup>	
telaio	7 <input type="button" value="v"/>	m <sup>2</sup>				S – Superficie disperdente	m <sup>2</sup>	
vetro	8 <input type="button" value="v"/>	m <sup>2</sup>				Rapporto S/V		
ombreggiatura	9 <input type="button" value="v"/>	m <sup>2</sup>				EP <sub>H,nd</sub>	kWh/m <sup>2</sup> anno	
						EP <sub>C,nd</sub>	kWh/m <sup>2</sup> anno	
<b>DATI DEGLI IMPIANTI</b>								
Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Vettore/fonte	Potenza Nominale kW	η		Fattore di conversione	Manutenzione più recente anno
Climatizzazione invernale					η <sub>n</sub>			
Climatizzazione estiva					η <sub>c</sub>			
Ventilazione meccanica								
Produzione acqua calda sanitaria					η <sub>w</sub>			
Illuminazione								
Produzione di energia da fonti rinnovabili 1								
Produzione di energia da fonti rinnovabili 2								
<b>Totale consumi di energia primaria da fonti non rinnovabili</b>				<b>EP<sub>glnr</sub></b>		_____	kWh/m <sup>2</sup> anno	
<b>Totale consumi di energia primaria da fonti rinnovabili</b>				<b>EP<sub>glr</sub></b>		_____	kWh/m <sup>2</sup> anno	
<b>Totale consumi di energia primaria</b>				<b>EP<sub>gltot</sub></b>		_____	kWh/m <sup>2</sup> anno	
<b>Energia esportata</b>	_____ kWh/anno		<b>Tipo di energia:</b> _____			<b>Fonte energetica:</b> _____		

Figura 159: Formato Attestato di Qualificazione Energetica

### 15.9 OPERAZIONI DA ESEGUIRE DA PARTE DEL CERTIFICATORE

Entro i **quindici giorni** successivi alla trasmissione, in forma di **dichiarazione sostitutiva di atto notorio**, della copia del certificato alla Regione o Provincia autonoma competente per territorio, il soggetto certificatore procede alla consegna dell'APE al richiedente.

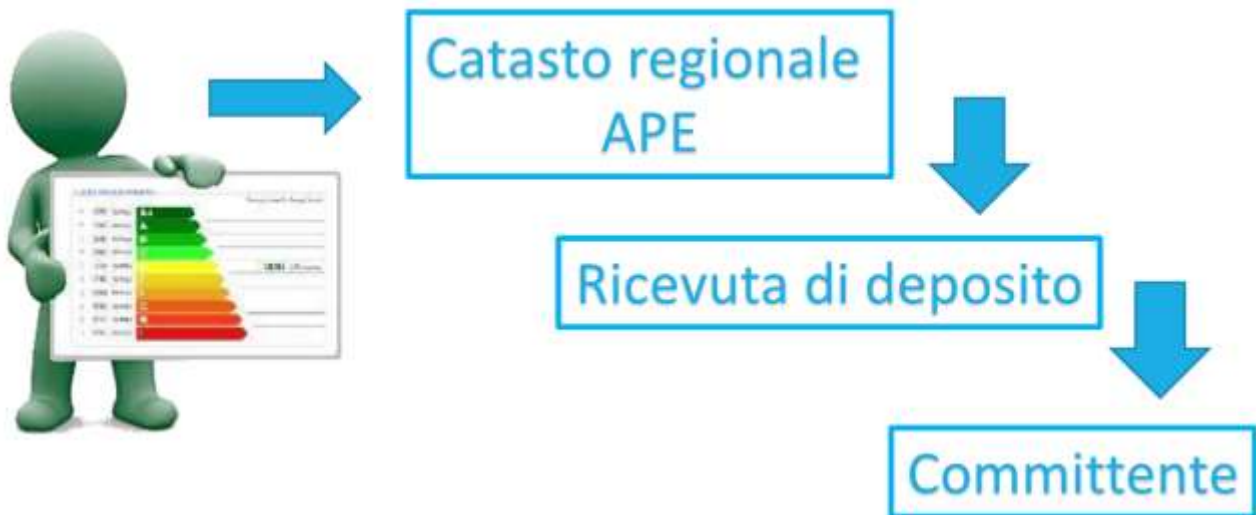


Figura 160: Operazioni del Certificatore

### 15.10 MONITORAGGI E CONTROLLI

#### Criteri di controllo della qualità del servizio di certificazione energetica

Le Regioni e le Province autonome adottano le misure necessarie per l'attuazione dei piani e procedure di controllo:

- della qualità del servizio di attestazione della prestazione energetica,
- dell'effettiva emissione dell'APE, nei casi previsti dalla normativa vigente,
- del rispetto degli adempimenti relativi alla pubblicazione delle informazioni sulla qualità energetica degli edifici negli annunci di vendita e locazione.

E' necessario analizzare **almeno il 2% degli APE** depositati territorialmente in ogni anno solare.

I controlli di cui al comma 1 sono prioritariamente orientati alle classi energetiche più efficienti e comprendono tipicamente:

1. **l'accertamento documentale** degli APE, ivi inclusa la verifica del rispetto delle procedure di cui alle Linee guida;
2. le **valutazioni di congruità e coerenza** dei dati di progetto o di diagnosi con la procedura di calcolo e i risultati espressi;
3. le **ispezioni** delle opere o dell'edificio.

### 15.11 NUOVO SISTEMA INFORMATIVO SIAPE

L'ENEA istituisce la banca dati nazionale, denominata **SIAPE**, per la raccolta dei dati relativi:

- agli APE,
- agli impianti termici
- ai relativi controlli e ispezioni:

i. numero dei certificati registrati;

ii. numero dei certificati controllati;

iii. numero dei certificati validati a seguito di controllo.

Le regioni e le provincie autonome, entro il 31 marzo di ogni anno, alimentano il SIAPE con i dati relativi all'anno ultimo trascorso.

### 15.12 OSSERVAZIONI SULLA NUOVA APE

Con l'entrata in vigore dei nuovi decreti attuativi emergono alcune incongruenze sul nuovo APE e in particolare nel caso di edifici **privi** di impianti.

Il nuovo decreto prevede che se mancano gli impianti di riscaldamento e ACS occorre immaginare che l'edificio di riferimento sia dotato di **impianti standard** riportati nel decreto (rendimento di utilizzazione fissato e generatore standard a gas).

Pertanto nell'APE di un edificio privo di impianti compare anche un consumo annuale di gas che in realtà non esiste.

Questa nuova metodologia può far migliorare di molto la classe energetica. Se con la vecchia normativa si aveva la classe **G** adesso si può avere anche la **A1**, il che è paradossale per un edificio privo di impianti.

Ai fini della determinazione della classe energetica complessiva dell'edificio per la redazione dell'APE si determina per l'edificio di riferimento il valore di  $EP_{gl,nren,rif,2019/21}$ , dotandolo di componenti aventi trasmittanze conformi ai valori vigenti per gli anni 2019/21 e delle tecnologie standard (*generatore a combustibile gassoso per riscaldamento e acqua calda sanitaria; macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico per climatizzazione estiva*).

Pertanto **gli edifici di riferimento sono completamente differenti fra verifica energetica e classificazione energetica**: ai fini della determinazione dei requisiti costruttivi di cui al decreto requisiti minimi, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale.

Differentemente, ai fini del calcolo dell'indice di prestazione  $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$  per la classificazione dell'edificio, esso si considera dotato degli **impianti standard** riportati nel decreto delle linee guida nazionali, **escludendo gli eventuali impianti a fonti rinnovabili presenti nell'edificio reale**.

Tale differenza è motivata dal fatto che, nel caso del calcolo della prestazione energetica dell'immobile, riferirsi ad una tecnologia standard permette di **valorizzare** l'utilizzo di tecnologie più efficienti in termini energetici sia nelle nuove costruzioni che nelle ristrutturazioni e riqualificazioni, dando riscontro di tali scelte nella classe energetica conseguita.



## 16. INDAGINI ENERGETICHE SUGLI EDIFICI

Le procedure per la certificazione energetica prevedono due tipologie di valutazioni: una *a priori* di tipo progettuale e una seconda *a posteriori* per edifici già costruiti. Per questa seconda categoria di valutazioni è necessario conoscere le caratteristiche trasmissive dei componenti di involucro. In particolare occorre sapere il valore della trasmittanza di ogni componente, la presenza di isolante nelle pareti, eventualmente a cappotto, la presenza di ponti termici o di formazione di condensa. In pratica occorre spesso effettuare una diagnosi energetica al fine di migliorare la classe energetica proponendo interventi che riducano i consumi.

Le diagnosi energetiche possono anche orientare il proprietario dell'immobile ad effettuare interventi utili in campo energetico, stimandone i costi e i conseguenti benefici dovuti, principalmente, alla rivalutazione economica dell'immobile.

Questo capitolo parla proprio delle procedure di indagine non distruttiva (IND) mediante termografia o mediante l'utilizzo di altra strumentazione specifica. Questo tipo di indagine risulta fondamentale per fornire al certificatore informazioni sulla qualità energetica dell'involucro edilizio e per indicare le migliori procedure per migliorare le prestazioni energetiche e/o la classe energetica degli edifici esaminati.

Le indagini energetiche sono richieste dal D.Lgs 115/2008 e dal DM 26/06/2015 nel caso di nuovi impianti o ristrutturati con potenza superiore a 100 kW di potenza.

### 16.1 LE INDAGINI ENERGETICHE

Si è più volte ripetuto che il certificatore energetico deve eseguire, oltre alla preparazione dell'attestato di certificazione energetica, anche un'indagine completa sul comportamento energetico dell'edificio.

Il D.Lgs. 115/2008 definisce **diagnosi energetica** una "*procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o di gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici e privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.*"

Pertanto la diagnosi energetica entra a pieno titolo fra le attività del certificatore energetico al fine di certificare lo stato attuale delle performance energetiche dell'edificio e suggerire modalità e interventi per il miglioramento della classe energetica.

Si può dire che la diagnosi energetica è lo strumento più potente per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici esistenti. La diagnosi energetica, infatti, fornisce in modo certo lo stato di salute dell'edificio e dei suoi impianti. Essa è anche la base fondamentale per eseguire una corretta simulazione degli interventi necessari ed opportuni a migliorare l'efficienza energetica degli edifici.

Si osservi che ai sensi dell'art. 18, comma 3, del D.lgs. 115/2008 la **certificazione energetica** si considera equivalente ad una **diagnosi energetica**.

I mezzi per compiere una corretta diagnosi energetica sono, principalmente:

- *acquisizione dei dati storici di consumo energetico;*
- *rilevo dello stato degli impianti in termini di manutenzione, distribuzione e generazione del calore;*
- *rilevo, anche strumentale (ad esempio con termografia) delle strutture edilizie opache con verifica di eventuali punti critici (ad esempio mancanza di coibentazione, presenza di ponti termici, presenza di condensa, ..);*
- *verifica strumentale della trasmittanza termica delle strutture con il termo flussimetro;*
- *verifica dello stato delle superfici vetrate (vetri, serramenti, cassonetti, verifica della tenuta d'aria,...);*
- *verifica dell'impiantistica elettrica e in particolare dei corpi illuminanti e di sicurezza.*

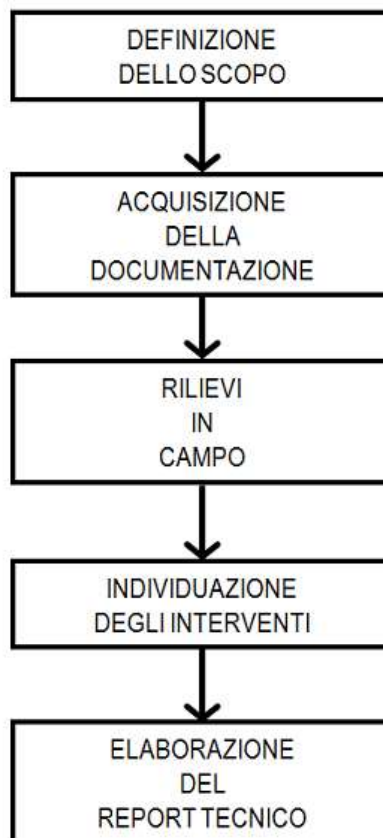


Figura 161: Fasi per effettuare una diagnosi energetica degli edifici

I dati così ottenuti possono essere utilizzati per un'eventuale simulazione (mediante opportuni programmi) del comportamento dell'edificio sulla base delle norme UNI TS 11300.

Si ricordi che la diagnosi energetica propone indici di consumo legati all'energia primaria consumata (verifica *a posteriori*) riconducibile a centri di costo verificabili dall'utente. Possono in seguito ricercarsi le soluzioni tecniche per ottenere un risparmio energetico nei vari reparti impiantistici (conduzione e gestione dell'impianto) e nelle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio (sia opaco sia vetrato). Infine, ove possibile, si può far ricorso all'utilizzo di energie rinnovabili (collettori solari per l'acqua calda sanitaria e pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica) per ridurre l'energia primaria dell'edificio.

L'allegato III della direttiva europea 2006/32/CE riporta un elenco descrittivo di esempi di misure di miglioramento dell'efficienza energetica ammissibili. Tali misure devono sempre tradursi in risparmi energetici verificati e stimati in conformità all'allegati IV della direttiva. Inoltre l'incidenza sul risparmio energetico delle misure proposte non deve essere stata conteggiata in altre misure specifiche.

Per i settori abitativi e terziari si prendono in considerazione:

- *il riscaldamento e il raffrescamento (ad esempio con pompe di calore, nuove caldaie più efficienti (in particolare quelle a condensazione);*
- *isolamento e ventilazione (ad esempio con isolamento delle pareti, dei tetti, sostituzione dei vetri normali con doppi e tripli vetri, utilizzo del riscaldamento e raffreddamento passivo,...)*
- *produzione di acqua calda sanitaria (ad esempio con l'installazione di nuovi dispositivi, uso diretto per lavatrici, ...);*
- *illuminazione (ad esempio con l'uso di nuove lampade e alimentatori a risparmio energetico, sistemi di controllo digitale, rilevatori di movimento negli impianti di illuminazione degli edifici commerciali, ...);*
- *cottura e refrigerazione (con l'utilizzo di nuovi apparecchi più efficienti, sistemi di recupero del calore, ...);*
- *attrezzature avanzate (ad esempio impianti di cogenerazione, sistemi di temporizzazione, riduzione delle perdite di energia in stand-by, riduzione della potenza reattiva, trasformatori a basse perdite, ..);*
- *uso di fonti di energia rinnovabile (sia termica che fotovoltaica).*
- *Nel settore industriale si può agire:*
- *nei processi di fabbricazione dei prodotti;*
- *sui motori e sistemi di trasmissione (ad esempio con l'uso di controlli elettronici, variatori di velocità, conversione di frequenza, motori elettrici ad alto rendimento, ...);*
- *sulle ventole e sui variatori di velocità;*
- *sulla gestione della risposta alla domanda (ad esempio sulla gestione del carico, ...);*
- *sulla cogenerazione ad alto rendimento.*

## 16.2 NORMA UNI EN 16247 PARTE 2

La norma è applicabile alle diagnosi energetiche specifiche per gli edifici. Essa definisce i requisiti, la metodologia ed il rapporto di una diagnosi energetica relativa ad un edificio o a un gruppo di edifici, escludendo le singole residenze private. Essa deve essere applicata congiuntamente alla EN 16247-1 "Diagnosi energetiche Parte 1: Requisiti generali", che integra e rispetto alla quale fornisce ulteriori requisiti.

NORMA EUROPEA	<b>Diagnosi energetiche Parte 2: Edifici</b>	UNI CEI EN 16247-2
		AGOSTO 2014
Energy audits Part 2: Buildings		
La norma è applicabile alle diagnosi energetiche specifiche per gli edifici. Essa definisce i requisiti, la metodologia e la reportistica di una diagnosi energetica relativa a un edificio o a un gruppo di edifici, escludendo le singole residenze private. Essa deve essere applicata congiuntamente alla EN 16247-1 "Diagnosi energetiche – Parte 1: Requisiti generali", che integra e rispetto alla quale fornisce ulteriori requisiti.		

Figura 162: Tesata della UNI EN 16247/1

### 16.2.1 INTRODUZIONE

Una diagnosi energetica può aiutare una qualsiasi organizzazione che gestisce un patrimonio immobiliare (case popolari p.es.) , amministrazioni pubbliche proprietarie di Immobili ed i semplici proprietari privati, ad individuare opportunità di risparmio energetico, cioè miglioramento della prestazione energetica ,e quindi implementarne l'efficienza.

La diagnosi può costituire una parte di un sistema di gestione dell'energia.

L'uso e la gestione di edifici richiede servizi energetici quali:

- *Climatizzazione invernale ed estiva;*
- *Produzione di acqua calda sanitaria;*
- *Ventilazione;*
- *Illuminazione;*
- *Trasporto di persone o cose (ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili).*

Inoltre occorre considerare l'energia richiesta dagli elettrodomestici all'interno dell'edificio.

I consumi di energia dipendono da:

- *Condizioni climatiche locali;*
- *Caratteristiche termo fisiche dell'involucro edilizio,*
- *Condizioni dell'ambiente interno;*
- *Caratteristiche tecniche prestazioni e modalità di gestione degli impianti tecnici presenti;*
- *Attività e processi che si svolgono nell'edificio;*
- *Comportamento degli occupanti e condizioni di esercizio.*

Con riferimento agli edifici, gli elementi oggetto di diagnosi sono simili, tecnicamente semplici e numerosi (soprattutto nel settore residenziale) ma possono essere anche unici, complessi e di tecnologia molto elevata, (come ospedali, piscine e stabilimenti termali).

Le diagnosi energetiche possono naturalmente comprendere interi edifici, parti degli stessi od alcuni impianti tecnici.

Gli indicatori di prestazione energetica (valori di riferimento quando disponibili) o valori di consumo specifico come risultato di dati statistici medi, sono generalmente disponibili al livello nazionale per diverse tipologie costruttive e periodi di costruzione.

Queste informazioni possono essere utilizzate al fine di valutazioni comparative della prestazione energetica con le medie di riferimento nazionale.

### 16.3 REQUISITI DEL SERVIZIO DI DIAGNOSI ENERGETICA

La diagnosi energetica è intrapresa nell'intento di rendere disponibile una descrizione del sistema energetico (**sistema edificio impianto**), definendo i possibili interventi di miglioramento dell'efficienza e quantificandone i conseguenti risparmi.

La DE deve tenere in adeguato conto le attese, le necessità, e i limiti indicati dal committente così da decidere concordemente ambito, modalità esecutive (tempistica e aspetti logistici), obiettivi e scopo della DE.

In quanto procedura sistematica la DE deve possedere i seguenti requisiti:

- **Completezza:** *definizione del sistema energetico comprensivo degli aspetti energetici significativi;*
- **Attendibilità:** *acquisizione di dati reali in numero e qualità necessari per lo sviluppo dell'inventario energetico e sopralluogo del sistema energetico. L'auditor energetico deve*

*comunque verificare che i consumi energetici siano coerenti con i dati di fatturazione o con quanto rilevato dalla strumentazione di misura;*

***Tracciabilità:** identificazione e utilizzo di un inventario energetico, documentazione dell'origine dei dati e dell'eventuale modalità di elaborazione a supporto dei risultati della DE, includendo le ipotesi di lavoro eventualmente assunte;*

***Utilità:** identificazione e valutazione sotto il profilo costi/benefici degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica. Gli interventi devono essere espressi attraverso documentazione adeguata, da trasmettere al committente, e differenziata in funzione delle finalità e dell'ambito di applicazione, trasmessa al committente;*

***Verificabilità:** identificazione degli elementi che consentono al committente la verifica del conseguimento dei miglioramenti di efficienza risultanti dalla applicazione degli interventi proposti.*

Le opportunità di risparmio energetico e/o miglioramento dell'efficienza energetica derivanti dall'esecuzione della diagnosi energetica devono considerare i vincoli imposti dal committente e le possibili interferenze con sicurezza, ambiente, salute e condizioni lavorative.

### 16.3.1 QUALIFICAZIONE

La DE deve essere eseguita da una persona fisica o giuridica che possiede competenze, capacità e strumenti commisurati al tipo di diagnosi intrapresa nonché allo scopo e obiettivo concordati con il committente. Ove tali requisiti non siano presenti possono essere utilizzati dei subfornitori evidenziandone al committente ruoli e responsabilità.

Qualora il soggetto esecutore della diagnosi non sia una persona fisica, deve essere identificato un Referente della DE.

Il Referente della DE deve possedere un'esperienza commisurata al tipo di diagnosi intrapresa.

### 16.3.2 RISERVATEZZA

Si devono considerare come riservate e confidenziali tutte le informazioni ottenute o acquisite durante la procedura di diagnosi. Ciò non esclude la pubblicazione dei risultati previo accordo tra le parti.

### 16.3.3 OBIETTIVITÀ

Si deve considerare preminente l'interesse del committente agendo in maniera imparziale. Il Referente della DE deve mettere a conoscenza il committente circa eventuali conflitti di interesse.

### 16.3.4 SUBFORNITORI

Qualora vengano impiegati subfornitori, questi ultimi devono essere ugualmente soggetti ai requisiti previsti.

## 16.4 REQUISITI DELLA PROCEDURA DI DIAGNOSI ENERGETICA

L'esecutore della DE deve concordare con il committente:

*Obiettivi, bisogni ed aspettative concernenti la Diagnosi Energetica;*

*Scopo e limiti della DE;*

- *Grado di accuratezza richiesta;*
- *Criteri per la valutazione delle misure di risparmio;*
- *Impegno temporale e di risorse richiesto al committente;*
- *Richieste di dati da raccogliere precedentemente all'inizio della DE;*
- *Misure e/o ispezioni prevedibilmente da realizzare durante la DE;*
- *Obblighi (regolamentari o altro) in grado di influenzare lo scopo o altri aspetti della DE proposta;*
- *Programmi strategici (progetti pianificati, outsourcing nella gestione delle attrezzature), sistemi di gestione (ambientale, qualità, SGE) o altre variazioni che possano avere un rapporto (rilevanza) sulla DE e sulle sue conclusioni;*
- *Opinioni e vincoli relativi a potenziali misure di risparmio energetico;*
- *Elaborati da presentare e formato richiesto per il rapporto;*
- *Eventuale presentazione di bozza del rapporto finale per commenti del committente.*

L'esecutore della DE deve informare il committente circa:

- *Ogni attrezzatura, apparecchiatura o strumentazione di misura necessaria alla realizzazione della DE;*
- *Ogni interesse (commerciale od altro) che potrebbe influenzare le sue conclusioni o raccomandazioni;*
- *L'esecutore della DE deve informare il committente sulla disponibilità di sovvenzioni o finanziamenti di cui la DE gode, così come di ogni obbligo, elemento addizionale o altra implicazione nel loro utilizzo.*

L'esecutore della DE deve inoltre richiedere al committente di:

- *Nominare una persona che si rapporti con l'esecutore della DE, ove necessario supportata da altri soggetti adeguati, costituiti in un gruppo per l'esigenza;*
- *Informare il personale coinvolto e le altre parti interessate sulla DE proposta e su ogni esigenza a loro carico possa derivare da questa;*
- *Assicurare la cooperazione delle parti interessate.*

## 16.5 AUDITOR ENERGETICO O ESECUTORE DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

L'esecutore deve garantire i seguenti requisiti.

- **Competenza:** *L'auditor energetico deve dimostrare di avere qualifiche, esperienza e competenza professionale coerenti con lo scopo la complessità e completezza della diagnosi. (Descritti nella 16247 -5 non ancora emanata);*
- **Riservatezza:** *In accordo con il committente deve rispettare tutte le informazioni di carattere commerciale e legale e, che coprano tutti i destinatari della diagnosi, come inquilini, occupanti, addetti alla manutenzione ecc. ...*
- **Obiettività:** *L'auditor energetico dovrà considerare prioritario e supremo l'interesse del committente ed agire in maniera obiettiva. L'auditor energetico dovrà assicurare di garantire per eventuali subfornitori, competenza, riservatezza ed obiettività.*
- **Trasparenza:** *L'auditor energetico dovrà dichiarare l'assenza di conflitto di interessi in modo trasparente, cioè di non avere interessi economici o interessi commerciali in prodotti e processi che possono essere in conflitto con la diagnosi energetica*



## 16.6 ELEMENTI ESSENZIALI PER UNA DIAGNOSI ENERGETICA

Si elencano gli elementi essenziali per una diagnosi energetica.

### 16.6.1 CONTATTO PRELIMINARE

L'energy auditor deve identificare tutti i soggetti dell'organizzazione committente ed il loro ruolo nella proprietà, management, manutenzione dell'edificio ed il loro rispettivo impatto ed interesse sull'utilizzo e sui consumi di energia.

### 16.6.2 Appendice B Tabella B.1 Norma UNI 16247-1

	Possibili destinatari della diagnosi energetica	Fornitore di dati	Da coinvolgere negli incontri	Da coinvolgere per il lavoro in campo
Proprietario di edifici o appartamenti	x	x	x	
Manager (gestore) della proprietà	x	x	x	
Manager delle strutture (facilities)	x	x	x	x
Manager dei servizi energetici		x	x	x
Staff di esercizio e manutenzione		x	x	x
Staff della sicurezza			(x)	(x)
Occupanti				
Staff che vi lavora permanentemente			(x)	Parzialmente
Temporanei (pazienti, clienti in un negozio)				
Inquilini				
commerciali	x	Qualche volta	No senza il destinatario	x
Residenziali	(x)		No senza il destinatario	x

Tabella 107: Tabella B.1 della UNI 16247/1

L'obiettivo della diagnosi dovrebbe essere concordato per comprendere sia i sistemi all'interno dell'edificio che quelli connessi all'edificio. L'ottimizzazione di alcuni specifici sistemi e l'esclusione di altri potrebbe dare risultati falsi.

Gli obiettivi concordati di un audit energetico possono comprendere:

- *Riduzione dei fabbisogni energetici e quindi dei costi in bolletta;*
- *Riduzione dell'impatto ambientale (p.es. riduzione della CO<sub>2</sub>);*
- *Rispetto dei requisiti di legge o volontari;*

Vanno definiti lo scopo della diagnosi ed i confini stessi che possono comprendere:

- *Quali edifici da una lista di edifici o quali parti dell'edificio;*

- *Quali servizi energetici;*
- *Quali impianti e sistemi tecnici;*
- *Quali aree e sistemi all'esterno dell'edificio;*
- *Quali gli indicatori di prestazione energetica più appropriati.*

Va concordato il grado di completezza e precisione della diagnosi tenendo conto di:

- *Tempo di permanenza sul sito;*
- *Scelta dell'elemento o elementi da diagnosticare;*
- *Livello di modellizzazione;*
- *I requisiti per l'utilizzo di strumentazione per le misure;*
- *Il livello delle misurazioni, comprese le sotto misurazioni;*
- *Il livello di definizione delle opportunità di miglioramento della prestazione energetica;*
- *Le competenze richieste per l'auditor.*

### 16.6.3 INCONTRO DI AVVIAMENTO

Lo scopo dell'incontro preliminare è quello di ragguagliare tutte le parti interessate in merito agli obiettivi, ambito, confini e grado di dettaglio della diagnosi e di concordare tutte le modalità operative di esecuzione della DE.

Nel corso dell'incontro preliminare il REDE deve concordare con l'organizzazione:

- *le modalità per l'accesso al sistema energetico;*
- *le norme di sicurezza ed incolumità;*
- *le risorse ed i dati che devono essere forniti;*
- *i dati riservati e confidenziali. Per esempio: titolarità degli utilizzatori dell'edificio, dati di processo, livelli produttivi.*

Il REDE deve descrivere le procedure e le modalità con cui la diagnosi energetica sarà pianificata ed eseguita, e deve inoltre specificare ed argomentare l'eventuale necessità di strumenti di misurazione addizionali.

Il REDE deve ottenere dal committente:

- *informazioni dettagliate sulle caratteristiche degli oggetti della diagnosi comprensive degli eventuali fattori di aggiustamento conosciuti e come l'organizzazione ritiene che essi influenzino il consumo;*
- *informazioni riguardo eventi passati che potrebbero aver influenzato il consumo energetico nel periodo coperto dai dati raccolti;*

informazioni riguardo condizioni di funzionamento insolite, opere di manutenzione od altre attività concomitanti alla diagnosi energetica che ne potrebbero influenzare lo svolgimento;

- *in caso di necessità, informazioni sulle procedure da seguire per l'installazione degli strumenti di misura;*
- *informazioni su vincoli particolari per misurazioni speciali;*
- *il programma proposto dei sopralluoghi con la priorità di ciascuno.*

Dovranno essere concordati tra auditor e committenza i seguenti aspetti:

- *Tempo di permanenza sul sito se entro o oltre l'orario di lavoro;*
- *Livello di impegno degli occupanti;*
- *L'eventuale accesso ad aree riservate;*
- *I rischi potenziali sulla salute e misure di sicurezza e prevenzione;*

L'auditor dovrà ottenere dalla committenza quando disponibili:

- *Sets point e limiti operativi di esercizio delle condizioni dell'ambiente interno ( p. es. temperature, portate d'aria, livelli di illuminazione e livelli di rumore),*
- *Modelli di occupazione per le diverse tipologie di occupanti all'interno dell'edificio;*
- *Pareri e commenti da parte degli occupanti o altri soggetti sulle prestazioni in esercizio dell'edificio e sul livello dei servizi energetici;*
- *Certificati energetici dell'edificio se redatti;*
- *Programmi di sensibilizzazione del personale se sono stati attuati.*

#### 16.6.4 RACCOLTA DATI

Il REDE deve raccogliere con il committente informazioni al fine di acquisire: - dati storici relativi a:

- *consumi energetici,*
- *fattori di aggiustamento,*
- *misurazioni di interesse correlate,*
- *conduzione e manutenzione (O&M);*
- *documenti di progetto, di funzionamento e di mantenimento;*
- *prezzi e costi correnti e previsti, o prezzi e costi di riferimento da usare per garantire la riservatezza commerciale;*
- *altri dati economici rilevanti.*

#### 16.6.5 GENERALITÀ:

La raccolta dati dovrà essere appropriata ed in linea con l'obiettivo della diagnosi.

#### 16.6.6 INFORMAZIONI RICHIESTE

L'auditor dovrà raccogliere i seguenti dati:

*Vettori energetici presenti e disponibili;*

*I seguenti dati energetici:*

1. Energia consegnata prodotta ed esportata per ciascun vettore energetico( per esempio i flussi energetici per unità di cogenerazione o per impianti fotovoltaici se la produzione è usata localmente o esportata;
2. Dati dei consumi energetici (o letture con relativa ora e data) rilevati da misuratori o contatori ( p.es. misuratori di calore, di acqua calda sanitaria, di combustibile, contaore bruciatore);
3. Dati da misurazioni individuali , se disponibili;
4. Brevi intervalli (p.es l'ora) di richiesta di energia, curve di carico, se disponibili;
5. Misure correlate se pertinenti.

La frequenza e periodicità dei dati deve essere coerente con lo scopo e la precisione della diagnosi ( tipicamente dati con cadenza mensile)

I Dati energetici dovrebbero essere monitorati e registrati da un sistema di controllo dell'edificio se disponibile.

*Eventuali fattori di regolazione che influenzano i consumi di energia quali:*

1. Dati climatici (temperature, gradi giorno, umidità, illuminazione) derivante dal sistema locale di automazione e controllo (BACS);
2. Modelli di occupazione.

Le informazioni per quantizzare i fattori di regolazione che influenzano i consumi di energia devono essere registrati dal sistema di controllo, quando disponibile (per esempio, tempi di occupazione, gradi ora);

*Informazioni sulle variazioni negli ultimi 3 anni dei consumi energetici o almeno nei periodi coperti da dati di esercizio disponibili, comprendenti:*

1. La forma dell'edificio;
2. Gli spazi sia in dimensione che utilizzo;
3. L'involucro edilizio (sostituzione di infissi, isolamento di pareti);
4. I sistemi tecnici dell'edificio ed i volumi o aree servite;
5. I comportamenti degli inquilini (occupanti);
6. Occupazione degli spazi (tempi di occupazione differenti, casi di orario prolungato e carichi interni),
7. Set points e comportamento degli occupanti.

*Valori da utilizzare per gli indicatori di prestazione definiti a livello nazionale o locale:*

1. Area di pavimento;
2. Volume dell'edificio ( lordo ),
3. Altro.

*Progetti disponibili, documenti e dati relativi all'esercizio e manutenzione, quali:*

1. Piante dell'edificio, come costruito;
2. Fattori esterni che possono influenzare la prestazione energetica dell'edificio (ed esempio fattori di ostruzione della radiazione solare, quali edifici, alberi ed aggetti);
3. Indicazioni sui servizi energetici forniti all'edificio (ad esempio quali ambienti o zone sono riscaldate, raffrescate, ventilate) tenendo conto della pianta e del layout dell'edificio;
4. Gli schemi funzionali degli impianti, indicando sistemi di zona, se ve ne sono;
5. Curve di controllo e regolazione (settaggi);
6. Dati e valutazioni su elettrodomestici e componenti.

*Il modello informativo dell'edificio (BIM) o schemi di progetto se disponibili;*

*Le apparecchiature energetiche utilizzate negli spazi occupati ed i loro carichi interni.*

#### **16.6.7 REVISIONE DEI DATI DISPONIBILI.**

L'auditor energetico deve rivedere le Informazioni raccolte e fornite dalla committenza. L'auditor energetico deve rivedere lo scopo ed i limiti dell'audit (confini) se lo si ritiene ancora appropriato anche in assenza di informazioni iniziali ricevute.

L'auditor energetico deve giudicare se le informazioni fornite dalla committenza consentono di procedere nella diagnosi e di poter raggiungere gli obiettivi prefissati.

In assenza di dati disponibili la committenza dovrà avere la possibilità di fornire i dati non disponibili o accettare che l'auditor energetico faccia delle assunzioni (da dettagliare chiaramente).

L'auditor energetico dovrà, sulla base della sua esperienza e competenza, scegliere i sistemi energetici da controllare sul campo in dipendenza e funzione degli obiettivi, scopo e completezza della diagnosi energetica.

#### 16.6.8 ANALISI PRELIMINARE DEI DATI

L'auditor energetico dovrà procedere all'analisi dei dati raccolti al fine di:

- a) Effettuare un bilancio energetico preliminare sui componenti oggetto di diagnosi sulla base dei dati energetici in suo possesso;
- b) Stabilire azioni di intervento rilevanti;
- c) Stabilire indicatori di prestazione rilevanti;
- d) Valutare la ripartizione dei consumi energetici, se possibile, in dipendenza dei dati di misura disponibili;
- e) Se vi è sufficiente informazione, stabilire un riferimento energetico iniziale (baseline energetico) da utilizzare per valutare l'impatto degli interventi proposti;
- f) Prevedere ulteriore raccolta di dati ed effettuazione di misure durante il lavoro sul campo.

L'auditor energetico dovrà indicare una lista preliminare di interventi ed opportunità di risparmio di energia.

#### 16.6.9 LAVORO SUL CAMPO

L'esecutore della DE deve ispezionare il sistema energetico.

L'esecutore della DE inoltre deve:

- *Valutare gli aspetti energetici significativi;*
- *Identificare le modalità operative, i comportamenti degli utenti e la loro influenza sui consumi energetici e l'efficienza energetica;*
- *Elencare le aree ed i processi che necessitano di ulteriori dati quantitativi a supporto della successiva analisi;*
- *Generare raccomandazioni per la riduzione dei consumi energetici.*

L'esecutore della DE deve:

- *assicurarsi che misure e rilievi siano effettuati in maniera affidabile e in condizioni che sono rappresentative delle ordinarie condizioni di esercizio e, ove significativo, in condizioni ambientali corrette;*
- *la prescrizione precedente non esclude l'esecuzione di rilievi al di fuori degli orari lavorativi, nei periodi di inattività o quando non è previsto alcun carico climatico.*
- *informare tempestivamente il committente su ogni difficoltà incontrata nell'attività in campo.*

L'esecutore della DE deve ottemperare a tutti i regolamenti vigenti in materia di salute, sicurezza, controllo degli accessi e protezione dell'ambiente.

L'esecutore della DE deve chiedere al committente di:

- *predisporre l'accesso libero ed in sicurezza a tutti gli impianti che devono essere ispezionati;*
- *nominare uno o più persone che facciano da guida ed assistenza durante l'attività in situ. Queste persone devono avere le competenze, le capacità e l'autorità necessarie a svolgere eventuali interventi su processi ed apparecchiature, qualora richiesto;*

*consentire l'accesso a disegni, manuali ed altra documentazione tecnica significativa degli impianti oggetto di DE insieme con i risultati di eventuali prove e misure eseguite alla messa in servizio.*

L'esecutore della DE deve esaminare in dettaglio l'insieme dei dati e delle informazioni raccolte al fine di individuare opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica. Inoltre, per mezzo di tale analisi, l'esecutore della DE deve ricavare ulteriori dati ed informazioni che devono consistere almeno di:

- Un bilancio ed un diagramma dei flussi energetici suddivisi per utilizzo e per modalità di approvvigionamento;*
- Relazioni fra i consumi ed i fattori che ne influenzano le variazioni;*
- Indicatori di prestazione energetica effettivi e di riferimento;*
- Evidenza di qualsiasi cambiamento delle prestazioni occorso nel tempo;*
- Diagramma temporale della domanda di energia;*
- Determinazione e quantificazione dei potenziali risparmi energetici compatibili con gli obiettivi della diagnosi;*
- Confronto fra le possibili soluzioni di risparmio energetico in termini di costi e consumi energetici;*
- Possibili interazioni fra azioni multiple di risparmio energetico.*

Nei casi in cui scopo, obiettivo, e livello di approfondimento concordati con il committente, della DE, lo rendono opportuno e significativo, l'esecutore della DE deve valutare l'eventuale necessità di integrare quanto sopra con:

- dati aggiuntivi;*
- analisi più approfondite.*

L'esecutore della DE deve inoltre:

- valutare l'attendibilità dei dati forniti e chiarire eventuali inadempienze o anomalie;*
- utilizzare strumenti e metodi di calcolo attendibili;*
- documentare la metodologia usata e qualsiasi ipotesi di lavoro fatta.*

#### **16.6.10 SCOPO DEL LAVORO SUL CAMPO**

L'auditor energetico dovrà ispezionare componenti e sistemi oggetto di diagnosi nell'ambito degli obiettivi stabiliti e dovrà:

I. Ispezionare il sito sulla base dei dati ricevuti;

L'esecutore della DE deve esaminare in dettaglio l'insieme dei dati e delle informazioni raccolte al fine di individuare opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica.

