

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

Tesi di Laurea Magistrale

**CALCOLO DINAMICO E VALUTAZIONE DELLE
PRESTAZIONI ENERGETICHE SECONDO IL
PROTOCOLLO LEED DI UN HOTEL**

Relatore: Prof. Anna Stoppato

Laureando: Enrico Pandolfo

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

Indice

Introduzione.....	1
Capitolo 1 – Quadro normativo europeo.....	3
Capitolo 2 – Quadro normativo italiano.....	7
Capitolo 3 – Protocolli di certificazione energetica internazionali	14
3.1 La certificazione energetica in Austria	14
3.2 La certificazione energetica in Danimarca	16
3.3 La certificazione energetica in Germania.....	17
3.4 La certificazione energetica nel Regno Unito.....	18
3.4.1 La procedura standard governativa per la stima energetica degli edifici	18
3.4.2 Il metodo di valutazione ambientale BREEAM.....	20
3.5 La certificazione energetica in Francia	21
3.6 Il modello di certificazione ambientale statunitense	22
Capitolo 4 – Protocolli di certificazione energetica nazionali	25
4.1 L’Attestato di prestazione energetica	25
4.2 Esperienze locali di certificazione energetica degli edifici	31
4.2.1 La certificazione CasaClima	32
4.2.2 La certificazione energetica in Regione Lombardia	34
4.2.3 La certificazione energetica in Regione Emilia-Romagna	37
4.2.4 Il protocollo ITACA.....	40
Capitolo 5 – Il caso di studio: ampliamento e ristrutturazione dell’hotel San Faustino	44
5.1 Descrizione tipologica del fabbricato	46
5.1.1 Descrizione dell’involucro esistente.....	48
5.1.2 Tipologia dell’impianto esistente	51
5.1.3 Prestazione energetica dello stato di fatto	55
5.2 Descrizione dello stato di progetto	60
5.2.1 Descrizione dell’involucro di progetto	62
5.2.2 Tipologia dell’impianto di progetto.....	67
5.2.3 Prestazione energetica dello stato di progetto.....	73

Capitolo 6 – Applicazione del calcolo dinamico al caso di studio	78
6.1 Il modello di calcolo dinamico: Design Builder	78
6.2 Input del programma	79
6.2.1 Il progetto di riscaldamento e il progetto di raffrescamento	84
6.2.2 La simulazione dinamica	88
6.2.3 Analisi fluidodinamica computazionale (CFD).....	91
6.3 Simulazione dinamica dello stato di progetto.....	93
6.3.1 Impostazione dei parametri dello stato di progetto	94
6.3.2 Calcolo del carico termico invernale	101
6.3.3 Calcolo del carico termico estivo	104
6.3.4 La simulazione dinamica annuale.....	107
6.3.5 Analisi fluidodinamica computazionale	109
Capitolo 7 –La certificazione LEED	114
7.1 I protocolli LEED	114
7.2 Categorie, prerequisiti e crediti del sistema di valutazione LEED	114
7.3 Definizione dei requisiti minimi di programma.....	116
7.4 Il punteggio LEED.....	120
7.5 La procedura di calcolo nella certificazione LEED	121
7.6 Ottenimento del credito	123
7.6.1 Edificio di riferimento.....	123
7.6.2 Confronto dei risultati	126
Conclusioni	131
Ringraziamenti	135
Bibliografia	137

Introduzione

Vista l'attuale importanza che assumono le valutazioni dei consumi energetici degli edifici di differenti destinazioni d'uso, vi è sempre maggiore necessità di modelli in grado di simulare le varie voci di consumo energetico. Fino ad ora si era spesso ragionato solo sull'analisi dei consumi invernali dovuti alla climatizzazione invernale e al fabbisogno di acqua calda sanitaria. Il tutto finora è stato affrontato con metodologie di calcolo di tipo stazionario. Vista la forte richiesta di valutazioni di consumi per climatizzazione estiva e le voci di ventilazione, deumidificazione ed illuminazione, nasce il bisogno di utilizzare altre metodologie di calcolo, di tipo dinamico, che ragionano nell'arco di tempo orario e non più stagionale. Tutte queste richieste di valutazioni energetiche, derivano dagli ormai diffusi e vari protocolli di Certificazione degli edifici. I protocolli si articolano su valutazioni energetiche e di sostenibilità ambientale e se ne trovano sia di tipo obbligatorio che di tipo Volontario. Tra i vari protocolli disponibili, si è scelto di studiare la categoria *Energia e Atmosfera*, relativa all'analisi energetica degli edifici, del protocollo internazionale LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

L'obiettivo della presente tesi è quello di studiare, attraverso la simulazione dinamica, il comportamento termo-energetico di un edificio per poi calcolarne la prestazione energetica utilizzando il metodo descritto dalla certificazione LEED.

E' stato scelto un caso di studio reale, in fase di progettazione a cura dello studio di ingegneria E.C.ENGINEERING S.r.l., che si è occupato della progettazione degli impianti elettrici e meccanici nell'ambito della ristrutturazione e l'ampliamento dell'hotel San Faustino (PG).

Il comportamento del sistema edificio-impianto è stato modellato attraverso il software Design Builder, la più diffusa interfaccia grafica del motore di calcolo EnergyPlus.

Nei capitoli introduttivi si è studiata l'evoluzione delle norme e dei protocolli, nazionali ed internazionali, inerenti alla certificazione energetica degli edifici aventi l'obiettivo di ottimizzare la resa del sistema edificio-impianto riducendo gli sprechi ed elevando il livello di qualità dell'intero settore edilizio. Tale settore, infatti, consuma circa un terzo dell'energia utilizzata nel mondo; dato il peso del residenziale sulla domanda complessiva di energia (in Italia i consumi relativi al settore residenziale incidono per più del 35% sui consumi totali), emerge con chiarezza l'importanza di emanare e seguire decreti sempre più restrittivi sull'analisi della componente residenziale in merito ai consumi energetici.

L'edificio relativo al caso di studio è stato poi analizzato e modellato utilizzando il software Design Builder studiando le prestazioni energetiche attraverso delle simulazioni dinamiche e calcolando il consumo di energia primaria finale richiesto dal complesso.

Nei capitoli centrali dell'elaborato è stata valutata la prestazione dell'edificio ai fini dell'ottenimento del credito del protocollo di certificazione energetica LEED. In particolare, si è approfondito il credito relativo al controllo delle prestazioni energetiche degli edifici, sezione *Energia e Atmosfera*, analizzando il Credito 1: "Ottimizzazione delle prestazioni energetiche". Per far ciò è stato necessario eseguire una comparazione tra l'edificio di progetto e un edificio di riferimento, le cui caratteristiche sono definite all'interno del protocollo LEED "*Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni*". L'edificio di progetto dovrà avere necessariamente una prestazione migliore rispetto a quella dell'edificio di riferimento: all'aumentare della percentuale di miglioramento sui consumi di energia primaria si raggiungerà un punteggio via via maggiore, che inciderà fortemente sul punteggio LEED complessivo.

Capitolo 1 – Quadro normativo europeo

Le politiche e le misure concrete da applicare per realizzare gli obiettivi degli accordi internazionali e del Protocollo di Kyoto in merito alla lotta del cambiamento climatico e della riduzione delle emissioni di CO₂ e gas a effetto serra, vengono recepite ed elaborate dall'Unione Europea attraverso la *Direttiva 2002/91/CE* del dicembre 2002 nota come "Energy Performance Building Directive EPBD". In particolare, essendo difficile agire sulle condizioni di approvvigionamento e di distribuzione dell'energia, l'intento della direttiva consiste nel controllarne la domanda orientando possibilmente il mercato verso l'impiego di energie rinnovabili nel tentativo di ridurre la dipendenza dei paesi mondiali dalle importazioni energetiche. Il consumo di energia per i servizi connessi agli edifici equivale a circa un terzo del consumo energetico dell'UE; la Commissione, dunque, ritiene possibile realizzare ingenti risparmi attraverso iniziative in questo settore contribuendo, così, al raggiungimento degli obiettivi.

L'Articolo 1 della Direttiva stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica.

Il presente decreto disciplina in particolare:

- a) la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- c) i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- d) le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- e) i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;

- f) la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- g) 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.

In particolare la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio deve considerare le caratteristiche termiche dello stesso, la sua posizione ed orientamento, l'impianto di riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, il sistema di condizionamento d'aria e ventilazione meccanica e/o naturale ed infine l'impianto di illuminazione. Inoltre deve evidenziare i vantaggi conseguenti all'adozione di sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità, a partire da fonti energetiche rinnovabili, dei sistemi di cogenerazione e dei sistemi di teleriscaldamento e teleraffrescamento.

Successivamente, il 5 aprile 2006, viene emanata la *Direttiva 2006/32/CE* del Parlamento europeo e del Consiglio inerente al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia fornendo gli obiettivi indicativi, meccanismi, ed incentivi. Gli Stati membri devono adottare e conseguire entro il 2016 un obiettivo indicativo di risparmio energetico pari al 9 %.

La *Direttiva 2009/28/CE*, entrata in vigore nel giugno 2009, contiene il pacchetto clima-energia, denominato "Piano 20-20-20", per il periodo successivo al termine del Protocollo di Kyoto volto a conseguire degli obiettivi che l'Unione Europea si è fissata per il 2020. Gli Stati membri devono, quindi, adottare un piano di azione nazionale che fissa la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel settore dei trasporti, dell'elettricità e del riscaldamento.

Il Piano prevede la riduzione del 20% delle emissioni di gas serra, l'aumento del 20% della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e il conseguimento del 20% del risparmio energetico.

Per conseguire il secondo obiettivo, aumento del 20% di energia nella copertura dei consumi finali elettrici, termici e per il trasporto, sono definiti dei vincoli a livello nazionale (17% per l'Italia): nel settore dei trasporti, in particolare, almeno il 10% dell'energia utilizzata dovrà provenire da fonti rinnovabili.

Il 19 maggio 2010, Il Parlamento europeo e del Consiglio emana la *Direttiva 2010/31/UE* che promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi. Tale direttiva abroga la Direttiva 2002/91/CE.

Le disposizioni della presente direttiva riguardano:

- il quadro comune generale di una metodologia per il calcolo della prestazione energetica integrata degli edifici e delle unità immobiliari;
- l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di edifici e unità immobiliari di nuova costruzione;
- i piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero;
- la certificazione energetica degli edifici o delle unità immobiliari;
- l'ispezione periodica degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria negli edifici;
- i sistemi di controllo indipendenti per gli attestati di prestazione energetica e i rapporti di ispezione;
- l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di:
 - i) edifici esistenti, unità immobiliari ed elementi edilizi sottoposti a ristrutturazioni importanti;
 - ii) elementi edilizi che fanno parte dell'involucro dell'edificio e hanno un impatto significativo sulla prestazione energetica dell'involucro dell'edificio quando sono rinnovati o sostituiti;
 - iii) sistemi tecnici per l'edilizia quando sono installati, sostituiti o sono oggetto di un intervento di miglioramento.

La *Direttiva 2012/27/UE*, infine, entrata in vigore nel dicembre 2012 modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga la *Direttiva 2006/32/CE*.

Come specificato dall'Articolo 1, la direttiva introduce norme volte a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia, prevedendo la fissazione di obiettivi nazionali in materia di efficienza energetica entro il 2020. Il provvedimento, inoltre, stabilisce dei requisiti minimi che non impediscono ai singoli Stati membri di mantenere o introdurre misure più rigorose.

L'Articolo 5, invece, richiede a ciascun Stato membro di garantire che dal 1° gennaio 2014 il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà del governo centrale e da esso occupati sia ristrutturata ogni anno per rispettare almeno gli standard minimi di prestazione energetica. A partire da luglio 2015 il rinnovo riguarderà, non solo gli edifici pubblici con aree calpestabili superiori ai 500 m², ma anche gli edifici pubblici che presentano aree calpestabili superiori a 250 m².

Capitolo 2 – Quadro normativo italiano

La prima legge italiana inerente al risparmio energetico risale al 1976, dopo la guerra del Kippur tra Arabi ed Israeliani, durante la quale tutti i paesi occidentali si scoprirono vulnerabili a causa della propria dipendenza dal petrolio. Attraverso la Legge n.373 del 30 aprile 1976 *“Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici”*, per la prima volta si introduce il principio del risparmio energetico attraverso l’Articolo 1: *“al fine di contenere il consumo energetico per usi termici negli edifici, sono regolate dalla presente legge le caratteristiche di prestazione dei componenti, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari, alimentati da combustibili solidi, liquidi o gassosi negli edifici pubblici o privati, con esclusione di quelli adibiti ad attività industriali o artigianali. Sono regolate altresì le caratteristiche di isolamento termico degli edifici da costruire o ristrutturare, nei quali sia prevista l’installazione di un impianto termico di riscaldamento degli ambienti”*.

Tale Legge ha trovato attuazione con l’emanazione dei seguenti Decreti:

- D.P.R. 28 giugno 1977, n.1052 *“Regolamento di esecuzione alla Legge 30 aprile 1976, n.373 relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici”*;
- Decreto Ministeriale 10 marzo 1977 *“Determinazione delle zone climatiche, dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici di dispersione termica”*;
- Decreto Ministeriale 30 luglio 1986 *“Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici”*.

La Legge n.10 del 9 Gennaio 1991 *“Norme in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”*, ha integrato e in parte sostituito la Legge 373/76, introducendo una nuova procedura per la

verifica energetica degli edifici e compiendo un primo passo verso la certificazione energetica degli edifici. Nella Legge si fa riferimento alla classificazione delle zone climatiche in funzione dei Gradi Giorno (GG), alla classificazione generale degli edifici per categorie e ai valori massimi della temperatura ambiente all'intero degli edifici.

L'articolo 1, *Finalità ed ambito di applicazione*, chiarisce gli obiettivi della legge: ridurre i consumi di energia e migliorare le condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia a parità di servizio reso e di qualità della vita incentivando l'uso razionale dell'energia e l'utilizzazione di fonti rinnovabili di energia.

L'articolo 30 della Legge, *Certificazione energetica degli edifici*, che analizza ed introduce il concetto di ACE (attestato di certificazione energetica) non ha trovato, però, pratica applicazione non essendo stato emanato il relativo Decreto Attuativo. La certificazione era volta ad introdurre norme e procedure unitarie per determinare la qualità energetica degli edifici e ad indurre l'utente finale ad includere il parametro energetico nella valutazione dell'immobile.

La Legge n.10 viene attuata attraverso l'emanazione di vari decreti presidenziali e ministeriali tra cui:

- il D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 *“Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n.10”*, che, considerando esclusivamente il riscaldamento ambientale invernale, introduce dei limiti sul fabbisogno di energia primaria e sul rendimento degli impianti di riscaldamento (denominato rendimento globale medio stagionale η_G), oltre a prescrizioni sull'installazione, l'esercizio e la manutenzione;
- il D.P.R. 21 dicembre 1999, n.511 *“Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici*

degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 Gennaio 1991, n.10".

Dopo l'emanazione della Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, nota come direttiva EPBD (Energy Performance Building Directive), l'Italia attua il Decreto Legislativo n.192 del 19 agosto 2005 *"Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"*, che stabilisce i criteri e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuendo a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto. In tale decreto sono riportati i valori minimi di ricambio d'aria, i valori del coefficiente di dispersione volumica globale per trasmissione dell'involucro C_d al fine di tener conto dell'inerzia delle strutture dell'edificio e la trasmittanza minima consentita di componenti opachi e finestrati in funzione della zona termica.

Successivamente viene pubblicato il Decreto Legislativo n.311 del 29 dicembre 2006 *"Disposizioni correttive e integrative al decreto 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"* che non solo disciplina le prestazioni energetiche dell'involucro ma anche gli impianti in essi installati, i nuovi impianti installati in edifici esistenti, le opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti.

Il Decreto stabilisce, infatti, che gli edifici immessi nel mercato debbano dichiarare il proprio consumo energetico ed impone che l'acqua domestica venga riscaldata con l'energia solare nei nuovi edifici o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, per una frazione almeno del 50% del fabbisogno di acqua calda.

Attraverso il Decreto Legislativo 30/05/2008 n.115 *"Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE"*, la Repubblica Italiana intende, dunque,

ottenere una riduzione minima del 10% dell'indice di prestazione energetica previsto dal Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 sia nel caso di edifici di nuova generazione che nel caso di interventi di riqualificazione energetica di edifici esistenti. Con il Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009 n.59 si definiscono i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari. Vengono adottate le norme tecniche nazionali UNI TS 11300-1, riguardante la determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, e UNI TS 11300-2 inerente alla determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS).

Inoltre, per rispettare la Direttiva Europea, viene emanato il Decreto Ministeriale 26/06/2009, che modifica ed integra il Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 definendo *“le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici e gli strumenti di raccordo e cooperazione tra lo Stato e le Regioni”*. In tale decreto è definito l'indice di prestazione energetica globale EP_{gl} , espresso in kWh/m²anno, rappresentante l'energia necessaria affinché l'edificio raggiunga le condizioni di comfort e dato dalla somma dei seguenti termini:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

dove:

- EP_i è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
- EP_{acs} è l'indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria;
- EP_e è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;
- EP_{ill} è l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

In seguito alla Direttiva Europea 2009/28/CE, viene attuato in Italia il Decreto Legislativo n.28 del 3 marzo 2011, *“Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”*, che determina obblighi per i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti. In questi casi, è disposto chiaramente, che gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:

- a) del 20% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) del 35% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) del 50% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

Attraverso il Decreto Ministeriale del 22 novembre 2012 viene resa obbligatoria la consulenza di un tecnico abilitato per la redazione di un attestato di certificazione energetica di qualsiasi tipologia di edificio (ACE), escludendo dagli obblighi solo quegli edifici per cui risulta tecnicamente non possibile o non significativo procedere alla certificazione energetica.

Recependo la Direttiva Europea 2010/31/UE, è stato emanato il Decreto Legge del 4 giugno 2013, n.63 che, apportando profonde modifiche al Decreto Legislativo 19 agosto 2005, introduce l'obbligo, entro il 2018 per gli edifici pubblici ed entro il 2020 per quelli privati, della costruzione di edifici a energia quasi zero e proroga le detrazioni fiscali fino alla fine del 2013 per i privati, e fino a giugno 2014 per interventi sulle parti comuni dei condomini o su tutte le unità immobiliari del condominio.

Tale Decreto Legge, è stato poi convertito in legge il 3 agosto 2013 dalla Legge 90/13 *“Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n.63”*, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010.

Rispetto al D.L. 63/2013, la Legge di conversione presenta alcune novità e precisazioni, tra cui:

- anticipo al 30 giugno 2014 (anziché 31 dicembre) del "Piano d'azione" destinato ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero richiesti dalla Direttiva Europea;
- anticipo al 31 dicembre 2013 (anziché 30 aprile 2014) della messa a punto da parte dei Ministeri competenti dell'elenco di misure finanziarie atte a favorire l'efficienza energetica e la transizione verso gli edifici a energia quasi zero;
- obbligo di produzione ed affissione entro 180 giorni (anziché 120) dall'entrata in vigore dell'attestato di prestazione energetica da parte degli edifici delle pubbliche amministrazioni superiori a 500 m²;
- nuova definizione di impianto termico, in cui vengono inclusi anche apparecchi fissi a servizio della singola unità immobiliare, quali stufe e caminetti e dispositivi ad energia radiante, con potenze nominali la cui somma sia uguale o superiore a 5 kW;
- l'attestato di certificazione energetica degli edifici viene rinominato Attestato di Prestazione Energetica (APE) con l'attribuzione di specifiche classi prestazionali. L'APE è il documento, redatto nel rispetto delle norme contenute nel presente decreto e rilasciato da esperti qualificati e indipendenti che attesta la prestazione energetica di un edificio e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica;
- obbligo di dotare gli edifici di nuova costruzione o oggetto di ristrutturazioni importanti di APE prima del rilascio del Certificato di Agibilità;

- obbligo di rilascio dell'APE anche in caso di trasferimento di un immobile a titolo gratuito;
- obbligo di allegare l'APE al contratto di vendita, agli atti di trasferimento di immobili a titolo gratuito o ai nuovi contratti di locazione, pena la nullità degli stessi contratti.

Capitolo 3 – Protocolli di certificazione energetica internazionali

La certificazione energetica degli edifici è una procedura di valutazione prevista dalla Direttiva europea 2002/91/CE, modificata dalla 2006/32/CE ed infine dalla 2012/27/UE.

La certificazione energetica ha lo scopo di:

- determinare e certificare il consumo o il fabbisogno energetico medio;
- inquadrare il consumo così determinato, espresso mediante un opportuno indicatore, in una scala di valori permettendo, così, il confronto con altri edifici;
- indicare e consigliare delle misure di efficienza energetica, la cui progettazione verrà demandata allo specialista in una fase successiva.