Inoltre, per mezzo di tale analisi, l'esecutore della DE deve ricavare ulteriori dati ed informazioni che devono consistere almeno di:

- Un bilancio ed un diagramma dei flussi energetici suddivisi per utilizzo e per modalità di approvvigionamento;*
- Relazioni fra i consumi ed i fattori che ne influenzano le variazioni;*
- Indicatori di prestazione energetica effettivi e di riferimento;*
- Evidenza di qualsiasi cambiamento delle prestazioni occorso nel tempo;*
- Diagramma temporale della domanda di energia;*
- Determinazione e quantificazione dei potenziali risparmi energetici compatibili con gli obiettivi della diagnosi;*



*Confronto fra le possibili soluzioni di risparmio energetico in termini di costi e consumi energetici;*

*Possibili interazioni fra azioni multiple di risparmio energetico.*

Nei casi in cui scopo, obiettivo, e livello di approfondimento concordati con il committente, della DE, lo rendono opportuno e significativo, l'esecutore della DE deve valutare l'eventuale necessità di integrare quanto sopra con:

*dati aggiuntivi;*

*analisi più approfondite.*

L'esecutore della DE deve inoltre:

*valutare l'attendibilità dei dati forniti e chiarire eventuali inadempienze o anomalie;*

*utilizzare strumenti e metodi di calcolo attendibili;*

*documentare la metodologia usata e qualsiasi ipotesi di lavoro fatta.*

#### **16.6.11 SCOPO DEL LAVORO SUL CAMPO**

L'auditor energetico dovrà ispezionare componenti e sistemi oggetto di diagnosi nell'ambito degli obiettivi stabiliti e dovrà:

- a) Ispezionare il sito sulla base dei dati ricevuti;
- b) Valutare per ciascun servizio energetico significativo dell'edificio l'attuale e futuro livello del servizio (ad esempio temperatura, umidità, livello di illuminamento ecc...),
- c) Verificare che i sistemi tecnici impiantistici siano adeguati al servizio prefisso, cioè se è in grado di fornire il servizio richiesto;
- d) Valutare le prestazioni dei sistemi tecnici impiantistici, considerando i sottosistemi di generazione, eventuale accumulo, distribuzione, emissione e regolazione e controllo;
- e) Valutare le esigenze di cambiamento nei sistemi tecnici impiantistici, come p.es. la domanda stagionale;
- f) Indicare opportunità di miglioramento della prestazione energetica, considerando gli eventuali vincoli e restrizioni relative.

#### **16.7 L'INVOLUCRO EDILIZIO**

Gli elementi da considerare sono:

- a) Valore della trasmittanza **U**, miglioramenti possibili ed eventuali restrizioni o impedimenti (accessibilità, altezza, presenza di ponti termici, conflitti con l'utilizzo dell'edificio e aspetto);
- b) Sistemi schermanti ed eventuali miglioramenti possibili ed eventuali restrizioni (per gli elementi vetrati ed il raffrescamento);
- c) Inerzia termica dell'edificio (trasmittanza termica periodica);
- d) Tenuta all'aria;
- e) Giunti e ponti termici.

##### **Arete interne**

- a) Categoria e destinazione d'uso (appartamenti, uffici, aule scolastiche);

- b) Ambienti con flussi d'aria/tassi di ventilazione elevati (auditorium, centri congressi, ristoranti);
- c) Ambienti con un notevole consumo energetico/carico elettrico elevato:
  - 1. Cucine;
  - 2. Centri elaborazioni dati, sale calcolo (computer); 3) Aree dedicate a piscine, ed ambienti particolari.

#### **Aree esterne**

- a) Ingressi principali;
- b) Aree di carico;
- c) Illuminazione e riscaldamento macchine in aree di parcheggio;
- d) Ambienti riscaldati elettricamente/scioglimento neve.

### **16.8 D.5 - DOCUMENTAZIONE UTILE**

Esempi di documentazione rilevante:

- a) Edificio
  - 1) Piante, prospetti e sezioni; 2) Suddivisioni in zone:
    - I. Disponibilità dei progetti;
    - II. Registrazioni dei consumi energetici;
    - III. Certificati energetici;
    - IV. Display Energy Certificate
- b) Impianti
  - 1) Schemi funzionali;
  - 2) Diagrammi di controllo;
  - 3) Lista delle impostazioni di esercizio:
    - I. Rapporti di ispezioni impianti di climatizzazione;
    - II. Schemi elettrici e meccanici.
  - 4) Modalità programmate di esercizio.
- c) Dati storici:
  - 1) Registrazioni dell'energia fornita e/o bollette energetiche (elettricità, gas, combustibili solidi e liquidi);
  - 2) Registrazione delle misure relative al riscaldamento;
  - 3) Registrazione delle misure relative al raffrescamento;
  - 4) Registrazione delle misure relative alla produzione di ACS;
  - 5) Altre registrazioni di misure (diversa ma comunque erogata, comunque letti da contatori),
  - 6) Dati climatici.

### **16.9 COMPORTAMENTO DELL' AUDITOR ENERGETICO**

- a) L'auditor energetico deve assicurare che misurazioni ed operazioni siano fatte in modo affidabile ed in situazioni che siano rappresentative delle normali condizioni operative, e se rilevanti, in condizioni meteo appropriate, è previsto che possa essere utile operare al di fuori del

normale orario di lavoro, durante i periodi di fermo, o quando non sono previste condizioni climatiche gravose;

- b) Informare prontamente la committenza di eventuali difficoltà riscontrate, non prevedibili durante la diagnosi.

**16.9.1 VISITE IN SITO, SOPRALLUOGHI**

L’auditor energetico deve chiedere all’organizzazione (cliente, committente):

- a) di consentire l’accesso (per la sola lettura) ai sistemi di automazione e controllo ed alle fonti dei dati elettronici;
- b) di fornire assistenza per eventuali test ed operazioni necessarie per la diagnosi energetica, come p. es. disattivare o attivare i componenti e sistemi;
- c) di consentire l’accesso a quelle parti di edificio, ritenute rilevanti ai fini della diagnosi.

**16.10 PROCEDURA DI DETTAGLIO DI UNA DIAGNOSI**

La DE deve prevedere almeno le seguenti azioni, come illustrato anche dallo schema della figura seguente.

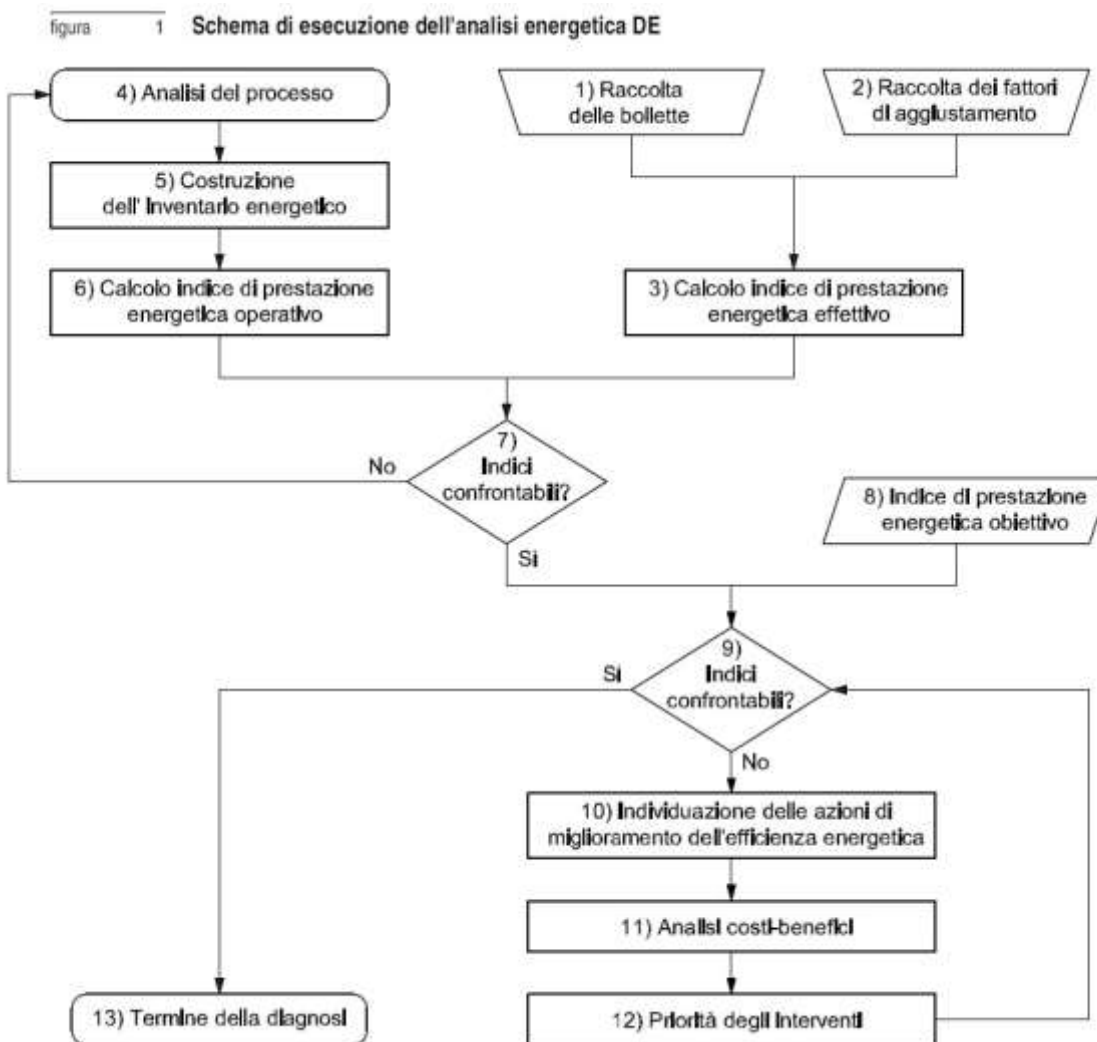


Figura 163: Schema di esecuzione di una Diagnosi Energetica

1. Raccolta dei dati relativi alle bollette di fornitura energetica e ricostruzione dei consumi effettivi di elettricità e combustibili, di cui al punto per uno o più anni considerati significativi ai fini della DE;
2. Identificazione e raccolta dei fattori di aggiustamento cui riferire i consumi energetici; Esempio: Per gli edifici: superfici, volumetrie, gradi giorno.
3. Identificazione e calcolo di un indice di prestazione energetica effettivo espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno;
4. Raccolta delle informazioni necessarie alla creazione dell'inventario energetico e allo svolgimento della diagnosi;
  - a. *Esempio*: Censimento degli impianti ed apparecchiature, layout e planimetrie, contratti di fornitura energetica, dati dell'edificio e degli impianti;
5. Costruzione degli inventari energetici (elettrico e termico) relativi all'oggetto della diagnosi;
6. Calcolo dell'indice di prestazione energetica operativo;
7. Confronto tra l'indice di prestazione energetica operativo e quello effettivo. Se gli indici tendono a convergere, si prosegue l'analisi col passo successivo; altrimenti si ritorna al passo 4) e si affinerà l'analisi del processo e degli inventari energetici individuando le cause della mancata convergenza. La convergenza tra gli indici può considerarsi raggiunta per scostamenti percentuali tra gli indici ritenuti accettabili in funzione del settore d'intervento e dello stato del sistema energetico;
8. Individuazione dell'indice di prestazione energetica obiettivo;
9. Se i valori espressi dagli indicatori sono tra loro comparabili, la diagnosi può considerarsi conclusa in quanto l'obiettivo definito dall'indice di riferimento è stato raggiunto;
10. Se esiste uno scarto significativo tra l'indice di prestazione operativo ottenuto nel punto 6 e l'indice di prestazione obiettivo di cui al punto 8, si individuano le misure di miglioramento dell'efficienza che consentano il loro riallineamento;
11. Per tali misure devono essere condotte le rispettive analisi di fattibilità tecnico-economiche;
12. Le misure individuate, singole e/o integrate, sono ordinate in funzione degli indici concordati tra il referente della DE e il committente. Al termine di tale operazione, eseguire nuovamente il punto 9);
13. Una volta attuati i passi di cui sopra, la diagnosi si considera conclusa.

### 16.11 ANALISI

In una DE relativa ad edifici l'auditor energetico dovrà valutare ed analizzare il risparmio energetico potenziale in accordo con lo scopo e gli obiettivi della diagnosi.

L'analisi dovrà comprendere almeno:

- a. per ciascun servizio energetico la comparazione degli attuali livelli di servizio, se appropriati, (ad es. temperatura, qualità dell'aria, illuminazione) non siano compromessi dalle misure di risparmio previste. In accordo con i requisiti di legge, il livello di servizio può essere modificato, concordandolo con il cliente (p.es. variazione della temperatura per ridurre la domanda invernale e/o estiva);

- b. la valutazione se l'attuale prestazione energetica dei sistemi tecnici impiantistici abbia valori adeguati;
- c. la valutazione della prestazione dell'involucro edilizio( spessori isolamento, ponti termici, finestre, ricambi d'aria);
- d. la valutazione dell'intero sistema edificio impianto, considerando le interazioni tra involucro ed impianti;

Quando propone interventi di miglioramento l'auditor energetico dovrà:

- a. considerare le interazioni tra involucro edilizio, in riferimento all'ambiente esterno ed alle attività che si svolgono all'interno( rif. EN 15603);
- b. Tener conto di tutti gli impatti possibili per le energie fornite per differenti periodi di tempo (ad es. occupati e non occupati) e per differenti stagioni che potrebbero essere controproducenti ai fini del risparmio energetico (ad es. la sostituzione di lampade può diminuire gli apporti interni di calore, aumentando pertanto il carico termico invernale e riducendo quello estivo);
- c. Valutare l'impatto degli interventi di risparmio energetico sulle classi del certificato energetico.

L'auditor energetico dovrà comprendere la valutazione della eventuale revisione dei contratti di fornitura di energia e di quelli per il rispetto dei requisiti per l'esercizio e manutenzione degli impianti, in termini di efficienza e costi.

#### 16.11.1 RIPARTIZIONE DELL'ENERGIA

L'auditor energetico deve dettagliare:

- a. La ripartizione dell'energia consegnata da quella trasportata, in termini di consumi, costi ed emissioni in unità di misura coerenti (ad.es. grafici a torta);
- b. La ripartizione dell'energia negli usi finali o altri usi in numeri assoluti o specifici
  - i. (normalizzati) in unità di misura coerenti( p.es. grafici a torta);
- c. se presente , l'inventario di produzione di energia installata in loco ed esportata a terzi in numeri assoluti

La ripartizione dell'energia dovrà essere rappresentativa sia del punto di fornitura che di utilizzo. Inoltre dovrà essere espresso con chiarezza quali i flussi energetici determinati con misure e quali con valutazioni/calcoli.

#### 16.11.2 INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Il calcolo degli indicatori di prestazione, specifici per servizio energetico, e che tengano conto di specifici valori di riferimento va fatto nell'ambito di una analisi appropriata. Il riferimento è il D.M. 26 giugno 2015.

#### 16.11.3 OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

L'auditor energetico dovrà indicare opportunità di miglioramento della prestazione energetica sulla base di:

- a. propria esperienza e competenza;
- b. confronto con valori di riferimento ( benchmark) se disponibili( è una prima indicazione, senza ulteriori dettagli);
- c. l'epoca di costruzione degli edifici e età degli impianti tecnici, loro condizioni di esercizio e manutenzione;

- d. il livello tecnologico degli impianti in confronto alle migliori tecnologie disponibili;
- e. i casi di successo ( best practices);

### 16.12 RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

Nel riportare i risultati della DE, l'esecutore della DE deve:

- *assicurarsi che la DE risponda ai requisiti previsti;*
- *assicurarsi che la qualità del rapporto di DE sia commisurata alle competenze tecniche del committente;*
- *riassumere i rilievi eseguiti durante lo svolgimento della DE, commentando:*
  - la qualità e coerenza dei dati,
  - la ratio delle misure eseguite e come contribuiscano all'analisi;
- *indicare se i risultati sono basati su calcoli, simulazioni o stime;*
- *riassumere il procedimento di analisi, specificando ogni ipotesi;*
- *indicare i limiti di accuratezza della stima dei risparmi e dei costi di realizzazione degli interventi riportati nelle raccomandazioni;*
- *ordinare gli interventi raccomandati in base ai criteri concordati (per esempio, per tempo di ritorno);*

Il format del report deve essere mirato sia al personale tecnico che esecutivo.

Gli interventi di risparmio energetico vanno così disaggregati:

- a. interventi di costo elevato (involucro edilizio, impianti tecnici);
- b. interventi di costo non elevato( regolazione, riduzione delle perdite);
- c. grado di preparazione e consapevolezza degli utilizzatori finali(formazione e motivazione, modifiche di comportamento);
- d. revisione delle condizioni di comfort, salute e benessere( p.es. temperatura, livello di umidità, dimensioni della camera);

#### 16.12.1 CONTENUTO DEL REPORT

L'esatto contenuto del rapporto di DE deve essere appropriato al campo di applicazione, all'obiettivo e al livello di dettaglio della DE.

Il rapporto di DE deve contenere:

##### **Documento di sintesi:**

- *Lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità,*
- *Programma di attuazione delle raccomandazioni proposte.*

##### **Contesto:**

- *Informazioni generali sul committente e sulla metodologia di DE,*
- *Contesto della DE,*
- *Descrizione dei sistemi oggetto di DE,*
- *Norme tecniche e legislazione pertinenti,*
- *Personale impiegato nella DE.*

**Diagnosi energetica:**

- *Descrizione della DE,*
- *Scopo e livello di dettaglio, tempi di esecuzione e limiti di indagine,*
- *Informazioni sulla raccolta dati,*
- *Strumentazione di misura (stato corrente), Indicazione di quali dati siano stati utilizzati (e quali sono frutto di misure),*
- *Elenco dei fattori di aggiustamento e dei dati di riferimento utilizzati, compresi costi e tariffe, certificati di taratura, ove rilevante, nonché elenco delle unità di misura e dei fattori di conversione,*
- *Analisi dei consumi energetici,*
- *Criteri per l'ordinamento delle raccomandazioni per la riduzione dei consumi energetici.*

**4. Raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica**

- *Azioni di risparmio energetico proposte, raccomandazioni, piano e programma di implementazione,*
- *Ipotesi assunte durante il calcolo dei risparmi energetici e loro impatto sull'accuratezza delle raccomandazioni,*
- *Analisi tecnico economica appropriata,*
- *Potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte.*
- *Proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni; ➤ Conclusioni; ➤ Allegati.*

**16.13 APPENDICE J: ESEMPIO DI UN RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA****16.13.1 SOMMARIO INTRODUZIONE**

- *Descrizione della diagnosi;*
- *Metodo di lavoro;*
- *Informazioni derivanti dai contatti dell'auditor energetico.*

**16.13.2 SOMMARIO DEGLI UTILIZZI ENERGETICI DELL'EDIFICIO:**

- *Indicazione del livello di consumi presenti, consumi specifici;*
- *Principali misure di risparmio nei consumi di riscaldamento, raffrescamento ACS, elettricità .;*
- *Tabella riassuntiva: situazione attuale, potenzialità di risparmio, investimenti;*
- *Tabella riassuntiva: interventi di risparmio suggeriti, il loro effetto sui consumi e sui costi, analisi costi benefici per ogni intervento (VAN, TRA, .).*

**16.13.3 DATI DI BASE DELL'EDIFICIO:**

- *Dati sul sito;*
- *Connessione alle reti;*
- *Consumi di energia ed acqua;*
- *Esercizio, manutenzione e gestione delle strutture.*



**16.13.4 DIAGNOSI SUI SISTEMI IMPIANTISTICI MECCANICI ED ELETTRICI DESCRIVENDO LA SITUAZIONE ATTUALE:**

- *Impianti di riscaldamento;*
- *Acqua e rifiuti liquidi;*
- *Sistemi di ventilazione e condizionamento dell'aria;*
- *Impianti di raffrescamento;*
- *Impianti di illuminazione ed elettrici in genere;*
- *Involucro edilizio;*
- *Altri impianti.*

**16.13.5 OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA CON LORO RELATIVA DESCRIZIONE:**

- *Tariffe utilizzate nei calcoli;*
- *Impianti di riscaldamento;*
- *Acqua e rifiuti liquidi;*
- *Sistemi di ventilazione e condizionamento dell'aria;*
- *Impianti di raffrescamento;*
- *Impianti di illuminazione ed elettrici in genere;*
- *Involucro edilizio;*
- *Altri impianti;*
- *Cambiamenti nel comportamento degli occupanti;*
- *Altri suggerimenti.*

**16.13.6 INCONTRO FINALE: PRESENTAZIONE AL COMMITTENTE**

All'incontro finale l'auditor energetico dovrà:

- *Consegnare la relazione sulla diagnosi energetica;*
- *Presentare i risultati in modo da facilitare le decisioni circa le azioni da intraprendere da parte della committenza;*
- *Essere in grado di spiegare i risultati e rispondere alle eventuali richieste di chiarimento.*

Deve essere discussa durante la riunione finale la necessità di un supplemento di indagine ed arrivare ad una conclusione.

## 17. STRUMENTI DI INDAGINE SUGLI EDIFICI

Si presentano alcune tecnologie utili per le indagini *in situ* degli edifici.

### 17.1 LA TERMOGRAFIA APPLICATA AGLI EDIFICI

Uno dei metodi non distruttivi più utilizzato è quello della termografia applicata agli edifici. Questa consente di "vedere attraverso" le strutture e i componenti edilizi fornendo mappe dettagliate sulla distribuzione della temperatura. Si tratta di informazioni preziose per la diagnosi energetica in quanto consentono di avere informazioni sugli isolamenti termici delle pareti, sui ponti termici, sulla presenza di umidità, ....

Per la piena applicabilità della termografia sono necessarie conoscenze sull'irraggiamento e sul comportamento radiativo dei corpi. Si rinvia ai richiami di trasmissione del calore per ogni riferimento concettuale e soprattutto per le unità di misura utilizzate.

#### 17.1.1 LA FISICA DI BASE

Si è detto, parlando dell'irraggiamento, che ciascun corpo a temperatura superiore allo zero assoluto emette una radiazione elettromagnetica. Si è presentato il **corpo nero** come un corpo ideale capace di assorbire radiazioni di qualunque lunghezza d'onda. Per questo corpo ideale si è vista la legge di Planck che lega l'emissione monocromatica alla temperatura e alla lunghezza d'onda.

Per un corpo nero vale anche la legge di Wien che stabilisce una relazione di diretta proporzionalità fra la lunghezza d'onda di massima emissione e la temperatura:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2898$$

L'importanza di questa relazione sta nell'osservare che da 0 a  $5 \lambda_{\max}$  si ha in pratica il 97% della radiazione totale emessa dal corpo nero. Pertanto  $\lambda_{\max}$  è un parametro sintetico di riferimento per comprendere la zona dello spettro interessata dall'emissione del corpo nero a una data temperatura. Così, ad esempio il sole appare come un corpo nero ideale avente una temperatura superficiale di 5780 K a cui corrisponde la  $\lambda_{\max} = 0,5 \mu\text{m}$ . Di conseguenza la radiazione solare è prevalentemente compresa fra 0 e  $3 \mu\text{m}$ .

La temperatura del corpo umano è pari a  $36,6 \text{ }^\circ\text{C}$  cui corrisponde una  $\lambda_{\max}$  pari a  $9,36 \mu\text{m}$ . Una parete con una temperatura di  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  ha una  $\lambda_{\max}$  pari a  $9,96 \mu\text{m}$ .

L'emissione globale del corpo nero, ottenibile integrando la relazione di Planck, ha un valore dato anche dalla legge di Stefan-Boltzmann:

$$E_n = \sigma_0 T^4$$

con  $\sigma_0 = 5,68 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ .

I corpi reali emettono in modo più complesso rispetto al corpo nero. Definendo emissività termica il rapporto, per data lunghezza d'onda:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{E_{reale,\lambda}}{\sigma_0 T^4}$$

ove a denominatore si ha l'emissione globale del corpo nero. Dalla precedente relazione si ha:

$$E_{reale} = \varepsilon \sigma_0 T^4$$

ove si è considerata la emissività totale  $\varepsilon$ .

I corpi reali non sono assorbitori integrali, come il corpo nero, ma riflettono parte dell'energia ricevuta. Se indichiamo con  $G$  l'irradianza, cioè l'energia ricevuta per unità di superficie, si definisce **radiosità** la somma:

$$J_i = \rho_i G_i + \varepsilon_i E_{ni}$$

ove si ha il seguente simbolismo:

$J$  radiosità,  $[W/m^2]$

$\rho$  fattore di riflessione della parete,

$\varepsilon$  emissività termica della parete,

$E_{ni}$  emissione globale del corpo nero alla medesima temperatura della parete,  $[W/m^2]$ .

Ricordando che dalla:  $\rho + \alpha + \tau = 1$  per un corpo opaco ( $\tau = 0$ ) e grigio ( $\alpha = \varepsilon$ ), si ha  $\rho = 1 - \alpha = 1 - \varepsilon$ , allora risulta:

$$J_i = (1 - \varepsilon_i) G_i + \varepsilon_i E_{ni}$$

Come ben si può osservare la radiosità di un corpo, che la grandezza rilevata dalla termo camera, dipende dall'emissività del corpo stesso. Ricordando che  $E_{ni} = \sigma_0 T^4$  si intuisce che, nota  $J_i$  e l'emissività  $\varepsilon_i$ , si può calcolare  $T$  dalla precedente equazione. In Tabella 88 sono riportati i valori dell'emissività di alcuni corpi di comune uso.

Si osservi che per la misura della temperatura  $T$  è importante la conoscenza di  $\varepsilon$  e per questo motivo le macchine termografiche moderne hanno già installato, nel loro software di gestione, un data base delle emissività dei materiali più comuni. Resta sempre la possibilità di stabilire manualmente l'emissività qualora non reperibile nel data base.

### 17.1.2 FUNZIONAMENTO DELLE MACCHINE TERMOGRAFICHE

Con il termine *termografia* s'intende l'uso di telecamere sensibili all'infrarosso per visualizzare e/o misurare l'energia termica emessa da un oggetto. Ogni oggetto con temperatura maggiore dello zero assoluto, emette calore; più è alta la temperatura dell'oggetto, maggiore è la radiazione IR emessa. Le telecamere a infrarosso o termo camere visualizzano quello che l'occhio umano non può vedere e permettono precise misure non a contatto di temperatura.

Una termo camera è un dispositivo che visualizza l'energia **infrarossa** (campo termico) non a contatto e la converte in segnale elettrico. Questo segnale è poi processato per produrre un'immagine su un monitor per ottenere una misura di temperatura.

In pratica la termo camera è dotata di un filtro che fa passare le radiazioni comprese in un certo intervallo di lunghezza d'onda. In particolare si hanno quattro campi di utilizzo:

- infrarosso vicino da  $0.78 \mu m$  a  $2 \mu m$

- infrarosso medio da  $2.0 \mu m$  a  $6 \mu m$

- infrarosso lontano da  $6.0 \mu m$  a  $15 \mu m$

- infrarosso estremo da 15.0 μm a 1000 μm

Il campo di applicazione della termografia per l'edilizia è quello da 6 a 15 μm (infrarosso lontano) corrispondente ad un campo di temperatura da 482 K (cioè circa 210 °C) a 193 K (cioè - 80 °C).

materiale	temperatura (K)		
	300	500	800
alluminio (lucidato)	0,04	0,04	0,06
alluminio (ossidato)	0,09	0,12	0,17
cromo (lucidato)	0,08	0,17	0,27
rame (lucidato)	0,02	0,02	0,03
rame (ossidato)	0,56	0,61	0,83
acciaio (lucidato)	0,07	0,10	0,14
acciaio (ossidato)	0,79	0,79	0,79
ferro (ruggine)	0,70	-	-
mercurio (liquido)	0,02	0,02	0,03
argento (lucidato)	0,02	0,02	0,03
tungsteno (lucidato)	0,04	0,06	0,08
idem – filamento lampade	0,32	0,32	0,32
nerofumo	0,96	0,96	0,97
tessuto d'amianto	0,93	0,94	0,94
vetro di quarzo	0,93	0,89	0,68
intonaco di gesso	0,92	0,92	-
mattoni in laterizio	0,93	-	-
gomma	0,86-0,94	-	-
acqua liquida (strato spesso)	0,96	-	-
marmo (grigio chiaro lucidato)	0,93	-	-
legno di quercia (piaillato)	0,90	-	-

Tabella 108: Valori di emissività di alcuni corpi

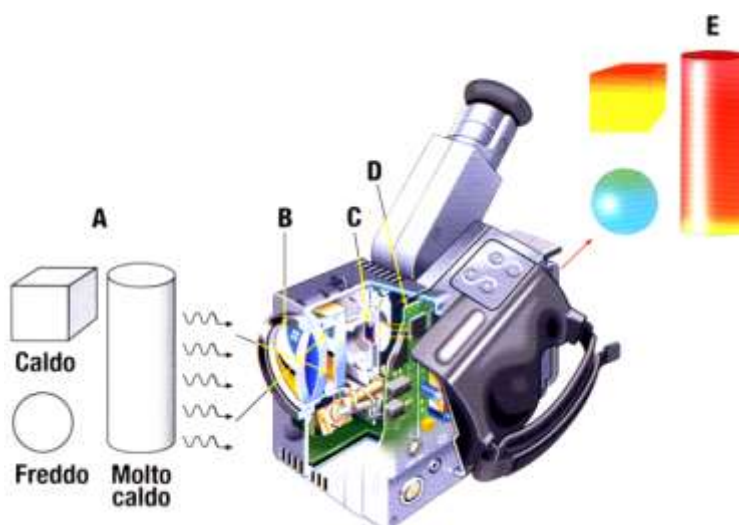


Figura 164: Camera termografica

Schematicamente, un'apparecchiatura per termovisione è costituita da una telecamera sensibile alla radiazione infrarossa.

L'energia infrarossa, vedi Figura, (A) proveniente da un oggetto, è concentrata dalla parte ottica (B) su un fotosensore (C) sensibile alla radiazione infrarossa. Attraverso un'opportuna elettronica (D) di gestione e controllo, i fotoni incidenti sul fotosensore sono elaborati in modo da formare un'immagine (E), chiamata termogramma, che può essere elaborata e visualizzata da un personal computer. Il termogramma può essere visualizzato mediante una scala di colori, vedi Figura. In questo modo, possiamo percepire naturalmente quali colori sono caldi (rosso e bianco) e quali sono freddi (blu e verde). Pertanto il termogramma a colori ci dà una "sensazione" immediata delle differenze di temperatura all'interno dell'immagine stessa.

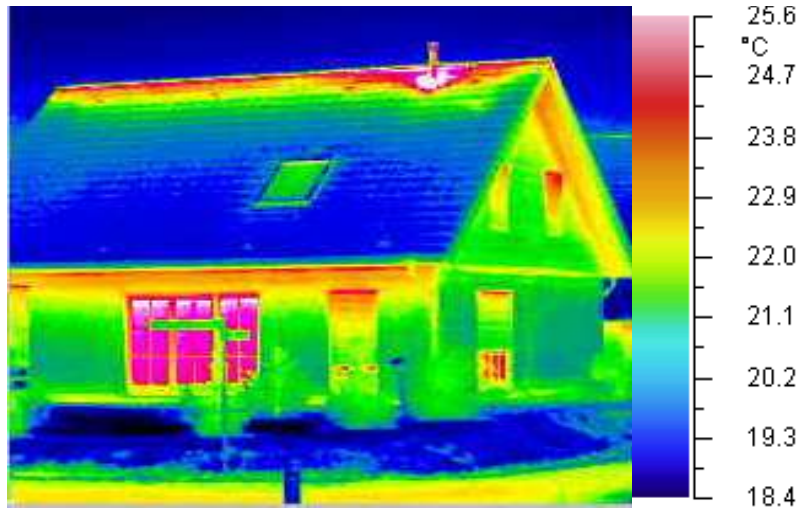


Figura 165: Termogramma con scala di riferimento della temperatura

L'energia emessa da una superficie sarà raccolta dallo strumento sensibile alla radiazione IR passando attraverso l'atmosfera che è il mezzo di propagazione della radiazione. Tuttavia l'atmosfera non è uniformemente trasparente all'infrarosso, Figura 165.

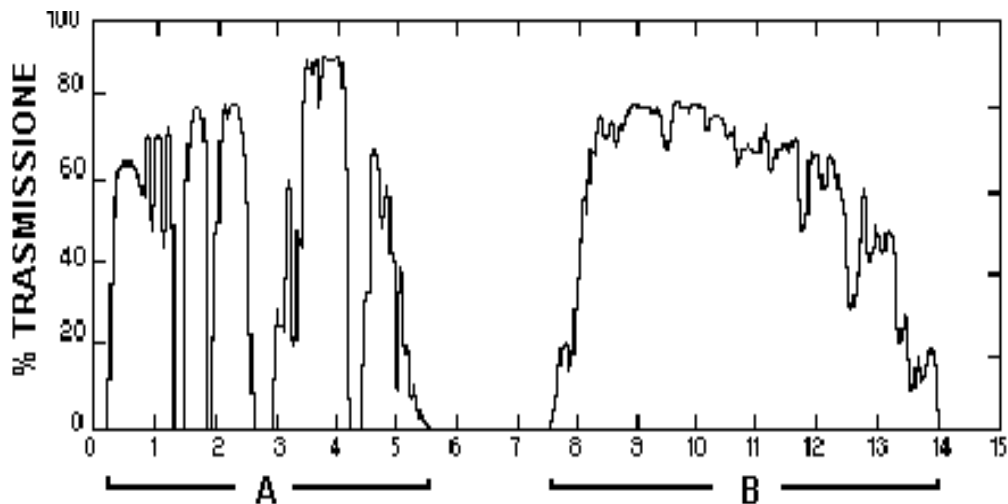


Figura 166: Fattore di trasmissione dell'atmosfera all'IR

Dalla figura precedente si nota che la propagazione dell'infrarosso avviene prevalentemente in due finestre atmosferiche:

- *finestra da 3 a 5 micron*
- *finestra da 8 a 12 micron.*

Nella banda bassa saranno meglio evidenziati i corpi ad elevata temperatura (termo camere Short Wave).

Nella banda alta saranno meglio evidenziati i corpi a bassa temperatura (termo camere Long Wave). Tra le due finestre c'è una zona relativamente opaca compresa tra 5.6 e 7.5  $\mu\text{m}$ , dovuta all'assorbimento da parte delle molecole dell'**acqua** presenti in atmosfera.

La minore trasparenza all'infrarosso della prima finestra atmosferica è dovuta alla presenza di alcuni componenti dell'aria che costituisce l'atmosfera. La seconda finestra atmosferica ha invece una trasmissione che raggiunge un valore medio dell'80% e non presenta zone di opacità ed è per questo che risulta più indicata per le riprese a grandi distanze.

Quando si utilizza un sistema di ripresa termografico per misurare la temperatura, è necessario considerare la **radiazione di fondo**, specialmente nel caso si debba misurare la temperatura di un oggetto a bassa emissività, poiché detta radiazione è riflessa dalla superficie di cui si vuole misurare la temperatura.

Nei sistemi termografici moderni spesso il valore della radianza di fondo è misurata automaticamente da un sensore posto all'interno della telecamera, che converte tale temperatura in un valore digitale che è inserito nell'algoritmo per il calcolo della temperatura.

Tale soluzione soddisfa normalmente tutte le situazioni di misura, ma può essere impreciso nei casi in cui la radiazione di fondo è molto differente dal valore medio misurato dalla telecamera.

È importante notare che spesso la radiazione di fondo non è costante e valutabile anche da un operatore esperto.

Un chiaro esempio è il caso di un soffitto con diverse lampade ad incandescenza che oltre ad emettere luce emettono una radiazione di fondo. Anche spegnendo dette lampade, esse hanno un raffreddamento lento che crea una variazione nel tempo della radiazione di fondo.

Quando si vuole misurare la temperatura di superfici a bassa emissività, conviene, se facilmente realizzabile, schermare le fonti di calore mediante pannelli isolanti.

Nel caso d'ispezione termografica all'aperto la radiazione di fondo è la volta celeste, il sole, il terreno. Anche in questo caso non è facilmente quantificabile la radiazione di fondo, di solito conviene utilizzare il valore calcolato dal sensore all'interno della telecamera.

### Metodi per evitare le riflessioni

Le riflessioni recano disturbo alle misure termografiche. Per evitarle si possono seguire alcuni criteri euristici:

- *Modificare l'emissività della superficie dipingendola di nero opaco, o collocando targhette adesive o nastri adesivi neri con emissività nota.*
- *Effettuare le riprese con fonti di calore o il sole che non riflettano sulla superficie in esame.*
- *Schermare, se è possibile, con pannelli isolanti (in legno, polistirolo ecc.) le sorgenti estranee.*
- *Effettuare le riprese all'aperto nelle ore senza sole (mattino presto, sera di notte.) utilizzando, se possibile, telecamere Long Wave (8-12  $\mu\text{m}$ ) invece delle Short Wave (3-5,5  $\mu\text{m}$ ) poiché nella banda Short Wave il sole emette 30 volte più energia che in quella Long Wave*

### Metodi di indagine

Si possono seguire due metodi di indagine e in particolare:

- **Passivo:** *sfrutta le radiazioni solari e consente una valutazione superficiale (fino alla profondità di pochi centimetri).*
- **Attivo:** *sfrutta l'irradiazione artificiale in modo che il calore interessi l'interno dell'oggetto esaminato, consentendo di indagare strati collocati in profondità (10 - 20 cm).*

### Operatività delle termo camere

Le termo camere moderne possono eseguire numerose funzioni e in particolare:

- *Eseguono ispezioni senza perturbare il sistema;*
- *Presentano in tempo reale il calore prodotto;*
- *Misurano la temperatura senza contatto;*
- *Producono un'immagine che equivale all'utilizzo contemporaneo di migliaia di termocoppie o pirometri;*
- *Identificano e localizzano il problema;*
- *Salvano le informazioni;*
- *Individuano i problemi prima che si verifichino i guasti;*
- *Consentono un risparmio di tempo e denaro;*

Le specifiche tecniche fondamentali per una termo camera con sensore microbolometrico non raffreddato sono le seguenti:

- *Tipo di sensore*
- *Numero pixel del sensore*
- *Risoluzione termica*
- *Risoluzione spaziale o geometrica*
- *Frequenza immagine*
- *Immagine visibile*
- *Elementi ausiliari inclusi (illuminatori, laser, registrazione commenti vocali ecc.)*
- *Materiale costitutivo*
- *VOx (Ossido di Vanadio)*
- *aSi (Silicio Amorfo)*

Il sensore microbolometrico ha la funzione di trasformare l'energia Infrarossa che colpisce ogni singolo elemento del sensore in una grandezza fisica misurabile. In particolare il sensore varia il proprio valore di resistenza elettrica, in funzione dell'energia IR, quindi temperatura dell'oggetto inquadrato; detta variazione è letta dal circuito di misura integrato "ROIC" (*ReadOut Integrated Circuit*) e mediante una tabella di calibrazione è calcolata la temperatura.