Anche se inseriti all'interno di un quadro legislativo di riferimento comune, a causa delle differenti sensibilità alle questioni ambientali tra i diversi paesi europei, le misure per il controllo del consumo energetico applicate sono differenti e variabili in rapidità ed efficacia.

Vengono, di seguito, analizzati i protocolli di certificazione energetica dei principali paesi europei ed internazionali.

3.1 La certificazione energetica in Austria

In Austria il recepimento della direttiva EPBD avviene attraverso l'emanazione della EAV-G (Energieausweis-Vorlage-Gesetz, Legge di Presentazione del Certificato Energetico), pubblicata il 3 Agosto 2006. Per tutte le norme specifiche sulle caratteristiche degli edifici, la legge si riferisce alla OIB-Richtlinie 6 (Linee Guida dell'Istituto Austriaco dell'Ingegneria delle Costruzioni) sul risparmio energetico negli edifici, pubblicata il 25 Aprile 2007. Per gli edifici di nuova costruzione la

certificazione è divenuta obbligatoria a partire dal 1 Gennaio 2008, mentre per quelli esistenti dal 1 Gennaio 2009. L'Istituto Austriaco dell'Ingegneria delle Costruzioni, non essendo stati rilasciati software ufficiali necessari per istruire la certificazione energetica degli edifici, ha pubblicato due fogli elettronici di applicazione delle norme: Hwb02h e il più recente Excel-Schulungs-Tool. Il fabbisogno di riscaldamento specifico annuo, calcolato secondo le indicazioni normative, va confrontato con dei limiti imposti, che per il caso, ad esempio, di edificio residenziale di nuova costruzione, risulta $HWB_{max} = 57.09 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

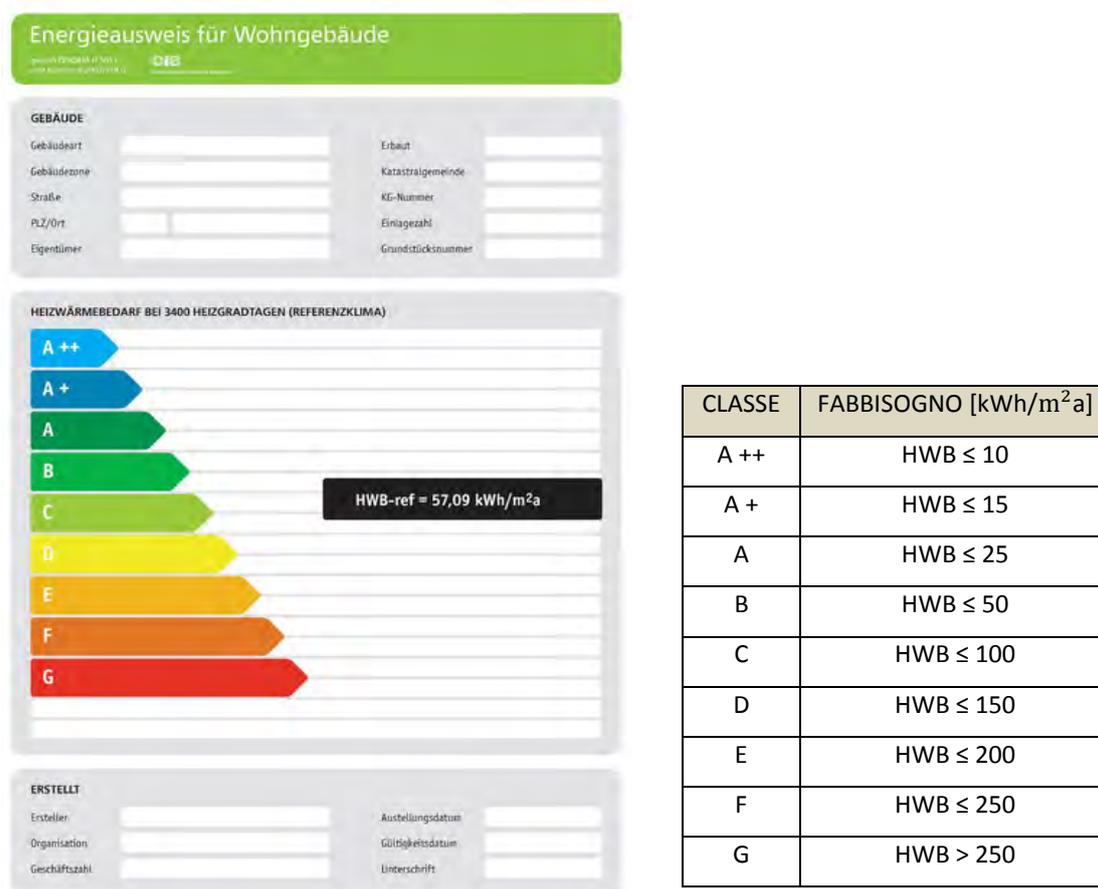


Figura 3.1.1 Scala di classificazione del certificato energetico austriaco

Nel certificato energetico austriaco, figura 3.1.1 , la classificazione prevede sette classi, da A a G, più due classi aggiuntive A+ e A++ riservate agli edifici a elevata ed elevatissima efficienza.

3.2 La certificazione energetica in Danimarca

La Danimarca è stata tra le prime nazioni europee a rendere operativa la certificazione energetica degli edifici e l'unica ad averla resa cogente da molti anni. Il recepimento della direttiva EPBD è stata un'occasione per aggiornare lo schema di certificazione precedente, agevolando il percorso verso una armonizzazione a livello europeo: infatti, viene proposta una nuova procedura di calcolo definita non più in base alle dimensioni dell'edificio, ma al tipo d'utenza. A supporto della procedura è stato prodotto un software (Be06) dal Danish Building Research Institute (BSi), accompagnato da un manuale di utilizzazione (SBI-direction 213: Energy demand in buildings).

Nel nuovo certificato energetico, entrato in vigore il 1 Gennaio 2011, il numero di classi energetiche risulta pari a 8 da A1 a G (la classe A1 esprime il valore di massima efficienza):

CLASSE	RESIDENZIALE	NON RESIDENZIALE
A1	< 35 + 1100/A	< 50 + 1100/A
A2	< 50 + 1600/A	< 70 + 1600/A
B	< 70 + 2200/A	< 95 + 2200/A
C	< 110 + 3200/A	< 135 + 3200/A
D	< 150 + 4200/A	< 175 + 4200/A
E	< 190 + 5200/A	< 215 + 5200/A
F	< 240 + 6500/A	< 265 + 6500/A
G	>240 + 6500/A	>265 + 6500/A

Tabella 3.2.1 Scala di classificazione del certificato energetico danese

Per ottenere il permesso di costruire nei nuovi edifici è necessario garantire almeno la classe B.

3.3 La certificazione energetica in Germania

Il recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE sul Rendimento Energetico nell'edilizia è avvenuto attraverso l'EnEV 2007, pubblicata nel Luglio 2007 ed entrata in vigore dal 1 Ottobre 2007, anche se la certificazione energetica (Energieausweis) per gli edifici di nuova costruzione era divenuta obbligatoria già a partire dal 2002.

La metodologia di calcolo è attualmente differente per quanto riguarda gli edifici residenziali e gli edifici non residenziali: per i primi la metodologia segue le linee guida dettate dal CEN (*Comitato Europeo per la Normazione*), mentre per gli altri va seguita la procedura esplicita nella norma DIN V 18599. Sulla base di queste norme, il consumo di energia primaria in kWh/m²a è calcolato considerando:

- riscaldamento;
- produzione di acqua calda sanitaria;
- raffrescamento, nel caso in cui sia presente un impianto attivo.

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

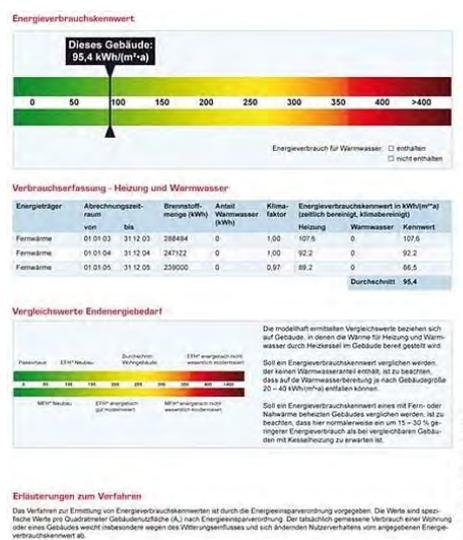


Figura 3.3.1 Certificato energetico tedesco

Nel certificato energetico, figura 3.3.1, le prestazioni energetiche dell'edificio sono rappresentate attraverso una barra orizzontale colorata che varia dal verde a sinistra, che corrisponde alla massima efficienza, al rosso a destra, che corrisponde all'efficienza peggiore.

3.4 La certificazione energetica nel Regno Unito

Nel Regno Unito la sensibilità agli aspetti energetici e ambientali è molto diffusa da tempo, tanto che il tema era già stato affrontato, attraverso strumenti legislativi appropriati, a partire dal 1965.

3.4.1 La procedura standard governativa per la stima energetica degli edifici

Tra le metodologie di certificazione energetica proposte, quella adottata è la Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings (SAP) obbligatoria dal 1995 per tutti gli edifici di nuova costruzione ad uso residenziale: il suo modello di calcolo si basa sul British Research Establishment Domestic Energy Model (BREDEM), e fa riferimento alle indicazioni CEN. Per gli edifici esistenti è stata elaborata una metodologia semplificata, Reduced Data SAP (RDSAP) che, calcolando il fabbisogno di energia primaria in condizioni di funzionamento normalizzate, richiede la raccolta e l'analisi di un numero inferiore di dati rispetto alla procedura completa SAP. Esiste, inoltre, il sistema Simplified Building Energy Model (SBEM) che fornisce un'analisi dei consumi per gli edifici non residenziali.

Nel Regno Unito la certificazione energetica viene attuata attraverso due schemi:

- Energy Performance Certificate (EPC) da adottare per tutte le tipologie di edifici, sia per i nuovi sia in caso di compravendita o affitto;
- Display Energy Certificate (DEC) sviluppato per gli edifici pubblici, o ad uso pubblico, con superficie maggiore di 1000 m².

Per quanto riguarda l'EPC, negli edifici residenziali sono previste due scale suddivise entrambe in sette livelli, da A a G: una per l'efficienza energetica e una per l'impatto ambientale. L'efficienza energetica è misurata attraverso un indicatore di prestazioni globali (gli edifici più efficienti si collocano con indicatore verso classe A), mentre per quanto riguarda l'impatto ambientale, la classificazione è misurata in termini di emissione di CO₂:

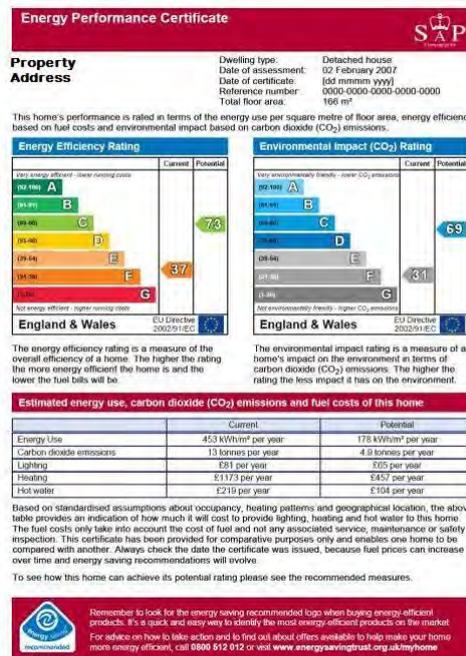


Figura 3.4.1.1 Certificato energetico in Inghilterra e Galles

Il certificato energetico, figura 3.4.1.1, non si limita a classificare l'edificio, ma suggerisce anche le principali misure atte a ridurre i consumi in una logica costi-benefici. L'utente è quindi in grado di apprendere le informazioni relative allo stato attuale dell'edificio ma allo stesso tempo di capire quali obiettivi di miglioramento si possono raggiungere.



3.4.2 Il metodo di valutazione ambientale BREEAM

Nel 1991, non essendo stato ancora definito un metodo di valutazione per gli edifici non residenziali, viene introdotto il metodo di certificazione energetica volontario BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*). Il sistema viene impiegato su base volontaria ma, in Inghilterra, ha ottenuto un successo rilevante al punto che più del 25% dei nuovi edifici non residenziali sono stati valutati attraverso la sua applicazione. La certificazione è basata su un sistema a crediti di attribuzione del punteggio secondo le seguenti categorie:

- *gestione del cantiere e dell'involucro edilizio*: definizione delle attività di commissioning, di valutazione degli impatti ambientali del cantiere sul sito e della sicurezza;
- *energia*: consumi energetici ed emissioni di CO₂ in ambiente;
- *risorse idriche*: uso efficiente e risparmio dell'acqua;
- *utilizzo del sito e impatto ecologico*: scelta del sito e valorizzazione della biodiversità;
- *salute e benessere*: comfort termico, visivo e IAQ (indoor air quality);
- *trasporti*: accessibilità al sito e trasporti;
- *materiali*: certificazione ecologica dei prodotti impiegati attraverso etichette di prodotto come FSC (Forest Stewardship Council) o PEFC (Pan European Forest Certification) per l'impiego del legno e la Green Guide to Housing Specification del BRE per la scelta dei materiali da costruzione;
- *rifiuti*: riduzione e controllo dei rifiuti prodotti e attività di riciclo;
- *inquinamento*: riduzione e controllo dell'inquinamento dell'aria e dell'acqua.

In base al punteggio ottenuto per ciascuna categoria e dalla successiva pesatura dei diversi carichi ambientali prodotti, l'edificio analizzato può essere classificato come segue nella tabella 3.4.2.1:

LIVELLI DI CERTIFICAZIONE	PUNTEGGIO
<i>Unclassified</i>	< 10
<i>Acceptable</i>	>10
<i>Pass</i>	>25
<i>Good</i>	>40
<i>Very Good</i>	>55
<i>Excellent</i>	>70
<i>Oustanding</i>	>85

Tabella 3.4.2.1 Scala di classificazione energetica BREEAM

La versione più recente del sistema è applicabile agli edifici di tipo residenziale, commerciale, industriale e ad uso ufficio sia di nuova realizzazione sia esistenti; l'Ecohomes è la versione del BREEAM per il caso di edifici residenziali nuovi o ristrutturati.

3.5 La certificazione energetica in Francia

Il recepimento della direttiva europea EPBD in Francia, è avvenuta con la legge 1343/04 del 2004, successivamente aggiornata dall'ordinanza 655/05 e dalla legge 872/06 del 2006; in seguito, sono stati approvati numerosi decreti atti a specificare l'attuazione della certificazione, detta Diagnostic de Performance Energetique (DPE). Il Ministero francese per il lavoro, la coesione sociale e le abitazioni, propone due metodologie di certificazione relative a diverse categorie di edifici:

- 1) metodo 3CL-DPE: metodo di calcolo stagionale valido solo per edifici residenziali distinti in unifamiliari, bifamiliari o plurifamiliari;

- 2) metodo Comfie-DPE: metodo di calcolo dinamico in regime orario, che recepisce le indicazioni sulla verifica delle prestazioni energetiche degli edifici della norma Th-CE.

Le procedure di riferimento per la certificazione sono due: una convenzionale semplificata per gli edifici residenziali ed una completa dinamica in regime orario relativa a tutte le tipologie di edifici. Il ministero è stato in grado di rilasciare strumenti ufficiali solo per il calcolo 3CL-DPE



3.6 Il modello di certificazione ambientale statunitense

Il sistema di valutazione a punteggio LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) è stato sviluppato ed introdotto negli Stati Uniti nel 1999 dall'US Green Building Council, organizzazione no-profit formata dai rappresentanti del settore dell'edilizia, della ricerca e degli enti governativi nordamericani, con lo scopo di fornire a tutti gli operatori del settore uno strumento utile per la certificazione della sostenibilità edilizia. Si tratta, infatti, di un sistema di valutazione e classificazione della sostenibilità di edifici commerciali, pubblici e residenziali ad alta densità, applicato sia per interventi di nuova edificazione, sia per ristrutturazioni integrali; nasce su base volontaria e viene applicato in oltre 140 Paesi nel mondo tra cui anche l'Italia. La certificazione LEED, riconosciuta a livello internazionale, afferma che un edificio è rispettoso dell'ambiente e che costituisce un luogo salubre in cui vivere e lavorare.

Il sistema LEED prevede la compilazione di un foglio Excel, articolato in sette sezioni e, essendo un metodo a punti, consente di effettuare la certificazione dell'edificio considerato. In base al punteggio complessivamente ottenuto, gli edifici sono classificati come certificati, argento, oro o platino.

A differenza degli altri sistemi di certificazione, il LEED introduce il concetto di prerequisito, che deve essere assolutamente soddisfatto; senza prerequisito ogni altro punteggio viene annullato.

Attualmente è il sistema di certificazione più diffuso al mondo e uno dei sistemi di certificazione più robusti e strutturati; una delle peculiarità di LEED sta proprio nel fatto di essere uno strumento molto flessibile che lascia ampia libertà di azione e decisione al gruppo di progettisti, puntando esclusivamente sui risultati finali da raggiungere.

Capitolo 4 – Protocolli di certificazione energetica nazionali

L'Italia è una delle prime nazioni europee a emanare una legge che preveda la certificazione energetica degli edifici. Con la legge 10/1991, art. 30 è trattato il tema della Certificazione Energetica degli edifici, che ha trovato applicazione solo in data recente con il D.Lgs. 192/05, che traspone la struttura generale dei progetti di norma Europee nella normativa nazionale e introduce l'obbligo della Certificazione Energetica degli edifici, passando dall'attestato di qualificazione Energetica a quello di Certificazione energetica attraverso step temporali successivi e compatibili con i decreti attuativi di successiva emanazione.

Tale certificazione si esprime attraverso il rilascio da parte del proprietario di un Attestato di certificazione energetica in cui vengono riportati i livelli di energia primaria per riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria dei fabbricati.

Il D.Lgs 192/05 è stato modificato dal D.Lgs. 311/06, successivamente disciplinato dall'emanazione delle Linee Guida per la certificazione energetica con il D.M. del 26 giugno 2009.

4.1 L'Attestato di prestazione energetica

Con l'entrata in vigore della recente Legge 90/2013 il concetto di *ACE* (Attestato di certificazione energetica), viene sostituito dal concetto di *APE* (Attestato di prestazione energetica): entrambi i documenti, oltre ad identificare il consumo annuale di energia primaria per riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria, forniscono un'informazione immediata al cittadino relativamente all'aspetto energetico di un'abitazione, attraverso una classificazione in lettere dalla A alla G, come il sistema, già noto, per prodotti commerciali tipo lampadine ed elettrodomestici. Forniscono, inoltre, una serie di raccomandazioni e consigli pratici volti al miglioramento della prestazione energetica che guidano il

proprietario/utilizzatore all'attuazione di interventi che riducano i consumi di energia dell'abitazione e che siano fattibili ed economicamente convenienti.

Tale documento diviene obbligatorio e deve essere allegato ai contratti di locazione e ai contratti di trasferimento a titolo oneroso e gratuito.

Il certificato energetico si compone di 17 paragrafi:

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
1. INFORMAZIONI GENERALI (1)			
Codice certificato		Validità	
Riferimenti catastali			
Indirizzo edificio			
Nuova costruzione	<input type="checkbox"/>	Passaggio di proprietà	<input type="checkbox"/>
		Riqualificazione energetica	<input type="checkbox"/>
Proprietà		Telefono	
Indirizzo		Email	
2. CLASSE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO			
Edificio di classe:			
3. GRAFICO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE GLOBALI E PARZIALI (2)			
Emissioni di CO ₂	0,000		
▼ = LIMITE DI LEGGE ▼ = PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE			
4. QUALITÀ INVOLUCRO (RAFFRESCAMENTO) (2)			

- 1) nel paragrafo 1 sono inserite le informazioni generali sull'immobile oggetto di certificazione e sul proprietario/committente;
- 2) nel paragrafo 2 viene indicata la classe energetica dell'edificio con una lettera da A a G a seconda della prestazione energetica raggiunta;

3) nel paragrafo 3 sono riportati dei grafici che rappresentano le prestazioni energetiche dell'edificio riportate in:

- *prestazione energetica globale*: energia totale utilizzata dall'edificio per unità di Superficie o di volume climatizzato, EP_{gl} ;
- *prestazione riscaldamento*: energia utilizzata per riscaldare l'edificio per unità di Superficie o di volume climatizzato, EP_i ;
- *prestazione raffrescamento*: energia utilizzata per raffrescare l'edificio per unità di Superficie o di volume climatizzato, EP_e ;
- *prestazione acqua calda*: energia utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria per unità di Superficie o di volume climatizzato, EP_{acs} ;

Nel caso di edifici residenziali tutti gli indici sono espressi in kWh/m²a, mentre per tutti gli altri edifici (residenze collettive, terziario, industria) gli indici sono espressi in kWh/m³a.