Sul mercato industriale esistono vari tipi di strumentazione termografica esistono termo camere con sensori aventi differente numero di pixel. I sensori principalmente utilizzati in termografia sono:

- *80x80 pixel*
- *160x120 pixel da cui derivano 120x120 pixel*
- *140x140 pixel*
- *320x240 pixel da cui derivano 180x180 pixel*
- *200x150 pixel*
- *640x480 pixel.*

La risoluzione termica di un'immagine termografica indica il minimo delta T misurabile dalla termo camera. Sotto sono riportate due immagini riprese con termo camere aventi differente risoluzione termica.



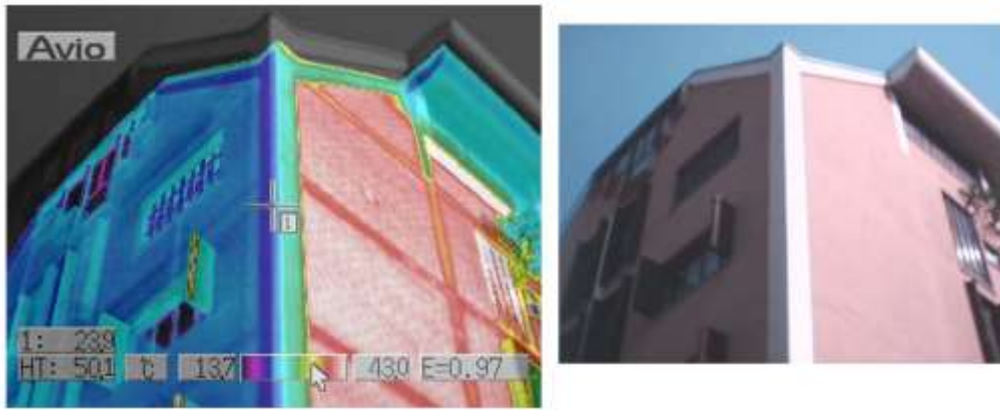


Figura 167: Ripresa contemporanea della termografia e della fotografia

Ogni obiettivo ha una risoluzione geometrica che definisce le dimensioni dell’oggetto più piccolo di cui si può misurare la temperatura alle varie distanze. La risoluzione si esprime in mrad. e permette in modo semplice di ottenere la dimensione corrispondente ad un pixel alle varie distanze. Un obiettivo con risoluzione geometrica 1,4 mrad permette di misurare un oggetto con le dimensioni minime pari a:

$$\text{Risoluzione in mm} = (1,4 \times \text{distanza in metri})$$

La ripresa contemporanea dell’immagine infrarosso e visibile permette di avere un’interpretazione più facile nel rapporto d’ispezione termografico.

### 17.2 COMPONENTI DELL'ENERGIA IRRADIATA

Si osservi che la telecamera rivela la radiosità della superficie sotto obiettivo. Le conseguenze del valore dell'emissività sulla misura di temperatura dello stesso oggetto ripreso con due immagini termiche che, a parità di tutte le altre impostazioni (temperatura riflessa, obiettivo, distanza ecc.), è notevole.

In genere  $\epsilon$  dipende dal materiale di cui è composto l’oggetto (valori tabulati) Per corpi non trasparenti  $\tau = 0$ , ne segue che  $\epsilon + \rho = 1$ , quindi più  $\epsilon$  è bassa e più la misura è influenzata dall’ambiente che circonda l’oggetto.

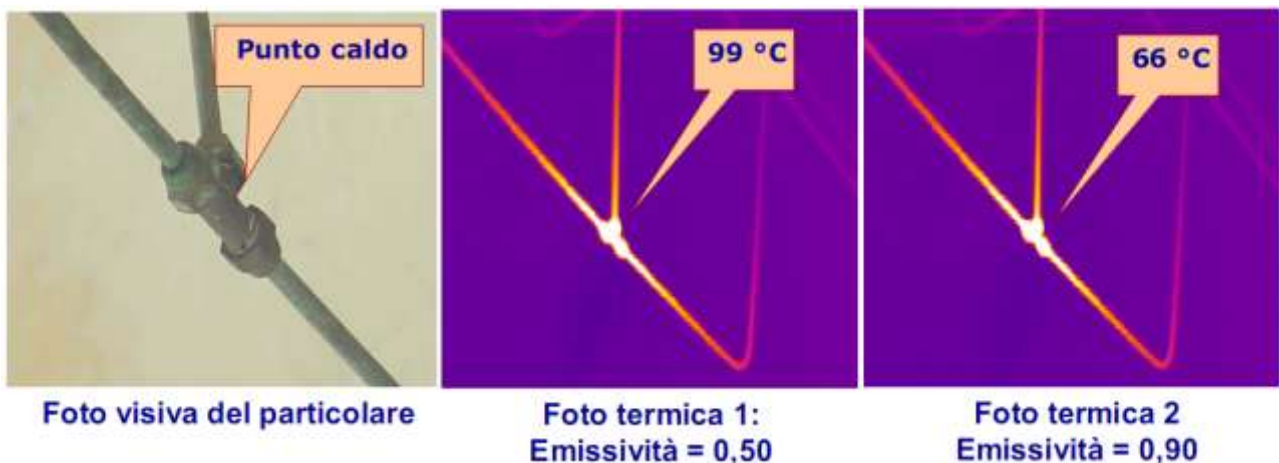


Figura 168: Influenza del valore dell'emissività sulla temperatura misurata

Utilizzando un oggetto specchio ( $\epsilon = 0$ ) si può misurare la componente dovuta all’ambiente (e quindi  $\rho$ ). Una volta impostati questi valori, la termo camera è in grado di effettuare una misura precisa della temperatura dell’oggetto. Si osservi che l'immagine all'infrarosso può visualizzare componenti che non appaiono temporaneamente visibili, come rappresentato nella figura

seguito. La termografia normalmente permette di identificare l'anomalia mediante paragone delle temperature o distribuzioni termiche non regolari o senza alcuna ragione d'essere.

Con la termografia è possibile individuare isolamenti deteriorati. La differenza di conducibilità termica o capacità termica appare sul termogramma come differenza di temperatura.

### 17.3 APPLICAZIONI DELLA TERMOGRAFIA NELL'EDILIZIA

In questa categoria rientra l'ispezione di edifici civili (isolamento termico) che può essere eseguita dall'interno o dall'esterno dell'abitazione.

E' in genere conveniente che l'edificio sia riscaldato a una temperatura di minimo circa 10 ÷ 15°C superiore a quella esterna poiché così è possibile localizzare infiltrazioni d'aria fredda o difetti d'isolamento.

Inoltre è indispensabile che le superfici esterne non abbiano subito un soleggiamento e che non piova sulle facciate.

Tipiche applicazioni riguardanti gli edifici sono: la rilevazione dei difetti o il cattivo funzionamento delle serpentine di riscaldamento nel pavimento (perdite di acqua calda), il controllo dell'isolamento delle pareti esterne e la rilevazione delle infiltrazioni d'acqua negli isolamenti dei tetti.

La termografia può essere utile per analizzare i ponti termici, per individuare infiltrazioni di umidità o, ancora, per misurare i coefficienti di trasmissione termica delle pareti, come rappresentato in figura seguente. Si possono rilevare anche presenze di umidità nelle pareti, come indicato in figura seguente.

#### 17.3.1 NORMATIVA UNI DI RIFERIMENTO

La norma UNI EN 13187 definisce un metodo qualitativo che utilizza un esame termografico, per la rilevazione delle irregolarità termiche degli involucri edilizi.

Essa si applica alla determinazione della posizione delle irregolarità termiche e delle infiltrazioni di aria attraverso un involucro edilizio.

La norma non si applica alla determinazione del livello di isolamento termico e della tenuta all'aria di una struttura edilizia.

<b>NORMA ITALIANA</b>	<b>Prestazione termica degli edifici</b> <b>Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi</b> <b>Metodo all'infrarosso</b>	<b>UNI EN 13187</b>
		OTTOBRE 2000
	Thermal performance of buildings Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes Infrared method	

Figura 169: Norma UNI EN 13187

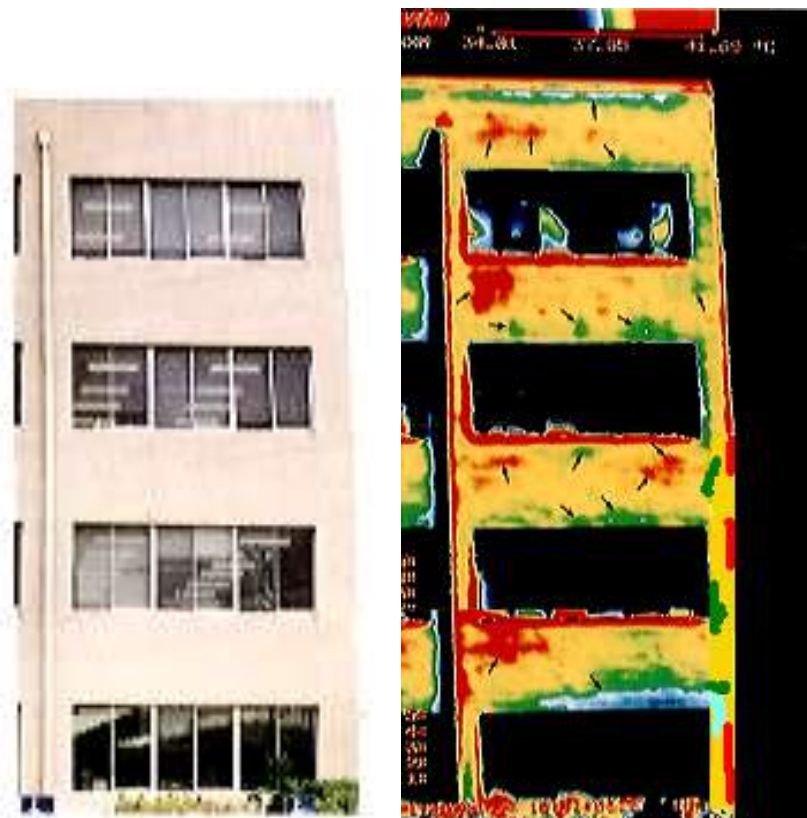


Figura 170: Termografia di una facciata

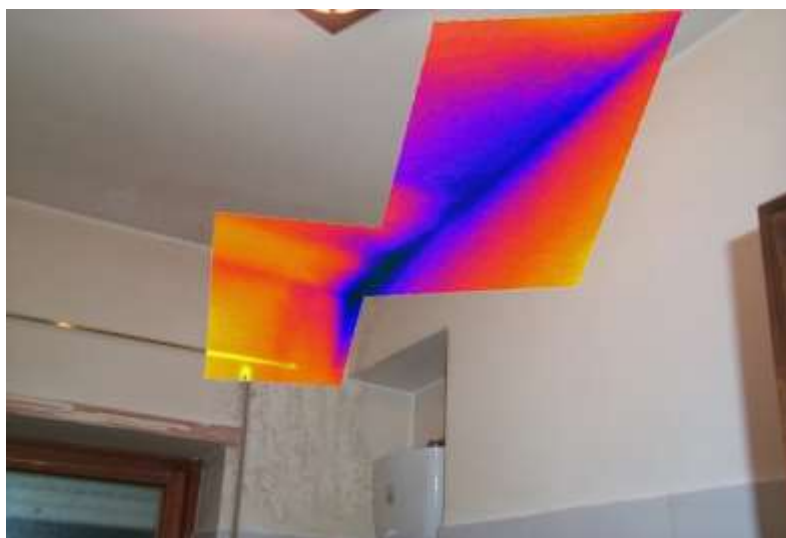


Figura 171: Rilevamento dell'umidità mediante termografia

### 17.3.2 REQUISITI DI PROVA PER L'ANALISI TERMOGRAFICA

a) Per almeno 24 h prima dell'inizio della prova, la temperatura dell'aria esterna non deve essere maggiore di oltre  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ , rispetto alla temperatura all'inizio della prova. Per struttura pesanti con grande massa termica, è necessario tenere conto degli effetti di immagazzinamento di calore.

b) Per almeno 24 h prima dell'inizio della prova, e durante la prova stessa, la differenza di temperatura dell'aria attraverso l'involucro edilizio non deve essere minore del valore numerico di  $3/U$ , dove  $U$  rappresenta il valore teorico del coefficiente di trasmissione termica della parete, espresso in  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  e comunque mai minore di  $5^{\circ}\text{C}$ .

c) Per almeno 12 h prima dell'inizio della prova e durante la prova, le superfici dell'involucro in esame, non dovrebbero essere esposte alla radiazione solare diretta.

d) Durante la prova, la temperatura dell'aria esterna ed interna non devono variare, rispetto ai valori rilevati all'inizio della prova, di oltre  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  rispettivamente. Gli effetti delle variazioni di temperatura durante la prova, possono essere verificati sovrapponendo l'immagine definitiva e quella iniziale. Se la variazione è minore di  $1^{\circ}\text{C}$  o  $2^{\circ}\text{C}$ , il requisito di prova si considera soddisfatto.

La termografia eseguite nelle condizioni ottimali consente di ottenere numerose informazioni utili per l'analisi energetica.

Ad esempio, una parete esterna sottoposta a irraggiamento solare restituisce un termogramma che visualizza un'immagine con i ponti termici e la struttura dell'opera muraria.

Si possono avere possibili errori ad esempio per effetto di radiazioni riflesse, come mostrato in figura. È perfettamente visibile sopra la finestra a destra una zona mal isolata con uscita del calore attraverso il cassonetto.

I ponti termici (zone fredde) possono essere facilmente visualizzati mediante la termografia. In genere in corrispondenza dei ponti termici si possono avere zone di formazione di condensa superficiale o interstiziale.

In genere la termografia consente un'analisi energetica qualitativa, cioè basata sul confronto fra zone adiacenti (più calde o più fredde).

È bene non affidarsi molto sui valori assoluti delle grandezze rilevate (temperature) poiché possono esserci errori dovuti all'emissività delle superfici.

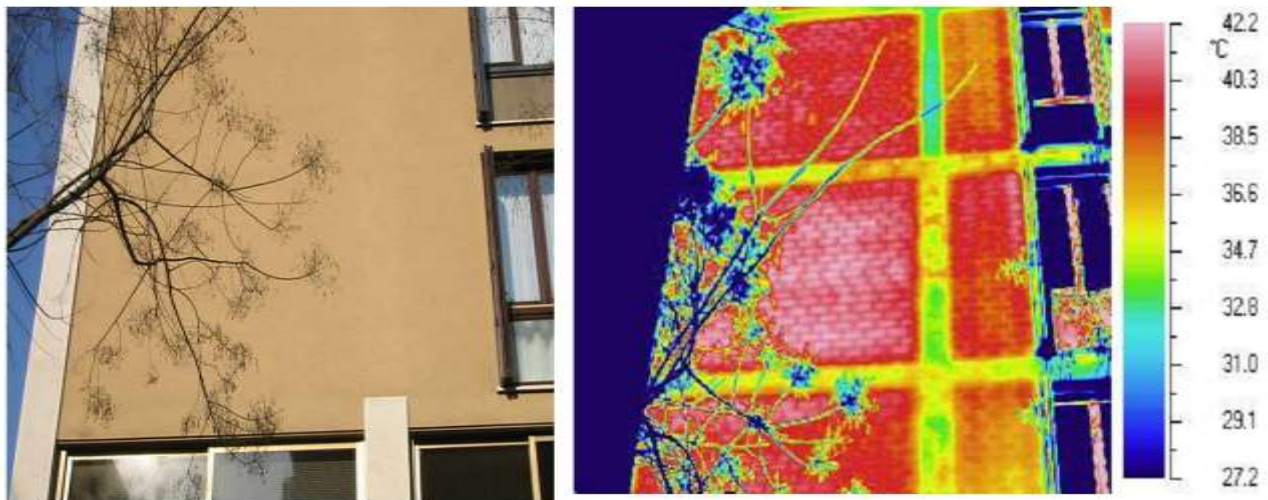


Figura 172: Evidenziazione dei ponti termici in una parete



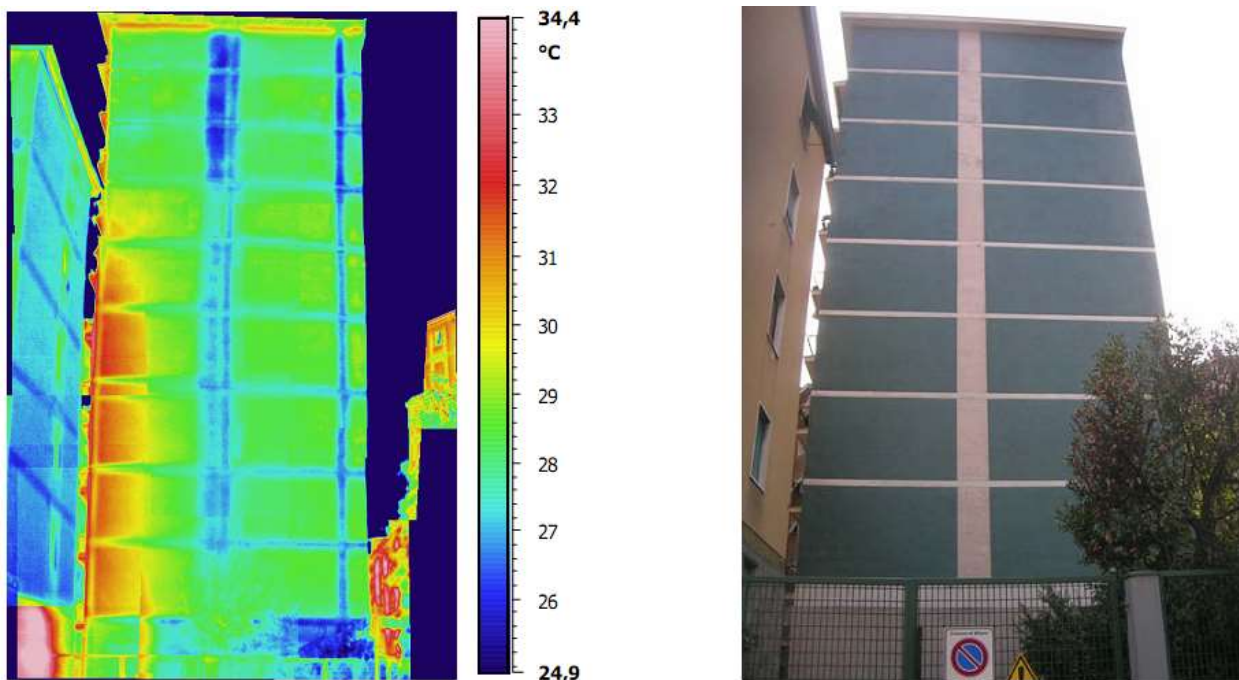


Figura 173: Errore dovuto alla radiazione riflessa

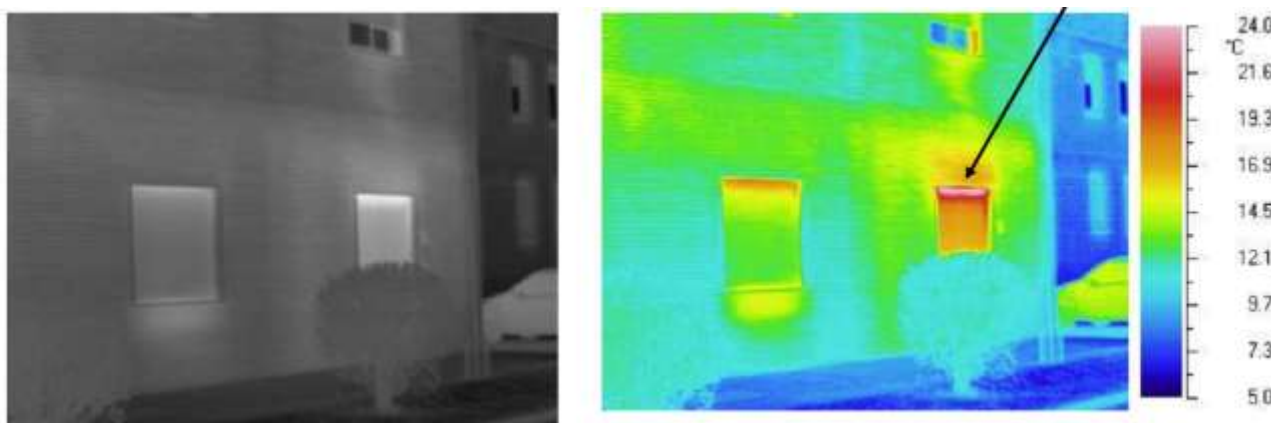


Figura 174: Visualizzazione di un difetto di isolamento

Occorre prestare attenzione a inquadrare superfici vetrate poiché queste riflettono i raggi infrarossi e quindi consentono di visualizzare immagini riflesse di nuvole, di edifici circostanti, ...

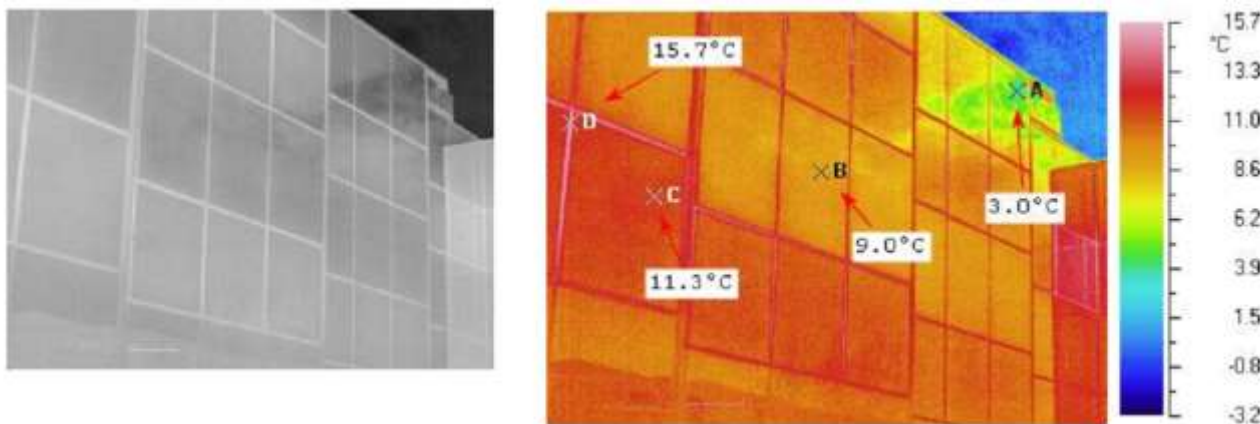


Figura 175: Termografia di superfici vetrate

Con la funzione “*Fusion*” è possibile sovrapporre l’immagine visibile con l’immagine infrarosso per individuare perfettamente le aree d’interesse per l’indagine.

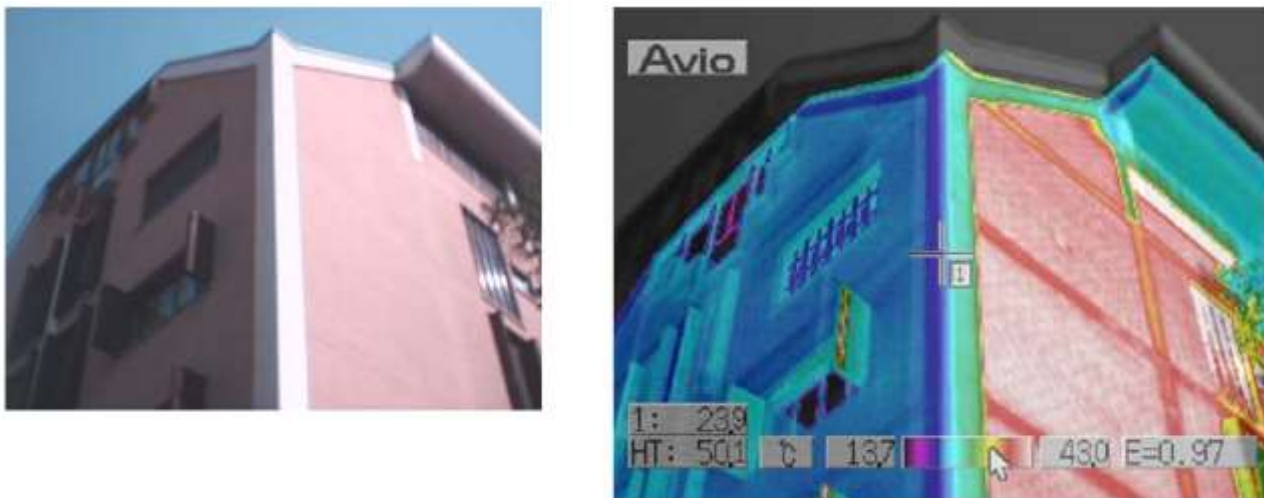


Figura 176: Sovrapposizione di un'immagine termografica e di una fotografica

La verifica di isolamento è possibile in modo diretto con la termografia:



Figura 177: Esempio di verifica di isolamento con termografia

Allo stesso modo si possono individuare le tubazioni di acqua calda.

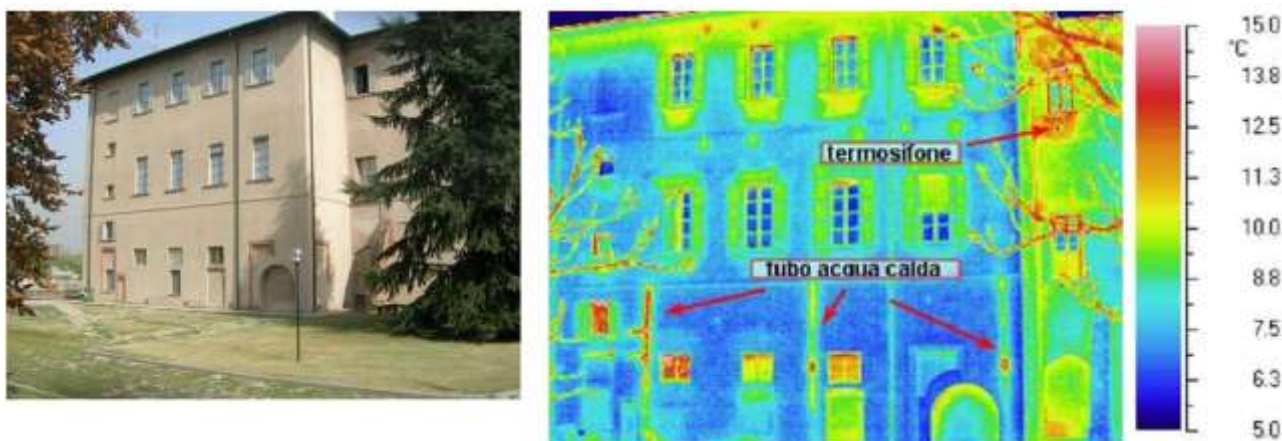


Figura 178: Immagine termografica delle tubazioni di acqua calda

## 17.4 MISURATORI DI FLUSSO TERMICO

Per rilevare *in situ* la trasmittanza termica dei componenti di involucro si utilizza un particolare strumento detto **Termo flussimetro**.

Si tratta di uno strumento che consente di misurare, in modo non distruttivo come la termografia, l'esatto isolamento termico di una parete verticale o di un tetto.

La strumentazione deve essere conforme alla normativa ISO 9869 e si compone di un data - logger per la registrazione dei dati misurati, di una piastra flussimetrica e di quattro sonde a contatto per la misura della temperatura delle pareti, sia interne che sterne.

Si osservi che per avere indicazioni corrette la prova deve avere una durata di almeno tre giorni consecutivi, in funzionamento continuo, come indicato dalla normativa ISO 9869.

### 17.4.1 PROCEDURA OPERATIVA

Il coefficiente di trasferimento del calore, altresì detto anche trasmittanza, è la misura del flusso termico che per una differenza di temperatura di 1 Kelvin fluisce attraverso 1 m<sup>2</sup> di materiale. L'unità di misura è:  $W/m^2K$ . Il fabbisogno termico di un fabbricato sia in termini di valori di picco che in termini di fabbisogno annuo dipende dall'isolamento termico del fabbricato stesso in rapporto alle condizioni climatiche della località in cui il fabbricato è sito. Nel calcolo dell'isolamento termico entrano in gioco le geometrie dei fabbricati stessi ed i relativi ponti termici oltre al valore di trasmittanza delle singole pareti o superfici vetrate che compongono l'involucro esterno del fabbricato. Per calcolare il fabbisogno termico di un fabbricato, occorre determinare il valore U delle differenti parti costruttive che devono rientrare secondo le zone climatiche e in funzione di coefficienti correttivi riportati nelle norme attuative entro determinati limiti

Più è piccolo il valore U del componente e minori sono le dispersioni, come indicato dal D.lgs. 192/05 e s.m.i.

Ci sono due differenti coefficienti applicabili per determinare le qualità isolanti dei materiali. A volte confusi fra loro. Il valore  $\lambda$  (*Lambda*) che non considera lo spessore del materiale isolante. Solo indicando lo spessore del materiale (ad esempio 5 centimetri) ed il suo valore Lambda (ad esempio lana) si può calcolare il valore U e determinare il potere isolante. Il valore U corrisponde invece al prodotto finito. Ad esempio un mattone oppure una finestra. In pratica il valore U è maggiormente indicativo poiché non riferisce alla materia prima ma al prodotto finito.

Una metodologia di calcolo è ad esempio fornita dalla norma UNI EN ISO6946. Conoscendo i valori di  $\lambda$  di ciascun singolo strato costituente la struttura di una parete costituita da strati omogenei, oppure il valore U dei singoli strati non omogenei, è possibile determinarne il valore U complessivo semplicemente sommando la resistenza termica dei singoli strati costituenti la parete (compresi eventuali interstizi di aria) e le resistenze superficiali interne ed esterne delle pareti.

Per dettagli sul calcolo della trasmittanza di una parete si rimanda alla suddetta norma, già tratta in precedenza.

In pratica, con riferimento alla Figura 179 si ha:

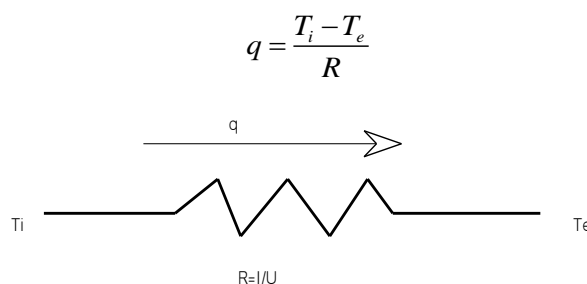


Figura 179: Schematizzazione termica del flusso di parete



$$q = \frac{T_i - T_e}{R}$$

da cui si ricava:

$$R = \frac{T_i - T_e}{q}$$

Poiché è:

$$R = \frac{1}{U}$$

ne deriva che:

$$U = \frac{q}{T_i - T_e}$$

Pertanto si può calcolare la trasmittanza U una volta note le temperature interna ed esterna e misurato il flusso termico q.



Figura 180: Posizionamento delle sonde a contatto

Per una misura corretta occorre rispettare almeno alcuni accorgimenti di base nel posizionamento delle sonde e nelle condizioni di prova Vale a dire:

- *Far aderire bene le sonde alla parete interna, vedi Figura 180;*
- *Una differenza termica tra interno ed esterno di almeno 15°C*
- *Condizioni interne ed esterne il più possibile costanti nel tempo (ambiente interno climatizzato);*
- *Posizionamento sonde interna ed esterna in luogo protetto da sorgenti termiche calde o fredde alla stessa altezza delle sonde apposte sulla parete ed a distanza di almeno 30 cm dalla parete interna (lo stesso vale per l'esterno);*
- *Durata consigliata della prova, minimo una notte. Ma maggiore è il numero di dati validi a disposizione e migliore sarà il risultato.*

Per evitare di posizionare le sonde in punti anomali (ad esempio per la presenza di ponti termici o assenza dell'isolante) allora si può preventivamente effettuare un'indagine termografica, come descritto in precedenza.

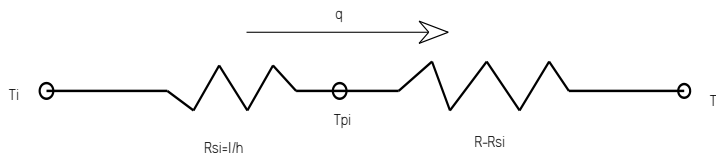


Figura 181: Metodo della resistenza laminare



Figura 163: esempio di applicazione delle sonde per il termo flussimetro

**Metodo della resistenza laminare**

Con riferimento alla Figura 181, conoscendo il coefficiente di resistenza superficiale interna (riferimento tabella estratta dalla norma UNI6946) e la temperatura di parete interna è possibile calcolare:

$$q = \frac{T_i - T_{pi}}{R_{si}} = h_i (T_i - T_{pi})$$

Dalla UNI EN ISO 6946 si ha la seguente tabella per i fattori liminari interni.

	Direzione del flusso termico		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente
$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

Tabella 109: Resistenza termiche superficiali (m²K/W)

Normalmente i dati maggiormente affidabili sono quelli relativi alle prime ore del mattino prima del sorgere del sole.

**Accorgimenti**

- *Scartare i dati iniziali che sono influenzati dalla stabilizzazione di sensori e considerare solo i dati che mostrano un andamento stabile;*
- *Considerare influenze esterne nel corso della prova: presenza di sole, pioggia, vento ed altri fattori esterni*
- *Considerare fenomeni di accumulo termico della parete e prendere in considerazione solo i dati che non sono riconducibili a tale effetto.*

## Incerteza

Pur operando al meglio all'incerteza propria dell'apparecchiatura si sommano le molte incerteze legate alle condizioni di prova. E' quindi fondamentale l'esperienza interpretativa sui dati rilevati in funzione delle condizioni di prova. Si osservi che l'errore dovuto alle condizioni di prova reale rispetto a prove da laboratorio può essere anche dell'ordine del 15%.

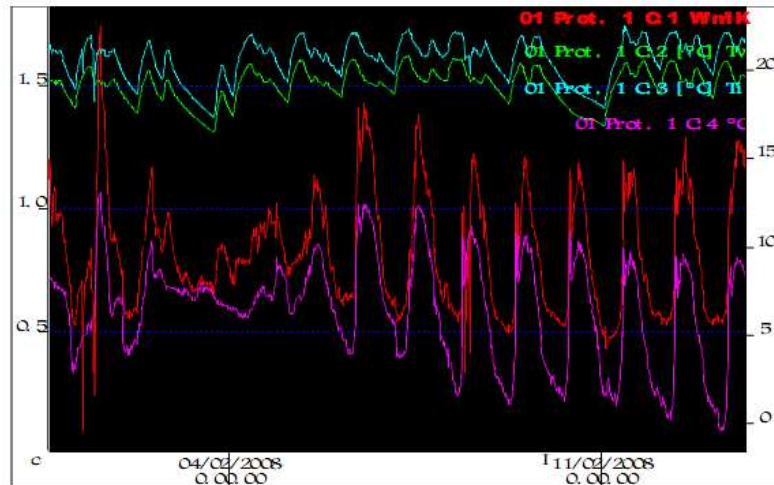


Figura 182: Andamento tipico dei dati per il rilevamento della temperatura interna

## 17.5 CONSIDERAZIONI SUGLI STRUMENTI DI DIAGNOSI ENERGETICHE

Sia le prove termografiche che quelle termoflussimetriche sono molto dipendenti dalla precisione della strumentazione, dalla perizia dell'operatore e, soprattutto, dalle condizioni operative in cui si opera per le misure.

Spesso si è portati a pensare che questi strumenti, invero costosi e complessi, possano fare miracoli e operare da soli senza un'adeguata preparazione ed esperienza. Nulla di più errato, gli errori sono frequenti e spesso rilevanti.

Si consiglia, quindi, di ricorrere a personale specializzato per questo genere di strumenti diagnostici e non avventurarsi in prove estemporanee che possono compromettere e invalidare tutto il lavoro svolto.

## 18. RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA EDIFICI

### 18.1 LA NECESSITA' DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

La percentuale dei nuovi edifici è variabile fra 0,04-0,06% del parco costruito. Ciò significa che la progettazione *ex novo* incide solo marginalmente sul parco costruito. La grande maggioranza degli edifici è già costruita e di questa oltre l'80-90% non ha mai avuto interventi di riqualificazione energetica e sono stati costruiti prima delle leggi sul contenimento energetico.

Risulta quindi molto importante potere intervenire sul parco edificato esistente con interventi mirati di riqualificazione energetica. In parte questa necessità si attua allorché un edificio subisce una ristrutturazione con superficie utile > 1000 m<sup>2</sup> o una variazione di volume superiore al 20%, come indicato dal D.Lgs. 192/05.

Tuttavia gli interventi di riqualificazione energetica si rendono opportuni nel caso in cui si desidera ridurre i consumi energetici degli attuali edifici.

Si ricorderà, infatti, che un edificio costruito prima delle leggi sul contenimento energetico ha un'efficienza energetica EP<sub>i</sub> compresa fra 150 e 250 kWh/(m<sup>2</sup>.anno)<sup>82</sup> e cioè di un ordine di grandezza superiore a quella di un edificio conforme all'attuale normativa (D.Lgs. 192/05 e D.Lgs. 28/2011).

Ridurre tale efficienza a valori variabili fra 50 e 100 kWh/(m<sup>2</sup>.anno) può rappresentare un risparmio notevole di energia e, conseguentemente, dei costi di riscaldamento.

Appare subito evidente, infatti, la differenza dei costi di esercizio esistente fra un edificio non progettato e costruito secondo l'attuale normativa ed uno progettato e costruito secondo l'attuale normativa. Supponendo un costo del gasolio di 1.4 €/L e con riferimento ad un appartamento di 100 m<sup>2</sup> di superficie utile si ha la situazione della seguente tabella.

EP <sub>i</sub>	€/ (m <sup>2</sup> .anno)	€/anno
250	35.0	3500
130	18.2	1820
20	2.8	280

Tabella 110: Confronto dei costi energetici degli edifici

Non occorre una laurea in economia per comprendere quanto sia grande la differenza di costo di gestione fra un edificio non coibentato ed uno ben coibentato. Se poi si considera che il prezzo del gasolio tende ad incrementare nel tempo si può concludere che un costo di gestione elevato

<sup>82</sup> Si osserva che l'indice di prestazione energetica, EP<sub>i</sub>, viene dato in kWh/(m<sup>3</sup>.anno) per edifici non residenziali. Pertanto i valori di riferimento sono diversi da quelli sopra indicati e non sono intercambiabili.

potrà incidere negativamente sulle condizioni di comfort ambientale poiché l’utenza tenderà a ridurre i tempi di accensione degli impianti di riscaldamento per ridurre i costi.

In questo capitolo si vuole presentare una casistica di possibili interventi di riqualificazione energetica per edifici esistenti.

**18.2 LA FIRMA ENERGETICA DELL’EDIFICIO**

Prima di immaginare qualunque intervento di riqualificazione energetica occorre effettuare una diagnosi energetica dell’edificio. Il primo campanello di allarme è il **consumo elevato di energia** e pertanto occorre effettuare un audit energetico completo.

Successivamente è possibile esaminare i possibili interventi da effettuare:

- *Sull’involucro dell’edificio;*
- *Sugli impianti presenti nell’edificio.*

I criteri per l’audit energetico sono consigliati dall’Enea e dal CTI e richiedono un’attenta valutazione delle bollette energetiche (gas, gasoli, elettricità, legna, ...) in modo da potere effettuare una correlazione il più possibile corretta fra le caratteristiche (interazione edificio – impianto) dell’edificio e i consumi reali.

Occorre poi confrontare i consumi energetici rilevati con quelli previsti dall’attuale normativa per le prestazioni energetiche (*tailored*) dell’edificio. Nel caso si abbiano scostamenti rilevanti allora occorre studiare una strategia di intervento che riduca tali consumi ai valori normali o, nel caso di riqualificazione energetica, che migliori la classe energetica dell’edificio.

Un buon criterio per analizzare i consumi energetici dell’edificio è quello di costruire la firma energetica. In pratica si tratta di diagrammare l’energia consumata in funzione della temperatura media esterna.

Ad esempio si abbia l’edificio di **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata..** I calcoli energetici siano riassunti nella seguente tabella.

Dati geometrici						
		Superficie utile	Su	343,44 m <sup>2</sup>	Volume lordo	V 1.239, m <sup>3</sup>
FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA						
Riscaldamento involucro	Q <sub>H,nd</sub>	4.596,0 kWh	Indice di prestazione	EP <sub>inv</sub>	13,38 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	
Acqua calda sanitaria	Q <sub>h,W</sub>	5.498,3 kWh	Indice di prestazione	EP <sub>water</sub>	16,01 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	
Raffrescamento involucro	Q <sub>C,nd</sub>	1.830,6 kWh	Indice di prestazione	Epe <sub>inv</sub>	5,33 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	Prestazione limite Epe <sub>inv,lim</sub> 30,00 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
RISCALDAMENTO: fabbisogni di energia primaria e rendimenti						
Energia primaria riscaldamento	Q <sub>p,H</sub>	0,0 kWh	Indice di prestazione	Epl	0,00 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	Prestazione limite Epl <sub>lim</sub> 48,24 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Classe energetica riscaldamento		A+	Rendimento globale stagionale	η <sub>G,H</sub>	1,000	Rendimento globale limite η <sub>G,H,lim</sub> 0,000
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,H,ren</sub>	0,000 kWh	Quota rinnovabile	QR <sub>H</sub>	0,0 %	
Energia primaria totale	Q <sub>p,H,tot</sub>	0,000 kWh	Indice di prestazione totale	Epl <sub>tot</sub>	0,00 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	
ACQUA CALDA SANITARIA: fabbisogni di energia primaria e rendimenti						
Energia primaria ACS	Q <sub>p,W</sub>	0,0 kWh	Indice di prestazione	EpACS	0,00 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	Prestazione limite EpACS <sub>lim</sub> - kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Classe energetica ACS		A	Rendimento globale stagionale	η <sub>G,W</sub>	1,000	Rendimento globale limite η <sub>G,W,lim</sub> -
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,W,ren</sub>	0,000 kWh	Quota rinnovabile	QR <sub>ACS</sub>	0,0 %	Valore minimo QR <sub>ACS,min</sub> 50,0 %
Energia primaria totale	Q <sub>p,W,tot</sub>	0,000 kWh	Indice di prestazione totale	EpACS <sub>tot</sub>	0,00 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	
FABBISOGNO GLOBALE: energia primaria e rendimenti						
Energia primaria globale	Q <sub>p,H,W</sub>	0,0 kWh	Indice di prestazione	Epgl	0,00 kWh/(m <sup>2</sup> anno)	Prestazione limite Epgl <sub>lim</sub> 48,24 kWh/(m <sup>2</sup> anno)
Classe energetica globale		A+	Rendimento globale stagionale	η <sub>G,H,W</sub>	1,000	Rendimento globale limite η <sub>G,H,W,lim</sub> -
Energia primaria rinnovabile	Q <sub>p,H,W,ren</sub>	0,000 kWh	Quota rinnovabile	QR <sub>gl</sub>	0,0 %	Valore minimo QR <sub>gl,min</sub> 20,0 %
Energia primaria	Q <sub>p,H,W,tot</sub>	0,000 kWh	Emissioni CO2		0,00 Kg/m <sup>2</sup> anno	

Tabella 111: Riepilogo dei consumi energetici

In Figura 184 si ha l’andamento delle stagioni di climatizzazione invernale ed estiva.

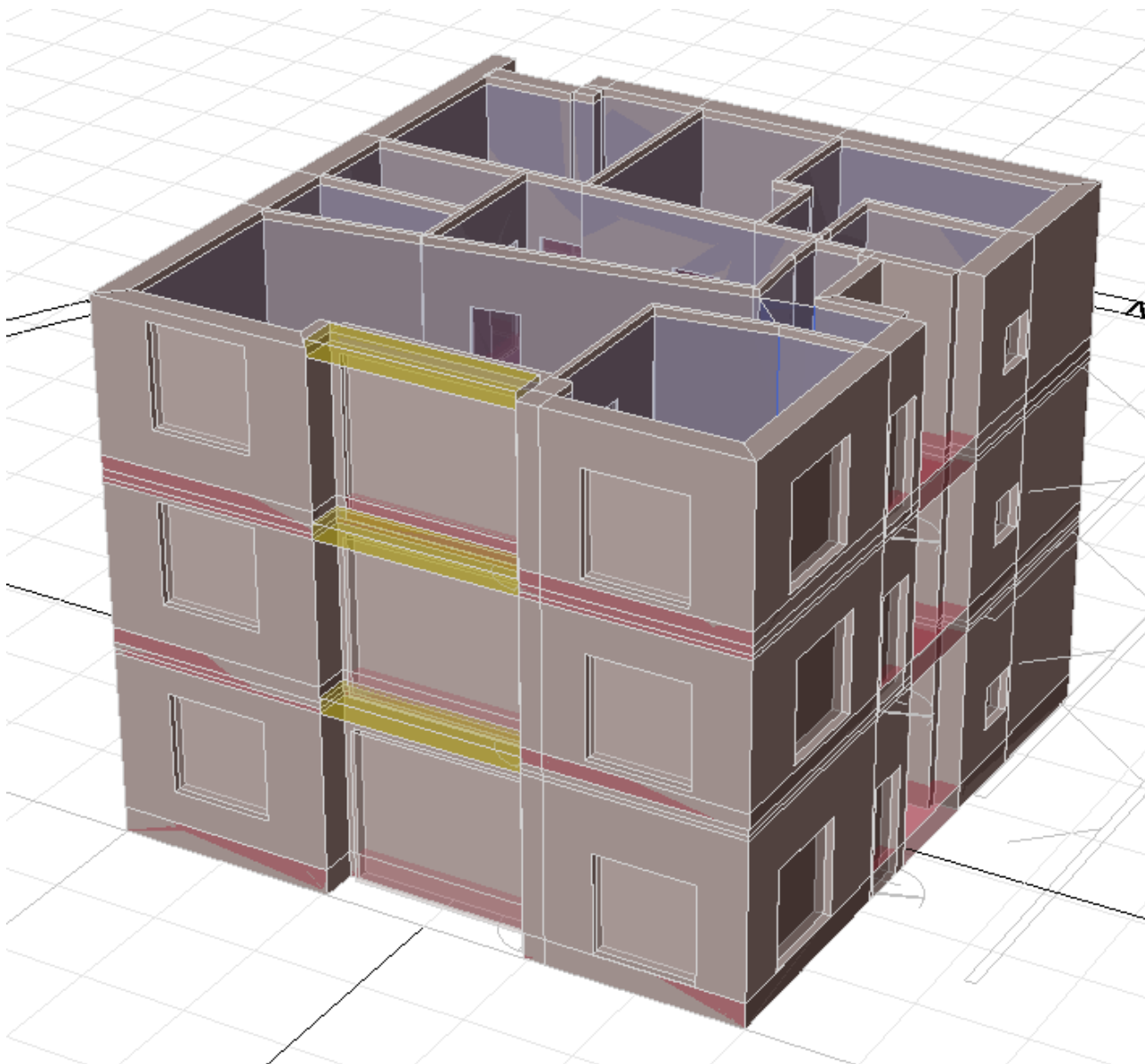


Figura 183: Edificio esempio per la diagnosi energetica

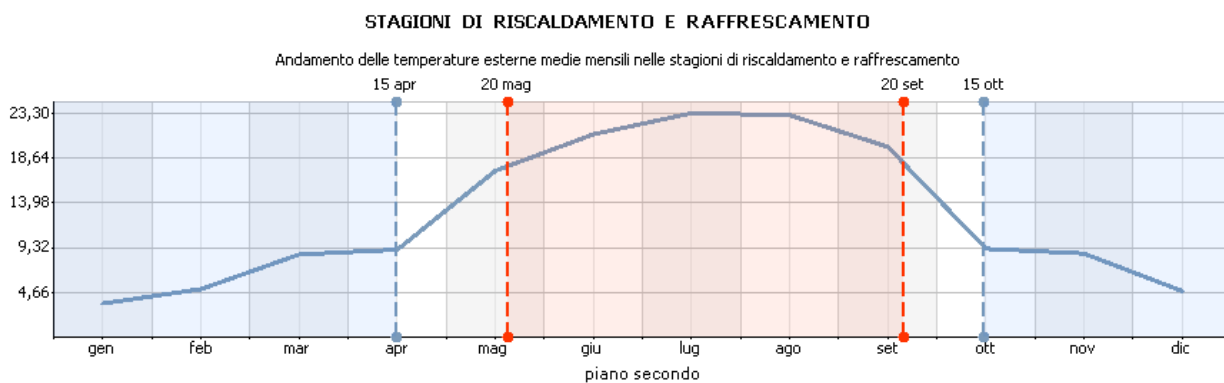


Figura 184: andamento delle stagioni di riscaldamento e raffrescamento

In Figura 188 si ha la firma energetica dell'edificio esempio considerato con i consumi desunti dalla Figura 187. Si osservi che i consumi, noto il periodo e il numero di ore giornaliere di riscaldamento, è stato trasformato in potenza del generatore. Da questo grafico possiamo osservare che l'ordinata all'origine è l'energia massima corrispondente alla minima temperatura media



esterna. Il valore dell'intersezione della retta interpolatrice con l'asse delle temperature ci dice quando non è più necessario riscaldare l'edificio.

Figura 185 Dal diagramma si può conoscere anche il valore dei consumi energetici medi corrispondente al valore medio della temperatura esterna considerata nella stagione.

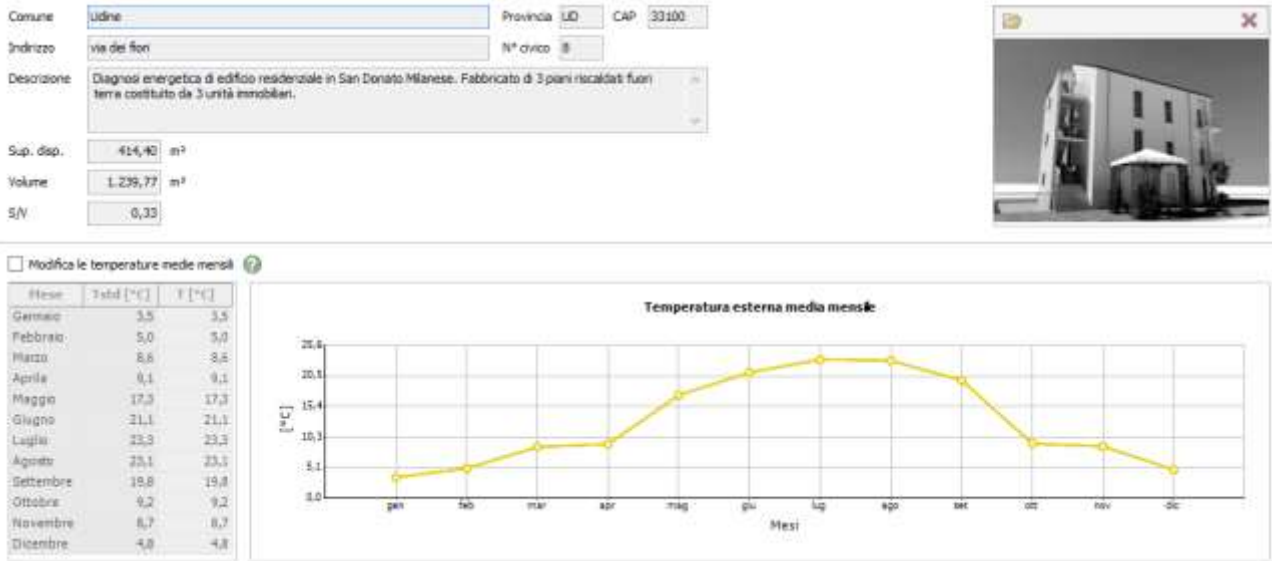


Figura 186: Andamento della temperatura esterna

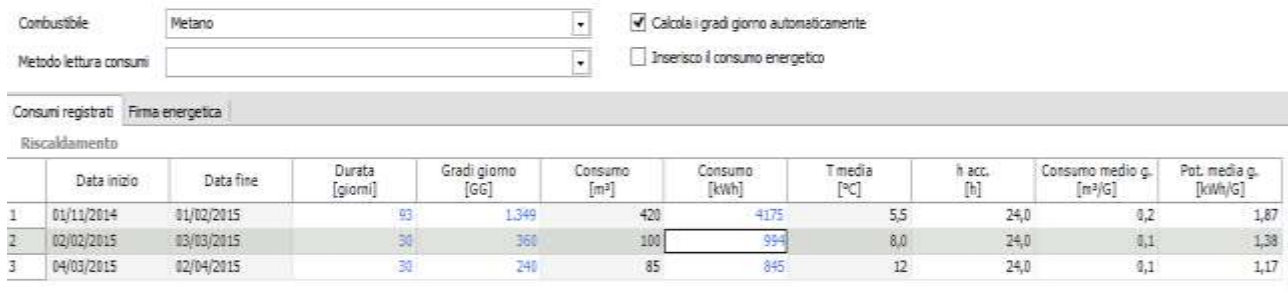


Figura 187: Consumi registrati

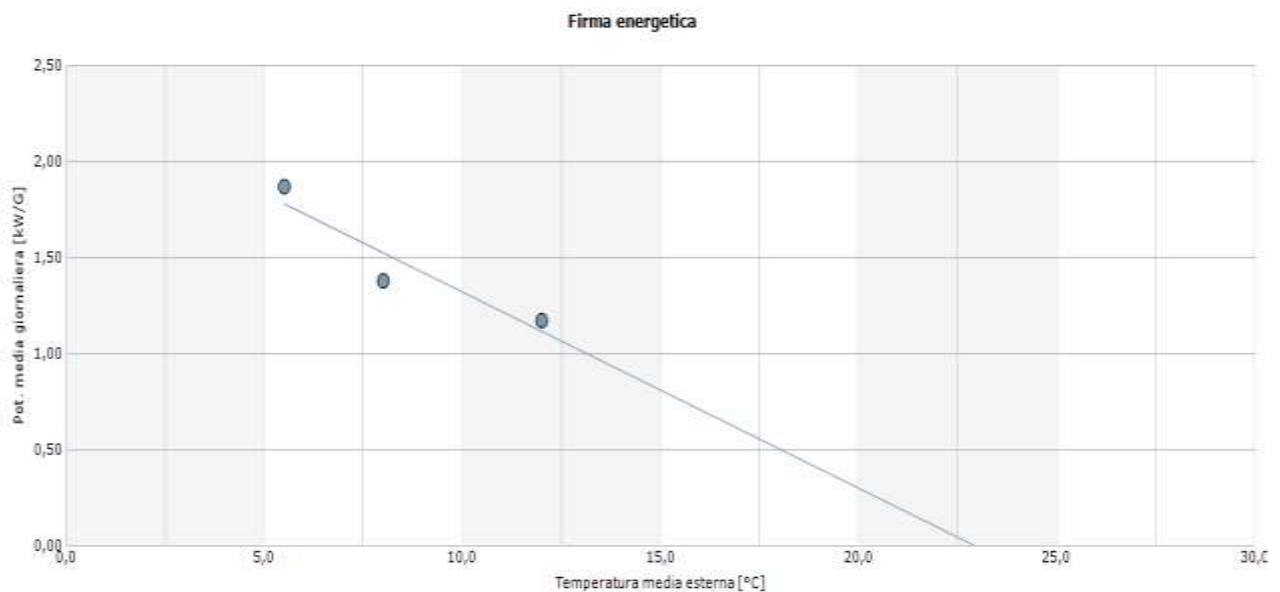


Figura 188: Firma energetica dell'edificio

In pratica dal diagramma della firma energetica si possono desumere i dati sintetizzati in Figura 189. Si hanno i seguenti dati:

- Consumi massimi alla minima temperatura media esterna;
- Temperatura media esterna alla quale corrispondono consumi nulli;
- Consumi medi corrispondenti alla temperatura media stagionale esterna.

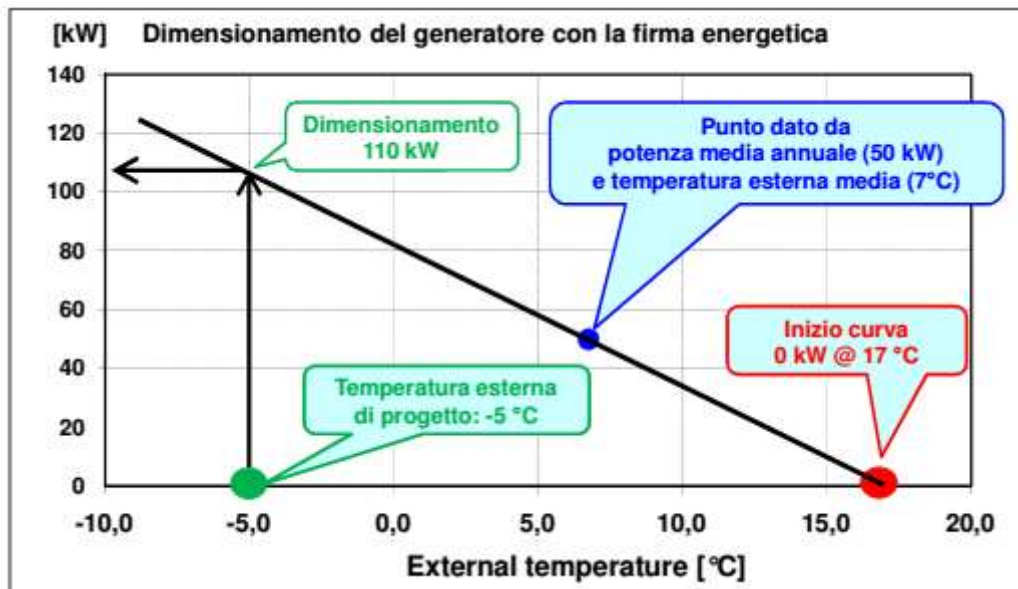


Figura 189: Dati rilevabili dalla firma energetica

### 18.3 INCIDENZA DEI DISPERDIMENTI TERMICI

L’incidenza dei disperdimenti attraverso l’involucro appare subito importante per intraprendere qualunque azione di riqualificazione energetica.

In tabella seguente si ha un riepilogo dei disperdimenti per un ristorante in zona B conforme al D.Lgs. 192/05.

Potenza totale di picco [W]	72135
Potenza ventilazione [W]	44999
Potenza trasmissione [W]	27135
S [m²]	880.59
V [m³]	2873.95
S/V [m <sup>-1</sup> ]	0.306
Cd [W/m² K]	0.629
Cd limite [W/m² K]	0.477

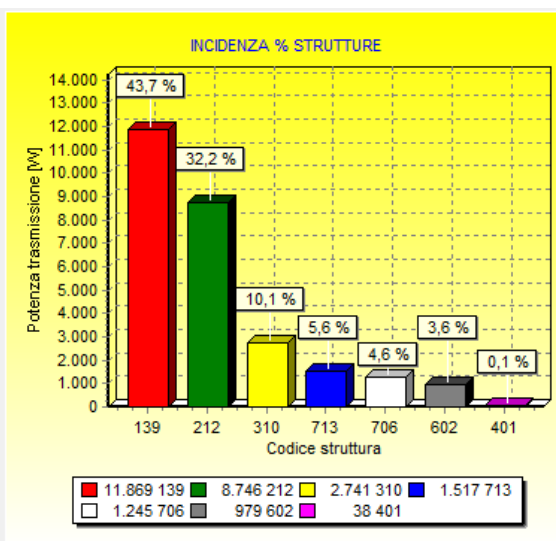


Tabella 112: Incidenza dei disperdimenti per un ristorante

L’elemento 139 è una parete esterna, l’elemento 212 rappresenta i serramenti, il 602 rappresenta i soffitti e il 713 i ponti termici. Come si può osservare il 43,7% dei disperdimenti si ha nelle pareti (in questo caso) e il 32,2% nei serramenti vetriati.

Vediamo un altro caso relativo ad un albergo a cinque piani in zona climatica B, costruito negli anni '70 senza alcun riferimento al risparmio energetico. L'albergo è a muratura portante con 80 cm di spessore con mattoni pieni e finestre con vetro camera semplice.

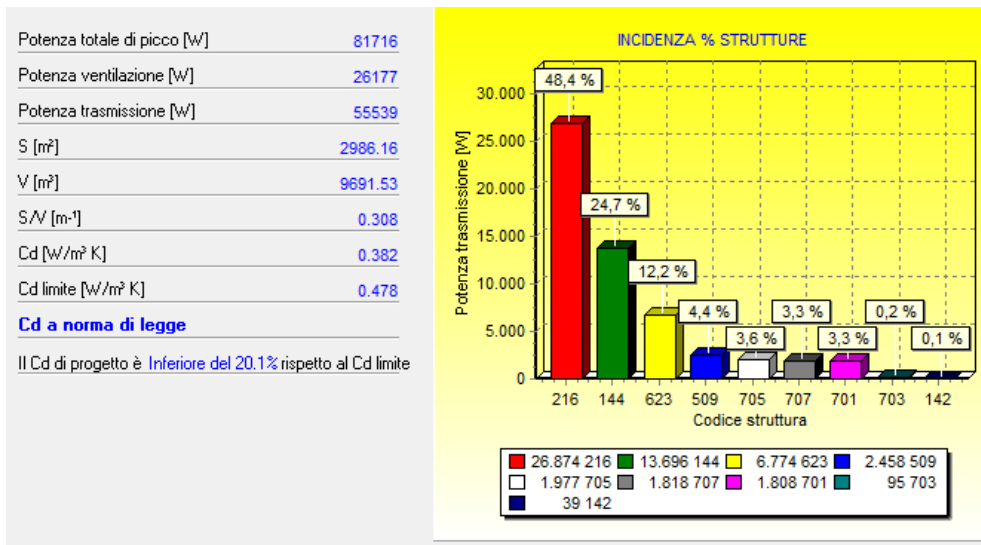


Tabella 113: Riepilogo dei disperdimenti per un albergo

Ancora una volta gli elementi disperdenti di maggior peso sono le finestre (elemento 216) con 48,2% contro il 24,7% delle pareti.

E' allora facile ipotizzare due possibili ipotesi di intervento:

- Aggiungere ulteriore isolante alle pareti;
- Usare infissi con minore trasmittanza.

Traendo spunto da queste osservazioni si discuteranno le strategie di intervento per la riqualificazione energetica.

**18.3.1 ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO**

Per la corretta valutazione delle operazioni da intraprendere per la riqualificazione energetica occorre prima effettuare un'analisi energetica dell'edificio utilizzando i dati disponibili sui costi energetici (bollette e/o fattura gasoli, gas, luce).

Pr individuare gli elementi maggiormente disperdenti, qualora non si abbia la possibilità di avere il riepilogo fatto da un programma di elaborazione progettuale, è bene effettuare un'analisi termografica, come indicato nel precedente capitolo.

Da questa si potrà avere una mappa termica dalla quale dedurre gli elementi maggiormente disperdenti.

**18.4 STRATEGIE DI INTERVENDO PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**

Per edifici esistenti e già dotati di impianti di riscaldamento è possibile conoscere i costi di gestione reali mediante l'esame delle bollette energetiche (luce, gas, gasolio, ...) esistenti.

Rapportando questi consumi alla superficie utile riscaldata si ha un primo calcolo, anche se grossolano, dell'indice di prestazione energetica EP<sub>i</sub>:

$$EP_{i,consuntivo} = \frac{\text{Consumi}_{energetici}}{S_{utile} \cdot \text{anno}}$$

Da questo calcolo si ha una prima idea dell'intervento che si intende effettuare.

In genere le operazioni possibili sono così classificabili:

- *Interventi sull'isolamento dell'involucro;*
- *Interventi di sostituzione degli infissi con altri di minore trasmittanza;*
- *Interventi sulla sostituzione del generatore;*
- *Interventi di efficientamento energetico dei componenti;*
- *Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER).*

Vediamo singolarmente questi possibili interventi.

### 18.5 INTERVENTI DI RETROFIT SULLINVOLUCRO DELL"EDIFICIO

Per un edificio già costruito le azioni che si possono svolgere sono:

- *Interventi sulla copertura;*
- *interventi sui pavimenti;*
- *interventi sulle pareti e sulla facciata;*
- *interventi sugli infissi e sulle vetrate;*

Ciascuna tipologia di intervento richiede prima la conoscenza, tramite diagnosi non distruttiva, della costituzione di ciascun componente.

Se si ha un progetto o di un attestato di qualificazione energetica (AQE), allora si possono desumere le informazioni direttamente da questi documenti.

Analizziamo i vari interventi possibili.

#### 18.5.1 INTERVENTI SUL SOLAIO DI COPERTURA

Occorre analizzare il tipo di solaio di copertura esistente e vedere se è possibile inserire isolante termico magari all'esterno in forma granulare ovvero trasformare il soffitto in tetto rovescio.

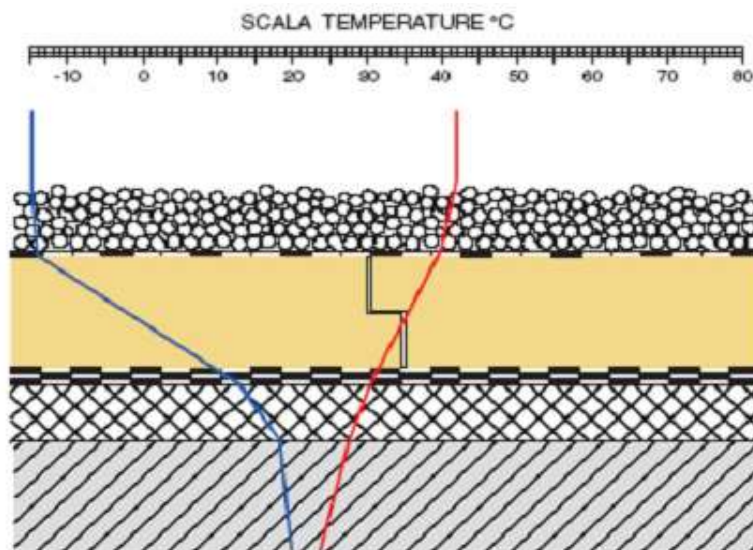


Figura 190: Esempio di tetto rovescio con granulato all'esterno

Se non si può operare all'esterno della copertura allora si può immaginare di inserire isolante nell'intradosso, protetto da un controsoffitto interno.

Se non si può porre un controsoffitto si può utilizzare un intonaco isolante composto da un impasto di leganti idraulici e sferule di polistirene espanso. In questo modo l'intonaco premiscelato, applicato a mano o con opportune macchine spanditrici, funge sia da intonaco interno sia da isolante termico.



Figura 191: Controsoffitto interno a protezione dell'isolante

Se la copertura è a falda si può utilizzare un sistema di copertura ventilata con isolamento nell'estradosso.

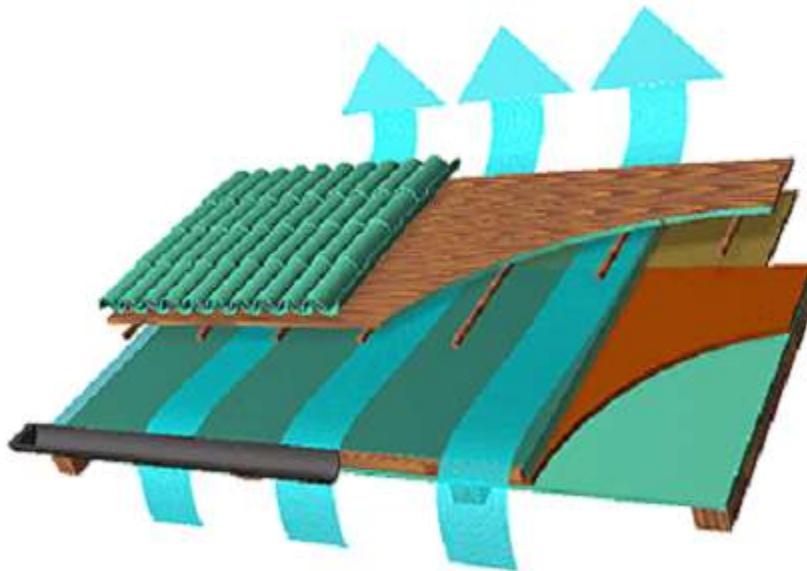


Figura 192: Isolamento di un tetto a falde nell'estradosso con tetto ventilato

Il tetto ventilato favorisce lo smaltimento dell'umidità mediante una ventilazione naturale attivata da aperture in sotto tegola (una di gronda e una di colmo). Lo spessore dello strato d'aria può variare da 8 a 12 cm.

E' ancora possibile applicare un isolante termico all'estradosso protetto da una guaina esterna.



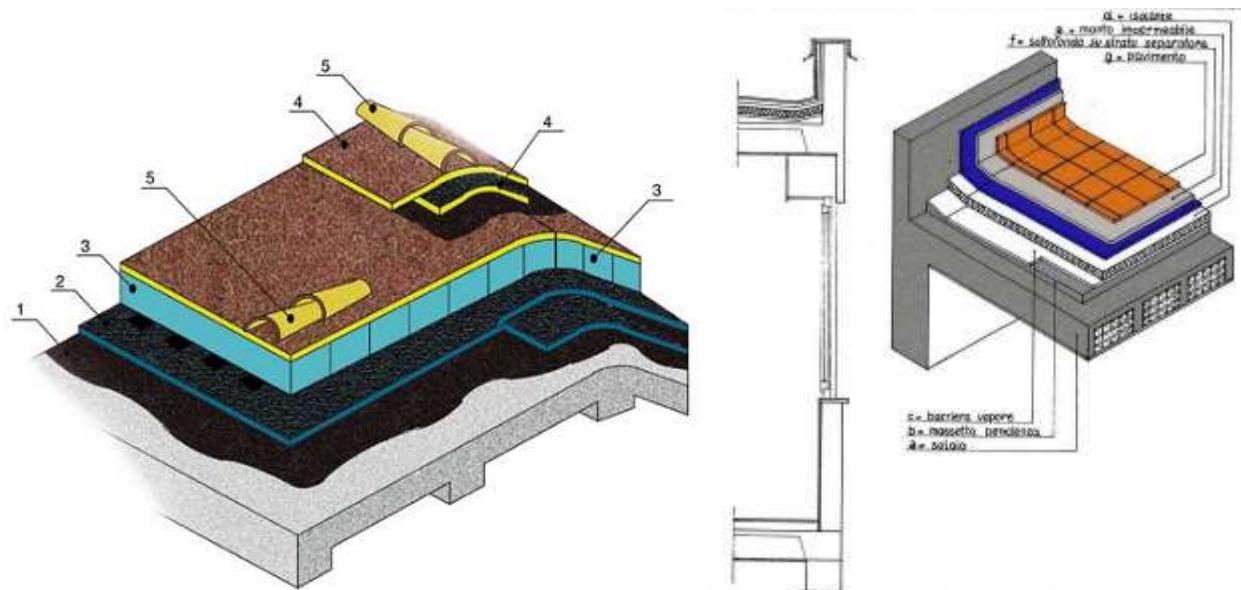


Figura 193: Inserimento dell'isolante all'esterno della falda

Nel caso di presenza di sottotetti è possibile intervenire sull'ultimo solaio posizionando strati di isolante termico o spargendo grani di isolante tipo perlite o argilla granulare.



Figura 194: Posizionamento di isolante termico sulla copertura di sottotetto

### 18.5.2 INTERVENTI SUI PAVIMENTI

Si tratta degli interventi più complessi poiché i pavimenti non sono accessibili se non dal lato interno. Se proprio è necessario intervenire occorre svellere le piastrelle e aggiungere strati di isolante termico. Si tenga presente che nei pavimenti sono spesso annegate le tubazioni per la distribuzione dell'acqua calda degli impianti di riscaldamento e/o anche le tubazioni con conduttori elettrici e pertanto agire su di essi può essere molto problematico.

### 18.5.3 INTERVENTO SULLE PARETI ESTERNE E SULLA FACCIATA

Sulle pareti esterne si può intervenire in più modi. Se l'edificio non ha isolamento termico si può pensare di inserire un *capotto termico* su tutte le pareti esterne mediante l'applicazione di pannelli isolanti opportunamente protetti.

Nel caso che questa non sia possibile, così come suggerito per le coperture, si può pensare di applicare un intonaco per esterno di tipo isolante.





Figura 195: Applicazione dell'isolamento a cappotto e intonaco isolante

L'applicazione di isolante esterno può essere protetta tramite facciata ventilata, come per le falde di copertura, ottenendo notevoli vantaggi sul controllo dell'umidità.

La facciata può essere in materiale lapideo, terrecotte, lastre metalliche in alluminio, in materiale plastico, in materiali cementizi o ceramici.

Il flusso di aria ascendente è attivato da aperture praticate in basso rispetto la facciata e in alto. In pratica si sfrutta l'effetto camino generato dal surriscaldamento della parete esterna aggiuntiva.

Se la tipologia di parete esterna è del tipo ad intercapedine allora si può pensare di inserire dell'isolante termico mediante schiuma polimerizzante, tipo urea.

Questa tecnica è oggi molto utilizzata e consiste nell'operare alcuni fori in testata delle pareti e da questi fori far discendere un prodotto schiumoso che poi viene polimerizzato *in situ*.

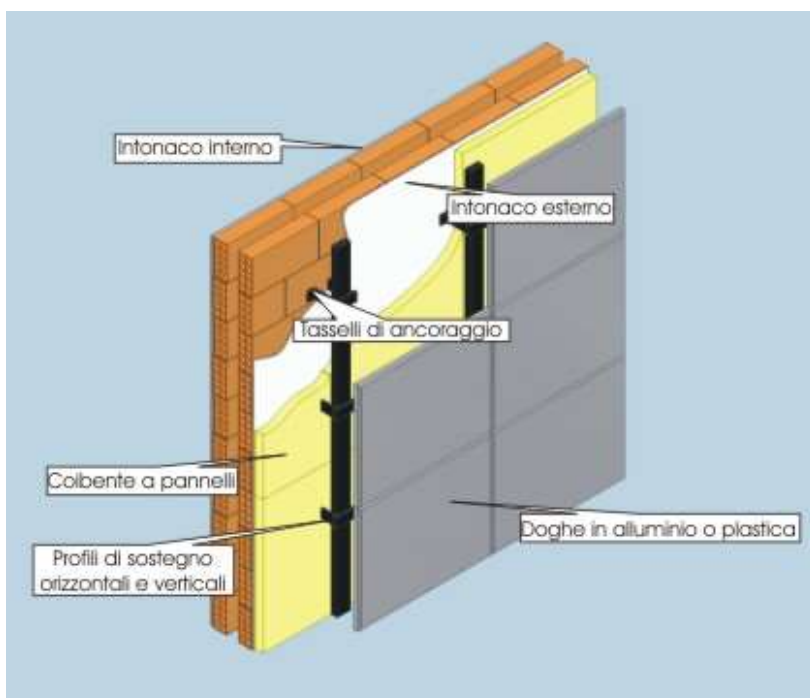


Figura 196: Applicazione di una facciata ventilata



Figura 197: Inserimento di schiuma polimerizzante nell'intercapedine di una parete.

Quest'operazione può anche essere eseguita su parete nuova come scelta progettuale di isolamento termico.

Infine è possibile isolare le pareti esterne ponendo isolante termico sulla superficie interna. Di solito si tratta di pannelli isolanti (sia termici sia acustici) applicati uniformemente e poi protetti con contro parete in cartongesso o similare.



Figura 198: Applicazione di pannelli isolanti all'interno delle pareti

L'isolamento del sottofinestra è un intervento che agisce su un tratto di parete esterna solitamente meno spesso della rimanente muratura e quindi decisamente più disperdente.

L'inserimento di un coibente riporta questo tratto nelle condizioni della rimanente parete pur limitando l'aumento di spessore grazie alle migliori caratteristiche dei coibenti.

Dal punto di vista tecnologico, il sistema prevede la posa in opera di un pannello coibente con barriera al vapore, da lasciare in vista nel caso che nel vano vada alloggiato un radiatore, e da completare verso l'interno del locale con cartongesso o con un controtavolato in tavelle, nel caso in cui esso sia a vista.

Il sistema comporta che il supporto sia asciutto, non polveroso e friabile e privo di muffa. Inoltre, particolare cura dovrà essere posta al fine di ottenere una completa e regolare sigillatura degli spigoli e angoli laterali della contro parete, onde realizzare un isolamento termico che non inneschi condensazione con conseguenti formazioni di muffe.

Al fine di ridurre le perdite negli infissi è possibile intervenire sull'isolamento del cassonetto delle tapparelle ad esempio con l'applicazione di strati di isolante rigido in modo da ricoprire il cassonetto stesso.

Nel dettaglio, la coibentazione deve essere applicata su tutta la superficie del cassonetto mediante un continuo e sottile strato di adesivo (adeguato all'uso), e l'applicazione di tasselli meccanici per mezzo d'idonei chiodi, in numero non inferiore a sei (uno per ciascun angolo e due al centro), per una completa e uniforme aderenza dello strato isolante alla paretina orizzontale superiore.

Nel caso si debba isolare un cassonetto già in opera, è necessario verificare le dimensioni reali di ingombro del rullo avvolgibile ed i conseguenti spazi rimasti liberi per determinare il massimo spessore consentito per le dimensioni del pannello isolante.

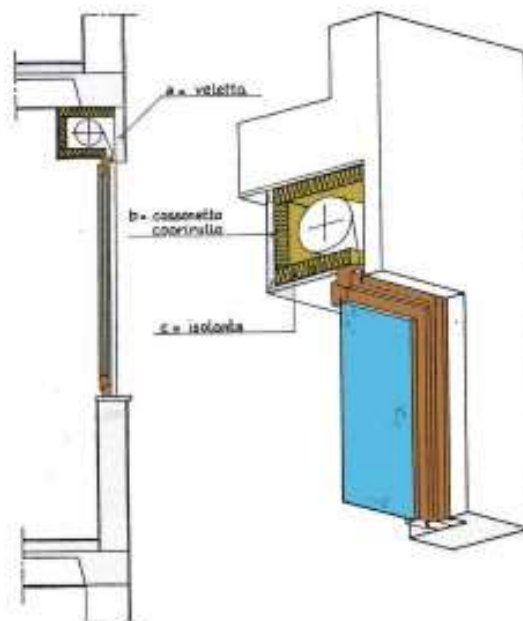


Figura 199: Isolamento del cassonetto

#### 18.5.4 INTERVENTI SUGLI INFISSI E SULLE VETRATE

Gli infissi sono spesso responsabili di gran parte delle perdite energetiche degli edifici a causa dell'elevata trasmittanza termica rispetto a quella delle pareti.