Per le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici vengono adottate le 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*" e la UNI TS 11300 "*Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di utilizzo dei combustibili fossili*";

4) il paragrafo 4 definisce la categoria relativa all'involucro per il raffrescamento estivo di un edificio intendendo con esso tutte le pareti, gli infissi e i solai di copertura e terra che compongono l'edificio;

5. METODOLOGIE DI CALCOLO ADOTTATE (4)	Metodo calcolato di progetto
-----------------------------------------------	------------------------------

6. RACCOMANDAZIONI (5)

Interventi	Prestazione Energetica/Classe a valle del singolo intervento	Tempo di ritorno (anni)
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		

PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE (2)	0,000	(<10 anni)
-------------------------------------------------	-------	------------

7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO (6)

SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE	Riscaldamento <input type="checkbox"/>	Raffrescamento <input type="checkbox"/>	Acqua calda sanitaria <input type="checkbox"/>	Illuminazione <input type="checkbox"/>
---------------------------------------------------------	----------------------------------------	-----------------------------------------	------------------------------------------------	----------------------------------------

Rif. legislativo =0,000

8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI

8.1 RAFFRESCAMENTO (*)		8.2 RISCALDAMENTO	
Indice energia primaria (E _{Pe}) []	0,000	Indice energia primaria (E _{Pi}) []	0,000
Indice energia primaria limite di legge []		Indice energia primaria limite di legge (d.lgs. 192/05) []	0,000
Indice involucro (E _{Pe, invol}) [kWh/(m ² ·a)]	0,000	Indice involucro (E _{Pi, invol}) [kWh/(m ² ·a)]	0,000
Rendimento impianto [%]	0,00	Rendimento medio stagionale impianto (η _g) [%]	0,00
Fonti rinnovabili []		Fonti rinnovabili []	0,000
8.3 ACQUA CALDA SANITARIA		8.4 ILLUMINAZIONE	
Indice energia primaria (E _{Pacs}) []	0,000	Indice energia primaria (E _{Pill}) []	
		Indice en. primaria limite di legge []	
Fonti rinnovabili []	0,000	Fonti rinnovabili []	

9. NOTE

--

10. EDIFICIO

Tipologia edilizia				Foto dell'edificio (non obbligatoria)
Tipologia costruttiva				
Anno di costruzione		Numero di appartamenti		
Volume lordo riscaldato V [m ³]	0,00	Superficie utile [m ²]	0,00	
Superficie disperdente S [m ²]	0,00	Zona climatica/GG	/ 0	
Rapporto S/V	0,000	Destinazione d'uso		

5) il paragrafo 5 descrive la metodologia di calcolo utilizzata per la redazione del certificato energetico;

- 6) nel paragrafo 6 sono descritti gli interventi economicamente vantaggiosi, proposti dal certificatore, che possono essere eseguiti sull'immobile per poter migliorare la prestazione energetica. Oltre a descrivere i principali interventi vengono valutati gli anni necessari ad ammortizzare l'investimento;
- 7) nel paragrafo 7 viene riportata in chiave grafica la scala energetica dalla classe A alla classe G; nella scala viene indicata sia la prestazione energetica raggiunta dall'immobile oggetto di valutazione sia la prestazione minima ai sensi di legge che deve essere raggiunta dalle nuove costruzioni per la zona climatica di riferimento;
- 8) il paragrafo 8 riporta la quantità di energia primaria EP_e necessaria per raffrescare, riscaldare e produrre acqua calda sanitaria;
- 9) nel paragrafo 9 sono descritti gli interventi di riqualificazione/miglioramento energetico proposti, corredati da un sintetico conto economico dell'investimento;
- 10) il paragrafo 10 elenca alcuni dati relativi alla zona climatica di appartenenza e alla geometria dell'immobile oggetto di certificazione;

11. IMPIANTI (7)				
Riscaldamento	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)	0,00	Combustibile	
Acque calde sanitarie	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)	0,00	Combustibile	
Raffrescamento	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)	0,00	Combustibile	
Illuminazione	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)	0,00		
Fonti rinnovabili	Anno di installazione		Tipologia	
	Energie annuale prodotta (kWh/kWh)	0 / 0		

12. PROGETTAZIONE			
Progettista/i architettonico			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
Progettista/i impianti			
Indirizzo		Telefono/e-mail	

13. COSTRUZIONE			
Costruttore			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
Direttore/i lavori			
Indirizzo		Telefono/e-mail	

14. SOGGETTO CERTIFICATORE					
Ente/Organismo pubblico	<input type="checkbox"/>	Tecnico abilitato	<input type="checkbox"/>	Energy Manager	<input type="checkbox"/>
				Organismo/Società	<input type="checkbox"/>
Nome e cognome / denominazione					
Indirizzo		Telefono/e-mail			
Titolo		Ordine/iscrizione			

Dichiarazione di indipendenza (8)	
Informazioni aggiuntive	

15. SOPRALLUOGHI	
1)	
2)	
3)	

16. DATI DI INGRESSO	
Progetto energetico	<input type="checkbox"/>
Rilievo sull'edificio	<input type="checkbox"/>
Provenienza e responsabilità	

17. SOFTWARE			
Denominazione	MC impianti 11300	Produttore	Aemec SpA
Dichiarazione di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti inferiore al +/- 5% rispetto ai valori della metodologia di calcolo di riferimento nazionale (UNI TS 11300)			
Certificato n. 32 del 17/12/2012 rilasciato da C.TI (Comitato Termotecnico Italiano)			

- 11) la tabella del paragrafo 11 riporta le caratteristiche degli impianti presenti relativi al riscaldamento, al raffrescamento, alla produzione di acqua calda sanitaria e alla presenza e tipologia di impianti da fonti rinnovabili quali impianti fotovoltaici, solari termici, geotermici;
- 12) il paragrafo 12 contiene le informazioni relative alla progettazione (informazioni sul progettista edile e/o impiantistico) dell'edificio;

- 13) il paragrafo 13 contiene le informazioni relative agli aspetti realizzativi (informazioni sull'impresa di costruzione e sul direttore dei lavori);
- 14) il paragrafo 14 contiene i dati del certificatore. Nello stesso paragrafo viene fornita una dichiarazione di indipendenza del certificatore che dichiara di non aver avuto altri ruoli del processo edilizio (ad esempio progettista o direttore dei lavori). Questa dichiarazione, infatti, serve ad evitare che vi siano giudizi e/o comportamenti dolosi che possano invalidare la bontà della valutazione energetica dell'edificio;
- 15) a garanzia della veridicità delle informazioni raccolte e della bontà della classificazione energetica certificata è sempre necessario effettuare un sopralluogo sull'immobile da parte del tecnico certificatore. L'omissione del sopralluogo è una grave inadempienza del tecnico certificatore. La data del sopralluogo viene indicata al paragrafo 15;
- 16) al paragrafo 16 vengono riportate altre importanti informazioni circa le fonti dei dati utilizzati per il calcolo della prestazione energetica. In questo spazio devono essere presenti la descrizione delle fonti relative alla geometria dell'immobile (ad esempio se sono basate sul rilievo diretto oppure tramite una planimetria catastale) e quelle relative alle caratteristiche energetiche che saranno applicate agli elementi di involucro e impiantistici presenti nell'immobile;
- 17) al paragrafo 17 viene indicato il software utilizzato per la prestazione energetica.

4.2 Esperienze locali di certificazione energetica degli edifici

Storicamente la grande accelerazione degli anni '90 alla diffusione della certificazione energetica in Italia, deve essere riconosciuta alla Provincia autonoma di Bolzano che promuove il sistema CasaClima. Prendendo esempio da questa esperienza nascono altre importanti iniziative che hanno come elemento comune la presenza con ruolo di promotori di enti pubblici locali come Comuni e Provincie. Tali

schemi di certificazione energetica, su base volontaria, hanno avuto senso in cui non c'era chiarezza sulle posizioni ufficiali dello Stato e delle Regioni; con l'entrata in vigore della Legge 90/2013, ha fatto venir meno lo scopo di queste iniziative. Quelle più importanti, tuttavia, vengono tutt'oggi stipulate pur con obiettivi diversi: supportano, infatti, le amministrazioni regionali nella promozione di iniziative sia sul piano dell'organizzazione che su quello della formazione.



4.2.1 La certificazione CasaClima

Nel panorama nazionale si tratta della prima esperienza di certificazione energetica strutturata, ossia promossa all'interno di un progetto che coniuga le esigenze ambientali (necessità di ridurre l'impatto con l'ambiente) con quelle operative. Il progetto CasaClima, ideato e sviluppato da Norbert Lantschner per la Provincia autonoma di Bolzano, è cogente per il nuovo costruito in provincia di Bolzano (Decreto del Presidente della Provincia n.34 del 29 settembre 2004) e solo volontaria e mai sostitutiva degli obblighi cogenti nel resto d'Italia o anche in provincia di Bolzano per gli immobili esistenti.

Una CasaClima non viene definita in base al tipo di costruzione, bensì in base alla categoria di risparmio energetico. La scala di classificazione, riportata in figura 4.2.1.1, è di tipo diretto, valida quindi per qualsiasi edificio a prescindere dal rapporto Superficie/Volume (S/V).



Figura 4.2.1.1 Scala di classificazione energetica CasaClima

Vengono distinte, nello specifico, le seguenti classi:

- 1) CasaClima Oro, detta anche casa a 1 litro, con un fabbisogno di energia per il riscaldamento inferiore a 10 kWh/m²a;
- 2) CasaClima A, detta casa a 3 litri, con un fabbisogno di energia per il riscaldamento inferiore a 30 kWh/m²a;
- 3) CasaClima B, detta casa a 5 litri, con un fabbisogno di energia per il riscaldamento inferiore a 50 kWh/m²a.

La definizione in base ai litri corrisponde al consumo di litri di olio combustibile oppure di m³ di gas riferiti al m³ di superficie abitabile all'anno, necessari a soddisfare il fabbisogno energetico annuale. La normativa proposta dalla Provincia di Bolzano, impone da Aprile 2011 la "classe B" come standard minimo a cui riferire la progettazione e la realizzazione degli edifici.

Per gli edifici che oltre ad essere efficienti dal punto di vista energetico, sono realizzati secondo criteri di ecosostenibilità nella scelta dei materiali, viene concesso il certificato *CasaClima Nature*:



Figura 4.2.1.2 Logo CasaClima Nature

Affinché un edificio possa ottenere la certificazione CasaClima Nature devono essere soddisfatti tutti i seguenti requisiti:

- indice di efficienza dell'involucro: inferiore ai 50 kWh/m²a;
- indice di emissione di CO₂: inferiore ai 20 kg CO₂ /m²a;
- impatto ambientale dei materiali da costruzione inferiore ai 300 punti per tutti gli edifici;
- impatto idrico dell'edificio: il requisito minimo richiesto è WKW ≥ 35%;
- qualità dell'aria interna: è richiesta la presenza della ventilazione meccanica controllata e/o devono essere utilizzati negli ambienti interni materiali e prodotti che rispettano i limiti di emissione (VOC, formaldeide) come definiti in direttiva tecnica;
- illuminazione naturale: nell'ambiente principale dell'unità abitativa deve essere garantito un fattore di luce diurna medio FmLD ≥ 2%; nelle aule scolastiche un FmLD ≥ 3%.

4.2.2 La certificazione energetica in Regione Lombardia

La Regione Lombardia è stata la prima Regione italiana a recepire in modo autonomo il D.lgs. 192/2005; infatti la certificazione energetica lombarda diventa

operativa con la Dgr 26/6/2007 e in seguito revisionata dalla Dgr IX/1811 del 31/05/2011, che modifica le disposizioni inerenti all'efficienza energetica in edilizia e, in particolare, ribadisce l'obbligo di allegazione dell'attestato all'atto nel caso di trasferimenti a titolo oneroso di interi edifici o di singole unità immobiliari. Per agevolare il calcolo ai fini della certificazione energetica, la Regione Lombardia mette a disposizione gratuitamente un software denominato CENED; il formato grafico ottenuto è riportato in figura 4.2.2.1

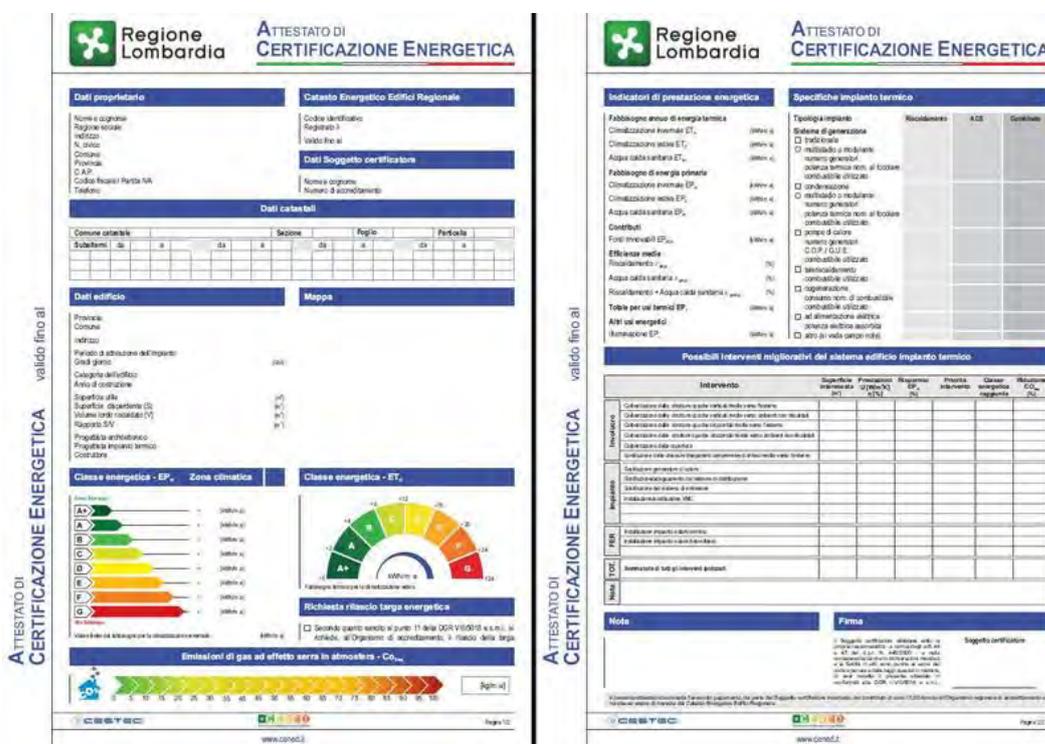


Figura 4.2.2.1 Attestato di certificazione energetica nella procedura della Regione Lombardia

La prestazione energetica del sistema edificio-impianto è definita dal valore del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale EP_H espresso in kWh/m^2a per gli edifici appartenenti alla classe E.1 (Edifici adibiti a residenza e assimilabili) e in kWh/m^3a per tutti gli altri edifici.

Ai soli fini della classificazione energetica, inoltre, il territorio regionale viene suddiviso in tre zone climatiche in funzione dei gradi giorno:

- 1) Zona E: Comuni che presentano un numero di gradi giorno maggiore di 2101 e non superiore a 3000;
- 2) Zona F1: Comuni che presentano un numero di gradi giorno maggiore di 3001 e non superiore a 3900;
- 3) Zona F2: Comuni che presentano un numero di gradi giorno maggiore di 3901 e non superiore a 4800.

In funzione della zona climatica di appartenenza della località in cui ha sede l'edificio e in relazione alla sua destinazione d'uso, vengono definiti i parametri numerici associati a ciascuna delle otto classi di consumo, dalla A+ alla G, come riportato nella tabella 4.2.2.2 e 4.2.2.3.

<i>Valori limite delle classi energetiche, espressi in kWh/m² di superficie utile dell'edificio per anno per gli edifici della classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme</i>			
CLASSE	ZONA E	ZONA F1	ZONA F2
A +	$EP_H < 14$	$EP_H < 20$	$EP_H < 25$
A	$14 < EP_H < 29$	$20 < EP_H < 39$	$25 < EP_H < 49$
B	$29 < EP_H < 58$	$39 < EP_H < 78$	$49 < EP_H < 98$
C	$58 < EP_H < 87$	$78 < EP_H < 118$	$98 < EP_H < 148$
D	$87 < EP_H < 116$	$118 < EP_H < 157$	$148 < EP_H < 198$
E	$116 < EP_H < 145$	$157 < EP_H < 197$	$198 < EP_H < 248$
F	$145 < EP_H < 175$	$197 < EP_H < 236$	$248 < EP_H < 298$
G	$EP_H \geq 175$	$EP_H \geq 236$	$EP_H \geq 298$

Tabella 4.2.2.2 Fonte: delibera regione Lombardia 5018

<i>Valori limite delle classi energetiche, espressi in kWh/m³ di volume lordo dell'edificio per anno per tutti gli altri edifici</i>			
CLASSE	ZONA E	ZONA F1	ZONA F2
A +	$EP_H < 3$	$EP_H < 4$	$EP_H < 5$
A	$3 < EP_H < 6$	$4 < EP_H < 7$	$5 < EP_H < 9$
B	$6 < EP_H < 11$	$7 < EP_H < 15$	$9 < EP_H < 19$
C	$11 < EP_H < 27$	$15 < EP_H < 37$	$19 < EP_H < 46$
D	$27 < EP_H < 43$	$37 < EP_H < 58$	$46 < EP_H < 74$
E	$43 < EP_H < 54$	$58 < EP_H < 73$	$74 < EP_H < 92$
F	$54 < EP_H < 65$	$73 < EP_H < 87$	$92 < EP_H < 110$
G	$EP_H \geq 65$	$EP_H \geq 87$	$EP_H \geq 110$

Tabella 4.2.2.3 Fonte: delibera Regione Lombardia 5018

La classe energetica a cui appartiene l'edificio è determinata confrontando il valore del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale dell'edificio EP_H calcolato secondo la procedura di calcolo adottata.

4.2.3 La certificazione energetica in Regione Emilia-Romagna

La certificazione energetica in Regione Emilia-Romagna diventa operativa con l'approvazione dell'"Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione degli edifici" del 25 marzo 2008. L'attestato dell'edificio o dell'unità immobiliare interessato è necessario per accedere agli incentivi e alle agevolazioni di qualsiasi natura, come sgravi fiscali o contributi a carico di fondi pubblici o delle generalità degli utenti, finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'unità immobiliare, dell'edificio o degli impianti.

Viene aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica 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 con rendimenti più alti di almeno 5 punti percentuali rispetto ai sistemi preesistenti;
- ad ogni intervento di ristrutturazione o di sostituzione di componenti o apparecchi che, fermo restando il rispetto delle norme vigenti, possa ridurre la prestazione energetica dell'edificio.

L'attestato, riportato in figura 4.2.3.1, rilasciato da un soggetto accreditato, comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio e degli impianti, i valori vigenti a norma di legge e i valori di riferimento o classi prestazionali che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio; è corredato, inoltre, da suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione.

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo di progetto per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria, si fa riferimento alla metodologia UNI/TS 11300.



Figura 4.2.3.1 Attestato di certificazione energetica nella procedura della regione Emilia-Romagna

Il fabbisogno di energia primaria è calcolato attraverso la formula:

$$EP_{tot} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

dove EP_i è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, EP_{acs} quello per la produzione di acqua calda sanitaria, EP_e quello per la climatizzazione estiva e EP_{ill} quello per l'illuminazione artificiale.

Nella fase di avvio ai fini della certificazione degli edifici, si considerano solamente gli indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda, assumendo EP_e e EP_{ill} nulli.

La classe energetica a cui l'edificio appartiene è determinata confrontando il valore del fabbisogno di energia primaria $EP_{tot} = EP_i + EP_{acs}$ con i parametri numerici associati ad ogni classe, definiti secondo quanto indicato nelle tabelle per edifici residenziali [kWh/m²anno], tabella 4.2.3.2, e altri edifici [kWh/m³anno], tabella 4.2.3.3:

Classi di prestazione energetica: edifici di classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme [kWh/m ² anno]	
A +	$EP_{tot} < 25$
A	$EP_{tot} < 40$
B	$40 < EP_{tot} < 60$
C	$60 < EP_{tot} < 90$
D	$90 < EP_{tot} < 130$
E	$130 < EP_{tot} < 170$
F	$170 < EP_{tot} < 210$
G	$EP_{tot} > 210$

Tabella 4.2.3.2 Classi di prestazione energetica [kWh/m²anno]

Classi di prestazione energetica: altri edifici [kWh/m ³ anno]	
A	$EP_{tot} < 8$
B	$8 < EP_{tot} < 16$
C	$16 < EP_{tot} < 30$
D	$30 < EP_{tot} < 44$
E	$44 < EP_{tot} < 60$
F	$60 < EP_{tot} < 80$
G	$EP_{tot} > 80$

Tabella 4.2.3.3 Classi di prestazione energetica [kWh/m³anno]

4.2.4 Il protocollo ITACA

Altro esempio di certificazione volontaria è il Protocollo ITACA, realizzato da Proitaca S.r.l., e reso disponibile gratuitamente a tutti gli utenti che ne facciano richiesta, grazie ad un accordo di collaborazione sottoscritto tra Proitaca S.r.l. e ITACA - Istituto per l'innovazione e trasparenza, degli appalti e la compatibilità ambientale. Il Protocollo ITACA è basato su SBMethod di iiSBE, scelto nel 2002 come

riferimento dalle regioni italiane. Ad oggi numerose Regioni hanno adottato tale certificazione come strumento di supporto delle proprie politiche sul territorio. Esistono versioni regionali del protocollo in Regione Piemonte, Regione Liguria, Regione Marche, Regione Toscana, Regione Lazio e Regione Puglia; inoltre, versioni derivate dal Protocollo ITACA sono state elaborate in Regione Umbria, Friuli e Regione Veneto.