In un edificio esistente le finestre possono essere a vetro singolo e in ogni caso non conformi all'attuale normativa (vedi limite D.lgs. 192/05). Per questo motivo uno dei primi e più importanti interventi è proprio la sostituzione degli infissi con prodotti nuovi aventi, ad esempio, telai in legno o in alluminio a taglio termico e vetrate isolanti (doppia camera o doppia finestra).





Figura 200: Telai in legno o in alluminio a taglio termico



Figura 201: Esempio di applicazione di un serramento esterno (doppia finestra)

Se i telai lo consentono è possibile anche sostituire il vetro con un vetro camera basso emissivo di opportune caratteristiche disperdenti.



Figura 202: Sostituzione del vetro semplice con vetrocamera basso emissivo

Sulla scelta dei vetri si veda quanto già detto sulle tipologie di vetri isolanti.

Qualora sia possibile intervenire esternamente, è ancora possibile inserire schermi solari esterni per evitare il surriscaldamento estivo. Oggi è anche possibile installare schermi con alette mobili a inseguimento solare con il vantaggio di avere un migliore ombreggiamento e anche un controllo ottimale sull'illuminazione diurna degli ambienti.

Sempre con l'uso di vetrate è anche possibile trasformare una normale veranda in una serra addossata (vedi Architettura bioclimatica) ottenendo un notevole beneficio sulla riduzione del fabbisogno energetico invernale. Naturalmente la serra addossata deve essere tenuta aperta nel periodo estivo per evitare il surriscaldamento degli ambienti.



Figura 203: Trasformazione di una veranda in serra addossata

## 18.6 INTERVENTI SUGLI IMPIANTI

In fase di progettazione è possibile selezionare tipologie di impianti meno energivori. Ad esempio si possono scegliere generatori termici ad alta efficienza e a bassa temperatura (caldaie a condensazione), terminali ad alta efficienza e regolazione elettronica centralizzata e per singolo ambiente.

Gli impianti a pavimento radiante (o a parete radiante) hanno notevole inerzia termica e quindi soffrono di problemi di regolazione, specialmente in climi moderati con forte variabilità fra giorno e notte. Nelle zone climatica più fredde (dalla C in poi) è possibile utilizzarli con successo sia per il raggiungimento del comfort ambientale sia per la riduzioni dei consumi energetici.

Per la climatizzazione estiva si possono usare impianti con fan coil e con generatore di acqua fredda a elevata efficienza (vedi UNI TS 11300 Parte 3).

Meglio se è possibile utilizzare la micro cogenerazione, per impianti di piccola potenza, o di trigenerazione per impianti di grande potenza.

Nel caso di edifici esistenti si possono avere i seguenti casi:

- *impianti di climatizzazione inesistenti;*
- *impianti di climatizzazione esistenti ma obsoleti;*
- *generatori termici di vecchia generazione.*
- *inserimento di impianti ad energie rinnovabili in aiuto agli impianti esistenti.*

### 18.6.1 IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE INESISTENTI

In questo caso occorre inserire un nuovo impianto in edificio esistente. Si possono avere alcune difficoltà in base alla tipologia di edificio (ad esempio edificio antico o storico) nell'inserimento degli impianti e pertanto occorre scegliere con cura quale impianto inserire.

In un edificio esistente è difficile inserire canali d'aria, a meno di farli passare esternamente con grave pregiudizio estetico. Spesso i muri di notevole spessore (ad esempio muratura portante) impedisce l'inserimento degli impianti.

Anche gli interventi a pavimento sono spesso problematici e quindi occorre lavorare sotto traccia al di sotto del battiscopa.

Una soluzione possibile è quella di inserire, ad esempio, strisce radianti a soffitto di ampia estensione.

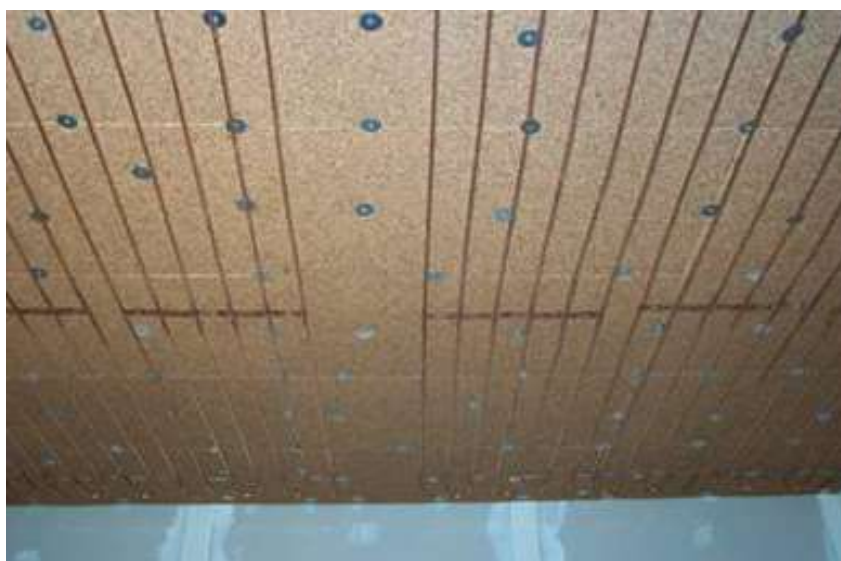


Figura 204: Applicazione di strisce radianti a soffitto

Nel caso sia possibile svellere i pavimenti si possono installare pannelli radianti a pavimento.





Figura 205: Pannelli radianti a pavimento

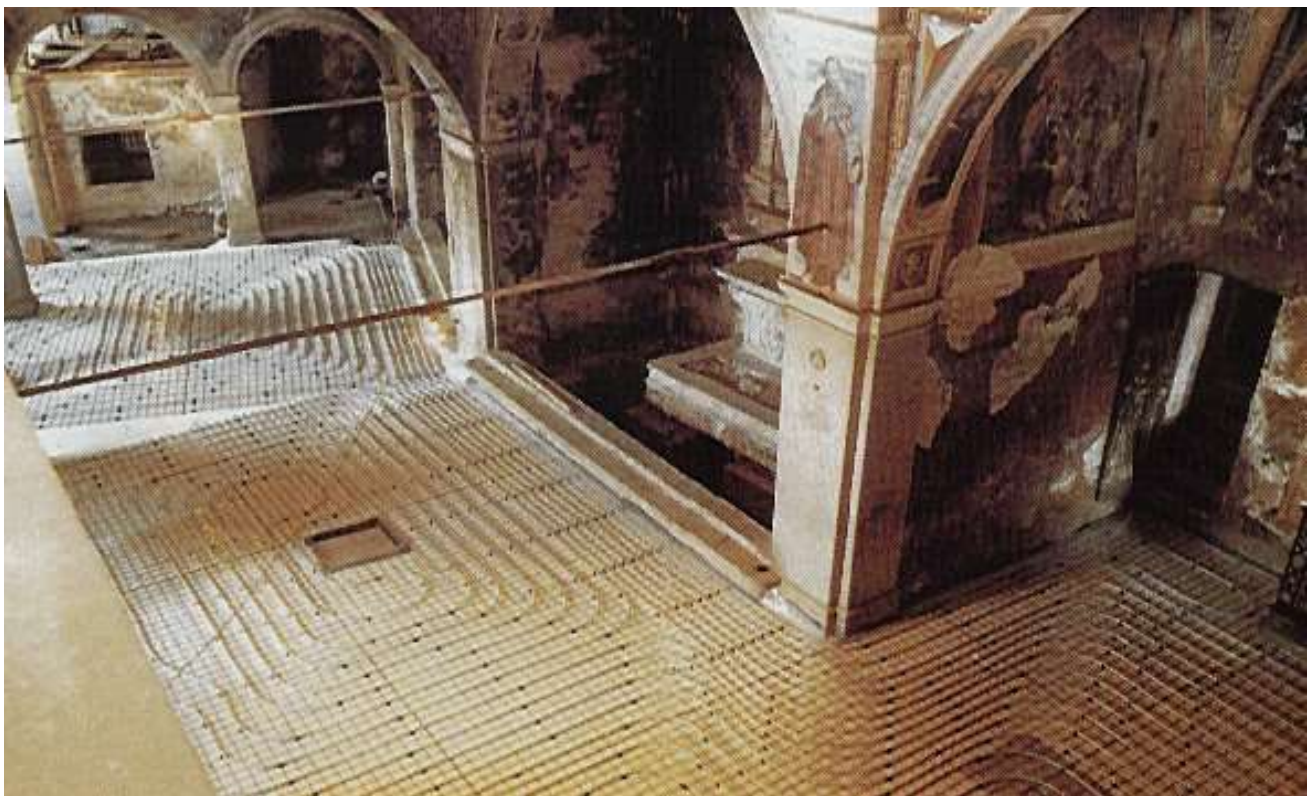


Figura 206: Esempio di applicazione dei pannelli radianti in una chiesa

Si possono inserire, ove possibile, anche impianti a pannelli radianti a parete. Nel caso di difficoltà a recuperare spazi per la centrale termica o non si abbia la possibilità di utilizzare una caldaia tradizionale si può utilizzare un impianto di riscaldamento a pompa di calore. In questo caso è opportuno considerare un impianto multi split del tipo ad inverter ad elevati COP.

Questo genere di impianti consentono un'applicazione semplice in edifici esistenti (retrofit) perché poco invasivi. Si richiede, infatti, il passaggio di tubazioni coibentate e non di voluminosi canali per l'aria.



Figura 207: Inserimento di pannelli radianti a parete

### 18.6.2 IMPIANTI ESISTENTI OBSOLETI

Se gli impianti esistenti sono obsoleti si può considerare la piena sostituzione con altri più moderni ed efficienti, sulla scorta di quanto indicato nel paragrafo precedente.

Per impianti datati si possono avere problemi di tenuta delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda. In questo caso occorre riprogettare la rete di distribuzione con passaggi delle tubazioni (opportunamente coibentate), anche sopra traccia, eventualmente mascherate da finte travi o finti pilastri. I corpi scaldanti in ghisa possono rimanere perché di lunga durata. Resta tuttavia il problema della sostituzione del generatore termico con uno a bassa temperatura.

#### Osservazioni sulla sostituzione del generatore di calore

L'obbligo di utilizzare generatori di calore a tre o quattro stelle limita molto la scelta di mercato essendo il numero di questo tipo di generatori limitato.

Ancora più sconcertante è l'obbligo di utilizzare temperatura del fluido termovettore non superiore a 60 °C. Ciò fa evidentemente riferimento alle caldaie con recupero di condensa da lato ma dall'altro pone grossi problemi sull'effettiva resa dei terminali finali. Questi, infatti, hanno una resa termica che dipende dalla differenza di temperatura fra corpo scaldante e ambiente secondo la relazione:

$$Q_{resa} = C \Delta T_{cs-amb}^n$$

I coefficienti  $C$  ed  $n$  sono dati dal Costruttore mentre si ha:

$$\Delta T_{cs-amb} = \frac{T_{fi} + T_{fu}}{2} - T_a$$

essendo  $T_{fi}$  e  $T_{fu}$  le temperature del fluido termovettore in ingresso ed uscita dal corpo scaldante e  $T_a$  la temperatura dell'ambiente.

Per generatori esistenti (e quindi vecchi oltre 10 anni) è lecito pensare che si abbia  $\Delta T_{cs-amb} = 50-60$  °C, mentre per acqua entrante a 60 °C ed uscente a 50 °C la nuova differenza diviene 35 °C. In questi casi la resa dei corpi scaldanti è circa il 35% inferiore al caso di  $\Delta T = 50$  °C e quindi tutto il

funzionamento dell'impianto risulta compromesso. Occorrerebbe rifare anche la rete di distribuzione e installare nuovi corpi scaldanti e questo significa intervenire anche all'interno degli ambienti.

La canna fumaria dimensionata per fumi a 120-130 °C delle vecchie caldaie non possono funzionare correttamente per fumi a 80-90 °C delle caldaie a condensazione. Ciò significa che occorre cambiare anche la canna fumaria.

In definitiva sostituire il generatore termico significa, per quanto sopra detto, rifare l'intero impianto di riscaldamento con tutti i problemi che ne derivano in edifici esistenti.

Anche le verifiche alternative sono particolarmente gravose poiché l'EPCi di edifici esistenti e verosimilmente senza isolamento termico non conforme alla 192/05 sarà facilmente superiore all' $EPCi_{limite}$  non maggiorato del 50% come nel caso di edifici ristrutturati. Inoltre il rendimento medio stagionale pari a:

$$\eta_p = 77 + 3 \text{Log } P_n$$

appare fortemente limitativo e difficile da verificare.

### Le valvole termostatiche

Il DPR 59/09, come pure il D.lgs. 311/06, richiede che siano inserite le valvole termostatiche in ogni ambiente. Queste regolano la temperatura di ciascun ambiente, sfruttando anche gli apporti di energia gratuiti. Queste valvole s'installano su ciascun radiatore in sostituzione della vecchia valvola manuale.



Figura 208: Valvole termostatiche

Le valvole termostatiche regolano l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura selezionata mediante ghiera graduata. La valvola è collegata a un sensore di temperatura dell'ambiente e opera in modo da aprirsi o chiudersi secondo la temperatura ambientale rilevata. Essa agisce la valvola deviatrice del flusso di acqua calda.

Si osservi che le valvole termostatiche possono far risparmiare fino al 20% di energia e pertanto il loro inserimento si ripaga in breve tempo (uno o due anni).

#### 18.6.3 SOSTITUZIONE DEI GENERATORI TERMICI

Vale quanto detto in precedenza sulla scelta di generatori termici a bassa temperatura. Occorre verificare che il cambiamento della differenza di temperatura di progetti renda insufficiente la rete di distribuzione e i terminali installati. In genere occorre riverificare la rete di distribuzione,



eventualmente cambiando il circolatore d'acqua per ristabilire l'equilibrio delle pressioni nei circuiti. Se la verifica della potenza ceduta dai corpi scaldanti è insufficiente (vedi quanto osservato in precedenza) allora occorre rivedere anche i copri scaldanti.

#### 18.6.4 INSERIMENTO DI IMPIANTI AD ENERGIA RINNOVABILE

Se l'edificio è di nuova costruzione ed è stato progettato secondo le norme vigenti, esso dovrebbe già avere impianti solari a collettore per la produzione di acqua calda sanitaria e, se possibile, anche di impianti fotovoltaici per l'auto produzione di energia elettrica secondo le attuali disposizioni (vedi conto energia).

Nel caso di edifici già costruiti, l'inserimento di collettori solari o di pannelli fotovoltaici consente di ridurre il fabbisogno energetico termico e quindi di migliorare la classe energetica degli stessi edifici. Valgono le considerazioni già presentate nel capitolo sulle energie rinnovabili. Occorre valutare, in primo luogo, la fattibilità tecnica (superficie utile ed esposizione) e poi quella economica. Gli impianti solari termici non hanno vantaggi del conto energia e quindi si presentano con costi elevati. Per la sola produzione di acqua calda sanitaria l'investimento per unità immobiliare (cioè per 200 L di acqua calda al giorno) è limitato a qualche migliaio di euro, ammortizzabile in circa 7-10 anni. Per edifici con più unità immobiliari si ha la necessità di un locale tecnico per il boiler di accumulo e degli organi di controllo dell'impianto.

In qualche caso si può pensare a un contributo di energia solare al riscaldamento ambientale. Invero, come già osservato, c'è qualche perplessità su questo tipo di impianto perché la superficie solare di raccolta diviene piuttosto consistente (alcune decine di metri quadri per unità immobiliare) e quindi i costi di installazione sono molto elevati (variabili da 500 a 1500 /m<sup>2</sup> a seconda della tipologia di impianto e di collettore solare).

A questo si aggiunga che la disponibilità di energia solare è minore nei mesi invernali e quindi, per data percentuale di contributo solare, si avrà un'energia termica due - tre volte superiore nel periodo estivo. Se non si ha modo di utilizzare quest'ultima energia si rischia di compiere un investimento che non ammortizza in tempi accettabili.

Sull'utilizzo di celle fotovoltaiche per l'auto produzione di energia elettrica valgono in parte le considerazioni esposte per i collettori solari termici, in particolare sulla superficie di raccolta e sull'esposizione solare.

Si tratta di impianti costosi ed invasivi. Il costo chiavi in mano da 3 kWp (vedi capitolo sulle energie rinnovabili) varia da circa 4000 a 8000 /kWp. Il conto energia, attivabile per questi impianti, aiuta a renderli quasi convenienti portando il tempo di pay back variabile fra 12 e 19 anni (a seconda del tipo di celle fotovoltaiche e dell'eventuale presenza di batterie tampone). Si osservi che di recente l'Agenzia delle Entrate ha deliberato che nel caso di energia autoprodotta per usi propri non si applica l'IVA mentre nel caso di surplus o non utilizzo di energia per usi propri i ricavi economici vanno gravati di IVA.

#### 18.6.5 UTILIZZO DI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (FER)

Se l'edificio è di nuova costruzione ed è stato progettato secondo le norme vigenti, esso dovrebbe già avere impianti solari a collettore per la produzione di acqua calda sanitaria e, se possibile, anche di impianti fotovoltaici per l'auto produzione di energia elettrica secondo le attuali disposizioni (vedi conto energia).

Nel caso di edifici già costruiti, l'inserimento di collettori solari o di pannelli fotovoltaici consente di ridurre il fabbisogno energetico termico e quindi di migliorare la classe energetica degli stessi edifici. Valgono le considerazioni già presentate nel capitolo sulle energie rinnovabili. Occorre valutare, in primo luogo, la fattibilità tecnica (superficie utile ed esposizione) e poi quella economica. Gli impianti solari termici non hanno vantaggi del conto energia e quindi si presentano con costi

elevati. Per la sola produzione di acqua calda sanitaria l'investimento per unità immobiliare (cioè per 200 L di acqua calda al giorno) è limitato a qualche migliaio di euro, ammortizzabile in circa 7-10 anni. Per edifici con più unità immobiliari si ha la necessità di un locale tecnico per il boiler di accumulo e degli organi di controllo dell'impianto.

In qualche caso si può pensare a un contributo di energia solare al riscaldamento ambientale. Invero, come già osservato, c'è qualche perplessità su questo tipo di impianto perché la superficie solare di raccolta diviene piuttosto consistente (alcune decine di metri quadri per unità immobiliare) e quindi i costi di installazione sono molto elevati (variabili da 500 a 1500 /m<sup>2</sup> a seconda della tipologia di impianto e di collettore solare).

A questo si aggiunga che la disponibilità di energia solare è minore nei mesi invernali e quindi, per data percentuale di contributo solare, si avrà un'energia termica due - tre volte superiore nel periodo estivo. Se non si ha modo di utilizzare quest'ultima energia si rischia di compiere un investimento che non ammortizza in tempi accettabili.

Sull'utilizzo di celle fotovoltaiche per l'auto produzione di energia elettrica valgono in parte le considerazioni esposte per i collettori solari termici, in particolare sulla superficie di raccolta e sull'esposizione solare. Si tratta di impianti costosi ed invasivi. Il costo chiavi in mano da 3 kWp (vedi capitolo sulle energie rinnovabili) varia da circa 6000 a 8000 /kWp. Un impianto da 3 kWp ha un costo variabile da 12000 a 24000 . Il conto energia, attivabile per questi impianti, aiuta a renderli quasi convenienti portando il tempo di pay back variabile fra 12 e 19 anni (a seconda del tipo di celle fotovoltaiche e dell'eventuale presenza di batterie tampone).

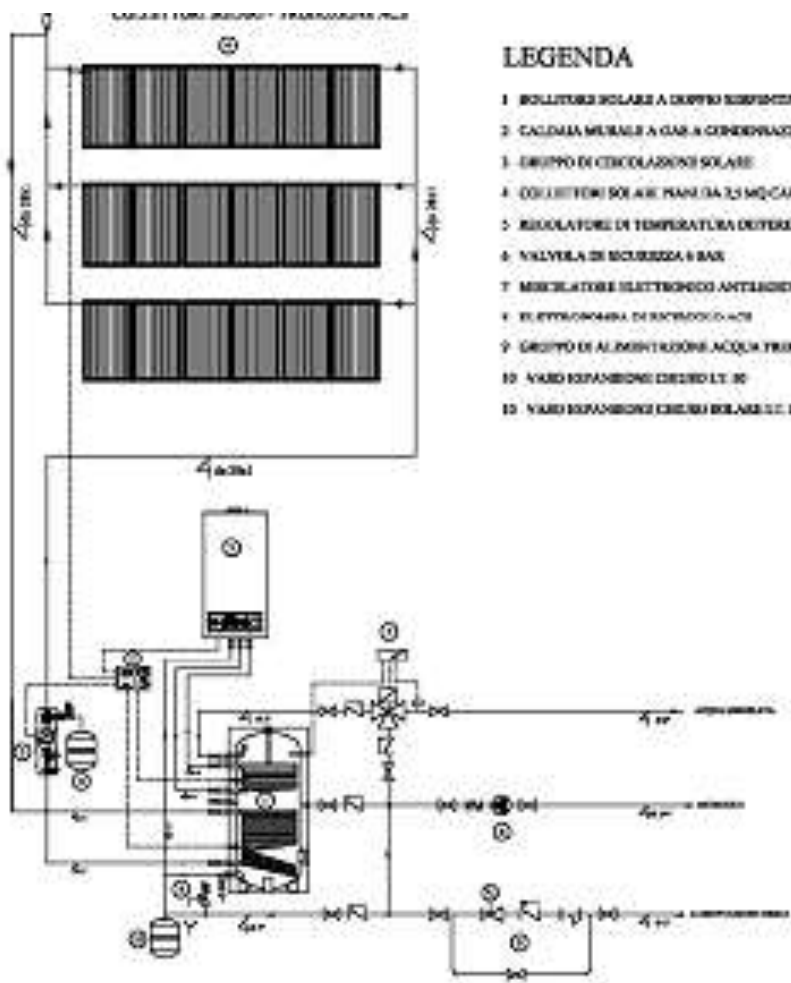


Figura 209: Schema di utilizzo di collettori solari termici

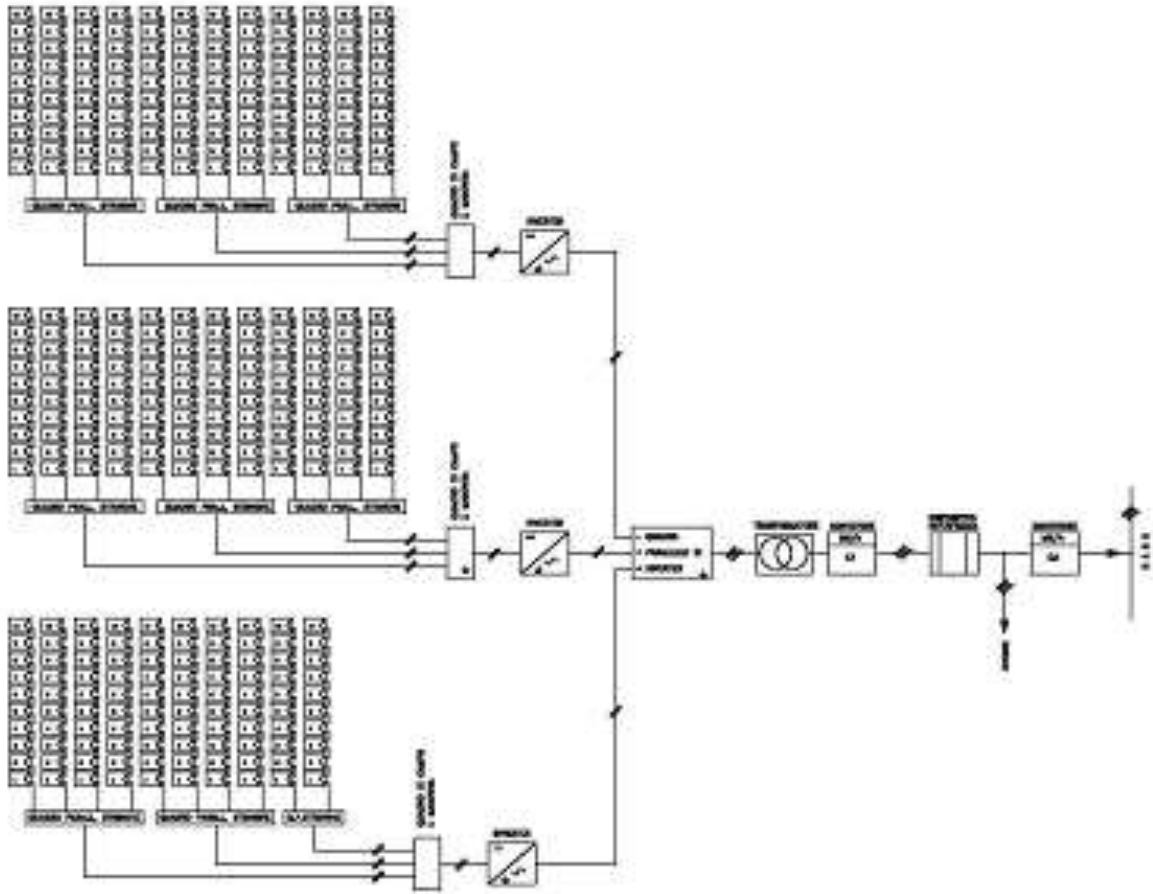


Figura 210: Schema di utilizzo di pannelli fotovoltaici



Figura 211: Inserimento di pannelli fotovoltaici in coperture classiche a tegole





Figura 212: esempio di installazione di pale eoliche ad asse verticale, integrate alle strutture presenti su un terrazzo.



Figura 213: Dettaglio del sistema fotovoltaico integrato in copertura

Si osservi che di recente l'Agenzia delle Entrate ha deliberato che nel caso di energia autoprodotta per usi propri non si applica l'IVA mentre nel caso di surplus o non utilizzo di energia per usi propri i ricavi economici vanno gravati di IVA.

### 18.7 FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE

Ciascuna tipologia di intervento prima descritto ha un costo economico. E' possibile ipotizzare l'utilizzo di una o più tipologie di intervento per raggiungere l'obiettivo della verifica dell'EP<sub>i</sub> e del rapporto QR. E' sempre opportuno effettuare un'analisi dei costi benefici delle varie ipotesi di intervento avendo come limite un pay back ragionevole di 6-10 anni per gli interventi utilizzati.

L'**analisi costi-benefici (ACB)** è una tecnica usata per valutare la convenienza e se eseguire un investimento sul territorio in funzione degli obiettivi che si vogliono raggiungere.

L'esecuzione del progetto può avvenire da parte di due grandi categorie di soggetti economici: *l'operatore privato* e *l'operatore pubblico*.

L'**operatore privato** tende a porre a confronto i costi e i ricavi che derivano dalla realizzazione del progetto: si pone cioè in un'analisi, tipica delle scelte imprenditoriali, in cui l'obiettivo è costituito dalla *massimizzazione del profitto*.

L'**operatore pubblico** pone interesse non solamente agli aspetti finanziari legati alle spese effettivamente sostenute per la realizzazione del progetto ma individua una gamma di costi e di benefici che abbiano una relazione con l'obiettivo tipico delle scelte pubbliche: *massimizzazione del benessere sociale*.

#### 18.7.1 DIFFERENZE TRA L'ANALISI FINANZIARIA E L'ANALISI ECONOMICA.

Se l'**investimento è privato** l'**Analisi Costi Benefici (ACB)** assume i caratteri di un'analisi finanziaria: vengono cioè valutati i flussi monetari che nel corso degli anni sono causati dall'investimento (positivi per quanto riguarda i ricavi; negativi per ciò che concerne i costi).

Se invece la valutazione riguarda un **investimento pubblico**, allora si è soliti parlare di analisi economica: ciò significa che non si valutano solo i flussi finanziari ma i costi e i benefici in senso lato relativi a tutta la collettività. In tale situazione si cerca di valutare in termini monetari tutti gli svantaggi (*costi*) e tutti i vantaggi (*benefici*) che l'investimento arreca alla popolazione interessata.

E' evidente che l'analisi della convenienza dal punto di vista pubblico prende in considerazione tutti quegli aspetti che possono influire sull'utilità degli individui interessati dal programma di investimento.

L'analisi economica è quindi più articolata e complessa dell'analisi finanziaria, infatti, mentre per quest'ultima i valori monetari presi in considerazione risultano essere di solito espliciti (per quanto riguarda i costi) o stimati (per quanto concerne i benefici), nell'analisi economica occorre ricorrere a giudizi di valore e a stime di larga massima per molti fattori che concorrono a formare i benefici ed i costi della collettività, caratterizzati spesso dal elementi che sfuggono a qualsiasi criterio di misurazione (per esempio il miglioramento della qualità del paesaggio, la migliore salubrità dell'ambiente, ecc.).

#### 18.7.2 PROBLEMATICHE DI FONDO NELL'ACB

L'ACB si avvale delle metodologie monetarie e si devono tuttavia affrontare in pratica alcune importanti problematiche dovute principalmente al fatto che, dal punto di vista sociale, le spese e i ricavi previsti dal progetto in esame non rispecchiano gli effettivi costi e benefici. Infatti, i prezzi reali che si utilizzano normalmente nelle analisi finanziarie rispecchiano il punto di vista di un singolo operatore, normalmente privato; occorre allora modificare i prezzi reali e trasformarli nei cosiddetti "*prezzi ombra*" che rappresentano i prezzi in grado di rappresentare al meglio il punto di vista della collettività (di solito i prezzi sul mercato immobiliare).

Più in generale l'ACB risente delle seguenti problematiche:

- *In alcuni casi prevalgono costi o benefici intangibili, non qualificabili monetariamente, perché inerenti a beni privi di un mercato (il valore della salute umana, del paesaggio, ecc.);*
- *La sottovalutazione di costi o benefici che si verificano a lungo termine;*
- *La scarsa capacità di partecipazione della collettività, in quanto per la persona comune è in genere molto difficile esprimere in termini monetari il grado di benessere che riceve da un bene ambientale, non disponendo al riguardo di validi e razionali parametri.*

#### 18.7.3 COSTI ESPlicitI E COSTI IMPLICITI

Con questi termini s'intendono rispettivamente i costi effettivamente sostenuti con un esborso monetario e quelli che, pur non essendo determinati da un pagamento effettuato, sono individuabili come costi poiché hanno comportato *l'utilizzo di risorse interne all'azienda*.

Per esempio il noleggio di una macchina costituisce un costo esplicito, mentre l'uso di macchine aziendali è un costo implicito, perché non corrisposto realmente ogni volta che se ne fa

uso, ma è rilevabile con un'analisi economica basata su numerosi fattori (costo acquisto, durata economica, impiego annuo, ecc.).

#### 18.7.4 COSTI – OPPORTUNITÀ

Nell'ACB il concetto di costo deve essere considerato in un'ottica diversa da quella tradizionale (spese da sostenere per produrre un bene), che consideri adeguatamente le rinunce sopportate riguardo ai possibili impieghi alternativi del capitale investito. Il costo così determinato, detto **costo-opportunità**, è pari al valore di mercato o di costo dei beni cui si è dovuto rinunciare per avere le risorse necessarie ad acquistare il bene in esame.

#### 18.7.5 DETERMINAZIONE DEL SAGGIO DI SCONTO NELL'ACB

L'Analisi Costi Benefici valuta la convenienza a realizzare un investimento sulla base del confronto **benefici attualizzati** e i **costi attualizzati** derivanti dal progetto; ciò significa che occorre accumulare all'attualità tutti i benefici e i costi che si presentano in momenti diversi nel tempo.

Sorge quindi il problema dello sconto<sup>83</sup> dei costi e dei benefici futuri, poiché questi non hanno il medesimo valore sociale dei costi e dei benefici presenti.

Il **saggio sociale di preferenza temporale** esprime le condizioni alle quali gli individui sono disposti a privarsi della disponibilità del denaro e di rinviarla nel futuro.

Queste condizioni, espresse in pratica da un saggio d'interesse, se sono riferite a un'intera società, esprimono la disponibilità a investire in opere pubbliche per avere benefici in tempi futuri.

È facilmente intuibile che anche la determinazione del saggio costituisce una fase delicata e importante e non facile nel processo di valutazione.

Il problema del saggio di sconto non è di facile soluzione; si può considerare

*Un saggio ritraibile dai titoli di stato;*

*Un saggio pagato per mutui contratti dalla collettività;*

Oppure una particolare interpretazione è di usare un saggio elevato di sconto per scoraggiare gli investimenti pubblici in una situazione di scarsa disponibilità di capitale; cioè il saggio diventa strumento di selezione dei progetti, consentendo di ottenere un equilibrio tra risorse e impieghi.

#### 18.7.6 CRITERIO DI GIUDIZIO SU UN INVESTIMENTO BASATO SUL VALORE ATTUALE NETTO

Un primo tipo di decisione inerente all'accettazione o al rifiuto del progetto può essere presa sulla base del **valore attuale netto (VAN)**, che consiste nell'accettare un progetto se la somma dei suoi benefici (B) attualizzati, al netto dei costi (C) pure attualizzati è maggiore di zero.

#### 18.7.7 CRITERIO DI GIUDIZIO SU UN INVESTIMENTO BASATO SUL SAGGIO DI RENDIMENTO INTERNO

Un altro criterio che è spesso suggerito è quello che tiene conto del cosiddetto **saggio di rendimento interno (SRI)**, questo consiste nel calcolare il tasso di sconto che eguaglia il valore dei costi e dei benefici attualizzati. In pratica il SRI è quel saggio per cui si abbia un VAN uguale a zero.

Il SRI può essere ricavato solo per tentativi e, una volta trovato, può essere confrontato con un tasso di sconto predeterminato: se il primo è maggiore del secondo il progetto viene accettato.

### 18.8 PROCEDURA DA SEGUIRE PER L'ANALISI COSTI BENEFICI

Le procedure da seguire per eseguire un'analisi costi benefici sono così riassumibili:

---

<sup>83</sup> In matematica finanziaria lo "sconto" è la somma che si detrae da un capitale quando lo si vuole anticipare nel tempo; scontare o anticipare un capitale ha lo stesso significato. Lo sconto (sc) può essere conteggiato in due diversi modi: Sconto matematico o ragione; Sconto bancario o commerciale.

- Definire il problema; aspetti, rimedi, obiettivi;
- Definire gli obiettivi;
- Individuare gli strumenti per perseguire gli obiettivi;
- Individuare un insieme limitato di alternative tra cui lo status quo;
- Valutare le conseguenze di ogni alternativa per ogni periodo, sia in termini fisici (input e output) che con riferimento ai costi e ai benefici corrispondenti;
- Attualizzare i costi e i benefici specificando il tasso di sconto usato e sommare costi e benefici;
- Considerare gli aspetti distributivi;
- Analizzare il ruolo dell'incertezza;
- Interpretare i risultati.

### 18.8.1 VALORE ATTUALE DEI COSTI E DEI BENEFICI

Per i *benefici attuali*, detto  $b_t^m$  il beneficio al periodo  $m$ , si ha la relazione del beneficio scontato ad oggi:

$$b_t^m$$

$$B^m = \sum_{t=0}^n b_t^m (1+i)^{-t}$$

ove  $i$  è il tasso di interesse economico e  $t$  il numero dei periodi.

Per i *costi*, detto  $c_t^m$  il costo al periodo  $m$ , il sia ha relazione per il costo scontato ad oggi:

$$c_t^m$$

$$C^m = \sum_{t=0}^n c_t^m (1+i)^{-t}$$

Si osservi che il termine  $(1+i)^{-t}$  è detto *fattore di sconto*.

Si definisce **Indice di Redditività interno, IIR** il tasso d'interesse che rende nullo il valore attuale;

Si definisce **Tempo di pay-back o di ritorno, TPB** il numero di anni (o frazione di anni) dopo i quali il cash flow cumulativo diviene nullo. In pratica questo parametro indica il tempo necessario a riprendere il capitale investito nell'iniziativa<sup>84</sup>.

### 18.8.2 CRITERI DI SCELTA

Il *Valore Attuale Netto*, VAN, di costi e benefici è dato da:

$$VAN^m = B^m - C^m$$

Qualora il VAN relativo a una ipotesi progettuale sia positivo al termine della vita utile (di investimento) allora i benefici prodotti avranno avuto un importo scontato superiore all'investimento stesso e pertanto l'ipotesi contemplata è remunerativa.

<sup>84</sup> In Figura 189 il *tempo di pay-back* è dato dall'ascissa di intersezione della curva cumulativa con l'asse dei tempi.

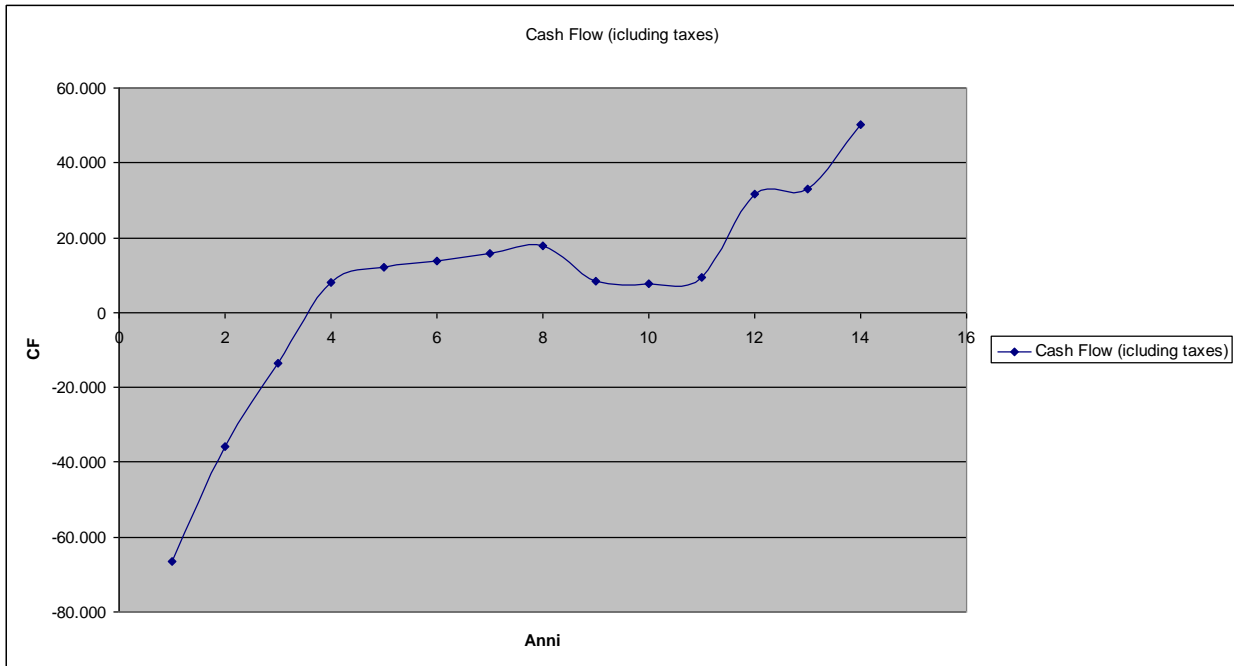


Figura 189: Andamento tipico di un Cash Flow nell’arco di 15 anni con entrate variabili intermedie  
 Il *Valore Attuale Netto relativo* è dato da:

$$VANr^m = \frac{B^m - C^m}{C^m} = \frac{B^m}{C^m} - 1$$

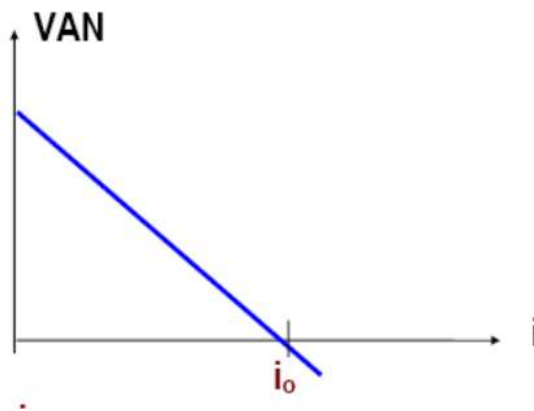


Figura 190: Determinazione del TIR (=i<sub>0</sub>)

Si definisce **Tasso Interno di Rendimento** (TIR) la condizione:

$$B^m - C^m = 0$$

che, come già detto, va valutata per iterazioni essendoci problemi legati al calcolo delle radici del polinomio.