I parametri energetico-ambientali presi in considerazione consentono di valutare la sostenibilità dell'edificio durante tutto il suo ciclo di vita. Essi sono stati raggruppati nelle cosiddette "Aree di valutazione":

- qualità ambientale degli spazi esterni;
- consumo di risorse;
- carichi ambientali;
- qualità dell'ambiente interno;
- qualità del servizio;
- qualità della gestione;
- trasporti.

Il punteggio di prestazione si articola nelle seguenti classi indicate nella tabella 4.2.4.1:

<i>TABELLA B – Classi di prestazione della sostenibilità ambientale degli edifici</i>	
-1	Rappresenta una prestazione inferiore allo standard e alla pratica corrente
0	Rappresenta la prestazione minima accettabile definita da leggi o regolamenti vigenti o, in caso non vi siano regolamenti di riferimento, rappresenta la pratica corrente
1	Rappresenta un lieve miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente
2	Rappresenta un significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente
3	Rappresenta un notevole miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente. E' da considerarsi come la migliore pratica
4	Rappresenta un significativo incremento della migliore pratica
5	Rappresenta una prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla migliore pratica , di carattere sperimentale

Tabella 4.2.4.1 Punteggio di prestazione

Ad ogni area di valutazione è associato un insieme di criteri di valutazione della sostenibilità, raggruppati in categorie; ad ogni criterio, categoria ed area di valutazione è assegnato un peso percentuale all'interno del sistema. La fase più complicata dell'analisi consiste nella definizione dei pesi da associare ai requisiti; solo attraverso tali pesi, infatti, le Amministrazioni locali possono contestualizzare il Protocollo ITACA in modo tale che rifletta la realtà locale.

Il punteggio globale di prestazione, che esprime il livello di sostenibilità ambientale dell'edificio oggetto di valutazione, è dato dalla somma dei punteggi assegnati ai

singoli criteri moltiplicati per il rispettivo peso all'interno del sistema, ovvero dalla somma dei punteggi pesati assegnati a ciascuna area di valutazione.

Il punteggio di ciascuna area di valutazione è dato dalla somma dei punteggi pesati delle categorie appartenenti all'area.

Il punteggio di ciascuna categoria è dato dalla somma dei punteggi dei criteri appartenenti alla categoria moltiplicati per il rispettivo peso all'interno della categoria.

Il punteggio di ciascun criterio è ottenuto dal punteggio corrispondente, nella scala di prestazione, al valore dell'indicatore di prestazione del criterio.

Il Protocollo ITACA si compone di ben 74 schede che inquadrano ogni singolo requisito relativo ai diversi aspetti dell'ecosostenibilità di un progetto. Siccome ciò rende lo strumento piuttosto complicato e, di conseguenza, di difficile diffusione, è stato sviluppato il "Protocollo semplificato" composto da 28 schede relative ai requisiti ritenuti fondamentali ed indispensabili per la valutazione dell'ecosostenibilità di un edificio.

Capitolo 5 – Il caso di studio: ampliamento e ristrutturazione dell'hotel San Faustino

Il caso di studio riguarda il progetto di ampliamento e ristrutturazione dell'hotel San Faustino, nel comune di Massa Martana (PG).



Figura 5.1 ortofoto del sito di progetto – Google Maps

Nelle tabelle 5.2 e 5.3 sono riportati i dati principali riguardanti il sito della struttura:

DATI ANAGRAFICI	
Località	San Faustino, 77
Comune	Massa Martana
Provincia	Perugia
DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE	
Categoria E. 5 unità adibita ad albergo	
Anno di costruzione	1989
STATO DI OCCUPAZIONE ED UTILIZZO	
Unità adibita ad albergo	

Tabella 5.2 dati generali della struttura e principali fattori tipologici dell'involucro

DATI DEL COMUNE DI MASSA MARTANA	
Superficie	78.11 km ²
Classificazione sismica	zona 2 (sismicità media)
COORDINATE GEOGRAFICHE	
Latitudine	42 47 00
Longitudine	12 31 00
Gradi decimali	42.783333°, 12.516667°
ALTITUDINE [m s.l.m]	
Casa Comunale	351
Minima	207
Massima	1075
Escursione Altimetrica	868
Zona Altimetrica	Collina interna
PARAMETRI CLIMATICI	
Gradi Giorno	2262
Zona Climatica	E
Periodo accensione impianti riscaldamento	15 Ottobre – 15 Aprile
Temperatura esterna di progetto (°C)- UNI EN 12831	-2,10 °C

Tabella 5.3 principali parametri climatici e ambientali della località San Faustino

Nelle tabelle riassuntive sviluppate per ogni singola struttura, inerenti sia allo stato di fatto che allo stato di progetto, vengono riportati gli strati che la costituiscono elencando le relative proprietà e la trasmittanza termica totale risultante.

Per le superfici opache, inoltre, è stato studiato il diagramma delle pressioni di *Glaser*: metodo grafico che permette lo studio del fenomeno della condensa all'interno di una parete costituita da una o più strati. Tra due ambienti separati da una parete, il vapore migra dall'ambiente a pressione maggiore (normalmente quello più caldo) verso quello a pressione parziale minore (normalmente quello più freddo). Se la curva della pressione parziale del vapore interseca la curva delle pressioni di saturazione nella zona di intersezione si forma condensa con conseguente riduzione del potere isolante della parete. In tutti i casi analizzati la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale ad eccezione della muratura esterna esistente del blocco centrale e della copertura della parte ampliata della sala ristorante.

Viene inoltre presentato, sia nel caso dello stato di fatto che nel caso dello stato di progetto, l'Attestato di Prestazione Energetica (APE) .

Nel caso di edifici esistenti non è obbligatorio che l'edificio rispetti i valori minimi di prestazione energetica: vengono, però, forniti i confronti con la prestazione energetica di un analogo edificio di nuova costruzione, avente stessa superficie e collocazione geografica (riferimento legislativo) per dare un'idea immediata del loro differenziale qualitativo.

In entrambi i casi studiati non viene preso in considerazione il fabbisogno per la climatizzazione estiva: le linee guida nazionali riportano, infatti, che, in assenza di un quadro di normativa tecnica sperimentato e consolidato in materia di climatizzazione estiva degli edifici, i metodi di valutazione, inerenti a tale scopo, siano facoltativi per le singole unità immobiliari ad uso residenziale.

5.1 Descrizione tipologica del fabbricato

L'edificio presenta una superficie utile, corrispondente a quella netta calpestabile, pari a 3010.67 m² e si sviluppa su tre piani :

- 1) *Il piano interrato* => occupato interamente dal centro termale e centro benessere San Faustino:

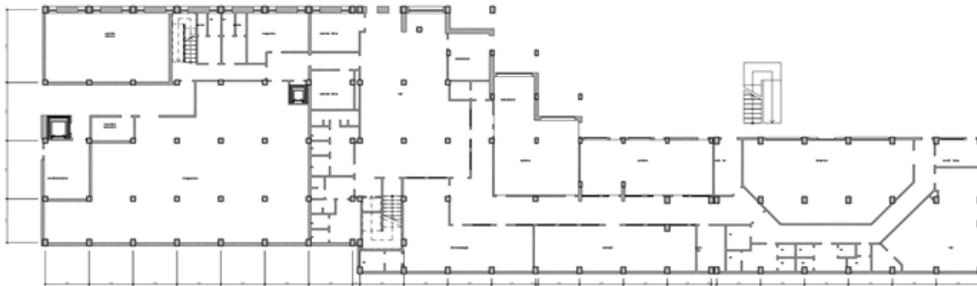


Figura 5.1.1 pianta del piano interrato dell'Hotel San Faustino

- 2) *Il piano terra* => cucina, ristorante e hall dell'hotel costituiscono il blocco centrale dell'edificio collegato, tramite corridoio, con il blocco camere: quest'ultimo blocco è composto da 9 camere situate nelle parte orientata a NORD dell'edificio:

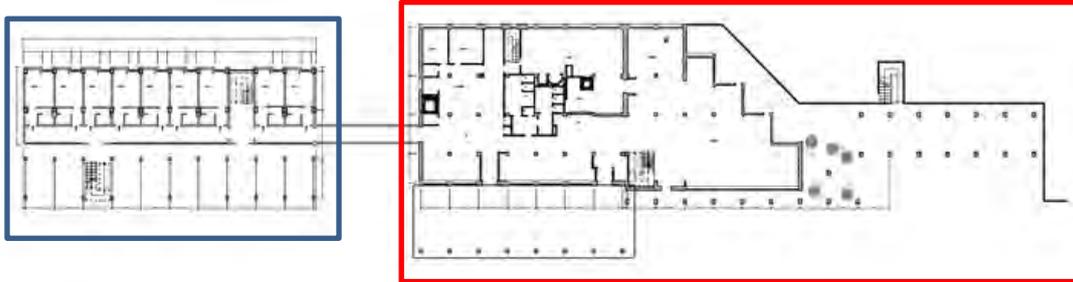


Figura 5.1.2 pianta del piano terra dell'hotel San Faustino. Evidenziato in blu il blocco camere e in rosso il blocco centrale dell'Hotel

- 3) *Il primo piano* => nel blocco centrale sono presenti una sala convegni polifunzionale e una sala riunioni, mentre il blocco camere è composto da 18 camere, delle quali 9 orientate a Nord e 9 orientate a SUD:

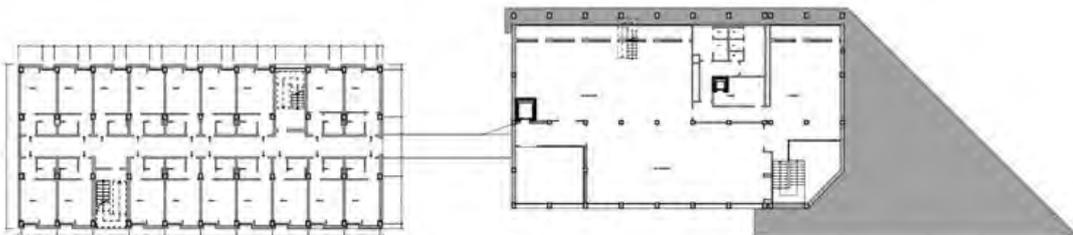


Figura 5.1.3 pianta del primo piano dell'Hotel San Faustino

5.1.1 Descrizione dell'involucro esistente

L'involucro dell'albergo si compone di una struttura in cemento armato e muratura di tamponamento in laterizio isolate. Le pareti perimetrali esterne, tabella 5.1.1.1, presentano uno spessore totale di 280 mm e trasmittanza termica pari a $U = 0.654 \text{ W/m}^2\text{K}$.

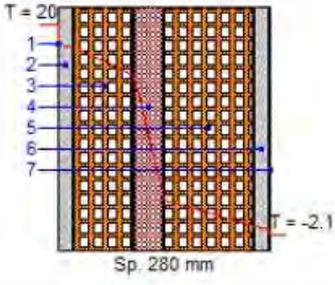
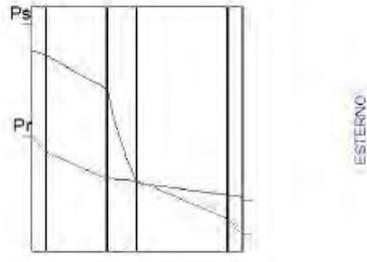
N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m ² K]	M.S. [kg/m ²]	P<50*10 ⁻¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m ² K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Malta di calce o di calce e cemento.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	1000	0.022	
3	Mattone forato di laterizio (250*80*250) spessore 80	80		5.000	62.00	20.570	840	0.200	
4	Fibre di vetro - pannelli semirigidi - appl. interne - mv.20.	40	0.047	1.182	0.80	150.000	1000	0.846	
5	Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	120		5.566	86.00	20.570	840	0.180	
6	Malta di calce o di calce e cemento.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	1000	0.022	
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 1.440 m ² K/W						TRASMITTANZA = 0.654 W/m ² K			
SPESSORE = 280 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA [J/m ² K] = 59.653 kJ/m ² K		MASSA SUPERFICIALE = 149 kg/m ²					
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.43 W/m ² K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.61		SFASAMENTO = 6.54 h					
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ⁻¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i...									
STRATIGRAFIA STRUTTURA 				DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI 					
		Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI		20.0	2 337	1 168	50.0	-2.1	513	145	28.3
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.									

Tabella 5.1.1.1 caratteristiche termiche e igrometriche delle pareti perimetrali opache dell'Hotel San Faustino

In questo caso, la verifica igrometrica interstiziale della struttura, pur essendo soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, risulta verificata in quanto la quantità stagionale di condensato, pari a 0.2198 kg/m^2 , evapora durante la stagione estiva; il mese in cui si raggiunge il massimo accumulo di condensa risulta essere Febbraio.

Il solaio sottotetto, come riassunto in tabella 5.1.1.2, ha uno spessore totale pari a 245 mm e presenta una trasmittanza termica pari a $U = 1.842 \text{ W/m}^2\text{K}$:

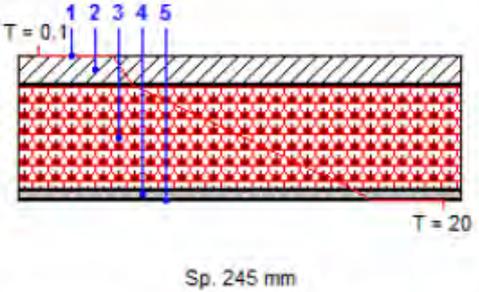
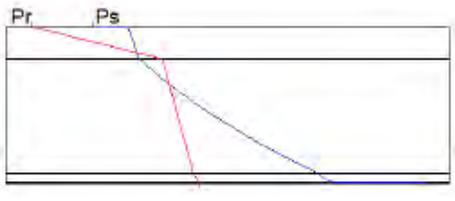
N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m ² K]	M.S. [kg/m ²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m ² K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		10.000			0	0.100
2	CLS di aggregati naturali - a struttura chiusa - pareti protette - mv.2400.	50	1.909	38.180	120.00	1.300	1000	0.026
3	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	171.00	19.000	840	0.300
4	Malta di calce o di calce e cemento.	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017
5	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100
RESISTENZA = 0,543 mFKW		CAPACITA' TERMICA AREICA (sup) = 98,073 kJ/mFK			TRASMITTANZA = 1,842 W/mFK			
SPESSORE = 245 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (inf) = 70,251 kJ/mFK			MASSA SUPERFICIALE = 291 kg/m ²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0,96 W/mFK		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0,52			SFASAMENTO = 6,63 h			
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.l..								
STRATIGRAFIA STRUTTURA 					DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI 			
	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	URs [%]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	0.1	615	307	50.0	20.0	2 337	1 168	50.0
Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; URs = Umidità superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore; URi = Umidità inferiore.								

Tabella 5.1.1.2 caratteristiche termiche e igrometriche del solaio sottotetto dell'Hotel San Faustino

Le componenti finestrate dell'edificio, sono costituite da vetri doppi 4-6-4, ossia aventi spessore 14 mm in cui vi sono due lastre di vetro da 4 mm divise da un ambiente contenente aria di spessore di 6 mm e telaio in legno. La trasmittanza termica del vetro, come riportato in tabella 5.1.1.3, risulta essere pari a $U_g = 3.300 \text{ W/m}^2\text{K}$, mentre quella del telaio pari a $U_f = 2.069 \text{ W/m}^2\text{K}$ ottenendo così una trasmittanza totale della finestra $U_w = 3.236 \text{ W/m}^2\text{K}$:

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	5.702	1.018	13.680	3.300	2.069	0.060	3.236	0.75
Ponte Termico Infisso-Parete: nessuno = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Prospetto C.1 UNI/TS 11300-1:2008								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.1514
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.130 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	7.700 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.309 m ² K/W
TRASMITTANZA TOTALE	3.236 W/m ² K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	3.300 W/m ² K

Tabella 5.1.1.3 caratteristiche termiche dei componenti finestrati

5.1.2 Tipologia dell'impianto esistente

L'impianto esistente si compone di tre caldaie a basemento alimentate a GPL con potenzialità differente, dedicate a zone termiche e funzionalità differenti.

	Potenza [kW]	Rendimento [%]	Destinazione d'uso
Generatore 1	232	90,0	ACS – Centro Termale
Generatore 2	116	90,1	Riscaldamento e ACS
Generatore 3	372	90,1	Riscaldamento e ACS

Tabella 5.1.2.1 parametri principali dei generatori



Figura 5.1.2.2 generatore e bruciatore della caldaia dell'Hotel San Faustino

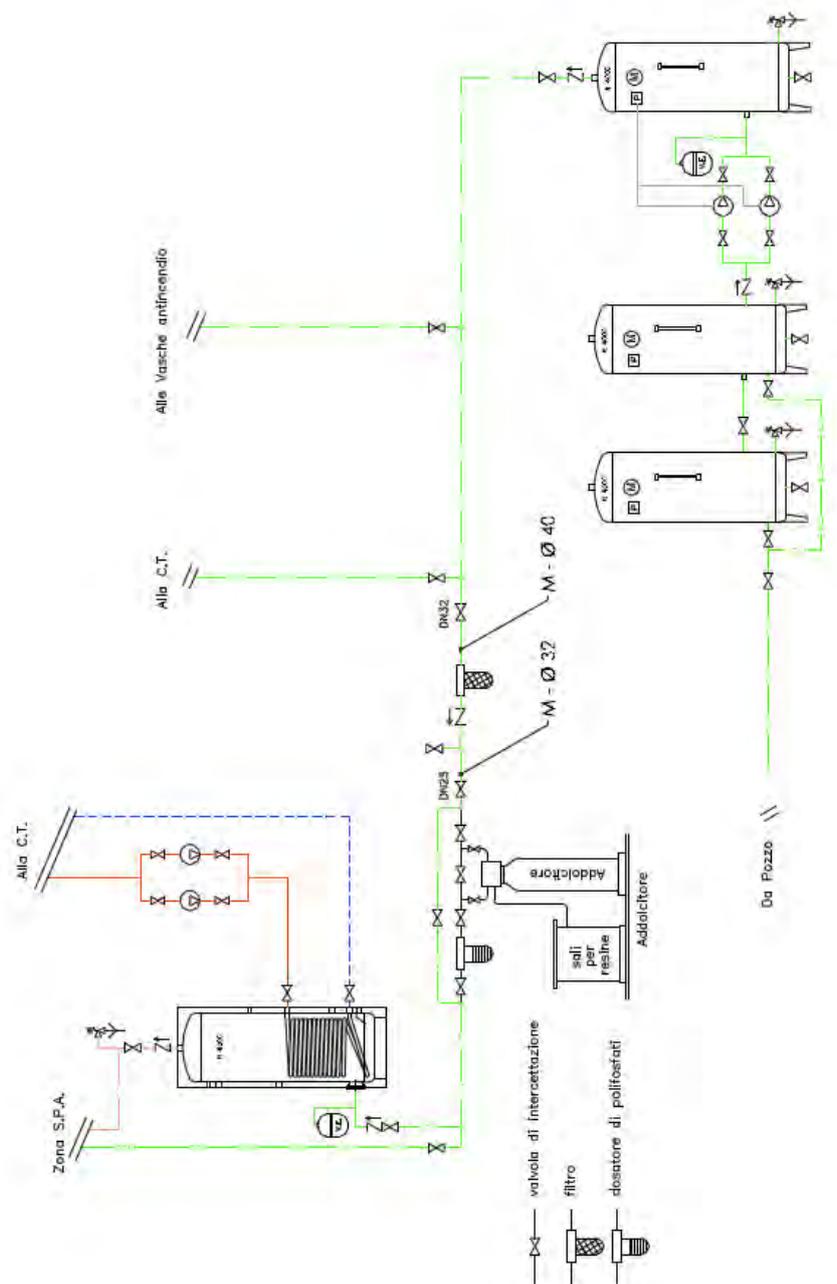


Figura 5.1.2.3 schema dell'impianto ACS per SPA e alimentazione idrica dell'Hotel San Faustino

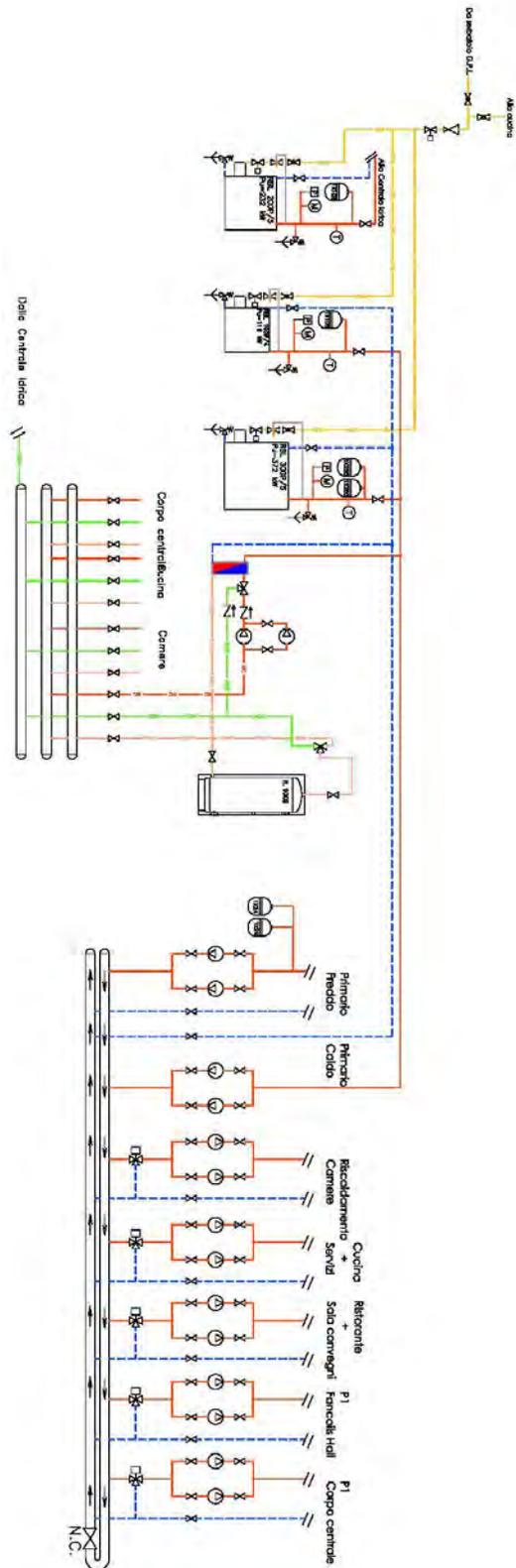


Figura 5.1.2.4 schema dell'impianto di riscaldamento-raffrescamento e ACS dell'Hotel San Faustino

Il sistema di raffrescamento è servito da un gruppo frigo di potenza 150 kW, che condiziona l'intero hotel ad esclusione del piano interrato.



Figura 5.1.2.5 gruppo frigo dell'Hotel San Faustino

I sistemi di emissione delle aree climatizzate sono rappresentati da ventilconvettori in tutte le zone dell'hotel ad esclusione dei bagni, delle rispettive camere, e della zona termale nei quali sono presenti radiatori.

La temperatura di mandata dell'impianto che alimenta i radiatori e i ventilconvettori, è pari a 65-75 °C mentre quella di mandata per l'impianto di raffrescamento è pari a 7-12 °C.

Le pompe del sistema di distribuzione sono a velocità fissa.

Il sistema di trattamento dell'aria è affidato a sistemi UTA. L'unità si compone di sistemi di filtraggio dell'aria, batteria promiscua riscaldamento/raffrescamento, sistema umidificatore e da un ventilatore di mandata.

L'aria viene immessa attraverso apposite bocchette installate nelle camere mentre la ripresa dell'aria viene fatta attraverso aspiratori posizionati nei bagni.

L'impianto idrico sanitario si compone di due accumuli di acqua calda sanitaria: uno di capacità pari a 4000 litri tale da soddisfare le esigenze riguardanti il centro termale, e uno di capacità di 1000 litri, dimensionato per soddisfare il fabbisogno dell'intero hotel.

E' installato un gruppo di pressurizzazione ad autoclave a velocità fissa on-off con pre-autoclave installato internamente, del volume di 8000 litri. L'autoclave è un recipiente in pressione in grado di aumentare la pressione della rete idrica distribuendo così l'acqua alle varie utenze in modo automatico e continuo. La pre-autoclave, installata a monte dell'autoclave, viene impiegata per motivi igienici evitando che il liquido pompato entri in contatto con l'atmosfera prima del suo utilizzo.

5.1.3 Prestazione energetica dello stato di fatto

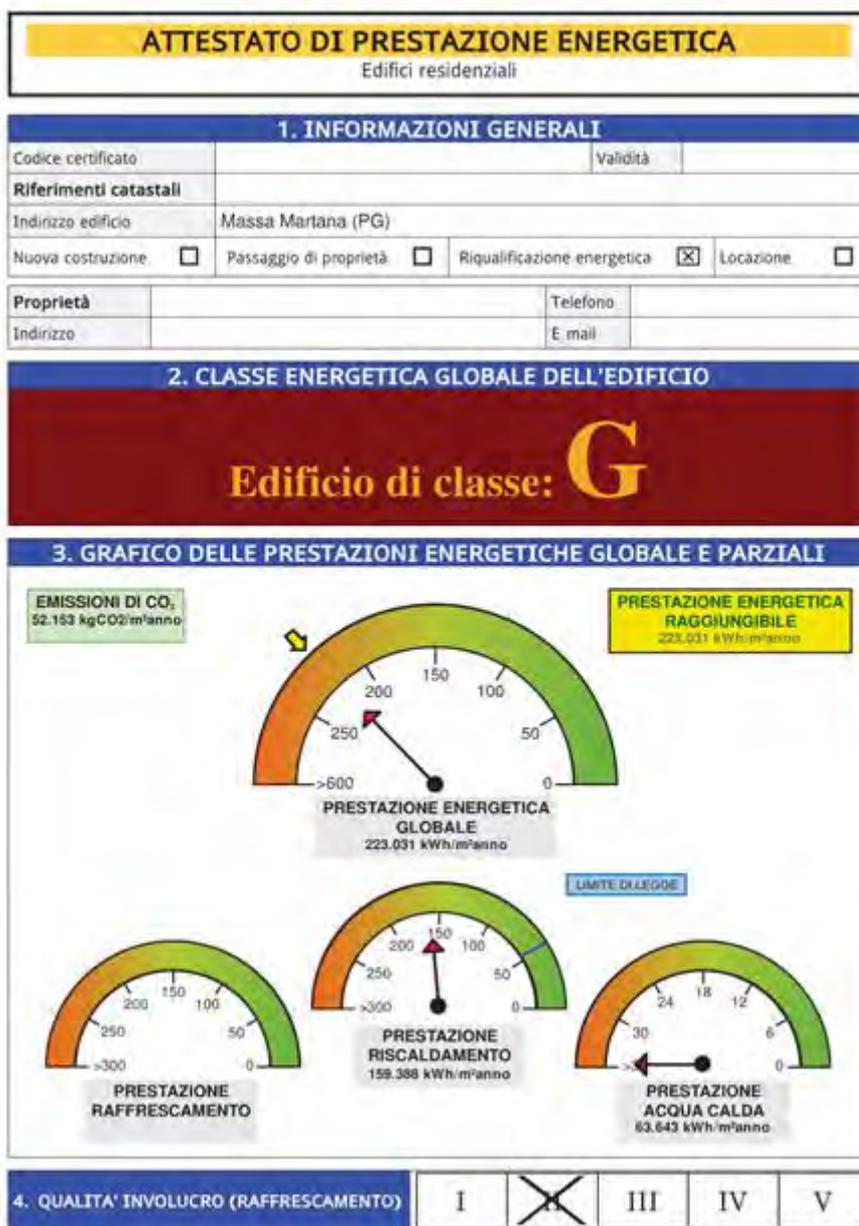
Si è costruito un modello dell'intero fabbricato che valuta le sue prestazioni in regime statico, inserendo tutti i dati relativi all'involucro e ai suoi impianti. Dalla valutazione del suo fabbisogno energetico, si è pervenuti alla classificazione della prestazione energetica dello stato di fatto.

Si riportano in tabella 5.1.3.1 i principali risultati dell'analisi.

Indici di Prestazione Energetica	[kWh/m ² anno]
EP_i	159.388
EP_{acs}	63.643
EP_{gl}	223.031

Tabella 5.1.3.1 indici di prestazione energetica dello stato di fatto

L'edificio, dunque, una volta compilato l'APE viene identificato nella scala energetica in classe G:



5. Metodologie di calcolo adottate	Metodo calcolato di progetto (rif. prescritto UNI/TS 11300) secondo il paragrafo 4, punto 1 dell'allegato A (Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica degli edifici) del Decreto Ministeriale 26 giugno 2009
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

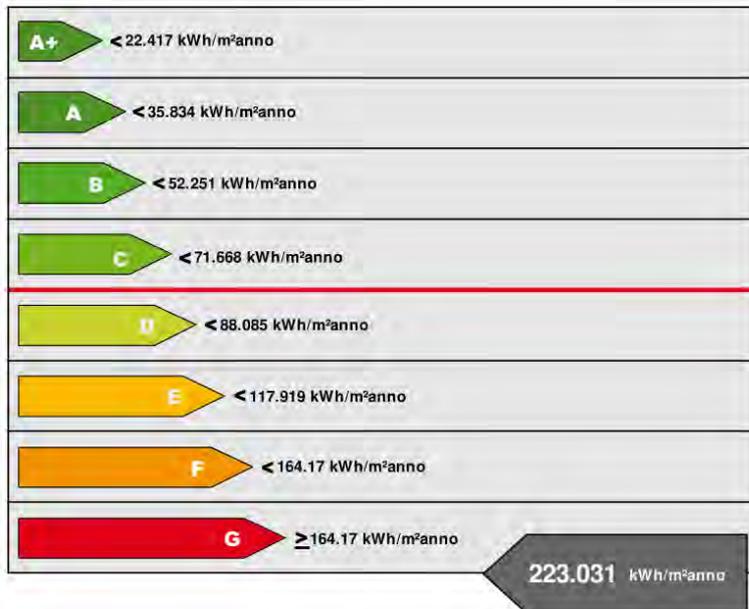
6. RACCOMANDAZIONI

Interventi	Prestazione Energetica / Classe a valle del singolo intervento	Tempo di ritorno (anni)

PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE	223.03 kWh/m ² anno	0.0
---------------------------------------------	--------------------------------	-----

7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO

SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE	Riscaldamento <input checked="" type="checkbox"/>	Raffrescamento <input type="checkbox"/>	Acqua calda sanitaria <input checked="" type="checkbox"/>
---------------------------------------------------------	---------------------------------------------------	-----------------------------------------	-----------------------------------------------------------



8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI					
8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPI)	159.388 kWh/m ² anno	Indice energia primaria (EPacs)	63.643 kWh/m ² anno
Indice energia primaria limite di legge		Indice energia primaria limite di legge (d.lgs. 192/05)	53.668 kWh/m ² anno		
Indice involucro (EPe, invol)	11.933 kWh/m ² anno	Indice involucro (EPI, invol)	80.495 kWh/m ² anno	Fonti rinnovabili:	
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto (η_a)	50.50%		
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili:			

9. NOTE

(interventi di manutenzione edile ed impiantistica, energeticamente significativi, realizzati nella vita dell'edificio, sistemi gestionali in essere, ...)

10. EDIFICIO

Tipologia edilizia	Complesso Alberghiero			
Tipologia costruttiva	Telaio in C.A. e muratura di tamponamento isolata			
Anno di costruzione	1989	Numero unità immobiliari	1	
Volume lordo riscaldato V (m ³)	12 436.12	Superficie utile (m ²)	3 010.67	
Superficie disperdente S (m ²)	5 151.48	Zona climatica/GG	E / 2262	
Rapporto S/V (m ⁻¹)	0.41	Destinazione d'uso	E.1 (3)	

11. IMPIANTI

Riscaldamento	Anno di installazione	1989	Tipologia	Autonomo - Caldaia Standard
	Potenza nominale (kW)	720.0	Combustibile/i	G.P.L.
Acqua calda sanitaria	Anno di installazione	1989	Tipologia	Combinata con riscaldamento - Caldaia Standard
	Potenza nominale (kW)	720.0	Combustibile/i	G.P.L.
Raffrescamento	Anno di installazione	1995	Tipologia	Gruppo Frigo
	Potenza nominale (kW)	150.0	Combustibile/i	elettricità
Fonti rinnovabili (Solare Termico)	Anno di installazione	2014	Tipologia	
	Energia annuale prodotta	0.00 kWh		
Fonti rinnovabili (Solare Fotovoltaico)	Anno di installazione	2014	Tipologia	
	Energia annuale prodotta	0.00 kWhel		
Fonti rinnovabili	Anno di installazione	2014	Tipologia	

(Pompa di Calore)	Energia annuale prodotta	0.00 kWht		
Fonti rinnovabili (Teleriscaldamento)	Anno di installazione	2014	Tipologia	
	Energia annuale prodotta	0.00 kWht		
Fonti rinnovabili (Biomassa)	Anno di installazione	2014	Tipologia	
	Energia annuale prodotta	0.00 kWht 0.00 kWhel		

12. PROGETTAZIONE

Progettista/i architettonico			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
Progettista/i impianti			
Indirizzo		Telefono/e-mail	

13. COSTRUZIONE

Costruttore			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
Direttore/i lavori			
Indirizzo		Telefono/e-mail	

14. SOGGETTO CERTIFICATORE

Ente/Organismo pubblico	<input type="checkbox"/>	Tecnico abilitato	<input checked="" type="checkbox"/>	Energy Manager	<input type="checkbox"/>	Organismo / Società	<input type="checkbox"/>
Nome e cognome / Denominazione							
Indirizzo				Telefono/e-mail			
Titolo				Ordine/Iscrizione			
Dichiarazione di indipendenza							
Informazioni aggiuntive							

15. SOPRALLUOGHI

1) 10/03/2014

16. DATI DI INGRESSO

Progetto energetico	<input checked="" type="checkbox"/>	Rilievo sull'edificio	<input type="checkbox"/>
Provenienza e responsabilità			

17. SOFTWARE

Denominazione	TerMus	Produttore	ACCA software S.p.A.
Dichiarazione di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti inferiore al +/- 5% rispetto ai valori della metodologia di calcolo di riferimento nazionale (UNI/TS 11300)			
Il software TerMus è CERTIFICATO conforme alle norme UNI/TS 11300-1:2008, UNI/TS 11300-2:2008, UNI/TS 11300-4:2012 dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) ai sensi del D.P.R. 59/2009 (Certificati n.1 del 06/07/2009 e n.25 del 15/06/2012)			 <p style="font-size: 8px;">SOFTWARE CERTIFICATO TerMus VSD - Acca Software S.p.A. Data di Rilascio: 15/06/2012</p>

5.2 Descrizione dello stato di progetto

Lo stato di progetto prevede una ristrutturazione dell'intero fabbricato che si compone di ampliamenti e rinnovo impiantistico della struttura.

L'edificio si svilupperà ancora su tre piani, con le seguenti modifiche:

- 1) *Il piano interrato* => il centro termale viene completamente rimosso e sostituito con 11 camere, con la cucina e con delle stanze adibite ad uso magazzino. Nella parte EST del piano viene ricavato un salone che verrà impiegato come ristorante dell'hotel, completamente vetrato in direzione NORD ed EST.

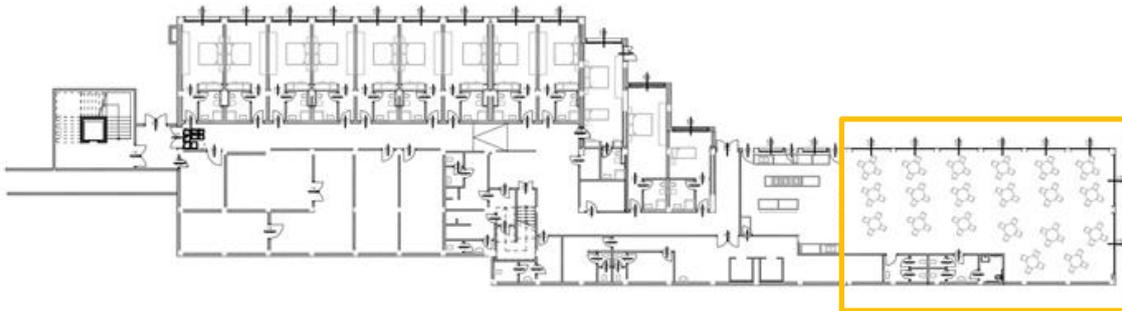


Figura 5.2.1 pianta del piano interrato dell'Hotel San Faustino. Evidenziato in arancione il ristorante

- 2) *Il piano terra* => il blocco camere viene ampliato passando da 9 a 20 camere di cui 10 rivolte a Nord e 10 a SUD; la cucina e la sala ristorante che nello stato di fatto occupavano il blocco centrale, vengono sostituite da 10 camere, 4 a SUD e 6 a NORD, e da una sala relax. Inoltre, tale piano, viene ampliato attraverso l'aggiunta di una zona, completamente vetrata, adibita a sala colazione di superficie utile pari a 202.32 m².

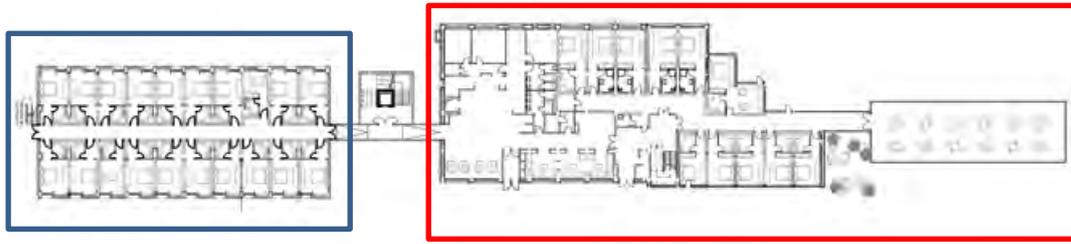


Figura 5.2.2 pianta del piano terra dell'Hotel San Faustino. Evidenziato in blu il corpo camere e in rosso il blocco centrale

- 3) *Il primo piano* => il blocco centrale, una volta occupato dalla sala convegni polifunzionale e dalla sala riunioni, viene suddiviso in 16 camere, 7 rivolte a SUD e 9 a NORD; il blocco camere, invece, non subisce alcuna modifica.

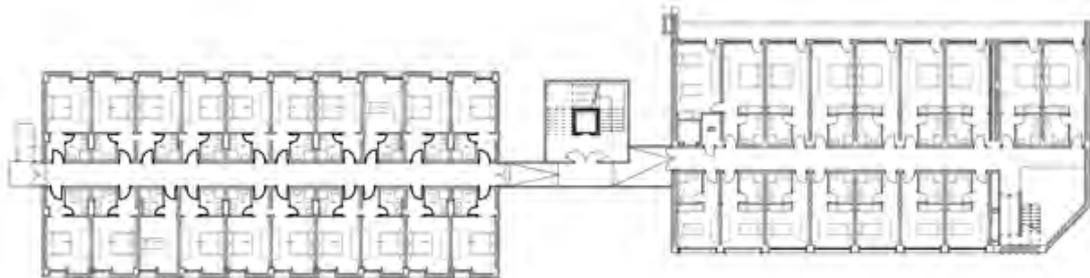


Figura 5.2.3 pianta del primo piano dell'Hotel San Faustino

La struttura, composta attualmente da 27 camere, dunque, prevede la realizzazione di 50 nuove camere per un totale di 154 posti letto.

5.2.1 Descrizione dell'involucro di progetto

Al fine di migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio, viene applicato uno strato di 120 mm di polistirene espanso sinterizzato in lastre stampate (EPS) alle pareti opache (esterne del blocco centrale, portando così lo spessore del muro da 280 mm a 405 mm come riportato in tabella 5.2.1.1. La trasmittanza termica della superficie opaca, passerà dal valore iniziale pari a $U = 0.654 \text{ W/m}^2\text{K}$ al valore di $U = 0.246 \text{ W/m}^2\text{K}$:

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m ² K]	M.S. [kg/m ²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m ² K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Malta di calce o di calce e cemento.	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017	
3	Blocco forato di laterizio (250*250*250) spessore 250	250		1.250	199.00	25.710	840	0.800	
4	Malta di calce o di calce e cemento.	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017	
5	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.20	120	0.040	0.330	2.40	4.170	1200	3.030	
6	Intonaco plastico per cappotti	5	0.200	40.000	7.00	18.000	1000	0.025	
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 4.059 m ² K/W				TRASMITTANZA = 0.246 W/m ² K					
SPESSORE = 405 mm				CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 48.637 kJ/m ² K				MASSA SUPERFICIALE = 228 kg/m ²	
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.03 W/m ² K				FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.13				SFASAMENTO = 11.55 h	
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i.									