Il **valore attuale** del flusso di cassa (indicato universalmente con l’acronimo NPV, *Net Present Value*) è dato dalla seguente espressione:

$$NPV = \frac{\sum_{n=1}^N nA_{CF_n}}{(1+i)^n}$$

dove si ha il simbolismo:

$i$  tasso di attualizzazione<sup>85</sup>;

$n$  anno di vita considerato dell'iniziativa;

$N$  tempo di vita dell'impianto o dell'iniziativa. Questo tempo è dettato, spesso, da considerazioni finanziarie quali, ad esempio, tempo di estinzione del mutuo bancario avuto per l'investimento o la durata di una concessione pubblica o contrattuale di una iniziativa. Normalmente varia fra 15 e 20 anni anche se si possono considerare tempi più lunghi.

L'indice IIR (*Indice di Redditività Interno*) si ha quando è NPV=0. Questo indice è considerato fra i più importanti per la valutazione economica perché sintetizza numerosi aspetti economici che il *Tempo di Ritorno*<sup>86</sup> o il *Valore Attuale* da soli non consentono di vedere. Questi ultimi due parametri sono, però, accessori all'IIR e comunque richiesti per la valutazione economica. È indicato con *Valore Attuale Netto* di un investimento  $I$  nel periodo  $N$  e valore attuale NPV la differenza:

$$VAN = NPV - I$$

Si definisce *Indice di Profitto*, IP, il rapporto tra la somma dei flussi di cassa lordi attualizzati e il valore degli investimenti. Nel caso in cui l'intero investimento sia riferibile al momento iniziale allo si ha:

$$IP = \frac{VAN + I}{I} = \frac{NPV}{I}$$

Si definisce inoltre *Redditività dell'Investimento*, RI, il rapporto:

$$RI = \frac{VAN}{I}$$

Sono oggi molto usati alcuni indici di derivazione anglosassone e in particolare il *Tasso di Redditività*, ROI (*Return of Investment*), definito dal rapporto fra l'utile medio annuale e l'investimento iniziale. L'utile medio annuale è definito come differenza tra il risparmio annuale medio  $R$  e la quota di ammortamento della spesa iniziale  $S_a$ , pertanto si ha:

$$TR = ROI = \frac{R - S_a}{I}$$

### Osservazione sul metodo del Net Cash Flow

Il metodo del flusso di cassa netto consente di determinare una innumerevole quantità di indici (più o meno richiesti dalle banche in sede di certificazione del *business plan*) ma occorre fare molta attenzione al valore reale che il metodo può avere. Esso, infatti, si basa sulla *presunzione* di prevedere gli andamenti a lungo termine dei vari parametri finanziari oltre che dei costi e dei ricavi.

Non è assolutamente facile arrivare a tanta sicurezza specialmente se le previsioni si estendono oltre i cinque anni. Un esempio può chiarire quanto appena enunciato.

Se si vuole esaminare la convenienza economica di un SET nell'arco di venti anni si deve inevitabilmente assumere un costo dell'energia primaria (gasolio, gas metano, ...) che è certamente noto al momento della stesura dello studio ma che è del tutto imprevedibile nel corso dei successivi venti anni.

<sup>85</sup> L'attualizzazione tiene conto della svalutazione del denaro per effetto degli interessi (tasso di sconto) da pagare al finanziatore per avere disponibile la somma  $S$  al momento iniziale dell'investimento. Il valore di  $S$  fra  $n$  anni con interessi  $i$  è  $V = S / (1 + i)^n$  e  $V$  è detto *valore attuale* della somma  $S$  al tasso di sconti  $i$  dopo  $n$  anni.

<sup>86</sup> Si può avere un tempo di ritorno breve ma poi un cash flow minore per effetto della variabilità dei parametri, come già osservato. Così pure, il valore attuale può essere piccolo ma essere alla fine del tempo di vita dell'impianto e quindi poco importante per l'iniziativa.



Si suole ipotizzare uno *scenario di sviluppo dei costi* che è più o meno cabalistico poiché nessun operatore economico può prevedere l'evoluzione geopolitica delle regioni fornitrici di materie prime per l'energia (paesi arabi, Russia, Regioni africane, ...).

Basta un piccolo conflitto regionale o un'ipotesi di conflittualità in una regione della terra per innescare una spirale non controllabile di innalzamento dei prezzi. In questi mesi stiamo vivendo una situazione che esemplifica molto bene quanto appena detto: il costo del barile di grezzo è passato nel giro di sei mesi da 14 a 34 \$/barile.

All'inizio degli anni settanta, con la prima grande crisi petrolifera innescata dai conflitti arabo – israeliani, il costo del petrolio sembrava aumentare del 15% all'anno e certo una tendenza del genere avrebbe innescato eventi catastrofici sulle economie degli stati importatori di petrolio.

Dopo circa un paio d'anni il costo del barile scese dai circa 40 \$ ai 12 \$ annullando tutte le previsioni possibili, da quelle ottimistiche a quelle pessimistiche. Allo stesso modo è difficile prevedere il costo del denaro per lunghi periodi a causa della contingenza economica ormai su scala mondiale. La sostanziale insicurezza delle previsioni di cassa rende il metodo del *cash Flow* sostanzialmente approssimato e quindi poco affidabile. Per questo motivo, ad esempio, le banche richiedono molti indici economici poiché ognuno di essi presenta suscettibilità di errore differenziati. Inoltre la prevedibile imprecisione dei flussi di cassa porta a richiedere indici non solo elevati, e quindi sinonimi di convenienza economica dell'iniziativa esaminata, ma le banche si mettono al riparo da sorprese possibili richiedendo valori *più elevati del necessario* in modo da essere sicure che l'iniziativa possa recuperare liquidità anche in situazioni contingenti molto sfavorevole. Così, ad esempio, non basta che, detratte le tasse, un'iniziativa renda il 20% (valore già elevato!) ma si chiede che la redditività netta sia superiore al 30÷35% (*enorme!*).

Si può intuire quale sia la *ratio* di una simile richiesta: una redditività molto alta garantisce un ritorno degli investimenti in un numero limitato (2÷4) di anni e quindi le possibilità di rischio si riducono fortemente quanto minore è il tempo di *pay back*.

In genere gli indici economici di breve periodo forniscono più sicurezza alle banche rispetto ad altri di lungo periodo.

### 18.8.3 TEMPO DI RITORNO ATTUALIZZATO DELL'INVESTIMENTO, TRA

E' già stato definito come il tempo necessario a riacquistare l'investimento iniziale (attualizzato) e il metodo del flusso di cassa consente facilmente, vedi l'esempio di Figura seguente, di trovarlo come valore dell'ascissa d'intersezione con la curva del cash flow.

Questo tempo (*Discounted pay back, DPB*) assume un significato notevole, come illustrato in precedenza, poiché fino a quel momento *l'investitore è esposto a perdite finanziarie* e quindi incapace di riacquistare (e quindi le banche non possono riavere) l'investimento iniziale.

Si osservi che nel lungo periodo, cioè nel tempo di vita dell'impianto o in genere dell'iniziativa, non è detto che quanto minore è il TRA tanto migliore è l'iniziativa poiché dopo questo periodo si possono avere capovolgimenti di ogni sorta. Un'iniziativa può essere più favorevole nel lungo periodo di un'altra anche se con TRA maggiore. Pur tuttavia, anche ai fini di un recupero del credito da parte di enti finanziatori, il TRA riveste grandissima importanza e l'analisi di cassa in questo breve periodo (rispetto alla durata dell'iniziativa che normalmente è di 15÷20 anni) sia quanto più precisa e coscienziosa possibile. Superato il TRA l'iniziativa risulta comunque remunerativa e con indici economici variabili in base al flusso di cassa del periodo successivo fra il TAR e la vita prevista per l'iniziativa. Un TRA ridotto è preferito anche nei periodi congiunturali meno favorevoli per uno stato.

Nel caso in cui il TRA è di pochi anni si può abbandonare l'ipotesi di attualizzare i costi e flussi di cassa. In questo caso il rapporto fra l'investimento I e il risparmio R fornisce il *Tempo di ritorno Semplice*, TRS (*SPB Simple Pay Back*). Si tratta di una stima immediata ed efficace sulla proponibilità dell'iniziativa anche se i flussi considerati non sono attualizzati.

#### 18.8.4 ANALISI DI SENSITIVITÀ

L'incertezza nella previsione dei flussi di cassa e quindi dell'analisi finanziaria giustifica la necessità di conoscere entro quali limiti la realtà può discostarsi dalla previsione senza subire una perdita finanziaria. Quanto detto comporta l'*analisi di sensitività* del valore attuale netto, VAN, rispetto alla variazione di uno o più parametri finanziari rispetto ai valori nominali previsti. È utile conoscere il valore limite di un parametro finanziario per cui il VAN si annulla: esso rappresenta il limite del campo di convenienza dell'investimento.

Il *Tasso Interno di Redditività*, (che gli anglosassoni indicano con IIR *Internal Rate of Return*) introdotto in precedenza come il tasso di attualizzazione che rende nullo il VAN nel periodo previsto per l'investimento, va visto nell'ottica dell'analisi di sensitività. Poiché il *tasso di sconto* non è mai certo nel lungo periodo allora l'IIR indica il valore limite del tasso che annulla i guadagni (o meglio il VAN) nel periodo previsto.

Pertanto quanto maggiore è la differenza fra il *Tasso di Sconto previsto* in analisi e l'IIR tanto minore è il rischio legato alla variabilità (o stima approssimata) di questo parametro.

L'analisi di sensitività può essere estesa anche ad altri parametri, oltre il tasso di sconto, e in genere si individuano quei parametri che influenzano il risultato economico e finanziario dell'iniziativa e che più sono soggetti ad imprecisione di valutazione iniziale.

In genere si calcola l'IIR in funzione di ciascuno di questi parametri, a parità di altre assunzioni, per cui è possibile individuare il valore limite del parametro nell'ambito della convenienza dell'impianto (o dell'iniziativa) che corrisponde ad un dato IIR così calcolato pari al tasso di sconto  $i$ .

Fra i parametri che interessano gli impianti SET sono da considerare il costo dell'energia primaria, il fatturato, la spesa di investimento (specialmente se il periodo di costruzione dell'impianto non è breve). L'analisi di sensitività può essere oggi condotta con strumenti di calcolo sofisticati e computerizzati. In ogni caso è sempre bene ricorrere ad uno specialista finanziario per evitare di incorrere in errori grossolani.

#### 18.8.5 INDIVIDUAZIONE DEGLI EFFETTI

Gli effetti possono essere diretti e indiretti su beni e servizi. In particolare:

*diretti: legati alle variazioni di domanda e di offerta dei beni legati al progetto.*

*indiretti: legati alle conseguenze che si determinano sugli altri mercati.*

Effetti diretti e indiretti sui beni possono essere incommensurabili e intangibili (ad esempio vita, ambiente, tempo).

Per valutare gli effetti si può scegliere il criterio ossia come valutare il costo-opportunità dei benefici:

*prezzi di mercato*

*prezzi ombra.*

I prezzi – ombra (p-o) sono quelli che si avrebbero se l'economia fosse concorrenziale. Per ottenerli occorre depurare i prezzi dei market non concorrenziali dalle componenti legate agli extraprofiti da potere di mercato e dagli effetti degli altri fallimenti del mercato.

#### 18.8.6 INVESTIMENTO

L'investimento è il costo complessivo che deve esser sostenuto per potere avviare la produzione del flusso di cassa per il numero di periodi (anni)  $t$ . L'investimento è dato dalle seguenti componenti:

*prezzo netto degli impianti e degli apparati in genere;*

*costo del trasporto;*

*costo del montaggio;*

*costo di progettazione;*

*costo di avviamento;*

*costo di manutenzione.*

L'investimento complessivo è dato dalla somma dei costi, come sopra determinati, meno gli eventuali recuperi (ad esempio, vendita di vecchi apparati).

Il periodo di analisi,  $t$ , è di solito dato dal *tempo di vita* previsto per l'investimento (ad esempio per l'impianto) in modo tale che l'investimento abbia la possibilità di produrre un flusso di cassa. In Tabella 93 si riportano i tempi di vita di impianti apparecchiature di interesse per il retrofitting degli impianti. I valori indicati sono indicativi e possono essere variati in funzione delle esigenze particolari di analisi e di calcolo.

INTERVENTO	ANNI DI VITA
Pompa di calore per riscaldamento acqua sanitaria	8
Tecnologie solari passive	20
Sistemi integrati di controllo e contabilizzazione differenziata	12
Trasformazione di impianto termico centralizzato in impianti unifamiliari a gas	10
Sistemi telematici per il controllo e la conduzione di impianti di climatizzazione	10
Produzione combinata di energia elettrica e calore	10
Installazione generatore di calore ad alto rendimento	12
Miglioramento coibentazione in edilizia	20
Sistemi di illuminazione ad alto rendimento	12
Collettori solari per riscaldamento acqua per usi collettivi	10
Pompa di calore per riscaldamento ambienti	8
Collettori solari per riscaldamento ambienti	10
Collettori solari per riscaldamento acqua calda sanitaria domestica	10
Trasformazione dell'impianto termico	12
Miglioramento serramenti	20
Interventi integrati in edilizia	12
Sistemi fotovoltaici	15
Miglioramento coibentazioni tecnologiche	12
Combustione di residui vegetali	12
Trasporto fluviale di merce	20
Forni industriali	15
Recupero di calore con sistemi a fluido idrotermico	12
Sostituzione generatore di calore	12
Cogenerazione con motori a combustione interna	10
Aumento sezione conduttori elettrici	20

Rifasamento linee elettriche del proponente	15
Sostituzione motori elettrici	8
Pompa di calore elettrica	8
Recupero di calore	12
Collettori solari per fini diversi dal riscaldamento ambienti	10
Pompa di calore trascinata da motore primo	8
Sistemi eolici	15
Sfruttamento biogas	12
Sigillatura vetri di serre	3
Teli di protezione notturna sulle serre	10
Installazione doppi vetri nelle serre	12

Tabella 114: Tempi di vita di alcuni interventi

Si osservi che se il progetto in esame va in obsolescenza durante il periodo di vita (ad esempio con l'uscita di nuovi e più competitivi impianti o macchinari) allora si deve modificare il calcolo del VAN suddividendolo in più periodi.

#### 18.8.7 INTERESSE DI CALCOLO

Nelle precedenti valutazioni si suppone che il tasso di interesse  $i$  sia costante per il periodo di valutazione. In realtà l'interesse può variare di anno in anno (e anche più volte all'anno) per cui le relazioni vanno aggiornate ai vari periodi.

La variazione degli interessi è anche influenzata dall'influenza dell'inflazione reale del denaro. In realtà le relazioni devono tenere conto anche del fattore  $(1-f)^t$  ove  $f$  è il tasso inflattivo che si suppone nel periodo. Pertanto per i benefici si ha:

$$b_t^m$$

$$B^m = \sum_{t=0}^n b_t^m \frac{(1-f)^t}{(1+i)^t}$$

e per i costi:

$$c_t^m$$

$$C^m = \sum_{t=0}^n c_t^m \frac{(1-f)^t}{(1+i)^t}$$

#### 18.8.8 NORMA PRN 15459 - VALUTAZIONI ECONOMICHE STANDARD

La norma è predisposta per la valutazione economica dei sistemi energetici nell'edilizia. Inizialmente definisce le formule di base.

### Rateo di interesse reale

Il rateo di interesse reale dipende dall'interesse di mercato  $R$  e dal tasso di inflazione  $R_i$  secondo la relazione:

$$R_R = \frac{R - R_i}{1 - R_i}$$

### Tasso di sconto

Il tasso di sconto dipende dall'interesse reale  $R_R$  e dall'anno del costo considerato ( $p$ ). Nell'anno  $T_0+p$  il tasso di sconto vale:

$$T_s = \left( \frac{1}{1 + R_R} \right)^p$$

### Fattore del valore presente

Il fattore del valore presente (*Present Value*) dipende dai tassi sopra indicati e dall'anno ( $n$ ) considerato per il costo:

$$f_{pv}(n) = \frac{1 - (1 + R_R)^{-n}}{R_R}$$

### Fattore di annualità

E' l'inverso del fattore del valore presente:

$$a(n) = \frac{1}{f_{pv}(n)}$$

#### 18.8.9 COSTO GLOBALE

I calcoli si riferiscono all'investimento iniziale  $C_i$ , il valore presente del costo annuale per ogni anno ( $i$ ) e il valore finale di ciascun componente o sistema ( $j$ ). Il costo globale è legato alla durata del periodo di calcolo  $T$ :

$$C_G(T) = C_i + \sum_{i=1}^T (C_{a(i)} \cdot f_{pv}(i)) - \sum_j V_{T-f}(j)$$

I calcoli dinamici introducono variazioni annuali del tasso d'inflazione e dell'evoluzione dei prezzi dell'energia nonché di costi correlati di funzionamento e manutenzione.

La norma propone il calcolo delle manualità e del valore finale dei componenti e indica una tabella di vita media di vari componenti di impianto. Si rimanda alla norma per maggiori dettagli.

### 18.9 CASO ESEMPIO

Una scuola costruita negli anni 'cinquanta è stata oggetto di uno studio di riqualificazione energetica. Si presenta un riepilogo dei costi delle ipotesi di intervento prese in esame.

La centrale termica era composta da una caldaia per l'impianto di riscaldamento a metano da 640 kW con vaso di espansione del tipo aperto. Per la produzione di acqua calda sanitaria era prevista una caldaia a metano da 120 kW.

La regolazione elettronica presente era di tipo P-PI con sonda master esterna e valvola a tre vie in centrale termica.

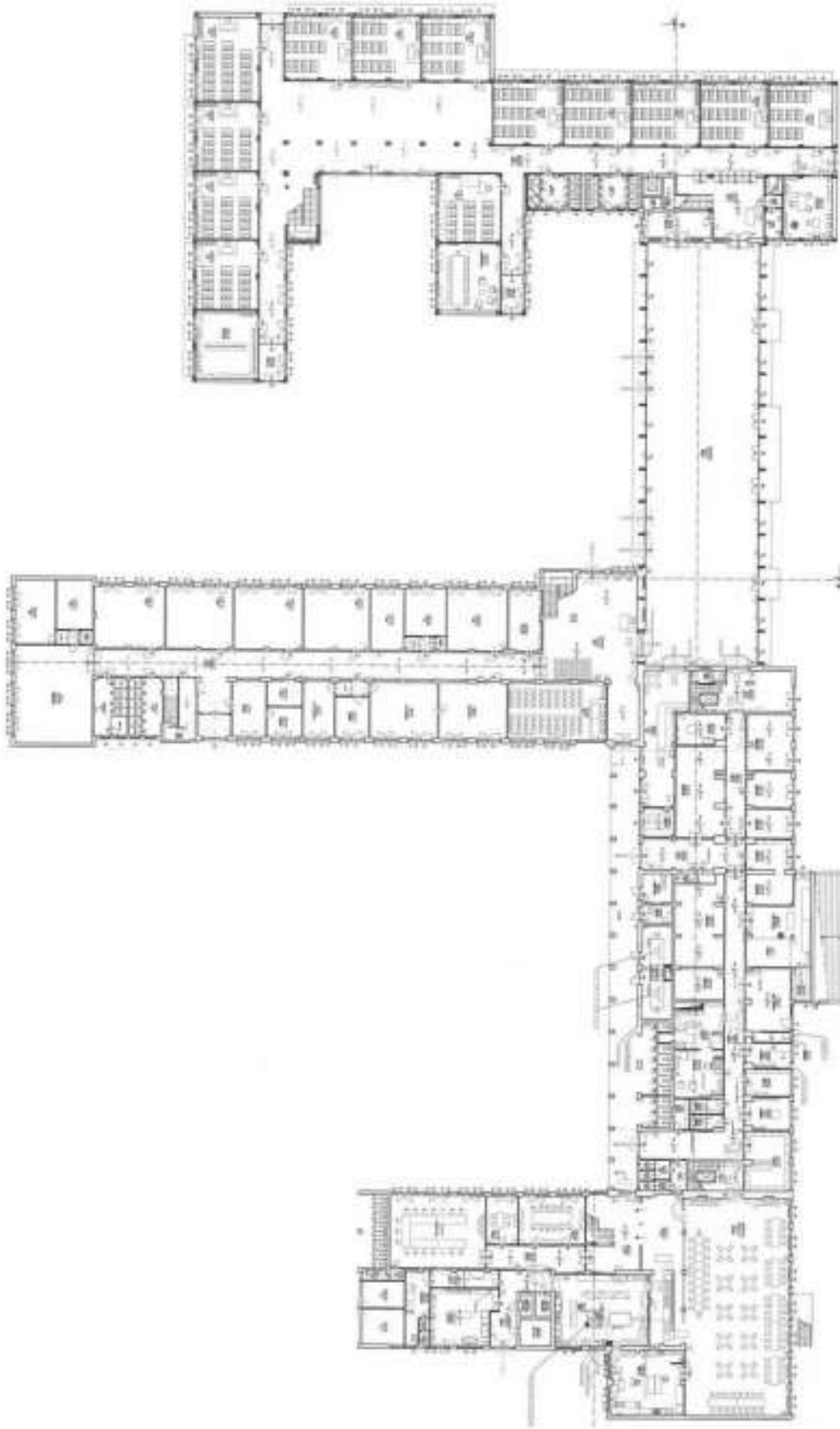


Figura 214: Planimetria della scuola



L’edificio esistente, senza alcun intervento di ripristino, risulta in classe G<sup>87</sup> (EP<sub>i</sub>=23.3 kWh/(m<sup>3</sup>.anno) per edilizia scolastica. L’incidenza dei disperdimenti termici delle strutture esistenti è riportato nella figura seguente.

Per la riqualificazione energetica si sono ipotizzati si seguenti interventi.

**Interventi sulle pareti**

Si è presa in considerazione l’inserimento di isolante esterno del tipo intonaco isolante costituito da leganti idraulici a cui sono aggiunti materiali isolanti (polistirolo, polistirene, perlite o vermiculite in granuli espansi). E’ stata presa anche in considerazione l’inserimento di una parete ventilata con isolamento a cappotto. L’inserimento di isolante nella faccia interna della parete può essere effettuato con pannelli di lana di roccia e controparete in cartongesso.

Alla fine si è optato per l’inserimento di urea nelle intercapedini delle pareti in quanto questi lavori sono meno invasivi per la scuola. In copertura si prevede l’inserimento di strati di materiale isolante posto, ove possibile, sull’estradosso.

**Interventi sulle finestre**

Si prevede di sostituire gli attuali infissi a vetro singolo con infissi con vetro camera basso emissivo. Inoltre si prevede l’installazione di guarnizioni in gomma negli infissi per incrementare la tenuta. Anche il cassonetto delle finestre è soggetto ad isolamento termico per evitare dannosi ponti termici.

**LEGENDA**

- 1 POMPACED UN - 016 082
- 2 VALVOLA INTERCETTAZIONE COMBUSTIBILE
- 3 GRUPPO TERMOELETTRICO
- 4 TERMOSTATO DI ESERCIZIO - SENSOREON - BLOCCO DI ARRESTO MANUALE
- 5 PANNELLO PERMISIVITICO
- 6 TERMOMETRO 0-120°C
- 7 IDROMETRO 1000 litri a CONSIGLIAMENTO A RILANCIO
- 8 VASO ESPANSIONE 1LIT. 400
- 9 SCONTROSTERNA
- 10 REGOLATORE CONTINUO
- 11 VALVOLA MISCELTORICE IN TORNANTE A TRE VIE
- 12 Sonda di TEMPERATURA
- 13 ELETTROPOMPA DEVIATORE

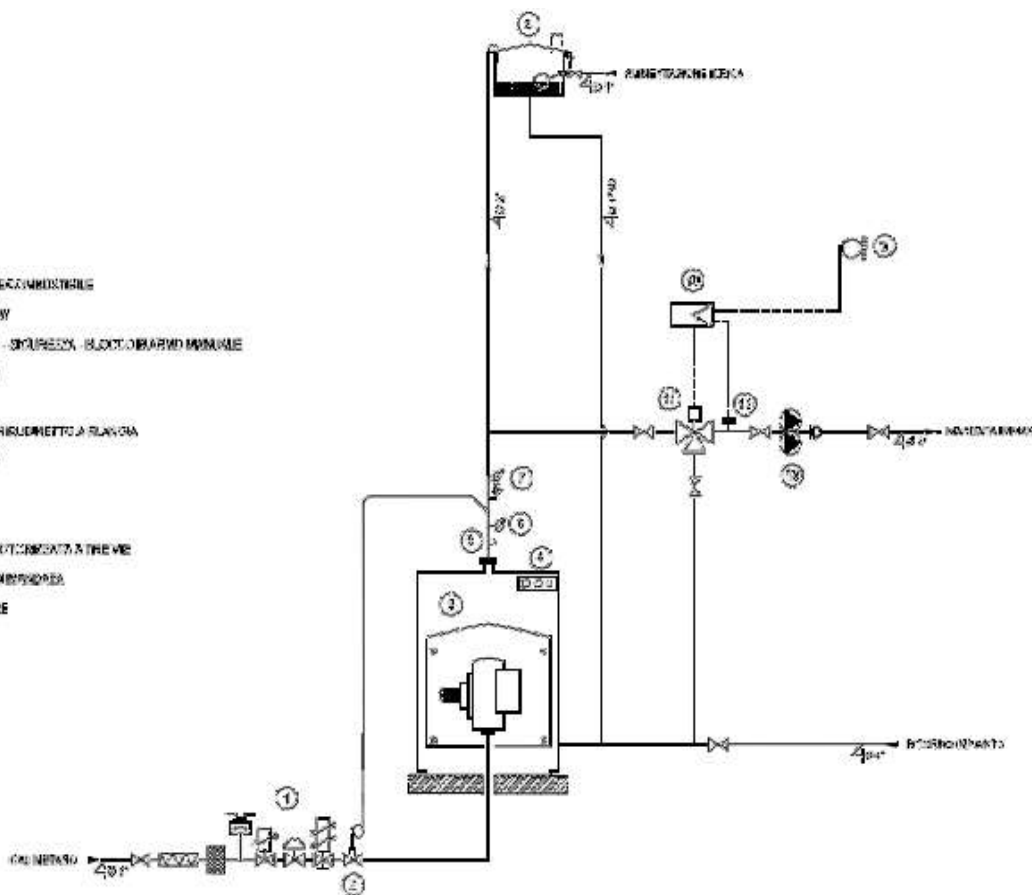


Figura 215: Schema della centrale termica esistente per il riscaldamento

<sup>87</sup> La verifica energetica è stata effettuata in base al DPR 59/09 con norme UNI TS 11300:2008

**LEGENDA**

- 1 PAVIMENTO IN CEMENTO
- 2 VALVOLA MISCELE PER RISCALDAMENTO
- 3 GRUPPO TERMIDIFFUSIVO
- 4 SERRAMENTI IN ALUMINIO - SCHEMI (6,10,12,13,14,15,16,17)
- 5 PAVIMENTO IN CERAMICA
- 6 TERMOINTERRUTTORE
- 7 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 8 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 9 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 10 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 11 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 12 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 13 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 14 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 15 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 16 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO
- 17 MISCELATORE PER RISCALDAMENTO

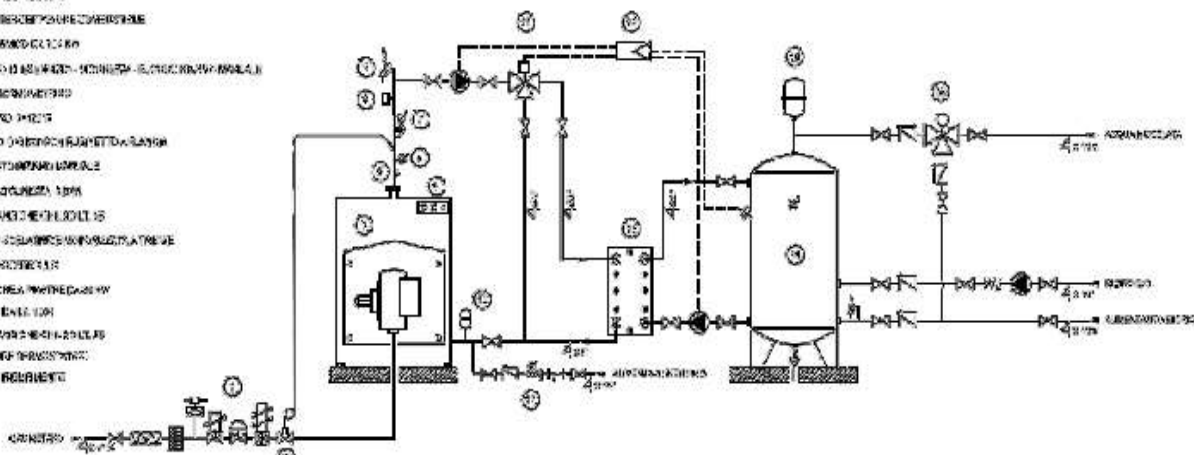


Figura 216: Schema della centrale esistente per ACS

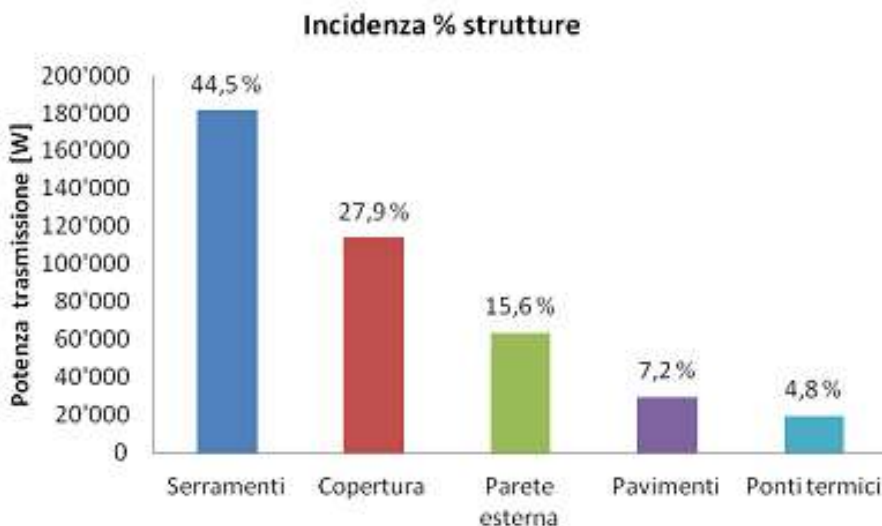


Figura 217: Incidenza dei serramenti delle strutture esistenti

**Interventi sull’impianto**

Per effetto della riduzione del carico termico conseguente alle opere di riqualificazione sopra indicate si è optato per la sostituzione dei generatori termici a metano con una pompa di calore idronica da 150 kW con serbatoio da 500 L, con potenza elettrica assorbita di 45 kW trifase.

Si prevede anche la sostituzione dei corpi scaldanti esistenti (radiatori in acciaio) con termoconvettori dotati di regolazione di ambiente con sonda termica e valvola a tre vie.

Per la produzione di ACS (calcolata in 2250 L/giorno) si è predisposto un impianto solare termico integrato da una caldaia a gas da 15 kW. Infine, anche per l’osservanza del D.Lgs. 28/2011, si è inserito nella copertura della scuola un impianto fotovoltaico da 85 kW.

**Risultati ottenuti**

Per effetto degli interventi sopra indicati si ha un EP<sub>i</sub>= 2.4 kWh/(m<sup>3</sup>.an) e l’edificio, anche per effetto dell’utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili e della pompa di calore, si porta in classe A.

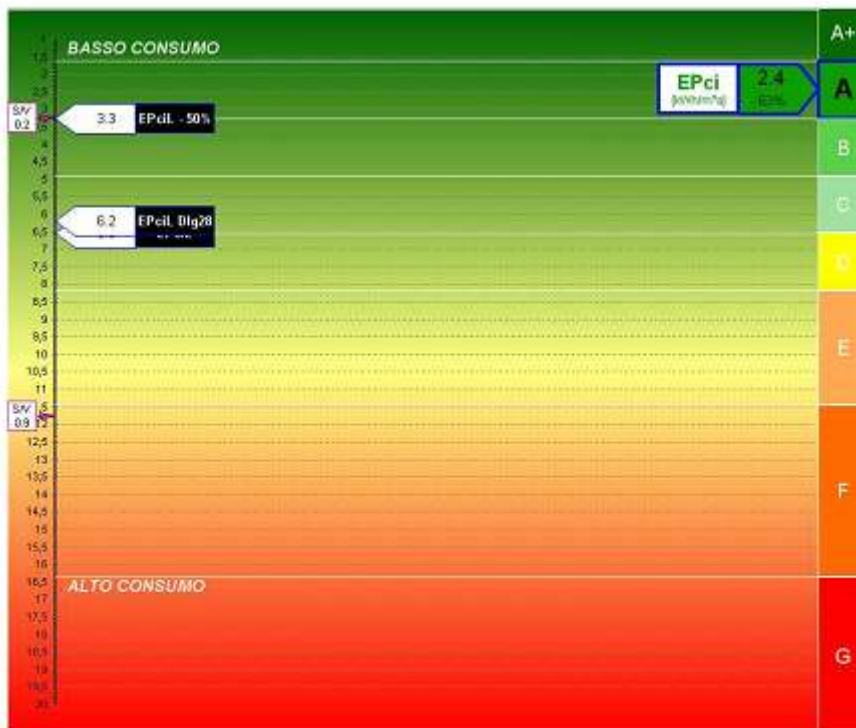


Figura 218: Nuova verifica energetica dell’edificio con gli interventi ipotizzati

**18.9.1 VALUTAZIONI ECONOMICHE**

In figura seguente si ha un grafico circolare con l’incidenza economica per ciascuno degli interventi ipotizzati. Il costo totale di tutti gli interventi è pari a € 991.843,00.



Figura 219: Incidenza economica delle ipotesi di intervento

L’analisi dei flussi di cassa, compresa la vendita dell’energia elettrica prodotta con l’impianto fotovoltaico, porta ad NPV= 125000 €.

L’analisi dei tempi di ritorno è riportato in figura seguente dalla quale si evince che un intervento globale, somma di tutti gli interventi proposti (che portano l’edificio in Classe A e conforme a tutte le norme vigenti), ha un tempo di ritorno di 8,57 anni.

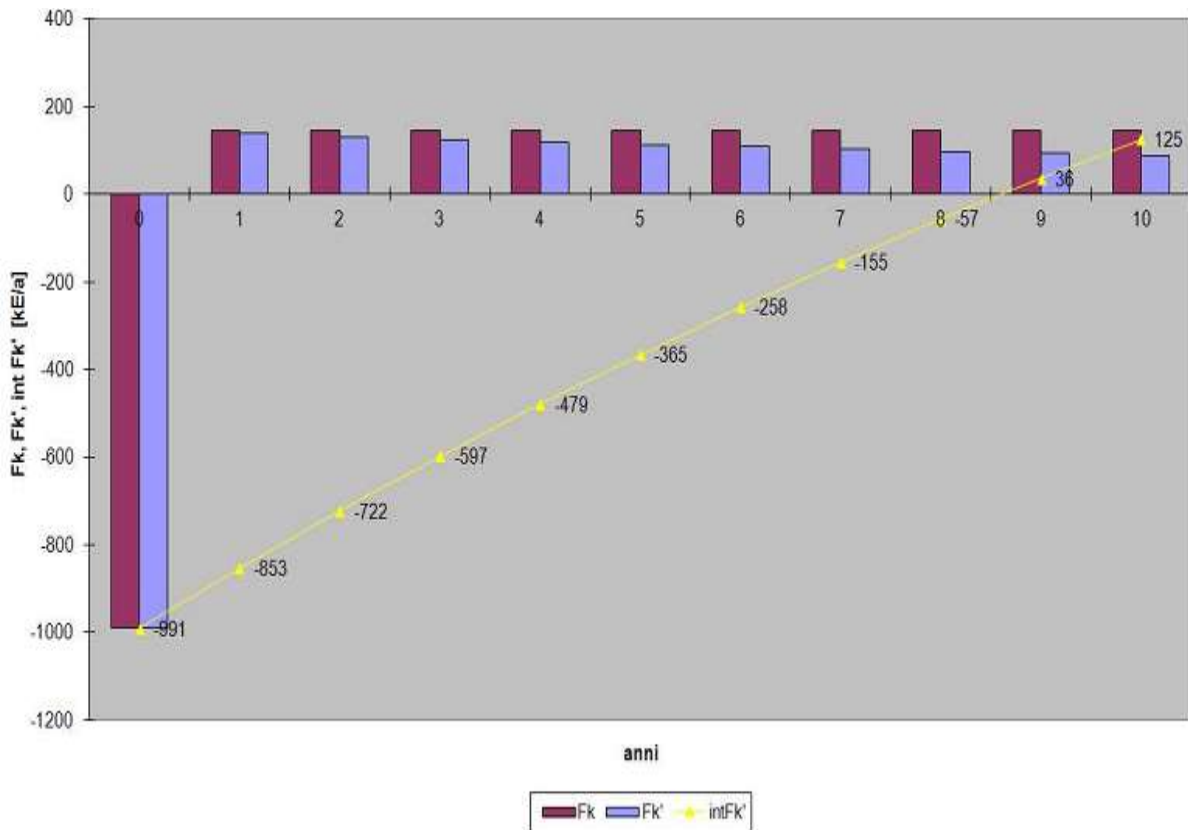


Figura 220: Flussi di cassa e tempi di ritorno

Considerando la variazione di classe energetica (dalla G alla A) si calcola una riduzione di energia annuo pari al 90% rispetto alla situazione iniziale.