STRATIGRAFIA STRUTTURALE		DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI						
	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 168	50.0	-2.1	513	145	28.3
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.								

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	75.70	82.80	58.00	69.20	68.80	59.90	56.00	56.70	74.10	77.50	87.10	83.30
Tof1	5.20	6.10	9.20	12.10	16.10	20.80	23.20	22.80	19.60	14.90	9.80	5.10
URcf2	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Tof2	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Verifica Interstiziale	VERIFICATA La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.											
Verifica Superficiale	VERIFICATA Valore massimo ammissibile di U = 0.6655 W/m ² K (mese critico: Gennaio).											
La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.												
cf1 = Esterno												
cf2 = Albergo Esistente con Ampliamento												

Tabella 5.2.1.1 caratteristiche termiche e igrometriche delle pareti perimetrali opache dell'Hotel San Faustino

La trasmittanza termica del solaio sottotetto viene migliorata nel blocco camere, tabella 5.2.1.2, nel blocco centrale, tabella 5.2.1.3, e nel blocco ampliato corrispondente alla sala colazione, tabella 5.2.1.4.

La ristrutturazione del solaio sottotetto del blocco camere prevede l'installazione di uno strato aggiuntivo di 180 mm di pannelli semirigidi in lana feldspatica, chiamata comunemente lana di roccia, ottenendo, così facendo, uno spessore totale pari a 425 mm. Tale materiale naturale, ottenuto dalla fusione e dalla filatura di rocce naturali, risulta essere un ottimo isolante termico grazie alla particolare struttura fibrosa e alla bassa conducibilità termica; inoltre, ha proprietà acustiche elevate, è incombustibile, idrorepellente ed ecologico.

La trasmittanza termica del solaio, allora, risulta essere $U = 0.206 \text{ W/m}^2\text{K}$:

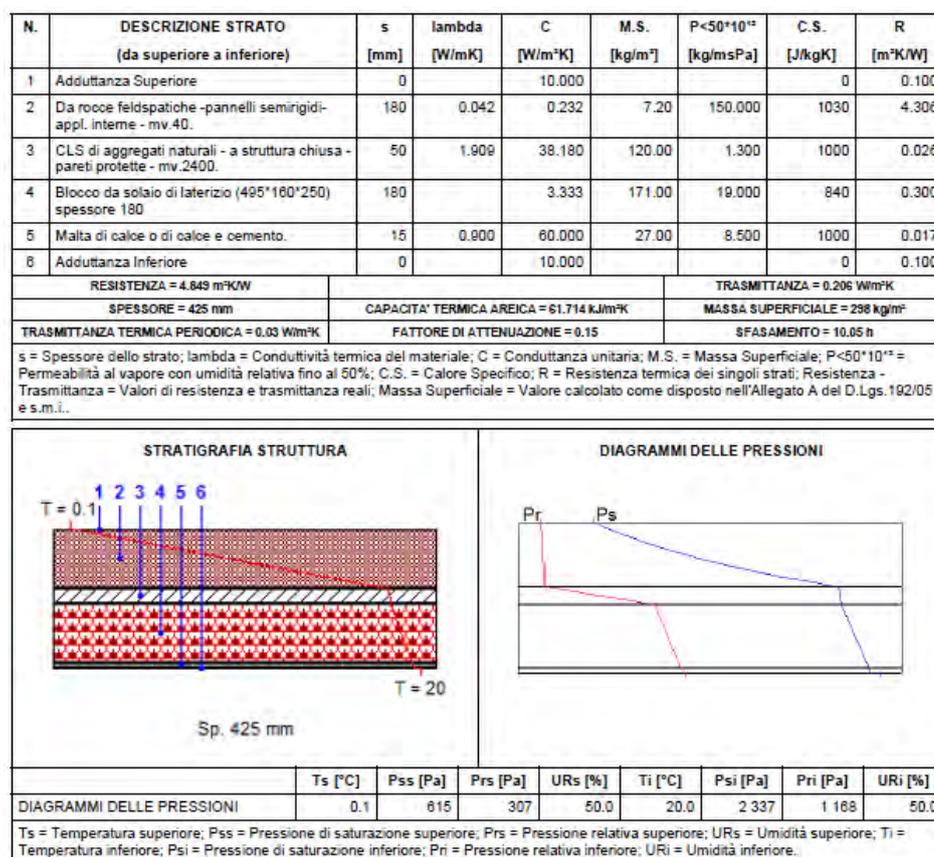


Figura 5.2.1.2 caratteristiche termiche e igrometriche del solaio sottotetto del blocco camere dell'Hotel San Faustino

Il solaio sottotetto del corpo centrale dell'edificio, invece, è costituito da pannelli semirigidi in lana feldspatica e due strati di cartongesso di 12 mm ciascuno, per uno spessore totale pari a 204 mm ottenendo una trasmittanza termica pari a $U = 0.216 \text{ W/m}^2\text{K}$:

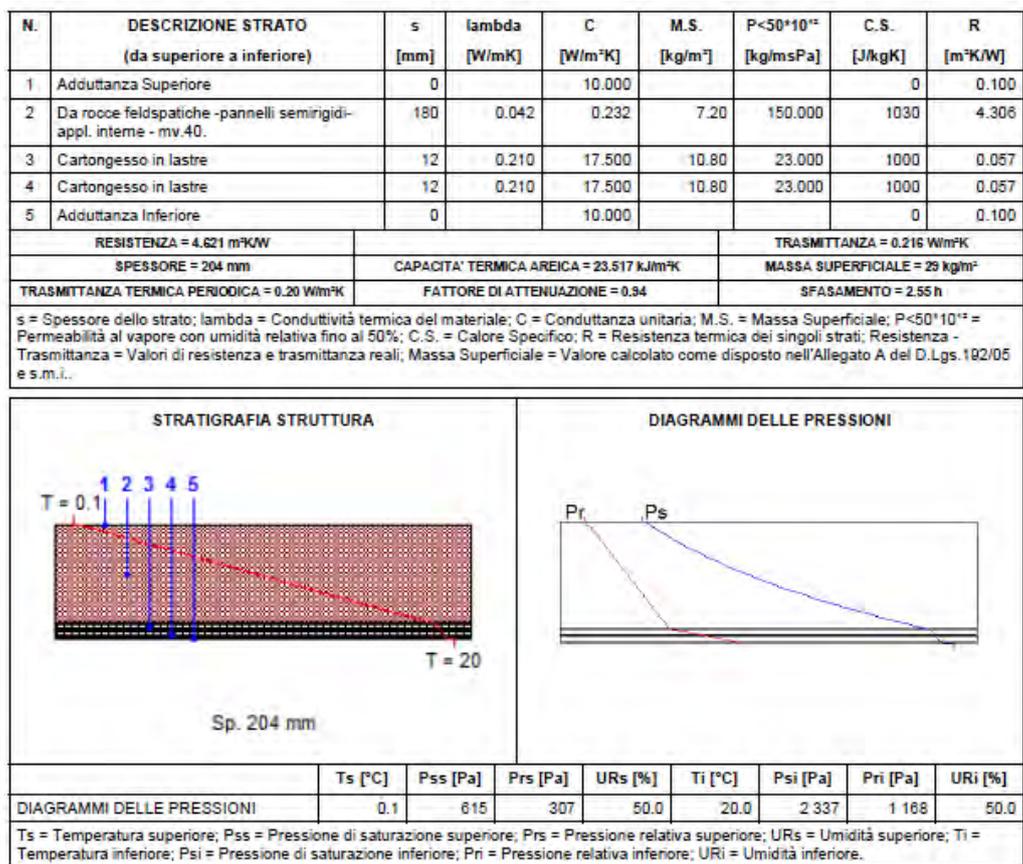


Figura 5.2.1.3 caratteristiche termiche e igrometriche del solaio sottotetto del blocco centrale dell'Hotel San Faustino

Il solaio sottotetto della parte di edificio ampliata, inerente alla sala colazione, prevede invece l'installazione di uno strato di 150 mm di polistirene espanso estruso (XPS) che, a differenza del polistirene espanso sinterizzato (EPS), grazie alla sua struttura espansa a cellula chiusa, risulta avere una più elevata resistenza alla diffusione del vapore acqueo.

In questo caso lo spessore totale del solaio risulta essere uguale a 575 mm a cui corrisponde una trasmittanza termica $U = 0.199 \text{ W/m}^2\text{K}$:

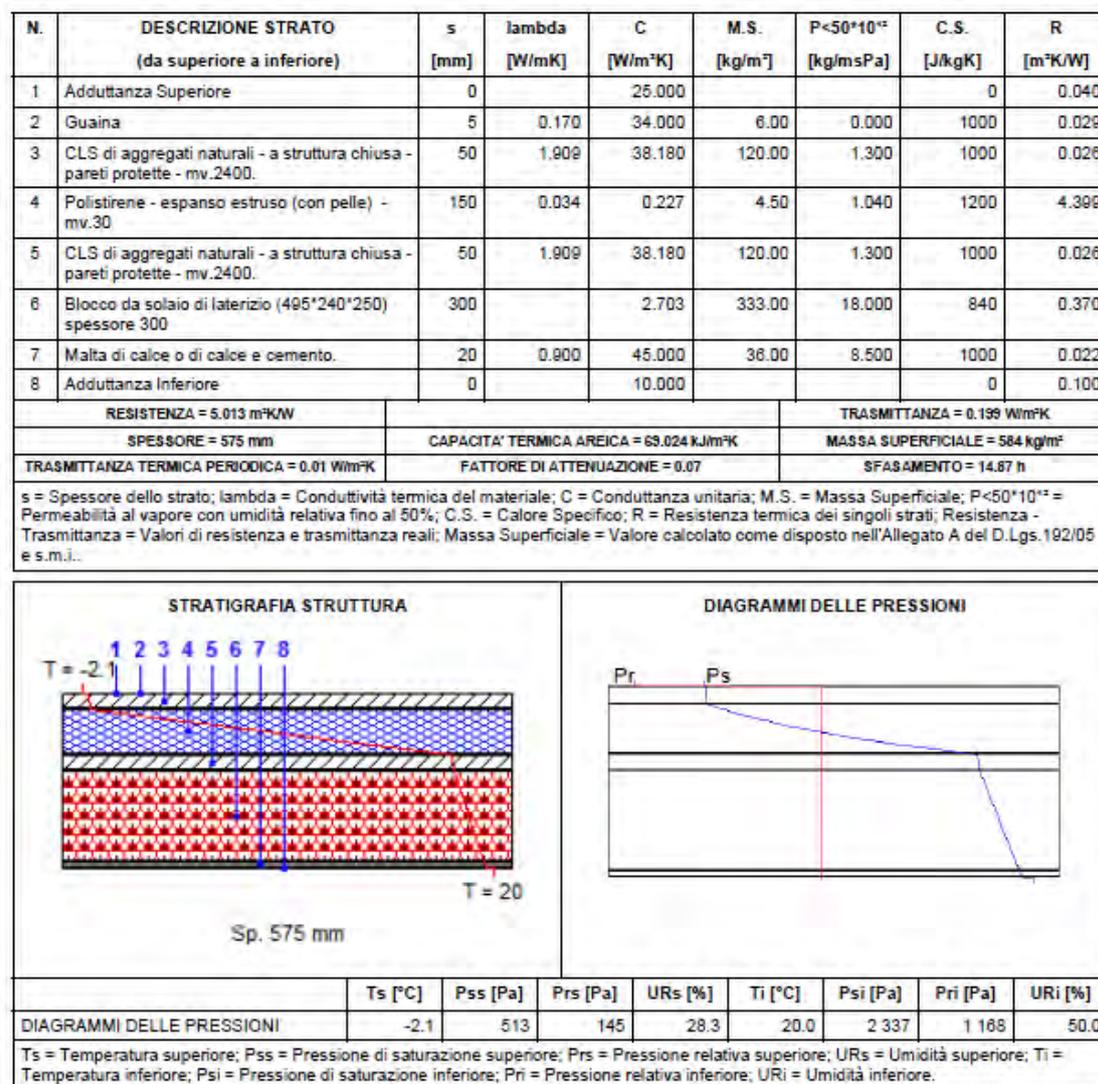


Figura 5.2.1.4 caratteristiche termiche e igrometriche del solaio sottotetto della parte ampliata dell'Hotel San Faustino

In questo caso, la verifica igrometrica interstiziale della struttura, pur essendo soggetta fenomeni di condensa interstiziale, risulta verificata in quanto la quantità stagionale di condensato, pari a 0.0277 kg/m^2 , evapora durante la stagione estiva; il mese in cui si raggiunge il massimo accumulo di condensa risulta essere Aprile.

Lo spessore delle componenti vetrate della zona ampliata risulta essere pari a 24 mm, e non più di 14 mm come quella della restante porzione di edificio. Queste, ora, sono costituite da due lastre di vetro di 4 mm divise da un ambiente contenente Argon di spessore di 16 mm. L'Argon, a differenza dell'aria, è un gas nobile che

migliora l'isolamento e la trasmittanza termica e va ad inficiare in maniera positiva al miglioramento del valore di U_g . La trasmittanza termica del vetro, come riportato in tabella 5.2.1.5, passa dal valore di $U_g = 3.300 \text{ W/m}^2\text{K}$ al valore di $U_g = 1.600 \text{ W/m}^2\text{K}$, mentre quella delle finestre passa da $U_w = 3.236 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $U_w = 2.192 \text{ W/m}^2\text{K}$:

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	1.286	0.514	7.280	1.600	2.541	0.080	2.192	0.50
Ponte Termico Infisso-Parete: nessuno = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Prospetto C.1 UNI/TS 11300-1:2008								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2853
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.456 m ² K/W
TRASMITTANZA TOTALE	2.192 W/m ² K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	1.600 W/m ² K

Tabella 5.2.1.5 caratteristiche termiche dei componenti finestrati

5.2.2 Tipologia dell'impianto di progetto

Il progetto di ristrutturazione dell'impianto prevede di recuperare la centrale termica esistente, cambiandone, però, la funzionalità. Il loro utilizzo, infatti, sarà solo parziale: non verranno più utilizzate, per soddisfare l'intero fabbisogno di riscaldamento, bensì per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria, integrata dall'installazione di pannelli solari termici, e per far fronte al picco di riscaldamento nel periodo invernale, attraverso i radiatori.

L'impianto solare termico che verrà installato, presenta le seguenti caratteristiche:

- tipologia di collettore: collettori piani vetrati;
- inclinazione collettori: 20.0 °;
- orientamento collettori: SUD – EST;
- area di captazione netta: 130.00 m²;
- tipo di circolazione: forzata;
- temperatura di acqua di rete: 15.0 °C;
- temperatura di utilizzo dell'acqua calda sanitaria: 40.0 °C;
- tipo di sistema: collegato ad accumulo;
- rendimento del circuito solare: 0.80;
- potenza nominale dei circolatori: 625.00 W;
- volume nominale dell'accumulatore: 8000 litri.

La prevalente porzione di climatizzazione invernale e l'intera richiesta di quella estiva verrà soddisfatta attraverso l'installazione di due pompe di calore elettriche aria-acqua, figura 5.2.2.1, costituite da un circuito chiuso nel quale scorre il fluido frigorifero R-410 A .



Figura 5.2.2.1 pompa di calore elettrica installata nell'Hotel San Faustino

Per entrambe, la capacità in riscaldamento risulta essere pari a 254 kW con coefficiente di prestazione nel funzionamento invernale $COP = 3.21$, mentre la capacità in raffrescamento risulta 223 kW con indice di efficienza energetica nel funzionamento estivo $EER = 2.87$.

La struttura sarà dotata di sistema fotovoltaico installato sulla copertura sull'hotel, che presenta le seguenti caratteristiche:

- tipologia di modulo: Silicio multi-cristallino;
- area netta moduli: 220 m²;
- orientamento: SUD – EST;
- inclinazione (tilt): 20 °;
- potenza di picco dell'impianto: 28.6 kW.

L'acqua di mandata prodotta dalle pompe di calore, ha una temperatura di 45 °C, che va ad alimentare il sistema di ventilconvettori, figura 5.2.2.2, mentre i radiatori, riportati in figura 5.2.2.3, che richiedono una temperatura dell'acqua superiore (attorno ai 75 °C), saranno alimentati dalle caldaie a gpl, ed entreranno in funzione solamente per coprire i picchi di richiesta nei periodi invernali più rigidi.



Figura 5.2.2.2 esempio di ventilconvettore installato nell'Hotel San Faustino



Figura 5.2.2.3 esempio di radiatore installato nell'Hotel San Faustino

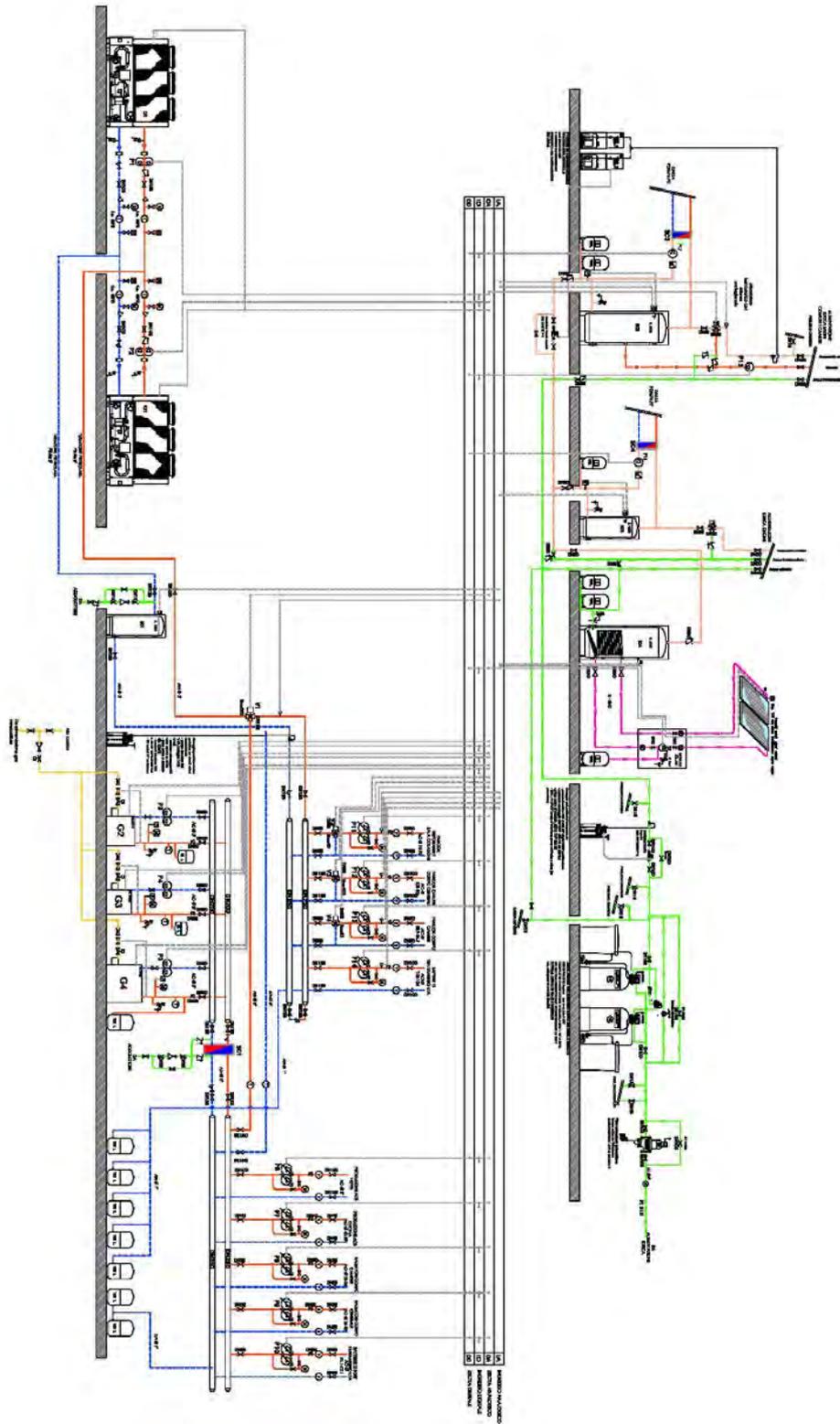


Figura 5.2.2.4 schema dell' impianto di riscaldamento-raffrescamento e ACS dell'Hotel San Faustino

I circolatori installati nell'impianto di progetto sono a velocità variabile e differiscono dalle pompe di circolazione standard a velocità fissa, precedentemente installate, per la possibilità di regolare il suo funzionamento in base alle reali richieste dell'impianto; questa caratteristica consente notevoli risparmi di energia elettrica, oltre il 50%.

L'unità di trattamento aria (U.T.A.) viene sostituita con una macchina più efficiente e dotata di recuperatore di calore:

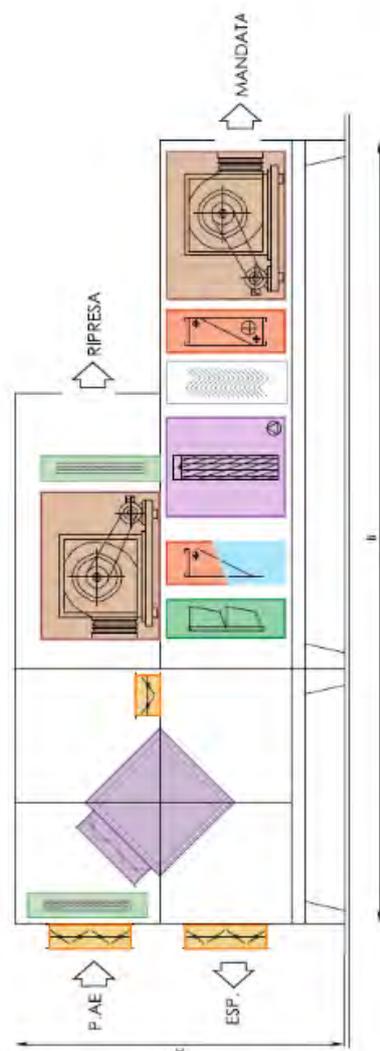


Figura 5.2.2.5 schema dell' UTA installata nell'Hotel San Faustino

E' costituita da:

- ventilatore di mandata;
- recuperatore a flussi incrociati;
- batteria promiscua per il trattamento, funzionante nel periodo di raffrescamento a 7-12 °C e per il riscaldamento a 40-45 °C;
- umidificatore adiabatico;
- batteria post riscaldamento funzionante a 65-60°C;
- ventilatori di ripresa;
- sonda di CO₂ sulla ripresa per la parzializzazione dell'aria esterna.

L'adozione del recuperatore a flussi incrociati permette di ridurre sensibilmente il periodo di accensione del circuito frigorifero nell'arco dell'anno, riducendo così al minimo i consumi di energia elettrica.

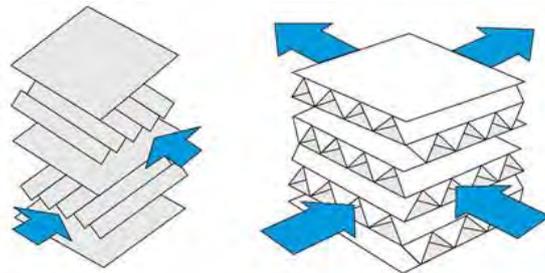


Figura 5.2.2.6 schematizzazione del recuperatore a flussi incrociati

Il flusso d'aria interna estratta e quello d'aria esterna di rinnovo attraversano il recuperatore incrociandosi senza mescolarsi, come riportato in figura 5.2.2.6, grazie alla perfetta tenuta del pacchetto di scambio costituito da lamiera di alluminio stampate con sigillature lungo i bordi. L'elevata efficienza del pacco stesso permette al flusso a temperatura maggiore di cedere calore sensibile a quello a temperatura minore, determinando così un abbattimento dei consumi energetici.

L'installazione della sonda di CO₂ sulla ripresa dell'aria, permette di controllarne la qualità all'interno dell'ambiente e, in caso di necessità, attiva l'apporto di aria esterna tramite il recuperatore oppure tramite il ventilatore di ripresa. Quando la qualità dell'aria è tornata al livello previsto il sistema torna automaticamente al funzionamento normale. Questo sistema è ideale per controllare ambienti occupati con frequenza variabile (sale riunioni, aule di formazione) oppure ambienti con una maggiore concentrazione di sostanze inquinanti (fumi, particolato ecc.).

5.2.3 Prestazione energetica dello stato di progetto

Apportando le modifiche sopra descritte per l'involucro e per l'impianto, si è stimata la prestazione energetica finale per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria, riassumendo i risultati nella tabella 5.2.3.1:

Indici di Prestazione Energetica	[kWh/m ² anno]
EP _i	62.447
EP _{acs}	20.977
EP _{gl}	83.424

Tabella 5.2.3.1 indici di prestazione energetica dello stato di progetto

Come riportato nella tabella riassuntiva 5.2.3.2, infatti, è possibile notare come si abbia una diminuzione sia dell'indice di prestazione energetica EP_{acs}, dovuta all'installazione dell'impianto solare termico, sia dell'indice EP_i, grazie alle migliorie apportate lato involucro e lato impianto dell'hotel:

Indice di Prestazione Energetica	kWh/m ² anno pre-intervento	kWh/m ² anno post-intervento	Percentuale risparmiata
EP _i	159.388	62.447	60%
EP _{acs}	63.643	20.977	67%
EP _{gl}	223.031	83.424	62%

Tabella 5.2.3.2 confronto indici di prestazioni energetiche pre e post intervento

Possiamo notare, dunque, dall’attestato di prestazione energetica compilato per lo stato di progetto come l’edificio passi dalla classe energetica globale G alla classe D.



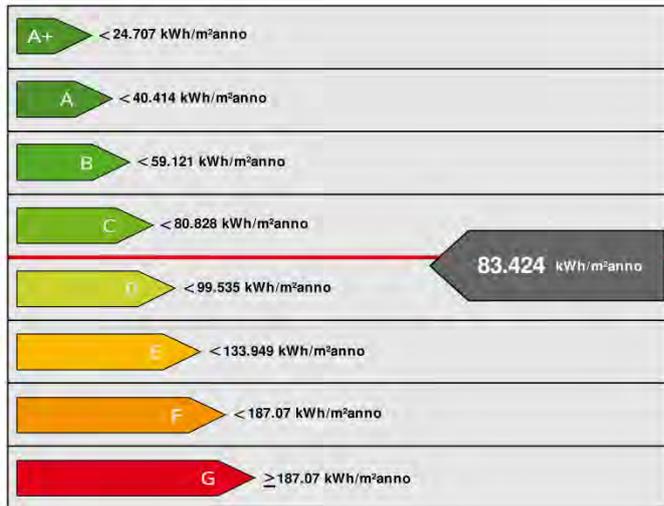
5. Metodologie di calcolo adottate	Metodo calcolato di progetto (rif. prescritto UNI/TS 11300) secondo il paragrafo 4, punto 1 dell'allegato A (Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica degli edifici) del Decreto Ministeriale 26 giugno 2009
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. RACCOMANDAZIONI

Interventi	Prestazione Energetica/Classe a valle del singolo intervento	Tempo di ritorno (anni)
PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE	83.42 kWh/m ² anno	0.0

7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO

SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE	Riscaldamento <input checked="" type="checkbox"/>	Raffrescamento <input type="checkbox"/>	Acqua calda sanitaria <input checked="" type="checkbox"/>
---------------------------------------------------------	---------------------------------------------------	-----------------------------------------	-----------------------------------------------------------



8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI					
8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (E _{Pe})		Indice energia primaria (E _{Pi})	62.447 kWh/m ² anno	Indice energia primaria (E _{Pacs})	20.977 kWh/m ² anno
Indice energia primaria limite di legge		Indice energia primaria limite di legge (d.lgs. 192/05)	62.828 kWh/m ² anno		
Indice involucro (E _{Pe} , invol)	29.525 kWh/m ² anno	Indice involucro (E _{Pi} , invol)	44.796 kWh/m ² anno	Fonti rinnovabili:	
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto (η_g)	71.73%	Solare Termico	69 410.21 kWh
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili: Fotovoltaico Pompa di Calore	13 405.09 kWhel 93 162.92 kWh		

9. NOTE	
(interventi di manutenzione edile ed impiantistica, energeticamente significativi, realizzati nella vita dell'edificio, sistemi gestionali in essere, ...)	

10. EDIFICIO				
Tipologia edilizia	Complesso Alberghiero			
Tipologia costruttiva	Telaio in C.A. e muratura di tamponamento isolata			
Anno di costruzione	1989	Numero unità immobiliari	1	
Volume lordo riscaldato V (m ³)	12 043.41	Superficie utile (m ²)	3 229.76	
Superficie disperdente S (m ²)	6 349.86	Zona climatica/GG	E / 2262	
Rapporto S/V (m ⁻¹)	0.53	Destinazione d'uso	E.1 (3)	

11. IMPIANTI				
Riscaldamento	Anno di installazione	2014	Tipologia	Pompa di Calore (n°2)
	Potenza nominale (kW)	500.0	Combustibile/i	Elettricità
Acqua calda sanitaria	Anno di installazione	1989	Tipologia	Caldia a GPL
	Potenza nominale (kW)	720.0	Combustibile/i	G.P.L.
Raffrescamento	Anno di installazione	2014	Tipologia	Pompa di Calore (n°2)
	Potenza nominale (kW)	500.0	Combustibile/i	elettricità
Fonti rinnovabili (Solare Termico)	Anno di installazione	2014	Tipologia	Solare Termico
	Energia annuale prodotta	69 410.21 kWh		
Fonti rinnovabili (Solare Fotovoltaico)	Anno di installazione	2014	Tipologia	Solare Fotovoltaico
	Energia annuale prodotta	32 967.46 kWhel		
Fonti rinnovabili (Pompa di Calore)	Anno di installazione	2014	Tipologia	Pompa di Calore
	Energia annuale prodotta	93 162.92 kWh		

Fonti rinnovabili (Teleriscaldamento)	Anno di installazione	2014	Tipologia	
	Energia annuale prodotta	0.00 kWh		
Fonti rinnovabili (Biomassa)	Anno di installazione	2014	Tipologia	
	Energia annuale prodotta	0.00 kWh 0.00 kWhel		

12. PROGETTAZIONE

Progettista/i architettonico			
Indirizzo		Telefono/e mail	
Progettista/i impianti	ing. Mauro Baessato		
Indirizzo		Telefono/e mail	

13. COSTRUZIONE

Costruttore			
Indirizzo		Telefono/e mail	
Direttore/i lavori			
Indirizzo		Telefono/e mail	

14. SOGGETTO CERTIFICATORE

Ente/Organismo pubblico	<input type="checkbox"/>	Tecnico abilitato	<input checked="" type="checkbox"/>	Energy Manager	<input type="checkbox"/>	Organismo / Società	<input type="checkbox"/>
Nome e cognome / Denominazione							
Indirizzo		Telefono/e mail					
Titolo		Ordine/Iscrizione					
Dichiarazione di indipendenza							
Informazioni aggiuntive							

15. SOPRALLUOGHI

1) 10/03/2014

16. DATI DI INGRESSO

Progetto energetico	<input checked="" type="checkbox"/>	Rilievo sull'edificio	<input type="checkbox"/>
Provenienza e responsabilità			

17. SOFTWARE

Denominazione	TerMus	Produttore	ACCA software S.p.A.
Dichiarazione di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti inferiore al +/- 5% rispetto ai valori della metodologia di calcolo di riferimento nazionale (UNI/TS 11300)			
Il software TerMus è CERTIFICATO conforme alle norme UNI/TS 11300-1:2008, UNI/TS 11300-2:2008, UNI/TS 11300-4:2012 dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) ai sensi del D.P.R. 59/2009 (Certificati n.1 del 06/07/2009 e n.25 del 15/06/2012)			
			

Ai sensi dell'art.15, comma 1 del D.Lgs. 192/2005 come modificato dall'art.12 del D.L. 63/2013 (convertito in legge dalla Legge 90/2013), il presente ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA è reso, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi

Capitolo 6 – Applicazione del calcolo dinamico al caso di studio

6.1 Il modello di calcolo dinamico: Design Builder



Design Builder è un software utilizzato per eseguire analisi energetiche di tipo dinamico sugli edifici calcolandone, in modo dettagliato, i fabbisogni di riscaldamento e raffrescamento, le dispersioni termiche e i guadagni termici e analizzandone il comfort interno. Permette di disegnare in 3D il modello dell'edificio e di assegnargli caratteristiche fisiche e termiche, quali dimensioni, materiali, impianti termici e carichi termici. Sviluppato da Design Builder Software, risulta essere l'interfaccia utente più completa per il software di calcolo EnergyPlus, creato dall'U.S. Department of Energy, simulando contemporaneamente l'ambiente e l'impianto di climatizzazione. Nell'elaborato svolto è stata usata la versione 4.0.0.132 rilasciata nel 2014; tale versione, l'ultima resa a disposizione da Design Builder Software, a differenza delle versioni precedenti considera e rende applicabile l'installazione di impianti solari termici e di moduli fotovoltaici.

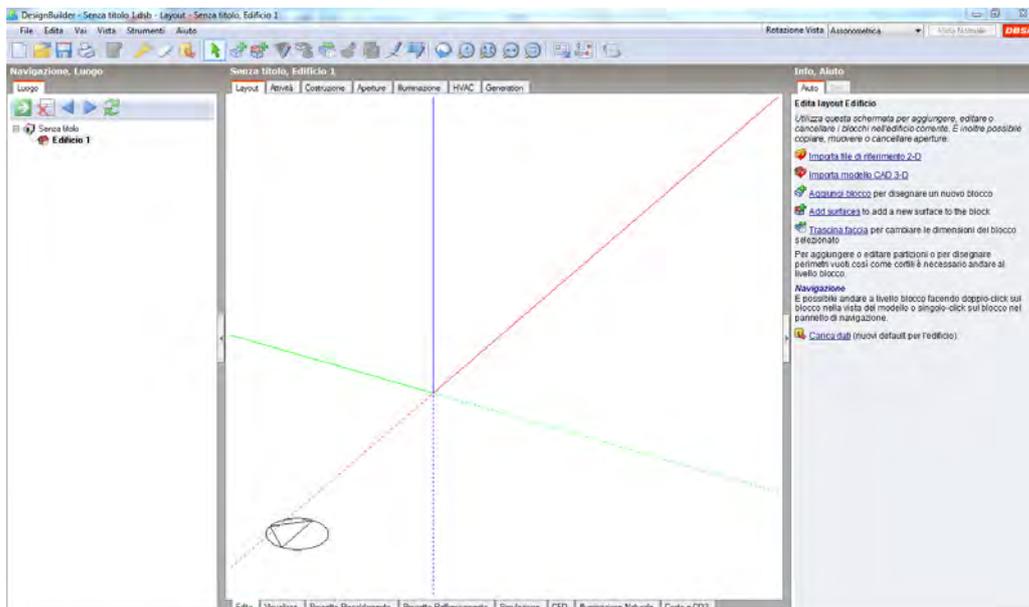


Figura 6.1.1 Design Builder, schermata iniziale

In Design Builder è possibile creare un modello dell'edificio oggetto di studio tramite il disegno di "blocchi" che rappresentano uno spazio tridimensionale, come riportato in figura 6.1.2; ogni blocco, a sua volta, può successivamente essere suddiviso in "zone", ossia ambienti con diverse caratteristiche termiche, ciascuna delle quali viene definita dalle superfici che la delimitano.

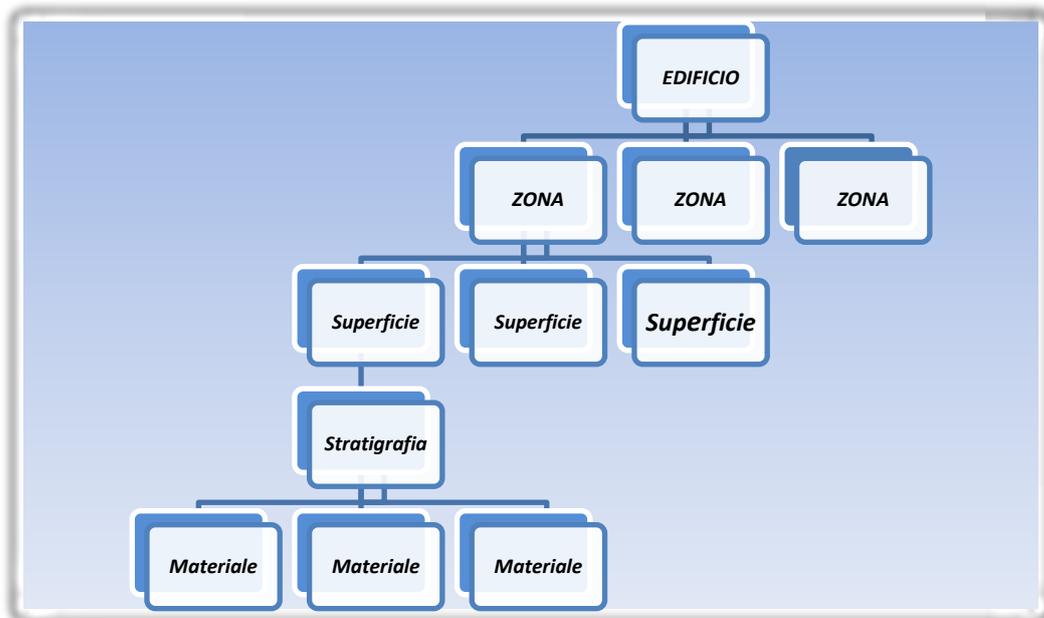


Figura 6.1.2 schema della costruzione del modello di edificio

6.2 Input del programma

Dopo aver creato il modello dell'edificio, è necessario definirne la localizzazione: dal pannello "località" viene richiesto di impostare il *template* (modello) della località, le coordinate geografiche, i dati climatici per la progettazione del riscaldamento e del raffrescamento, il file climatico ed infine alcuni dettagli geomorfologici del luogo come la quota sul livello del mare, l'esposizione al vento, le caratteristiche del terreno e le relative temperature mensili e le precipitazioni. Tutti questi dati, una volta definita la località, vengono inseriti automaticamente dal programma

considerando i dati meteorologici dell'anno tipo contenuti nel database di EnergyPlus riferiti al template considerato.

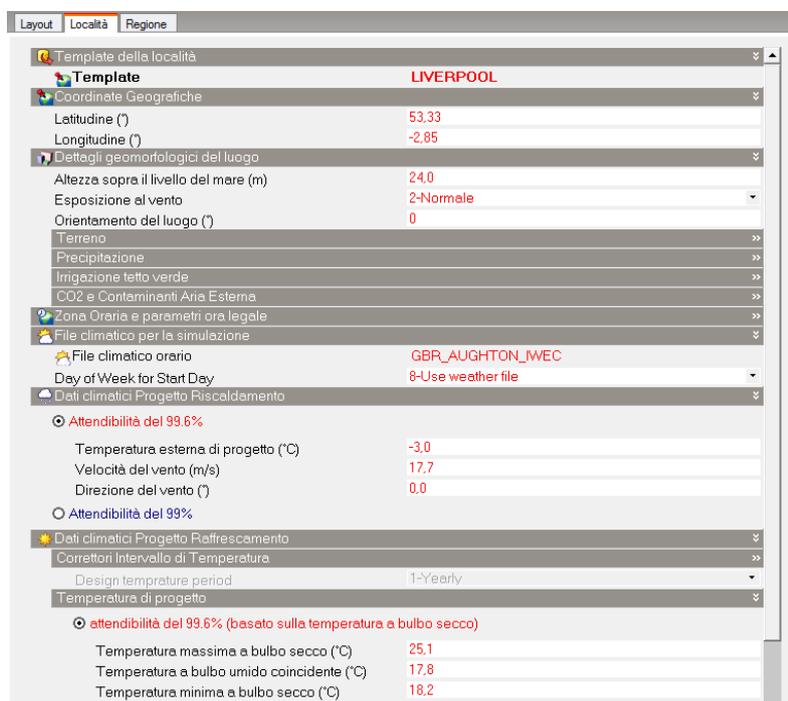


Figura 6.2.1 Design Builder, esempio di impostazione “località” e file climatico di Liverpool

Successivamente è necessario impostare i parametri richiesti dai pannelli “Attività”, “Costruzioni”, “Aperture”, “Illuminazione”, “HVAC” (Heating Ventilation Air Conditioning) e “CFD”. Per ognuno di questi è possibile caricare vari template contenuti nella libreria di EnergyPlus o, in alternativa, crearne di nuovi.