### 18.9.2 VALUTAZIONE DEI BENEFICI FIGURATIVI DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Un'analisi economica si basa sulla valutazione dei costi e benefici degli interventi ipotizzati. Tuttavia non tutti i benefici sono quantificabili e monetizzabili. Alcuni di essi sono *figurativi* e, probabilmente, costituiscono anche la parte più importante dei risultati ottenibili.

Ad esempio sono figurativi:

- *L'aumento del comfort interno per effetto dell'isolamento alle pareti. L'incremento della temperatura superficiale interna aumenta la temperatura media radiante avvicinandola a quella di progetto ( $t_a=t_{mr}$ );*

- *L'isolamento termico delle pareti è spesso anche isolamento acustico e quindi si ottiene un maggior potere fonoisolante delle pareti esterne, ciò che migliora i requisiti acustici passivi degli edifici;*

- *L'utilizzo di infisso a vetro camera riduce le trasmissioni di calore fortemente, specialmente se confrontate con i vecchi vetri semplici, ma aumentano anche il potere fonoisolante delle superfici finestrate e quindi migliorano il comfort acustico;*

- *L'uso di schermi esterni (fissi o mobili) riduce il soleggiamento sulle superfici interne degli ambienti riducendo l'azione di danneggiamento (invecchiamento e scolorimento) dei mobili, dei quadri e quant'altro colpito dalle radiazioni solari. Inoltre il fattore di luce diurna viene riportato a valori inferiori con vantaggio (minore rischi di abbagliamento diurno) del comfort visivo;*

- *L'utilizzo di generatori termici ad alta efficienza, unitamente agli interventi sull'involucro, riducono i consumi di energia primaria a tutto vantaggio, non solo economico diretto sui costi*

*di esercizio (per altro quantificabili) ma anche sulle emissioni di CO<sub>2</sub> e sugli effetti economici (indiretti) di riduzione delle importazioni di prodotti petroliferi. Gli effetti di inquinamento atmosferico si riducono notevolmente. Si tratta di vantaggi importanti per la collettività che, tuttavia, non risultano oggi quantificabili.*

*L'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, comprese le stesse pompe di calore, riduce l'energia primaria fornita all'edificio con indubbi vantaggi, oltre che economici, anche sull'inquinamento e sull'economia nazionale.*

Da quanto esposto consegue che il tempo di ritorno o il NPV di un'analisi economica non sono i soli riferimenti decisionali per gli interventi di riqualificazione energetica.

### **18.10 CONSIDERAZIONI FINALI SULLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**

E' bene considerare il fatto che una riqualificazione energetica di un edificio non è un intervento di ristrutturazione classico e non si limita a spostare tramezzi o a rintonacare l'edificio.

Un intervento di riqualificazione energetica è molto incisivo e, a seconda della tipologia e qualità degli interventi da effettuare, può incidere notevolmente anche sulla stessa immagine dell'edificio.

Seguono alcune immagini di interventi di riqualificazione energetica che meglio forniscono l'idea della portata e della qualità degli interventi effettuati.



Figura 221: Esempio di riqualificazione energetica





Figura 222: Esempio di inserimento di schermi mobili esterni



Figura 223: Esempio di schermatura esterna





Figura 224: Riquilificazione energetica di una biblioteca



Figura 225: Viste dell'edificio post-intervento



Figura 226: Vista notturna dell'edificio

### 18.11 EFFETTI DEI NUOVI DECRETI ATTUATIVI DELLA L. 90/2013

Come indicato in precedenza, le nuove norme attuative della L. 90/2013 prevedono dei limiti per i valori delle trasmittanze termiche degli elementi disperdenti.

Quanto sin qui visto va quindi integrato con quanto previsto dai nuovi decreti attuativi e in particolare i valori limite dei parametri caratteristici per gli edifici di riferimento debbono essere

considerati per edifici con ristrutturazioni importanti di primo livello o di secondo livello o anche per le riqualificazioni energetiche così come indicato nel capitolo sui nuovi requisiti minimi degli edifici ai sensi del DM 26/06/2015.

Va osservato che nel caso di riqualificazione energetica l'inserimento dell'isolante termico all'interno della muratura (ad esempio con schiume poliuretatiche nell'intercapedine delle pareti) comporta un innalzamento delle trasmittanze dell'edificio di riferimento del 30%.

Valgono tutte le considerazioni fatte sull'applicazione dei nuovi decreti attuativi della L. 90/2013.

Particolare cura deve essere posta nella scelta degli impianti per i quali si hanno precisi limiti e prestazioni per gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica.

## INDICE GENERALE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>I</b>
<b>1.1 LE NORME SULLA VERIFICA ENERGETICA E SULLA CERTIFICAZIONE DEGLI EDIFICI</b>	<b>I</b>
<b>1.2 STRUTTURA DEL VOLUME</b>	<b>II</b>
<b>2. LA GESTIONE DELL'ENERGIA NEGLI EDIFICI</b>	<b>1</b>
<b>2.1 LE PROBLEMATICHE ENERGETICHE</b>	<b>1</b>
<b>2.2 EDIFICI A ZERO ENERGIA</b>	<b>3</b>
<b>3. VERIFICA ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b>	<b>5</b>
<b>3.1 INTRODUZIONE ALLA PROBLEMATICHE</b>	<b>5</b>
<b>3.2 PROCEDURE PER LA VERIFICA ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b>	<b>6</b>
<b>3.3 UNA RETROSPETTIVA STORICA SULLA LEGISLAZIONE ITALIANA</b>	<b>7</b>
<b>3.4 LA LEGGE 10/91 SUL RISPARMIO ENERGETICO</b>	<b>7</b>
3.4.1 D.P.R. N. 551/99 E SUE MODIFICHE AL D.P.R. 412/93	8
3.4.2 DECRETO 13/12/2003	9
<b>3.5 CRITERI DI CALCOLO PER L'APPLICAZIONE DELLA L. 10/91</b>	<b>9</b>
3.5.1 CRITERI GENERALI DI APPLICAZIONE DELLA L. 10/91	9
3.5.2 FASE 1: CARICO TERMICO DI PICCO DI RISCALDAMENTO E VERIFICA DI ISOLAMENTO	9
Caratterizzazione delle capacità dispersive degli edifici	11
3.5.3 FASE 2: CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI	12
3.5.4 LA VERIFICA ENERGETICA DELLA L. 10/91	13
Calcolo dell'energia dispersa per trasmissione e ventilazione	14
Calcolo degli apporti gratuiti	18
Calcolo dell'energia utile	21
Intermittenza dell'impianto di riscaldamento	22
Fabbisogno utile mensile	23
3.5.5 RENDIMENTI DI IMPIANTO	23
Rendimenti utili del generatore e DPR 551/1999	29
D.M. 17-03-2003	29
Energia termica fornita dal sistema di produzione	30
Calcolo del <i>FEN</i> (Fabbisogno Energetico Normalizzato)	30
Osservazioni sull'applicazione della L.10/91	30
Cause del surriscaldamento degli ambienti	31
<b>3.6 DECRETI DI RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2002/91/CE</b>	<b>32</b>
<b>3.7 DECRETO LEGISLATIVO N. 192 DEL 19 AGOSTO 2005.</b>	<b>33</b>
3.7.1 CONSIDERAZIONI SUL D.LGS 192/2005 E SUL D.LGS 311/06	35
3.7.2 SANZIONI PREVISTE	36
3.7.3 NORME ABROGATE	36
3.7.4 NUOVO INDICATORE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	37
3.7.5 DISPOSITIVI DI REGOLAZIONE	39

3.7.6	EDIFICI PUBBLICI	39
3.7.7	NUOVA RELAZIONE EX ART. 28 L. 10/91	39
3.7.8	LIMITI ARCHITETTONICI IMPOSTI DAL D.LGS 192/05 E 311/06	40
	Controlli della superficie vetrata	41
	Predisposizione della superficie di raccolta dell'energia solare	41
3.7.9	METODOLOGIE DI CALCOLO	41
3.7.10	CLAUSOLA DI CEDEVOLEZZA	42
<b>3.8</b>	<b>DPR 59/09 ATTUAZIONE DEL D.LGS. 192/05</b>	<b>43</b>
	Per la climatizzazione invernale:	45
	Per la climatizzazione estiva:	45
3.8.1	CASO 1: APPROCCIO PRESTAZIONALE	45
3.8.2	METODO BASATO SU PARAMETRI QUALITATIVI	47
3.8.3	PREREQUISITO COMMA 16	48
3.8.4	PONTI TERMICI CORRETTI	49
3.8.5	RENDIMENTO DEL GENERATORE	49
3.8.6	CASO 2 - RISTRUTTURAZIONI TOTALI < 1000 M <sup>2</sup>	50
3.8.7	CASO 3 - EDIFICI ESISTENTI	50
3.8.8	NUOVA INSTALLAZIONE DI IMPIANTI TERMICI	52
	Ristrutturazione integrale di impianti termici: requisito prescrittivo (comma 10):	52
	Requisito prescrittivo (comma 11):	52
	Requisiti (art. 4 comma. 12 D.P.R. 02/04/09 n. 59)	52
3.8.9	ADEMPIMENTI NEL SETTORE PUBBLICO	53
3.8.10	VERIFICA IGROMETRICA	53
3.8.11	CONTROLLO DELL'IRRAGGIAMENTO SOLARE	53
	1° Requisito Prescrittivo (comma 18 lettera a)	53
	2° Requisito Prescrittivo (comma 18 lettera b)	53
	3° Requisito Prescrittivo (comma 18 lettera c)	54
3.8.12	UTILIZZO DI VETRATE A BASSO FATTORE SOLARE	54
	Requisito Prescrittivo (Art. 4 comma 19)	54
	Requisito Prescrittivo (Art. 4 comma 20)	54
3.8.13	ORGANI DI REGOLAZIONE	54
3.8.14	RELAZIONI TECNICHE	55
3.8.15	METODOLOGIE DI CALCOLO	55
	Art. 3 commi 1 e 2	55
<b>3.9</b>	<b>NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO</b>	<b>56</b>
3.9.1	FABBISOGNO ENERGETICO PRIMARIO	56
3.9.2	PRESTAZIONI DEI COMPONENTI EDILIZI	56
3.9.3	VENTILAZIONE E INFILTRAZIONI D'ARIA	57
3.9.4	PONTI TERMICI	57
3.9.5	VALUTAZIONI PER IL PERIODO ESTIVO	57

3.9.6	SCHERMATURE ESTERNE	57
3.9.7	BANCHE DATI E NORME DI SUPPORTO	57
3.9.8	VETRI	58
<b>4.</b>	<b>LA NORMA INTERNAZIONALE UNI EN ISO 13790:2008</b>	<b>59</b>
<b>5.</b>	<b>NUOVE NORME UNI TS 11300</b>	<b>62</b>
<b>5.1</b>	<b>L'INSIEME DELLE UNI TS 11300</b>	<b>62</b>
5.1.1	NUOVE FUNZIONALITÀ DELLA UNI TS 11300:2014-1	63
	Calcolo degli scambi di energia termica	64
	Calcolo degli apporti termici	64
	Calcolo degli apporti solari sui componenti opachi	64
	Calcolo del fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione	65
	Dati di ingresso per i calcoli	65
	Zonizzazione	65
	Volume netto dell'ambiente climatizzato	65
	Temperatura	65
	Dati climatici	65
	Stagione di riscaldamento e raffrescamento	65
	Parametri di trasmissione termica	66
	Ponti termici	66
	Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste	66
	Ventilazione	66
	Apporti interni	68
	Apporti solari sui componenti trasparenti	68
5.1.2	NUOVE FUNZIONALITÀ DELLA UNI TS 11300:2014-2	69
	Periodo di attivazione degli impianti e intervalli di calcolo	70
	Destinazione e suddivisione del sistema fabbricato-impianto	70
	Modalità di suddivisione degli impianti	71
	Bilancio termico dei sottosistemi	71
	Fabbisogno di energia termica	71
	Sottosistemi di emissione	71
	Sottosistemi di regolazione	72
	Sottosistemi di distribuzione	72
	Sottosistema di generazione	73
	Acqua calda sanitaria. Fabbisogno di energia utile	73
	ACS. Sottosistema di erogazione	74
	ACS. Sottosistema di distribuzione	74
	ACS. Sottosistema di generazione	74
	Ausiliari dei sottosistemi di riscaldamento	75
5.1.3	FUNZIONALITÀ DELLA NORMA UNI TS11300:2009- PARTE 3°	75
<b>5.2</b>	<b>APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300:2014 PARTE 1°</b>	<b>77</b>
5.2.1	TIPOLOGIE DI EDIFICI	77
5.2.2	ZONIZZAZIONE TERMICA DEGLI EDIFICI	78
5.2.3	TEMPERATURE INTERNE DI PROGETTO	80
	Caso Invernale	80
	Caso Estivo	80
5.2.4	CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	80

Temperatura interna di progetto invernale	81
Temperatura interna di progetto estiva	81
Durata della stagione di riscaldamento	81
Calcolo degli scambi termici per trasmissione	82
5.2.5 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER UMIDIFICAZIONE E DEUMIDIFICAZIONE	84
5.2.6 ZONIZZAZIONE	87
5.2.7 PONTI TERMICI	87
Metodo di calcolo dei Ponti Termici con la Norma UNI EN ISO 13786	88
Calcolo Numerico per i Ponti Termici con ISO EN 20211	98
5.2.8 EXTRA FLUSSO TERMICO PER RADIAZIONE INFRAROSSA VERSO LA VOLTA CELESTE	101
5.2.9 ENERGIA TERMICA PER VENTILAZIONE	102
5.2.10 APPORTI TERMICI INTERNI	103
5.2.11 DURATA DELLE STAGIONI PER RISCALDAMENTO E PER RAFFRESCAMENTO	103
<b>5.3 APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300:2014 PARTE 2°</b>	<b>104</b>
5.3.1 SOTTOSISTEMI DI UTILIZZAZIONE	105
Climatizzazione Invernale	105
Produzione di Acqua Calda Sanitaria	105
Ventilazione Meccanica Controllata	105
5.3.2 SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	105
5.3.3 DETERMINAZIONE DELLO SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE $Q_{H,TR}$	108
5.3.4 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE $H_{TR,ADJ}$	109
5.3.5 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCAMBIO TERMICO DIRETTO PER TRASMISSIONE VERSO L'AMBIENTE ESTERNO $H_D$ (W/K)	109
5.3.6 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCAMBIO TERMICO STAZIONARIO PER TRASMISSIONE VERSO IL TERRENO HG.	109
5.3.7 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE ATTRAVERSO GLI AMBIENTI NON CLIMATIZZATI HU.	110
5.3.8 DETERMINAZIONE DELL'EXTRA FLUSSO TERMICO PER RADIAZIONE INFRAROSSA VERSO LA VOLTA CELESTE	110
5.3.9 DETERMINAZIONE DELL'EXTRA FLUSSO TERMICO PER RADIAZIONE INFRAROSSA VERSO LA VOLTA CELESTE DEI COMPONENTI DEGLI AMBIENTI CLIMATIZZATI VERSO L'ESTERNO	110
5.3.10 FATTORE DI UTILIZZAZIONE DEGLI APPORTI TERMICI GRATUITI $\eta_{H,GN}$	112
<b>APPLICAZIONE</b>	<b>113</b>
<b>SPESSORE MASSIMO CM</b>	<b>113</b>
<b>DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI UTILIZZAZIONE</b>	<b>113</b>
<b>10</b>	<b>113</b>
<b>EFFETTO DELL'INTERMITTENZA</b>	<b>113</b>
<b>3</b>	<b>113</b>
5.3.11 DETERMINAZIONE DELL'ENERGIA PRIMARIA	116
5.3.12 FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA UTILE	117
5.3.13 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA UTILE PER RISCALDAMENTO DELL'EDIFICIO	117



Fabbisogno ideale per riscaldamento	118
Fabbisogno ideale netto per riscaldamento	118
Fabbisogno effettivo per riscaldamento	118
5.3.14 FABBISOGNI DI ENERGIA PER ILLUMINAZIONE	122
5.3.15 CALCOLO DEI RENDIMENTI DEI SOTTOSISTEMI	122
5.3.16 ESEMPIO DI APPLICAZIONE PER EDIFICIO CON PIÙ CENTRALI TERMICHE – PERIODO ANTECEDENTE IL 2/10/14	122
Software TFM_STIMA10 Ver. 9.01	122
Software TERMOLOG EPIX 6 – Periodo antecedente il 2/10/2014	128
Altri Software Commerciali	132
5.3.17 OSSERVAZIONI SULLE NUOVE NORME UNI TS 11300:2014	134
<b>5.4 APPLICAZIONE DELLA NORMA UNI TS 11300 PARTE 3</b>	<b>136</b>
5.4.1 NORME DI RIFERIMENTO PER IL CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA	137
5.4.2 FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	137
5.4.3 FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER IL RAFFRESCAMENTO	138
5.4.4 PROCEDURA DI CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA	139
5.4.5 DURATA DELLA STAGIONE DI RAFFRESCAMENTO	140
5.4.6 FABBISOGNO EFFETTIVO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER RAFFRESCAMENTO	141
5.4.7 FABBISOGNO IDEALE DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER IL RAFFRESCAMENTO $Q_{c,ND}$	141
Perdite di emissione $Q_{I,e}$	143
Perdite di regolazione $Q_{I,rg}$	144
Perdite di distribuzione $Q_{I,d}$	145
Perdite di distribuzione nelle canalizzazioni d'aria	145
Perdite di distribuzione nelle tubazioni d'acqua	145
Perdite di accumulo $Q_{I,d,s}$	145
Energia termica recuperata $Q_{rr}$	146
Energia recuperata da recuperatore di calore $Q_{rc}$	146
Energia recuperata da climatizzatori con recupero di calore (totale o parziale) $Q_{crc}$	146
5.4.8 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER TRATTAMENTI DELL'ARIA $Q_v$	146
5.4.9 FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER GLI AUSILIARI DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE $Q_{aux}$	147
Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione $Q_{aux,e}$	147
Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione $Q_{aux,d}$	147
Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione $Q_{aux,gn}$	148
5.4.10 EFFICIENZA DI GENERAZIONE	149
Prestazioni delle macchine frigorifere ai carichi parziali	149
Calcolo del Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)	150
5.4.11 COEFFICIENTE DI PRESTAZIONE MEDIO MENSILE DEL SISTEMA DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA FRIGORIFERA	151

<b>5.4.12</b>	<b>FABBISOGNO EFFETTIVO DI ENERGIA TERMICA PER RAFFRESCAMENTO</b>	<b>151</b>
<b>5.4.13</b>	<b>RENDIMENTO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA</b>	<b>152</b>
<b>5.5</b>	<b>APPLICAZIONE DELLA NORMA UNI TS 11300/4:2016</b>	<b>154</b>
5.5.1	AGGIORNAMENTO DELLA UNI TS 11300/4:2016	155
5.5.2	PROCEDURE DELLA NORMA UNI TS 11300/4	155
5.5.3	FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA	156
5.5.4	VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO <sub>2</sub>	157
5.5.5	APPLICAZIONE ALLE TIPOLOGIE DI IMPIANTI FER	157
<b>5.6</b>	<b>NORMA UNI TR11552:2014 – ABACO DELLE STRUTTURE</b>	<b>158</b>
5.6.1	ESEMPI DI UTILIZZAZIONE DELL'ABACO STRUTTURE NEI PROGRAMMI COMMERCIALI	161
<b>5.7</b>	<b>NORMA UNI TS 11300/5:2016 – CALCOLO QR</b>	<b>162</b>
5.7.1	CALCOLO DEL FABBISOGNO ANNUALE DI ENERGIA PRIMARIA GLOBALE	162
5.7.2	GENERATORI PER LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA TERMICA	164
5.7.3	CALCOLO DELLA QUOTA DI ENERGIA DA FER	164
<b>5.8</b>	<b>NORMA UNI TS11300/6:2016 – TRASPORTI</b>	<b>165</b>
<b>6.</b>	<b>NUOVA NORMA UNI 10349:2016</b>	<b>167</b>
6.1	LA NUOVA UNI 10349:2015	167
6.2	UNI 10349 PARTE 1	167
6.3	UNI 10349 PARTE 2	172
6.4	UNI 10349 PARTE 3	175
6.4.1	METODO DI CALCOLO DEI GRADI GIORNO	175
<b>7.</b>	<b>D.LGS. 28/2011 - PROMOZIONE DELLE FER</b>	<b>178</b>
7.1	IL D.LGS. 28/2011	178
7.1.1	INTEGRAZIONE DELLE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI (FER)	178
	Norma UNI TS 11300 Parte 4°	180
<b>7.2</b>	<b>RIEPILOGO DELLE VERIFICHE DA EFFETTUARE PER I DD.LL.GG.SS 192/05 E 28/2011</b>	<b>180</b>
7.2.1	VERIFICHE AI SENSI DEL D.LGS. 192/05 E DPR 59/09	180
7.2.2	NUOVE VERIFICHE DOPO IL GIORNO 1/7/2015 CON IL DM 26/06/2015	180
7.2.3	VERIFICHE AI SENSI DEL D.LGS. 28/2011	180
<b>7.3</b>	<b>USO DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI</b>	<b>181</b>
7.3.1	OBBLIGO DI INTEGRAZIONE SUI TETTI	181
<b>7.4</b>	<b>AGGIORNAMENTO DEL D.LGS 28/2011 CON IL DM 26/06/2015</b>	<b>182</b>
<b>7.5</b>	<b>USO DELLE P.D.C. PER EDIFICI AD ALTE PRESTAZIONI ENERGETICHE</b>	<b>182</b>
<b>7.6</b>	<b>UTILIZZO DI ENERGIA ELETTRICA DA RETE</b>	<b>183</b>
<b>7.7</b>	<b>INTEGRAZIONE ENERGETICA NEGLI EDIFICI CON POMPA DI CALORE</b>	<b>183</b>
7.7.1	EDIFICIO CON SOLO RISCALDAMENTO ACS ED ILLUMINAZIONE	184
7.7.2	EDIFICIO CON IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO, ACS E ILLUMINAZIONE	186
<b>7.8</b>	<b>CONDIZIONI PER L'ACCETTAZIONE DELLA RINNOVABILITÀ DELL'ENERGIA</b>	<b>187</b>

<b>7.9 CALCOLO DELL'ENERGIA RINNOVABILE REALE AI FINI DELLA VALUTAZIONE ENERGETICA</b>	<b>189</b>
<b>8. LE RACCOMANDAZIONI DEL CTI</b>	<b>190</b>
8.1.1 SIMBOLISMO UTILIZZATO NELLE NORMATIVE	190
<b>8.2 CONTRIBUTO DELLA RACCOMANDAZIONE 09/2012 DEL CTI</b>	<b>191</b>
8.2.1 VERIFICA DEL GRADO DI COPERTURA CON IL METODO DELL'ENERGIA PRIMARIA TOTALE	191
<b>8.3 RACCOMANDAZIONE 14/2013 DEL CTI</b>	<b>192</b>
8.3.1 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI ON SITE	193
8.3.2 GENERATORI DA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA	194
8.3.3 GENERATORI DI ENERGIA COMBINATA	195
8.3.4 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA	195
8.3.5 NUOVI FATTORI DI ENERGIA PRIMARIA	195
<b>9. DIRETTIVA 2010/31/CE</b>	<b>197</b>
<b>9.1 DIRETTIVA 2010/31/CE – EPDB RECAST</b>	<b>197</b>
9.1.1 REQUISITI MINIMI DI PRESTAZIONE ENERGETICA IN EDIFICI NUOVI	198
9.1.2 REQUISITI MINIMI DI PRESTAZIONE ENERGETICA IN EDIFICI ESISTENTI	198
9.1.3 IMPIANTI TECNICI NELL'EDILIZIA	199
9.1.4 EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO	199
9.1.5 ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	200
9.1.6 RILASCIO DELL'ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	200
9.1.7 ESPERTI INDEPENDENTI	201
9.1.8 RECEPIMENTO	201
9.1.9 QUADRO COMUNE GENERALE PER IL CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI	201
<b>10. LEGGE 90/2013</b>	<b>203</b>
10.1 AMBITO DI APPLICAZIONE	203
10.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE	204
10.3 EDIFICI A QUASI ZERO ENERGIA	205
10.4 ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	205
10.5 RELAZIONI TECNICHE E DEPOSITO IN COMUNE	208
10.6 NORME TRANSITORIE	208
10.7 SANZIONI	209
10.8 ABROGAZIONI E DISPOSIZIONI FINALI	210
10.9 DIRETTIVA 2012/27/CE	210
<b>11. DECRETO LEGISLATIVO N. 102/2014</b>	<b>213</b>
Miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione centrale (art. 5)	213
Fondo nazionale per l'efficienza energetica (art. 15)	214
Deroghe per gli spessori di murature e solai e per le distanze minime tra gli edifici (art. 14)	214
<b>12. DM 26/06/2015 - NUOVI DECRETI ATTUATIVI</b>	<b>216</b>
12.1 INTRODUZIONE ALLE NUOVE PROBLEMATICHE	216

<b>12.2 LA TRANSIZIONE VERSO LE NUOVE PROCEDURE DI VALUTAZIONE ENERGETICHE DEGLI EDIFICI</b>	<b>216</b>
<b>12.3 EDIFICIO DI RIFERIMENTO</b>	<b>217</b>
<b>12.4 IL DECRETO SUI REQUISITI MINIMI DEGLI EDIFICI</b>	<b>218</b>
<b>12.5 CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI IN BASE ALLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO</b>	<b>218</b>
12.5.1 NUOVA COSTRUZIONE, DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE, AMPLIAMENTO E SOPRA ELEVAZIONE	219
12.5.2 RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI	219
12.5.3 RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE	220
12.5.4 DEROGHE	220
<b>12.6 DEFINIZIONE DI EDIFICI A QUASI ZERO ENERGIA</b>	<b>220</b>
<b>12.7 NUOVA CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI</b>	<b>221</b>
<b>12.8 INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA</b>	<b>222</b>
<b>12.9 EDIFICIO DI RIFERIMENTO PER NUOVE COSTRUZIONI</b>	<b>223</b>
<b>12.10 VERIFICHE RICHIESTE PER EDIFICI NUOVI O RISTRUTTURATI DI 1° LIVELLO</b>	<b>224</b>
12.10.1 OSSERVAZIONE SULLA VERIFICA ENERGETICA	226
<b>12.11 VERIFICA DEL COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO</b>	<b>230</b>
<b>12.12 VERIFICA DEL VALORE MASSIMO DEL RAPPORTO <math>A_{SOL,EST}/A_{SUP UTILE}</math></b>	<b>231</b>
<b>12.13 CONTROLLO SULLE COPERTURE</b>	<b>234</b>
<b>12.14 OSSERVAZIONI SULLE VERIFICHE DEL DM 26/06/2015</b>	<b>235</b>
<b>12.15 PARAMETRI RELATIVI AGLI IMPIANTI TECNICI</b>	<b>237</b>
12.15.1 SERVIZI DI PRESENTI NELL'EDIFICIO REALE E DI RIFERIMENTO	237
<b>12.16 FABBISOGNI ENERGETICI DI ILLUMINAZIONE</b>	<b>239</b>
<b>12.17 FABBISOGNI ENERGETICI DI VENTILAZIONE</b>	<b>239</b>
<b>12.18 CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI TECNICI AI SENSI DEL DM 26/06/2015</b>	<b>239</b>
12.18.1 AUTOMAZIONE NEGLI IMPIANTI	240
12.18.2 EDIFICIO DI NUOVA COSTRUZIONE: CONTROLLO DEGLI IMPIANTI:	240
12.18.3 EDIFICI NON RESIDENZIALI:	240
12.18.4 IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	241
<b>12.19 VALORI DEI PARAMETRI PER EDIFICI SOTTOPOSTI A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA</b>	<b>242</b>
12.19.1 ELEMENTI EDILIZI	242
12.19.2 REQUISITI PER GLI IMPIANTI TECNICI	243
12.19.3 REQUISITI DEI GENERATORI TERMICI	244
Requisiti per generatore di calore a combustibile liquido e gassoso	244
Requisiti per pompe di calore e macchine frigorifere	244
12.19.4 RIQUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI IDRICO – SANITARI	245
12.19.5 RIQUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI TECNICI – DIAGNOSI ENERGETICA	245
<b>12.20 ASSEVERAZIONE DEL PROGETTISTA SULL'UTILIZZO DELLE FER</b>	<b>246</b>
<b>12.21 PRESCRIZIONI, REQUISITI E VERIFICHE IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO</b>	<b>246</b>
<b>12.22 QUADRO DI SINTESI DEI REQUISITI E DELLE PRESCRIZIONI AI SENSI DEL DM 26/06/2015</b>	<b>248</b>
<b>12.23 CHIARIMENTI DEL MISE SUL DM 26/06/2015</b>	<b>250</b>
<b>12.24 CONFRONTO FRA DM 26/06/2015 E DIRETTIVA 2010/31/CE</b>	<b>255</b>
<b>12.25 OSSERVAZIONI SUGLI EDIFICI NZEB</b>	<b>256</b>
<b>12.26 OSSERVAZIONI SULL'APPLICAZIONE DEL DM 26/06/2015</b>	<b>257</b>

<b>13. CERTIFICAZIONE ENERGETICA - CENNI STORICI</b>	<b>260</b>
<b>13.1 LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b>	<b>260</b>
<b>13.2 CENNI STORICI SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA</b>	<b>260</b>
13.2.1 PREMIALITÀ DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI - CASA CLIMA®	261
<b>13.3 LINEE GUIDA NAZIONALI – DM 26/06/09</b>	<b>263</b>
13.3.1 IL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO	263
13.3.2 BILANCIO ENERGETICO	265
Bilancio energetico orario	265
Bilancio Energetico mensile	266
Riscaldamento	267
Raffrescamento	267
13.3.3 RIEPILOGO SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA SECONDO IL DM 26/06/2009	268
13.3.4 CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA (EP) – METODO SEMPLIFICATO	270
13.3.5 PROCEDURE PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA SECONDO IL DM 06-09	271
Esempio di classificazione energetica	273
13.3.6 INDICE DI PRESTAZIONE TERMICA DELL'EDIFICIO PER IL RAFFRESCAMENTO ( $EP_{E,INV}$ )	274
13.3.7 OPERAZIONI NECESSARIE PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA	275
13.3.8 VALIDITÀ DEGLI ATTESTATI DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA	277
<b>14. DECRETI ATTUATIVI SULLA CERTIFICAZIONE</b>	<b>279</b>
<b>14.1 DPR N. 74/2013 – ESERCIZIO DEGLI IMPIANTI TERMICI</b>	<b>279</b>
<b>14.2 DPR N. 75/2013 – CERTIFICATORI ENERGETICI</b>	<b>280</b>
<b>15. NUOVA CERTIFICAZIONE ENERGETICA – DM 26/06/2015</b>	<b>282</b>
<b>15.1 LA NUOVA NORMATIVA NAZIONALE DELLE LINEE GUIDA PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA</b>	<b>282</b>
<b>15.2 PRESTAZIONE ENERGETICA E SERVIZI ENERGETICI</b>	<b>283</b>
<b>15.3 METODOLOGIE DI CALCOLO PER LA PRESTAZIONE ENERGETICA</b>	<b>283</b>
15.3.1 PROCEDURA DI CALCOLO DI PROGETTO O DI CALCOLO STANDARDIZZATO	283
15.3.2 PROCEDURA DI CALCOLO DA RILIEVO SULL'EDIFICIO	284
<b>15.4 METODO DI CALCOLO DI PROGETTO</b>	<b>284</b>
<b>15.5 METODO DI CALCOLO DA RILIEVO SULL'EDIFICIO</b>	<b>285</b>
15.5.1 RILIEVO IN SITO (METODO ANALITICO E PER ANALOGIA COSTRUTTIVA)	285
<b>15.6 METODO SEMPLIFICATO “DOCET”</b>	<b>285</b>
<b>15.7 NUOVA METODOLOGIA PER LA CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI</b>	<b>290</b>
15.7.1 RAPPRESENTAZIONE DELLE PRESTAZIONI, SCALA DELLE CLASSI E SOGLIA DI RIFERIMENTO	
LEGISLATIVO	291
<b>15.8 IL NUOVO FORMATO DELL'APE</b>	<b>293</b>
15.8.1 DATI SULLA CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	294
15.8.2 RIFERIMENTI ENERGETICI	294
15.8.3 PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI IMPIANTI	295
15.8.4 INDICAZIONE DEI DATI SUL FABBRICATO	296
15.8.5 DATI PER GLI IMPIANTI SUI SERVIZI ENERGETICI	297

15.8.6	DATI PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	297
15.8.7	DATI PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	298
15.8.8	DATI PER LA PRODUZIONE DI ACS	298
15.8.9	DATI PER IMPIANTI COMBINATI	299
15.8.10	DATI PER LE FER	299
15.8.11	DATI PER LA VENTILAZIONE MECCANICA	299
15.8.12	DATI PER L'ILLUMINAZIONE	300
15.8.13	DATI PER IL TRASPORTO DI PERSONE O COSE	300
15.8.14	INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA SUGGERITI	300
15.8.15	DATI PER IL SOGGETTO CERTIFICATORE	302
15.8.16	INDICAZIONE DEI SOPRALLUOGHI	302
15.8.17	INDICAZIONE SUL SOFTWARE UTILIZZATO	302
15.8.18	PRESTAZIONE ENERGETICA INVERNALE ED ESTIVA DELL'INVOLUCRO.	303
<b>15.9</b>	<b>OPERAZIONI DA ESEGUIRE DA PARTE DEL CERTIFICATORE</b>	<b>305</b>
<b>15.10</b>	<b>MONITORAGGI E CONTROLLI</b>	<b>305</b>
<b>15.11</b>	<b>NUOVO SISTEMA INFORMATIVO SIAPE</b>	<b>305</b>
<b>15.12</b>	<b>OSSERVAZIONI SULLA NUOVA APE</b>	<b>306</b>
<b><u>16.</u></b>	<b><u>INDAGINI ENERGETICHE SUGLI EDIFICI</u></b>	<b><u>307</u></b>
<b>16.1</b>	<b>LE INDAGINI ENERGETICHE</b>	<b>307</b>
<b>16.2</b>	<b>NORMA UNI EN 16247 PARTE 2</b>	<b>309</b>
16.2.1	INTRODUZIONE	310
<b>16.3</b>	<b>REQUISITI DEL SERVIZIO DI DIAGNOSI ENERGETICA</b>	<b>310</b>
16.3.1	QUALIFICAZIONE	311
16.3.2	RISERVATEZZA	311
16.3.3	OBIETTIVITÀ	311
16.3.4	SUBFORNITORI	311
<b>16.4</b>	<b>REQUISITI DELLA PROCEDURA DI DIAGNOSI ENERGETICA</b>	<b>311</b>
<b>16.5</b>	<b>AUDITOR ENERGETICO O ESECUTORE DELLA DIAGNOSI ENERGETICA</b>	<b>312</b>
<b>16.6</b>	<b>ELEMENTI ESSENZIALI PER UNA DIAGNOSI ENERGETICA</b>	<b>313</b>
16.6.1	CONTATTO PRELIMINARE	313
16.6.2	APPENDICE B TABELLA B.1 NORMA UNI 16247-1	313
16.6.3	INCONTRO DI AVVIAMENTO	314
16.6.4	RACCOLTA DATI	315
16.6.5	GENERALITÀ:	315
16.6.6	INFORMAZIONI RICHIESTE	315
16.6.7	REVISIONE DEI DATI DISPONIBILI.	316
16.6.8	ANALISI PRELIMINARE DEI DATI	317
16.6.9	LAVORO SUL CAMPO	317



16.6.10 SCOPO DEL LAVORO SUL CAMPO	318
16.6.11 SCOPO DEL LAVORO SUL CAMPO	319
<b>16.7 L'INVOLUCRO EDILIZIO</b>	<b>319</b>
Aree interne	319
Aree esterne	320
<b>16.8 D.5 - DOCUMENTAZIONE UTILE</b>	<b>320</b>
<b>16.9 COMPORTAMENTO DELL' AUDITOR ENERGETICO</b>	<b>320</b>
16.9.1 VISITE IN SITO, SOPRALLUOGHI	321
<b>16.10 PROCEDURA DI DETTAGLIO DI UNA DIAGNOSI</b>	<b>321</b>
<b>16.11 ANALISI</b>	<b>322</b>
16.11.1 RIPARTIZIONE DELL'ENERGIA	323
16.11.2 INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	323
16.11.3 OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA	323
<b>16.12 RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA</b>	<b>324</b>
16.12.1 CONTENUTO DEL REPORT	324
Documento di sintesi:	324
Contesto:	324
Diagnosi energetica:	325
4. Raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica	325
<b>16.13 APPENDICE J: ESEMPIO DI UN RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA</b>	<b>325</b>
16.13.1 SOMMARIO INTRODUZIONE	325
16.13.2 SOMMARIO DEGLI UTILIZZI ENERGETICI DELL'EDIFICIO:	325
16.13.3 DATI DI BASE DELL'EDIFICIO:	325
16.13.4 DIAGNOSI SUI SISTEMI IMPIANTISTICI MECCANICI ED ELETTRICI DESCRIVENDO LA SITUAZIONE ATTUALE: <b>326</b>	
16.13.5 OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA CON LORO RELATIVA DESCRIZIONE:	326
16.13.6 INCONTRO FINALE: PRESENTAZIONE AL COMMITTENTE	326
<b><u>17. STRUMENTI DI INDAGINE SUGLI EDIFICI</u></b>	<b><u>327</u></b>
<b>17.1 LA TERMOGRAFIA APPLICATA AGLI EDIFICI</b>	<b>327</b>
17.1.1 LA FISICA DI BASE	327
17.1.2 FUNZIONAMENTO DELLE MACCHINE TERMOGRAFICHE	328
Metodi per evitare le riflessioni	331
Metodi di indagine	331
Operatività delle termo camere	332
<b>17.2 COMPONENTI DELL'ENERGIA IRRADIATA</b>	<b>333</b>
<b>17.3 APPLICAZIONI DELLA TERMOGRAFIA NELL'EDILIZIA</b>	<b>334</b>
17.3.1 NORMATIVA UNI DI RIFERIMENTO	334
17.3.2 REQUISITI DI PROVA PER L'ANALISI TERMOGRAFICA	335
<b>17.4 MISURATORI DI FLUSSO TERMICO</b>	<b>339</b>
17.4.1 PROCEDURA OPERATIVA	339

Metodo della resistenza liminare	341
Accorgimenti	341
Incertezza	342
<b>17.5 CONSIDERAZIONI SUGLI STRUMENTI DI DIAGNOSI ENERGETICHE</b>	<b>342</b>
<b>18. RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA EDIFICI</b>	<b>343</b>
<b>18.1 LA NECESSITA' DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA</b>	<b>343</b>
<b>18.2 LA FIRMA ENERGETICA DELL'EDIFICIO</b>	<b>344</b>
<b>18.3 INCIDENZA DEI DISPERSIONI TERMICI</b>	<b>347</b>
18.3.1 ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO	348
<b>18.4 STRATEGIE DI INTERVENENDO PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA</b>	<b>348</b>
<b>18.5 INTERVENTI DI RETROFIT SULLINVOLUCRO DELL'EDIFICIO</b>	<b>349</b>
18.5.1 INTERVENTI SUL SOLAIO DI COPERTURA	349
18.5.2 INTERVENTI SUI PAVIMENTI	351
18.5.3 INTERVENTO SULLE PARETI ESTERNE E SULLA FACCIATA	351
18.5.4 INTERVENTI SUGLI INFISSI E SULLE VETRATE	354
<b>18.6 INTERVENTI SUGLI IMPIANTI</b>	<b>357</b>
18.6.1 IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE INESISTENTI	357
18.6.2 IMPIANTI ESISTENTI OBSOLETI	359
Osservazioni sulla sostituzione del generatore di calore	359
Le valvole termostatiche	360
18.6.3 SOSTITUZIONE DEI GENERATORI TERMICI	360
18.6.4 INSERIMENTO DI IMPIANTI AD ENERGIA RINNOVABILE	361
18.6.5 UTILIZZO DI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (FER)	361
<b>18.7 FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE</b>	<b>364</b>
18.7.1 DIFFERENZE TRA L'ANALISI FINANZIARIA E L'ANALISI ECONOMICA.	365
18.7.2 PROBLEMATICHE DI FONDO NELL'ACB	365
18.7.3 COSTI ESPlicitI E COSTI IMPLICITI	365
18.7.4 COSTI – OPPORTUNITÀ	366
18.7.5 DETERMINAZIONE DEL SAGGIO DI SCONTO NELL'ACB	366
18.7.6 CRITERIO DI GIUDIZIO SU UN INVESTIMENTO BASATO SUL VALORE ATTUALE NETTO	366
18.7.7 CRITERIO DI GIUDIZIO SU UN INVESTIMENTO BASATO SUL SAGGIO DI RENDIMENTO INTERNO	366
<b>18.8 PROCEDURA DA SEGUIRE PER L'ANALISI COSTI BENEFICI</b>	<b>366</b>
18.8.1 VALORE ATTUALE DEI COSTI E DEI BENEFICI	367
18.8.2 CRITERI DI SCELTA	367
Osservazione sul metodo del Net Cash Flow	369
18.8.3 TEMPO DI RITORNO ATTUALIZZATO DELL'INVESTIMENTO, TRA	370
18.8.4 ANALISI DI SENSITIVITÀ	371
18.8.5 INDIVIDUAZIONE DEGLI EFFETTI	371
18.8.6 INVESTIMENTO	371

18.8.7	INTERESSE DI CALCOLO	373
18.8.8	NORMA PRRN 15459 - VALUTAZIONI ECONOMICHE STANDARD	373
	Rateo di interesse reale	374
	Tasso di sconto	374
	Fattore del valore presente	374
	Fattore di annualità	374
18.8.9	COSTO GLOBALE	374
<b>18.9</b>	<b>CASO ESEMPIO</b>	<b>374</b>
	Interventi sulle pareti	376
	Interventi sulle finestre	376
	Interventi sull'impianto	377
	Risultati ottenuti	377
18.9.1	VALUTAZIONI ECONOMICHE	378
18.9.2	VALUTAZIONE DEI BENEFICI FIGURATIVI DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	379
<b>18.10</b>	<b>CONSIDERAZIONI FINALI SULLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA</b>	<b>380</b>
<b>18.11</b>	<b>EFFETTI DEI NUOVI DECRETI ATTUATIVI DELLA L. 90/2013</b>	<b>382</b>

## ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1: VOLUME DI CONTROLLO DELL'EDIFICIO AI FINI DEGLI SCAMBI ENERGETICI	4
FIGURA 2: RAPPORTO FRA CARICO DI PICCO E CARICO GIORNALIERO	11
FIGURA 3: ZONE DEL VENTO IN ITALIA	17
FIGURA 4: SCHEMA SEMPLIFICATO PROPOSTO DALLE UNI-10344 E 10348	18
FIGURA 5: RENDIMENTI DI EMISSIONE DI ALCUNI TERMINALI	24
FIGURA 6: ESEMPIO DI DISUNIFORMITÀ NELLA DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI AMBIENTI	25
FIGURA 7: EFFETTI DEI SISTEMI DI MONTAGGIO SUI RENDIMENTI DI EMISSIONE	25
FIGURA 8: CORRETTA INSTALLAZIONE DI UN RADIATORE	26
FIGURA 9: APPLICAZIONE DI DESTRATIFICATORI	26
FIGURA 10: RENDIMENTI DI REGOLAZIONE SECONDO LA UNI-10348	26
FIGURA 11: SCHEMA DELLA REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA AMBIENTALE	27
FIGURA 12: EFFETTI DELLA POSIZIONE DELLE TUBAZIONI SUL RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE	27
FIGURA 13: RENDIMENTO DI PRODUZIONE	27
FIGURA 14: GENERATORI SEPARATI PER RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA	28
FIGURA 15: GENERATORE COMBINATO PER RISCALDAMENTO E ACQUA SANITARIA	28
FIGURA 16: FINESTRA DI TRASPARENZA DEL VETRO	31
FIGURA 17: SCHEMA DI CALCOLO PER IL RISCALDAMENTO INVERNALE	43
FIGURA 18: SCHEMA DI CALCOLO PER IL RAFFRESCAMENTO ESTIVO	44
FIGURA 19: SCHEMA GENERALE DEI FLUSSI ENERGETICI	44
FIGURA 20: IMPIANTI SINGOLI DI TIPO SPLIT IN UN EDIFICIO	49
FIGURA 21: DEFINIZIONE DEI LIMITI DELL'EDIFICIO	60
FIGURA 22: BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTO	60
FIGURA 23: CONFRONTO FRA I VALORI DI APPORTI INTERNI SPECIFICI (IN TERMINI DI POTENZA E ENERGIA) FRA LE DUE VERSIONI DELLA NORMA, PER LE ABITAZIONI DI CATEGORIA E.1 (1) E E.1 (2)	68
<i>FIGURA 24: SCHEMA DI CALCOLO PER IL RAFFRESCAMENTO ESTIVO</i>	75
FIGURA 25: SCHEMA GENERALE DEI FLUSSI ENERGETICI	76
FIGURA 26: CASO DI PIÙ FABBRICATI SERVITI DA UNA SOLA CENTRALE	77
FIGURA 27: CASO DI EDIFICIO UNICO CON IMPIANTO CENTRALIZZATO	77
FIGURA 28: CASO DI EDIFICIO CON PIÙ IMPIANTI AUTONOMI	78
FIGURA 29: ESEMPIO DI ZONIZZAZIONE	78
FIGURA 30: ESEMPIO DI SUDDIVISIONE DI ZONE, SERVIZI E GENERATORI	79
FIGURA 31: FLUSSI ENERGETICI PER LA UNI TS11300 PARTE 1 E 2.	79
FIGURA 32: VISUALIZZAZIONE DEI PONTI TERMICI CON LA TERMOGRAFIA	88
FIGURA 33: ESEMPI DI PONTI TERMICI FREQUENTI	88
FIGURA 34: SCHEMA DI RIFERIMENTO PER IL CALCOLO DEI PONTI TERMICI SECONDO LA UNI 14683.	89
FIGURA 35: CALCOLO DEI PONTI TERMICI	90
FIGURA 36: CALCOLO DEI PONTI TERMICI	91
FIGURA 37: CALCOLO DEI PONTI TERMICI	92
FIGURA 38: CALCOLO DEI PONTI TERMICI	93
FIGURA 39: CALCOLO DEI PONTI	94
FIGURA 40: CALCOLO DEI PONTI TERMICI	95
FIGURA 41: PONTI TERMICI	96
FIGURA 42: PONTI TERMICI	97
FIGURA 43: PONTI TERMICI	98
FIGURA 44: LOCALIZZAZIONE TIPICA DEI PONTI TERMICI IN UN EDIFICIO	99
FIGURA 45: ESEMPIO DI IMPOSTAZIONE DEL CALCOLO DEL PONTE TERMICO PER TRAVETTI DI SOLAIO	99
FIGURA 46: ESEMPI DI CALCOLO DEI PONTI TERMICI CON ISO EN 10211	99
FIGURA 47: CASO A1 PER LA CLASSIFICAZIONE DEI METODI DI CALCOLO AD ELEVATE PRESTAZIONI	100
FIGURA 48: CASO A2 PER IL CALCOLO DI RIFERIMENTO	101
FIGURA 49: CASO A3 PER IL CALCOLO DI RIFERIMENTO	102
FIGURA 50: CALCOLO DEI PERIODI DI RISCALDAMENTO E DI CONDIZIONAMENTO	104
FIGURA 51: ESEMPIO DI SUDDIVISIONE DI UN IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE E PRODUZIONE DI ACS	105
FIGURA 52: SUDDIVISIONE DI UN SISTEMA DI RISCALDAMENTO	106
FIGURA 53: SUDDIVISIONE DI SISTEMA DI ACS	106

FIGURA 54: SUDDIVISIONE DI UN SISTEMA DI VENTILAZIONE	107
FIGURA 55: ESEMPI DI RETE DI UTENZA E CIRCUITO DI GENERAZIONE	107
FIGURA 56: RETI DI UTENZA E CIRCUITO DI DISTRIBUZIONE IN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	113
FIGURA 57: IMPIANTO CON SATELLITI DI UTENZA (RISCALDAMENTO ED ACS)	114
FIGURA 58: SISTEMA DI GENERAZIONE CHE ALIMENTA PIÙ FABBRICATI	114
FIGURA 59: SCHEMA DI DISTRIBUZIONE IN IMPIANTO PER ACS	115
FIGURA 60: ESEMPIO DI IMPIANTO TERMICO CON RETI DI UTENZA A DIFFERENTE TEMPERATURA	115
FIGURA 61: CALCOLO DEI FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA PER RISCALDAMENTO	117
FIGURA 62: CALCOLO DEI FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA PER ACS	117
FIGURA 63: SCHEMA DI CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA	119
FIGURA 64: ESEMPIO DI ZONIZZAZIONE	122
FIGURA 65: COLLEGAMENTI DELLE ZONE ALLE CENTRALI TERMICHE	123
FIGURA 66: DISTRIBUZIONE DEI SEVIZI PER CIASCUNA ZONA TERMICA	123
FIGURA 67: COSTITUZIONE DELLE CENTRALI TERMICHE	124
FIGURA 68: DETTAGLIO DI UNA SINGOLA CENTRALE TERMICA	124
FIGURA 69: BILANCI ENERGETICI PER I VARI SERVIZI	125
FIGURA 70: CALCOLO DEI RENDIMENTI PER CIASCUNA ZONA E PER I VARI SERVIZI	125
FIGURA 71: DATI PER IMPIANTO DI VENTILAZIONE	126
FIGURA 72: CALCOLO DEI RENDIMENTI DEI SOTTOSISTEMI PER IL RISCALDAMENTO	126
FIGURA 73: SCHEMA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE TUBAZIONI	127
FIGURA 74: SELEZIONE DELL'ISOLANTE DELLE TUBAZIONI	127
FIGURA 75: DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA	128
FIGURA 76: ESEMPIO DI ZONIZZAZIONE DELL'EDIFICIO	129
FIGURA 77: ESEMPIO DI STRUTTURAZIONE DEL SERVIZIO DI RISCALDAMENTO	129
FIGURA 78: ESEMPIO DI STRUTTURAZIONE DEL SERVIZIO DI RAFFRESCAMENTO ESTIVO	130
FIGURA 79: ESEMPIO DI STRUTTURAZIONE DEL SERVIZIO PER ACS	130
FIGURA 80: ESEMPIO DI STRUTTURAZIONE DELLE CENTRALI TERMICHE	131
FIGURA 81: ESEMPIO DI RIEPILOGO DEI CALCOLI ENERGETICI DELL'EDIFICIO	131
FIGURA 82: ESEMPIO DI INPUT TABELLARE	132
FIGURA 83: ESEMPIO DI INPUT GRAFICO	133
FIGURA 84: ESEMPIO DI RENDERING 3D	133
FIGURA 85: ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE GIORNALIERE MEDIE MENSILI A PALERMO	134
FIGURA 86: ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE GIORNALIERE MEDIE MENSILI A BOLZANO	135
FIGURA 87: FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI PER CATANIA – ZONA B	135
FIGURA 88: COMPONENTI DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER IL RAFFRESCAMENTO	140
FIGURA 89: COMPONENTI DEL FABBISOGNO IDEALE PER RAFFRESCAMENTO	144
FIGURA 90: SCHEMA DI CALCOLO DELL'EFFICIENZA STAGIONALE	152
FIGURA 91: ANDAMENTO DELLE PRESTAZIONI A POTENZA RIDOTTA	153
FIGURA 92: EER MENSILE IN CORRISPONDENZA DEL FATTORE DI CARICO % MENSILE	154
FIGURA 93: ESEMPIO DI PARETE IN LATERIZIO PIENO	158
FIGURA 94: ESEMPIO DI PARETI PREFABBRICATE	159
FIGURA 95: ESEMPIO DI PARETI A CASSA VUOTA	159
FIGURA 96: ESEMPIO DI SOLAIO VERSO L'ESTERNO	160
FIGURA 97: ESEMPIO DI SOLAIO IN CALCESTRUZZO	160
FIGURA 98: ESEMPIO DI COPERTURE A FALDE	161
FIGURA 99: SELEZIONE DEL TIPO DI STRUTTURA DALL'ABACO	162
FIGURA 100: CONFINE EDIFICIO E CONFINE DI VALUTAZIONE – VETTORI ENERGETICI CONSEGNATI ED ESPORTATI	163
FIGURA 101: PROSPETTO DELLA NUOVA NORMA UNI 10349:2016	167
FIGURA 102: DEFINIZIONE DEL CONFINE DELL'EDIFICIO	193
FIGURA 103: PUNTO DI FORNITURA DELLE ENERGIE RINNOVABILI ON SITE	194
FIGURA 104: EDIFICIO REALE ED EDIFICIO DI RIFERIMENTO DI PARI GEOMETRIA	218
FIGURA 105: GRANDEZZE DA VERIFICARE PER EDIFICI NUOVI E/O RISTRUTTURATI DI 1° LIVELLO	225
FIGURA 106: ESEMPIO DI VERIFICHE ENERGETICHE DEL DM 26/06/2015	226
FIGURA 107: ESEMPIO DI EDIFICIO	227
FIGURA 108: RISULTATI DELLA VERIFICA ENERGETICA CON VETRO SEMPLICE	227
FIGURA 109: NUOVA VERIFICA ENERGETICA CON VETRO CAMERA A BASSA EMISSIVITÀ	227
FIGURA 110: APE CON LINEE GUIDA 06/09	228
FIGURA 111: NUOVA APE 2015	229

FIGURA 112: ANDAMENTO DI $H^2_T$ PER EDIFICI NUOVI E PER RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	230
FIGURA 113: TRASMISSIONE DI LUCE E DI ENERGIA NEI VETRI	232
FIGURA 114: CORRELAZIONE FRA $A_{SOL,EST}/A_{SUP,UTILE}$ E $A_w/A_{SUP,UTILE}$	233
FIGURA 115: CLASSIFICAZIONE BACS PER LE REGOLAZIONI	240
FIGURA 116: PROSPETTO DELLA NOTA DEL MISE DELL'OTTOBRE 2015	251
FIGURA 117: CURVA DEI COSTI	255
FIGURA 118: NUOVA SCALA ENERGETICA DEL DM 26/06/2015	256
FIGURA 119: ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA GIORNALIERA MEDIA MENSILE A CATANIA	258
FIGURA 120: ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA GIORNALIERA MEDIA MENSILE A BOLZANO	258
FIGURA 121: CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI	261
FIGURA 122: ESEMPIO DI REGOLAMENTAZIONE PREMIALE PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA	262
FIGURA 123: SCALA DI VALUTAZIONE PER CASA CLIMA	262
FIGURA 124: SELEZIONE DEI CASSONETTI PER LE FINESTRE	263
FIGURA 125: SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO	264
FIGURA 126: BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO	266
FIGURA 127: SCALA DI CLASSIFICAZIONE NAZIONALE	272
FIGURA 128: INDICATORE A CRUSCOTTO DELLA SCALA ENERGETICA NAZIONALE	272
FIGURA 129: BILANCIO ENERGETICO DELL'EDIFICIO PER L'ENERGIA PRIMARIA	282
FIGURA 130: IL NUOVO DOCET®	285
FIGURA 131: CAMPI DI APPLICAZIONE DEL NUOVO DOCET	286
FIGURA 132: PAGINA INIZIALE DEL NUOVO DOCET	286
FIGURA 133: PAGINE DI INPUT DEL NUOVO DOCET	287
FIGURA 134: SELEZIONE DELLE TIPOLOGIE DI IMPIANTI	288
FIGURA 135: CALCOLO DELL'ENERGIA NETTA	289
FIGURA 136: CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA	289
FIGURA 137: RACCOMANDAZIONI PER LA RIQUALIFICAZIONE	290
FIGURA 138: CONFRONTO DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE	290
FIGURA 139: SCALA DI CLASSIFICAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI	291
FIGURA 140: PRIMA PAGINA DEL NUOVO APE	293
FIGURA 141: RIQUADRI SULLA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA E PRESTAZIONI DI INVOLUCRO	294
FIGURA 142: RIQUADRO DEI RIFERIMENTI	295
FIGURA 143: DATI SULLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI IMPIANTI	295
FIGURA 144: RIQUADRO SUI DATI DEL FABBRICATO	297
FIGURA 145: DATI RELATIVI AI DETTAGLI DI IMPIANTO	297
FIGURA 146: DATI PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	298
FIGURA 147: DATI PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	298
FIGURA 148: DATI PER LA PRODUZIONE DI ACS	298
FIGURA 149: DATI PER IMPIANTI COMBINATI	299
FIGURA 150: DATI PER LE FER	299
FIGURA 151: DATI PER LA VENTILAZIONE MECCANICA	299
FIGURA 152: DATI PER L'ILLUMINAZIONE	300
FIGURA 153: DATI PER IL TRASPORTO DI PERSONE O COSE	300
FIGURA 154: DATI PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	301
FIGURA 155: RIQUADRO SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA	301
FIGURA 156: DATI PER IL CERTIFICATORE	302
FIGURA 157: DATI PER I SOPRALLUOGHI EFFETTUATI	302
FIGURA 158: DATI SUL SOFTWARE UTILIZZATO	302
FIGURA 159: FORMATO ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA	304
FIGURA 160: OPERAZIONI DEL CERTIFICATORE	305
FIGURA 161: FASI PER EFFETTUARE UNA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI	308
FIGURA 162: TESATA DELLA UNI EN 16247/1	309
FIGURA 163: SCHEMA DI ESECUZIONE DI UNA DIAGNOSI ENERGETICA	321
FIGURA 164: CAMERA TERMOGRAFICA	329
FIGURA 165: TERMOGRAMMA CON SCALA DI RIFERIMENTO DELLA TEMPERATURA	330
FIGURA 166: FATTORE DI TRASMISSIONE DELL'ATMOSFERA ALL'IR	330
FIGURA 167: RIPRESA CONTEMPORANEA DELLA TERMOGRAFIA E DELLA FOTOGRAFIA	333
FIGURA 168: INFLUENZA DEL VALORE DELL'EMISSIVITÀ SULLA TEMPERATURA MISURATA	333
FIGURA 169: NORMA UNI EN 13187	334



FIGURA 170: TERMOGRAFIA DI UNA FACCIATA	335
FIGURA 171: RILEVAMENTO DELL'UMIDITÀ MEDIANTE TERMOGRAFIA	335
FIGURA 172: EVIDENZIAMENTO DEI PONTI TERMICI IN UNA PARETE	336
FIGURA 173: ERRORE DOVUTO ALLA RADIAZIONE RIFLESSA	337
FIGURA 174: VISUALIZZAZIONE DI UN DIFETTO DI ISOLAMENTO	337
FIGURA 175: TERMOGRAFIA DI SUPERFICI VETRATE	337
FIGURA 176: SOVRAPPOSIZIONE DI UN'IMMAGINE TERMOGRAFICA E DI UNA FOTOGRAFICA	338
FIGURA 177: ESEMPIO DI VERIFICA DI ISOLAMENTO CON TERMOGRAFIA	338
FIGURA 178: IMMAGINE TERMOGRAFICA DELLE TUBAZIONI DI ACQUA CALDA	338
FIGURA 179: SCHEMATIZZAZIONE TERMO ELETTRICO DEL FLUSSO DI PARETE	339
FIGURA 180: POSIZIONAMENTO DELLE SONDE A CONTATTO	340
FIGURA 181: METODO DELLA RESISTENZA LAMINARE	341
FIGURA 182: ANDAMENTO TIPICO DEI DATI PER IL RILEVAMENTO DELLA TEMPERATURA INTERNA	342
FIGURA 183: EDIFICIO ESEMPIO PER LA DIAGNOSI ENERGETICA	345
FIGURA 184: ANDAMENTO DELLE STAGIONI DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO	345
FIGURA 185 DAL DIAGRAMMA SI PUÒ CONOSCERE ANCHE IL VALORE DEI CONSUMI ENERGETICI MEDI CORRISPONDENTE AL VALORE MEDIO DELLA TEMPERATURA ESTERNA CONSIDERATA NELLA STAGIONE.	346
FIGURA 186: ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ESTERNA	346
FIGURA 187: CONSUMI REGISTRATI	346
FIGURA 188: FIRMA ENERGETICA DELL'EDIFICIO	346
FIGURA 189: DATI RILEVABILI DALLA FIRMA ENERGETICA	347
FIGURA 190: ESEMPIO DI TETTO ROVESCIO CON GRANULATO ALL'ESTERNO	349
FIGURA 191: CONTROSOFFITTO INTERNO A PROTEZIONE DELL'ISOLANTE	350
FIGURA 192: ISOLAMENTO DI UN TETTO A FALDE NELL'ESTRADOSSO CON TETTO VENTILATO	350
FIGURA 193: INSERIMENTO DELL'ISOLANTE ALL'ESTERNO DELLA FALDA	351
FIGURA 194: POSIZIONAMENTO DI ISOLANTE TERMICO SULLA COPERTURA DI SOTTOTETTO	351
FIGURA 195: APPLICAZIONE DELL'ISOLAMENTO A CAPPOTTO E INTONACO ISOLANTE	352
FIGURA 196: APPLICAZIONE DI UNA FACCIATA VENTILATA	352
FIGURA 197: INSERIMENTO DI SCHIUMA POLIMERIZZANTE NELL'INTERCAPEDINE DI UNA PARETE.	353
FIGURA 198: APPLICAZIONE DI PANNELLI ISOLANTI ALL'INTERNO DELLE PARETI	353
FIGURA 199: ISOLAMENTO DEL CASSONETTO	354
FIGURA 200: TELAI I LEGNO O IN ALLUMINIO A TAGLIO TERMICO	355
FIGURA 201: ESEMPIO DI APPLICAZIONE DI UN SERRAMENTO ESTERNO (DOPPIA FINESTRA)	355
FIGURA 202: SOSTITUZIONE DEL VETRO SEMPLICE CON VETROCAMERA BASSO EMISSIVO	356
FIGURA 203: TRASFORMAZIONE DI UNA VERANDA IN SERRA ADDOSSATA	356
FIGURA 204: APPLICAZIONE DI STRISCE RADIANTI A SOFFITTO	357
FIGURA 205: PANNELLI RADIANTI A PAVIMENTO	358
FIGURA 206: ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEI PANNELLI RADIANTI IN UNA CHIESA	358
FIGURA 207: INSERIMENTO DI PANNELLI RADIANTI A PARETE	359
FIGURA 208: VALVOLE TERMOSTATICHE	360
FIGURA 209: SCHEMA DI UTILIZZO DI COLLETTORI SOLARI TERMICI	362
FIGURA 210: SCHEMA DI UTILIZZO DI PANNELLI FOTOVOLTAICI	363
FIGURA 211: INSERIMENTO DI PANNELLI FOTOVOLTAICI IN COPERTURE CLASSICHE A TEGOLE	363
FIGURA 212: ESEMPIO DI INSTALLAZIONE DI PALE EOLICHE AD ASSE VERTICALE, INTEGRATE ALLE STRUTTURE PRESENTI SU UN TERRAZZO.	364
FIGURA 213: DETTAGLIO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRATO IN COPERTURA	364
FIGURA 214: PLANIMETRIA DELLA SCUOLA	375
FIGURA 215: SCHEMA DELLA CENTRALE TERMICA ESISTENTE PER IL RISCALDAMENTO	376
FIGURA 216: SCHEMA DELLA CENTRALE ESISTENTE PER ACS	377
FIGURA 217: INCIDENZA DEI SERRAMENTI DELLE STRUTTURE ESISTENTI	377
FIGURA 218: NUOVA VERIFICA ENERGETICA DELL'EDIFICIO CON GLI INTERVENTI IPOTIZZATI	378
FIGURA 219: INCIDENZA ECONOMICA DELLE IPOTESI DI INTERVENTO	378
FIGURA 220: FLUSSI DI CASSA E TEMPI DI RITORNO	379
FIGURA 221: ESEMPIO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	380
FIGURA 222: ESEMPIO DI INSERIMENTO DI SCHERMI MOBILI ESTERNI	381
FIGURA 223: ESEMPIO DI SCHERMATURA ESTERNA	381
FIGURA 224: RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI UNA BIBLIOTECA	382
FIGURA 225: VISTE DELL'EDIFICIO POST-INTERVENTO	382

FIGURA 226: VISTA NOTTURNA DELL'EDIFICIO

382

## ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1: OBIETTIVI NAZIONALI PER IL 2020 PER LE FER ASSEGNATI AI VARI STATI	1
TABELLA 2: CD MASSIMI PREVISTI DAL DPR 412/93	12
TABELLA 3: PERIODO CONVENZIONALE DI RISCALDAMENTO	13
TABELLA 4BIS: PERIODO CONVENZIONALE DI RISCALDAMENTO AGGIORNATO	14
TABELLA 5: CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI	16
TABELLA 6: VALORI MEDI DEGLI APPORTI GRATUITI	19
TABELLA 7: FATTORI DI CORREZIONE PER I COLORI	19
TABELLA 8: FATTORI DI UTILIZZAZIONE	20
TABELLA 9: FATTORI DI TRASMISSIONE PER LE TIPOLOGIE DI VETRI	20
TABELLA 10: MASSE EFFICACI PER IL CALCOLO DELLA COSTANTE DI TEMPO DELL'EDIFICIO	22
TABELLA 11: RENDIMENTI DI EMISSIONE	23
TABELLA 12: RENDIMENTI DI REGOLAZIONE	23
TABELLA 13: RENDIMENTI UTILI DEI GENERATORI DI CALORE	29
TABELLA 14: VALORI DEL EPCI	37
TABELLA 15: CLASSIFICAZIONE DEI EDIFICI PER DESTINAZIONE D'USO	46
TABELLA 16: VALORI LIMITI DELL'INDICE EP <sub>1</sub> PER EDIFICI RESIDENZIALI - ANNO 2010	47
TABELLA 17: VALORI LIMITI DELL'INDICE EP <sub>1</sub> PER EDIFICI NON RESIDENZIALI - ANNO 2010	47
TABELLA 18: CLASSIFICAZIONE PER CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	47
TABELLA 19: CLASSIFICAZIONE IN BASE AI PARAMETRI QUALITATIVI	47
TABELLA 20: VALORI LIMITI DELLE TRASMITTANZE PER ELEMENTI OPACI E VETRATI.	48
TABELLA 21: TIPOLOGIE DI VALUTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI	62
TABELLA 22: PROSPETTO DELLE APPENDICI AGGIUNTE (NELLA UNI/TS 11300-1:2014)	64
TABELLA 23: PROSPETTO DELLE APPENDICI ELIMINATE (DALLA UNI/TS 11300-1:2008)	64
TABELLA 24: PROSPETTO DELLE APPENDICI RIMASTE INVARIATE (NELLA UNI/TS 11300-1:2014)	64
TABELLA 25: TASSO DI RICAMBIO D'ARIA (H <sup>-1</sup> ) NEL CASO DI SEMPLICE AREAZIONE.	67
TABELLA 26: DURATA DELLA STAGIONE DI RISCALDAMENTO	81
TABELLA 27: TRASMITTANZA DELLE VETRATE DOPPIE E TRIPLE	85
TABELLA 28: TRASMITTANZE DEI TELAI PER INFISSI	86
TABELLA 29: PRODUZIONE DI VAPORE PER PERSONA	86
TABELLA 30: PRODUZIONE DI VAPORE PER APPARECCHIATURE	87
TABELLA 31: PROSPETTO 1 – SPESSORE MASSIMO DA CONSIDERARE PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ TERMICA INTERNA	113
TABELLA 32: RENDIMENTI DI EMISSIONE PER LOCALI FINO A 4 M	119
TABELLA 33: RENDIMENTI DI EMISSIONE PER LOCALI OLTRE I 4 M	120
TABELLA 34: RENDIMENTI DI REGOLAZIONE	121
TABELLA 35: VALORI DELLE TEMPERATURE MEDIE GIORNALIERE SECONDO LE NUOVE UNI 10349/1	143
TABELLA 36– CONDIZIONI DI RIFERIMENTO PER LE PROVE AI CARICHI PARZIALI	149
TABELLA 37: TEMPI DI FUNZIONAMENTO DELLA MACCHINA FRIGORIFERA A DIVERSE CONDIZIONI OPERATIVE	150
TABELLA 38: VALORE DEL FATTORE DI CONVERSIONE IN ENERGIA PRIMARIA PER TIPO DI VETTORE ENERGETICO	156
TABELLA 39: : VALORE DEL FATTORE DI EMISSIONE DI CO <sub>2</sub> PER TIPO DI VETTORE ENERGETICO	157
TABELLA 40: FABBISOGNI ENERGETICI DELL'EDIFICIO	164
TABELLA 41: TIPOLOGIA DI ASCENSORI	165
TABELLA 42: TIPOLOGIA DI IMPIANTI PER TIPOLOGIA DI EDIFICI	166
TABELLA 43: CONDIZIONI DI UTILIZZO DI SCALE E MARCIAPIEDI MOBILI	166
TABELLA 44: COORDINATE GEOGRAFICHE DELLE LOCALITÀ DI RIFERIMENTO	168
TABELLA 45: VALORI MEDI MENSILI DELLA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA	169
TABELLA 46: IRRAGGIAMENTO MEDIO GIORNALIERO MENSILE	169
TABELLA 47: VALORI MEDI MENSILI DELLA PRESSIONE DI VAPORE MEDIA GIORNALIERA	170
TABELLA 48: VALORI MEDI MENSILI ED ANNUALI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO	170
TABELLA 49: METODO DI PEREZ PER L'IRRADIANZA DIFFUSA	171
TABELLA 50: PROCEDURA DI CALCOLO DELLA IRRADIAZIONE SU SUPERFICIE INCLINATA	171
TABELLA 51: CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE ESTERNE ESTIVE	172
TABELLA 52: RADIAZIONE SOLARE MASSIMA ESTIVA	173
TABELLA 53: RADIAZIONE SOLARE MASSIMA ESTIVA	173
TABELLA 54: IRRADIANZA TRASMessa DAL VETRO VERTICALE	174

TABELLA 55: TEMPERATURE DI PROGETTO INVERNALI	174
TABELLA 56: METODO DI CALCOLO DEI GRADI GIORNO	175
TABELLA 57: GRADI GIORNO CON TEMPERATURA BASE 16 °C	176
TABELLA 58: GRADI GIORNO CON TEMPERATURA BASE 18 °C	177
TABELLA 59: CALCOLO DELLA SUPERFICIE DI PANNELLI FV PER VARIE IPOTESI	185
TABELLA 60: CALCOLO DELLA SUPERFICIE DI PANNELLI FV PER VARIE IPOTESI MA CON EPILL=0	186
TABELLA 61: CALCOLO DELLA SUPERFICIE DI PANNELLI FV PER VARIE IPOTESI CON RAFFRESCAMENTO	187
TABELLA 62: PROSPETTO DEI PEDICI	190
TABELLA 63: PROSPETTO INDICATO DALLA RACCOMANDAZIONE 09/2012	191
TABELLA 64: FATTORI DI ENERGIA PRIMARIA DEI VETTORI ENERGETICI DELLA R. 14/13 CTI	195
TABELLA 65: FATTORI DI ENERGIA PRIMARIA DELL'ENERGIA ELETTRICA ESPORTATA	196
TABELLA 66: FATTORI DI CONVERSIONE IN ENERGIA PRIMARIA DEI VETTORI ENERGETICI	196
TABELLA 67: CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI IN BASE ALLA DESTINAZIONE D'USO	221
TABELLA 68: RENDIMENTI, PARAMETRI E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	223
TABELLA 69: TRASMITTANZE TERMICHE PER STRUTTURE VERTICALI OPACHE DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO	223
TABELLA 70: TRASMITTANZE TERMICHE PER STRUTTURE ORIZZONTALI OPACHE VERSO L'ESTERNO DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO	224
TABELLA 71: TRASMITTANZE TERMICHE PER STRUTTURE ORIZZONTALI OPACHE VERSO IL TERRENO DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO	224
TABELLA 72: TRASMITTANZE TERMICHE PER STRUTTURE VERTICALI TRASPARENTI DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO	224
TABELLA 73: TRASMITTANZE TERMICHE PER STRUTTURE OPACHE DI SEPARAZIONE TRA EDIFICI	224
TABELLA 74: QUADRO SINOTTICO DELLE VERIFICHE RICHIESTE DAL DM 26/06/2015	225
TABELLA 75: VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO $H^2_T$ (W/(m <sup>2</sup> K))	230
TABELLA 76: VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL RAPPORTO $A_{SOL,EST}/A_{SUP,UTILE}$	231
TABELLA 77: VALORI DI $G_{GL}$ E DI $G_{GL}/G_{GL+SH}$	233
TABELLA 78: VALUTAZIONE DELLA PRESTAZIONE ESTIVA	234
TABELLA 79: EFFICIENZE MEDIE $H_U$ DEI SOTTOSISTEMI DI UTILIZZAZIONE DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO PER I SERVIZI DI H, C, W	237
TABELLA 80: FATTORI DI CONVERSIONE IN ENERGIA PRIMARIA DEI VETTORI ENERGETICI	238
TABELLA 81: EFFICIENZE MEDIE $H_{GN}$ DEI SOTTOSISTEMI DI GENERAZIONE DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA PER I SERVIZI DI H, C, W E PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA IN SITU.	238
TABELLA 82: FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA SPECIFICO PER M <sup>3</sup> DI ARIA MOVIMENTATA	239
TABELLA 83: TRASMITTANZA TERMICA U MASSIMA DELLE STRUTTURE OPACHE VERTICALI, VERSO L'ESTERNO	242
TABELLA 84: ISOLAMENTO POSTO ALL'INTERNO DELLE PARETI	242
TABELLA 85: TRASMITTANZA TERMICA U MASSIMA DELLE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI DI COPERTURA, VERSO L'ESTERNO	242
TABELLA 86: TRASMITTANZA TERMICA U MASSIMA DELLE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI DI PAVIMENTO, VERSO L'ESTERNO	243
TABELLA 87: TRASMITTANZA TERMICA U MASSIMA DELLE CHIUSURE TECNICHE TRASPARENTI E OPACHE E DEI CASSONETTI, COMPRESIVI DEGLI INFISSI, VERSO L'ESTERNO E VERSO AMBIENTI NON RISCALDATI	243
TABELLA 88: VALORE DEL FATTORE DI TRASMISSIONE SOLARE TOTALE $G_{GL+SH}$ PER COMPONENTI FINESTRATI CON ORIENTAMENTO DA EST A OVEST PASSANDO PER SUD	243
TABELLA 89: REQUISITI E CONDIZIONI DI PROVA PER POMPE DI CALORE ELETTRICHE SERVIZIO RISCALDAMENTO	244
TABELLA 90: REQUISITI E CONDIZIONI DI PROVA PER POMPE DI CALORE ELETTRICHE SERVIZIO RAFFRESCAMENTO	244
TABELLA 91: REQUISITI E CONDIZIONI DI PROVA PER POMPE DI CALORE AD ASSORBIMENTO ED ENDOTERMICHE SERVIZIO RISCALDAMENTO	245
TABELLA 92: REQUISITI DI EFFICIENZA ENERGETICA PER POMPE DI CALORE AD ASSORBIMENTO ED ENDOTERMICHE PER IL SERVIZIO DI RAFFRESCAMENTO, PER TUTTE LE TIPOLOGIE	245
TABELLA 93: PRESCRIZIONI, REQUISITI E VERIFICHE IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO	248
TABELLA 94: EDIFICI NUOVI O RISTRUTTURATI DI 1° LIVELLO	249
TABELLA 95: AMPLIAMENTO E RISTRUTTURAZIONE DI 2° LIVELLO	249
TABELLA 96: RIQUALIFICAZIONE	250
TABELLA 97: TIPOLOGIA DI VALUTAZIONE ENERGETICA	269
TABELLA 98: ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLA SCALA DI CLASSIFICAZIONE	273
TABELLA 99: CLASSIFICAZIONE PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARI	273
TABELLA 100: CLASSIFICAZIONE NAZIONALE PER PRESTAZIONE GLOBALE	274
TABELLA 101: CLASSIFICAZIONE $EP_{E,INV}$ PER TUTTE LE DESTINAZIONI D'USO	274

TABELLA 102: CLASSIFICAZIONE IN BASE A PARAMETRI S E F <sub>A</sub>	275
TABELLA 103: TECNOLOGIE STANDARD DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO	292
TABELLA 104: SCALA DI CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI CON L'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE NON RINNOVABILE EP <sub>GL,NR</sub>	292
TABELLA 105: POTERI CALORIFERI DEI COMBUSTIBILI	296
TABELLA 106: INDICATORE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA INVERNALE ED ESTIVA DELL'INVOLUCRO, AL NETTO DELL'EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI PRESENTI.	303
TABELLA 107: TABELLA B.1 DELLA UNI 16247/1	313
TABELLA 108: VALORI DI EMISSIVITÀ DI ALCUNI CORPI	329
TABELLA 109: RESISTENZA TERMICHE SUPERFICIALI (M <sup>2</sup> K/W)	341
TABELLA 110: CONFRONTO DEI COSTI ENERGETICI DEGLI EDIFICI	343
TABELLA 111: RIEPILOGO DEI CONSUMI ENERGETICI	344
TABELLA 112: INCIDENZA DEI DISPERDIMENTI PER UN RISTORANTE	347
TABELLA 113: RIEPILOGO DEI DISPERDIMENTI PER UN ALBERGO	348
TABELLA 114: TEMPI DI VITA DI ALCUNI INTERVENTI	373