Dal pannello “Attività” vengono definiti il tasso di occupazione [persone/m³] e le azioni svolte all'interno della zona selezionata. Nel dettaglio è richiesto di inserire il tasso di consumo di ACS [l/m²giorno], le temperature [°C] di setpoint di riscaldamento, di raffrescamento e di ventilazione, la quantità minima di aria di rinnovo per persona e per m², le tipologie di apparecchiature elettriche installate nel locale e i relativi apporti di calore [W/m²], come riportato in figura 6.2.2:

The screenshot displays the 'Attività' (Activities) settings panel in Design Builder. The interface is organized into several sections:

- Templates attività:**
 - Template: Generic Office Area
 - Settore: B1 Offices and Workshop businesses
 - Moltiplicatore zona: 1
 - Includi zona nei calcoli termici
 - Includi zona nei calcoli di illuminazione naturale di Radiance
 - Superficie di pavimento totale dell'edificio: []
- Occupazione:**
 - Densità (persone/mq): 0,1110
 - Programma: Office_OpenOff_Occ
 - Frazione latente: 0,50
 - Tasso metabolico: []
 - Vacanze: []
 - ACS: []
 - Tasso di consumo (l/mq giorno): 0,200
- Controllo ambientale:**
 - Setpoint di Riscaldamento:
 - Riscaldamento (°C): 22,0
 - Temp. di attenuazione in Riscaldamento (°C): 12,0
 - Setpoint di Raffrescamento:
 - Raffrescamento (°C): 24,0
 - Temp. Di attenuazione in Raffrescamento (°C): 28,0
 - Controllo Umidità:
 - Setpoint umidificazione RH (%): 10,0
 - Setpoint deumidificazione RH (%): 90,0
 - Setpoint di Ventilazione: []
- Ventilazione naturale:**
 - Controllo della temperatura interna minima
 - Definizione della temperatura minima: 1-Da valore
 - Temperatura minima (°C): 24,0
 - Controllo della temperatura interna massima
 - Aria minima di rinnovo:
 - Aria di rinnovo (l/s-persona): 10,000
 - Vent Mecc per superficie (l/s-mq): 0,000
- Computers:**
 - On
- Dispositivi d'ufficio:**
 - On
 - Apporti (W/mq): 11,77
 - Programma: Office_OpenOff_Equip
 - Frazione radiante: 0,200
- Varie:**
 - On
 - Preparazione cibi: []
 - Macchinari aggiuntivi: []

Figura 6.2.2 Design Builder, scheda "Attività"

Il pannello **"Costruzione"** contiene le caratteristiche costruttive dei vari elementi edilizi: pareti esterne e divisorie, pavimenti, soffitti e coperture. Le stratigrafie vengono costruite impostando i materiali, gli spessori e le proprietà degli stessi: conducibilità [W/mK], densità [kg/m^3] e calore specifico [J/kgK]. Al termine di questi settaggi Design Builder calcola in automatico la resistenza superficiale [$\text{m}^2\text{K/W}$], la capacità termica [J/K], la trasmittanza [$\text{W/m}^2\text{K}$] e la resistenza termica [$\text{m}^2\text{K/W}$]

della stratigrafia stessa. Inoltre, è anche possibile fissare la quantità di infiltrazioni attraverso la parete:



Figura 6.2.3 Design Builder, scheda “Costruzione”

La sezione “**Aperture**” consente di definire il valore di trasmittanza termica degli elementi vetrati e dei telai [W/m^2K], oltre ai relativi materiali e dimensioni che le costituiscono:

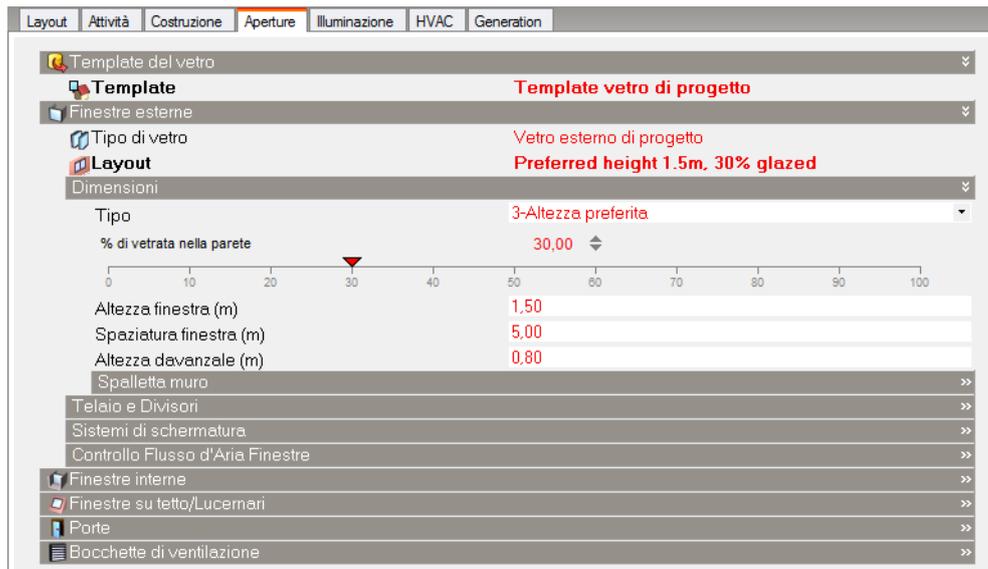


Figura 6.2.4 Design Builder, scheda “Aperture”

Dal pannello “**illuminazione**” viene impostata la potenza della luce necessaria nell’ambiente [W/m^2 -100 lux], il tipo di illuminazione (sospeso, applicato alla superficie o incassato) e le ore di funzionamento:

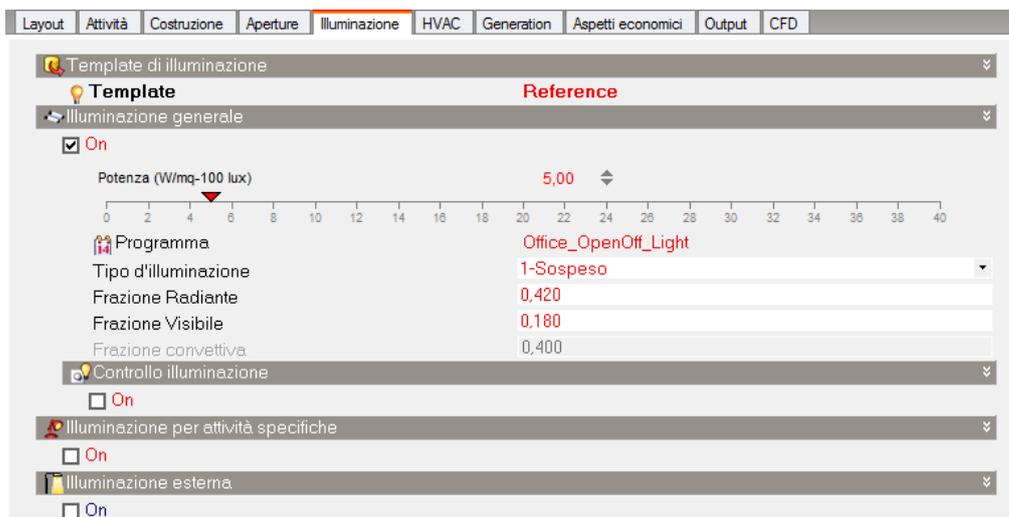


Figura 6.2.5 Design Builder, scheda “Illuminazione”

E' anche possibile impostare il controllo dell'illuminazione artificiale, in funzione della luce naturale esterna incidente sull'ambiente considerato: all'aumentare della luce naturale la frazione di luce artificiale diminuisce.

La scheda "HVAC" (Heating Ventilation Air Conditioning) riguarda i sistemi di ventilazione, riscaldamento e raffrescamento dell'aria nelle zone. Sono richieste le modalità di funzionamento degli impianti, oltre alla definizione di produzione di acqua calda sanitaria e alla necessità di ventilazione naturale.



Figura 6.2.6 Design Builder, scheda "HVAC"

6.2.1 Il progetto di riscaldamento e il progetto di raffrescamento

Design Builder consente di calcolare il fabbisogno di riscaldamento e di raffrescamento rispettivamente nel giorno più freddo e in quello più caldo. Il calcolo del carico termico invernale è in regime stazionario, mentre quello del carico termico estivo è in regime dinamico.

Attivando il comando “**Progetto di riscaldamento**” Design Builder calcola il fabbisogno di riscaldamento dell’edificio; come output di tale analisi si ottengono un grafico delle temperature [°C] e un grafico di bilancio termico [kW] che riporta le perdite attraverso l’involucro, oltre al fabbisogno di riscaldamento per bilanciare tali dispersioni e mantenere l’ambiente interno alla temperatura desiderata.



Grafico 6.2.1.1 Design Builder, esempio di “Progetto di riscaldamento”

Le temperature riportate nel grafico 6.2.1.1 sono così definite:

- la temperatura dell’aria interna T_a misurata lontana dalle superfici;
- la temperatura media radiante T_{mr} definita come la temperatura fittizia di una cavità, nera ed isoterma, in cui una persona scambierebbe la stessa potenza termica per radiazione che scambia nell’ambiente reale (non uniforme). In termini analitici, essa può essere valutata come media delle temperature delle pareti interne all’ambiente che si trovano ad una temperatura diversa da quella del corpo umano;
- la temperatura operativa T_o definita come la temperatura uniforme di una cavità nera virtuale in cui gli scambi termici per convezione ed irraggiamento

tra il soggetto e questo ambiente virtuale è pari alla somma degli scambi termici per convezione ed irraggiamento tra il soggetto e l'ambiente reale (non uniforme). La temperatura operativa può essere calcolata, con sufficiente approssimazione, mediante la seguente equazione:

$$T_o = \frac{h_r T_{mr} + h_c T_a}{h_r + h_c}$$

dove:

- h_r [W/m²K] è il coefficiente di scambio termico radiativo (detto anche conduttanza termica radiativa);
- h_c [W/m²K] è il coefficiente di scambio termico convettivo (detto anche conduttanza termica convettiva);
- la temperatura esterna a bulbo secco;

Attivando, invece, il comando **“Progetto raffrescamento”** Design Builder calcola i parametri principali che definiscono l'ambiente esterno nel grafico relativo ai *“Dati del luogo”* e i parametri inerenti al comfort termico interno mediante il grafico *“Comfort”*.

Nel grafico 6.2.1.2 vengono riportati: la temperatura esterna [°C], l'azimut solare [°], l'altezza solare [°], la radiazione solare diretta [kW/m²] e quella diffusa [kW/m²] riferiti al giorno più caldo dell'anno.

L'altezza solare corrisponde all'angolo tra la congiungente sole-località considerata e il piano orizzontale passante per quest'ultima; l'azimut solare, invece, corrisponde all'angolo che la proiezione della congiungente sole-località considerata forma nel piano orizzontale con la direzione SUD.

La radiazione solare diretta è l'energia radiante emessa dal sole che raggiunge il suolo della superficie terrestre senza esser perturbata durante il suo percorso

attraverso l'atmosfera, mentre la radiazione solare diffusa è l'energia radiante emessa dal sole, che colpendo i gas atmosferici, cambia angolo di incidenza nella sua direzione verso il suolo.

Sommando i due valori di radiazione solare si ottiene la radiazione totale su un piano orizzontale.

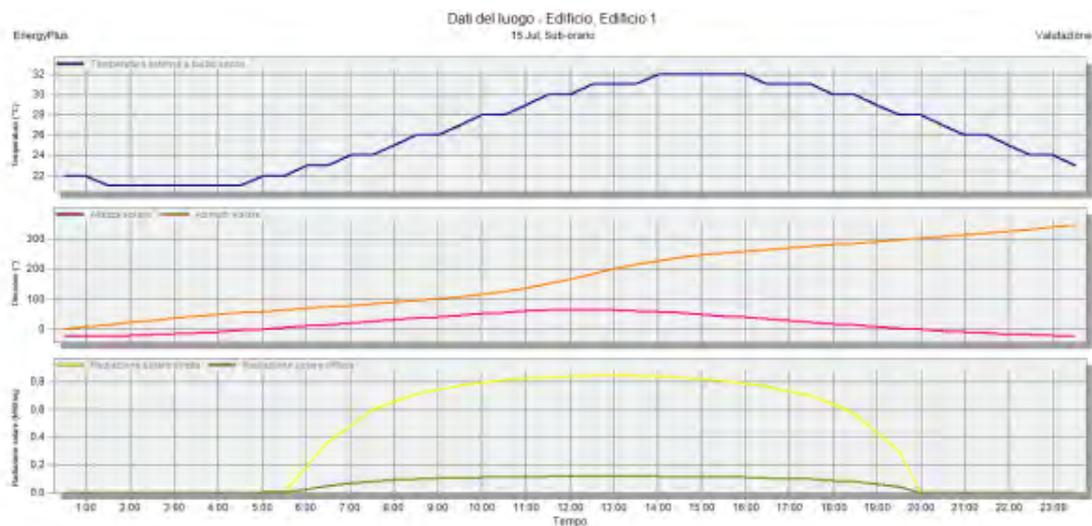


Grafico 6.2.1.2 Design Builder, esempio di “Progetto raffrescamento”, “Dati del luogo”

Il grafico 6.2.1.3 riporta la temperatura dell'aria, quella radiante, quella operante e quella esterna a bulbo secco, l'umidità relativa interna [%] e i ricambi d'aria [vol/h] dati dalla ventilazione meccanica da quella naturale e dalle infiltrazioni.



Grafico 6.2.1.3 Design Builder, esempio di “Progetto raffrescamento”, “Comfort”

6.2.2 La simulazione dinamica

Il comando **“Simulazione”** permette di svolgere le analisi in regime dinamico, ossia di osservare come si sviluppano, all’interno di intervalli più o meno ampi, le variabili termiche che influiscono sul comportamento energetico dell’edificio. Si deve impostare il periodo della simulazione che può essere annuale, come riportato nei risultati riferiti allo stato di progetto del modello considerato, oppure scegliere una simulazione per il periodo estivo o per il periodo invernale.

Da specifica tecnica UNI TS 11300-1, la durata della stagione di calcolo riferita al riscaldamento è determinata in funzione della zona climatica dipendente dai gradi giorno della località:

Zona Climatica	Gradi Giorno	Periodo di riscaldamento	
A	fino a 600	1 Dicembre - 15 Marzo	6 ore al giorno
B	da 600 a 900	1 Dicembre – 31 Marzo	8 ore al giorno
C	da 900 a 1400	15 Novembre – 15 Marzo	10 ore al giorno
D	da 1400 a 2100	1 Novembre – 15 Aprile	12 ore al giorno
E	da 2100 a 3000	15 Ottobre – 15 Aprile	14 ore al giorno
F	oltre 3000	nessuna limitazione	

Tabella 6.2.2.1 Definizione numero GG e periodo di riscaldamento corrispondente

Inoltre è necessario impostare l'intervallo di simulazione (mensile ed annuale giornaliero, orario e sub-orario), il numero di step di calcolo all'ora (più alto sarà il numero di step e maggiore sarà l'accuratezza dell'analisi) e le opzioni relative a ombre e riflessioni.



Figura 6.2.2.2 Design Builder, esempio di impostazione della simulazione

Come output si ottengono una serie di grafici che riportano i dati del luogo, comfort, apporti interni, bilancio termico e ventilazione: questi possono essere visualizzati negli intervalli annuale, mensile, giornaliero, orario o sub-orario. La visualizzazione annuale mostra il totale dei valori di apporti e bilancio termico, mentre per le altre tipologie di intervalli temporali i dati sono mostrati con andamento a spezzata sul periodo di tempo desiderato.

Il grafico *“Dati del luogo”* riporta la temperatura esterna a bulbo secco [°C] e la radiazione solare diretta e diffusa [kWh/m²]. In genere, nel nostro emisfero e per le nostre latitudini, si ha un incremento della radiazione solare e della temperatura esterna nei mesi estivi.

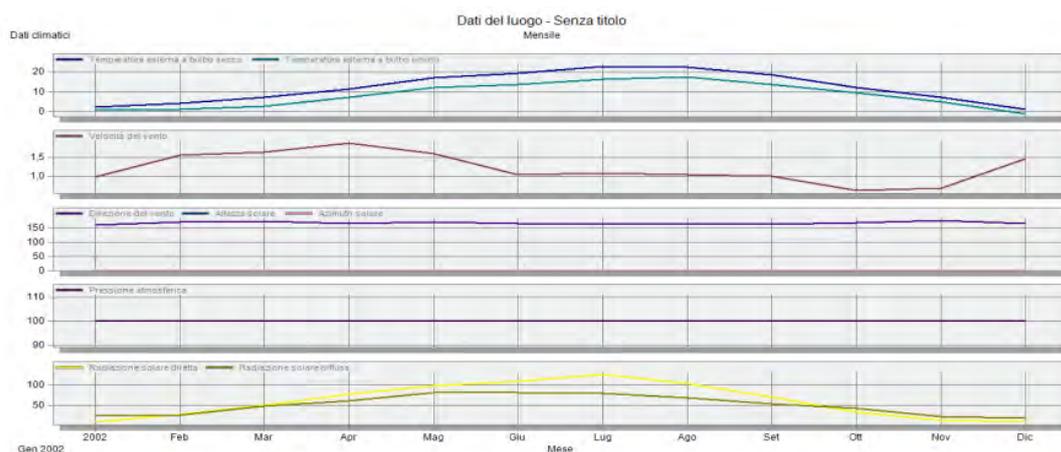


Grafico 6.2.2.3 Design Builder, esempio di *“Simulazione”* di *“Dati climatici”*

Il grafico *“Apporti interni”* rappresenta la quantità di apporti di calore [kWh] all’interno dell’edificio o della zona selezionata. Si distinguono in: apporti di illuminazione, di computer e altre apparecchiature, di occupazione, solari attraverso le finestre esterne, di riscaldamento e di raffrescamento forniti.

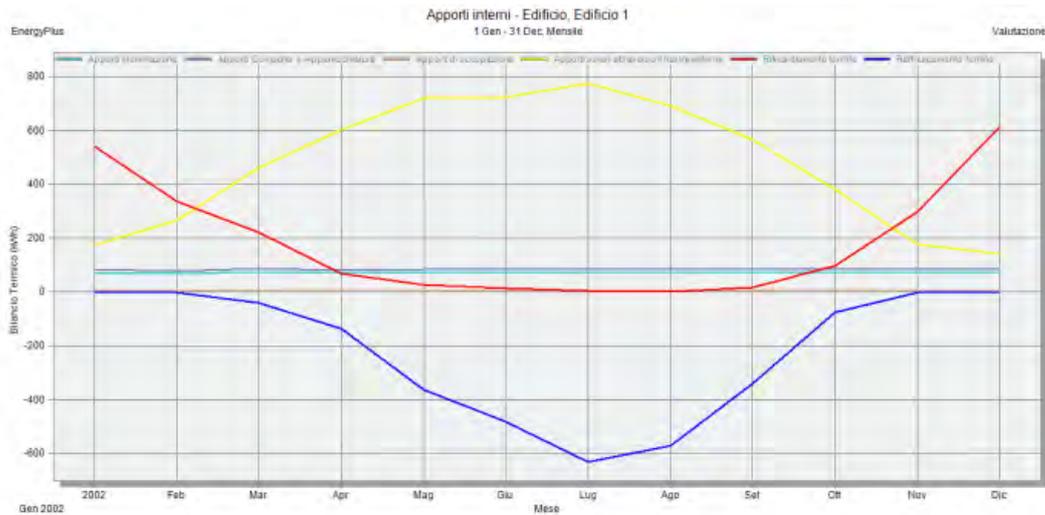


Grafico 6.2.2.4 Design Builder, esempio di "Simulazione" di "Apporti interni"

6.2.3 Analisi fluidodinamica computazionale (CFD)

Il software Design Builder attraverso l'analisi "**CFD**", *Computational Fluid Dynamics*, permette di studiare gli effetti degli impianti HVAC sull'ambiente interno, il comfort e i flussi d'aria che si sviluppano. Il termine CFD è utilizzato per indicare un insieme di metodi numerici per calcolare la temperatura, la velocità e altre proprietà del fluido all'interno di uno spazio tridimensionale.

In particolare, consente di visualizzare come si muove l'aria all'interno del locale e come si distribuisce la sua temperatura puntualmente risultando particolarmente utile per approfondire lo studio del comfort interno. La CFD di Design Builder è stata studiata per fornire dati riguardanti il flusso d'aria interno e circostante gli edifici, dopo aver definito le condizioni al contorno.

Il comando CFD dà inizio all'analisi dinamica dei fluidi per approfondire lo studio dell'efficacia della ventilazione del riscaldamento/raffrescamento e del comfort. La simulazione viene fatta su una griglia di dimensioni impostate dall'utente e sulla quale vengono calcolati i valori di temperatura, velocità dell'aria, pressione e

comfort. Al termine del calcolo vengono visualizzate griglie tridimensionali o sezioni che mostrano, tramite scale cromatiche, i risultati ottenuti. La finestra “*Condizioni al contorno CFD*” permette di inserire le condizioni al contorno per lo svolgimento dell’analisi CFD relativamente alle temperature superficiali, alle temperature dell’aria, e dei flussi in ingresso e in uscita dalle varie zone.



Figura 6.2.3.1 Design Builder, scheda “CFD”

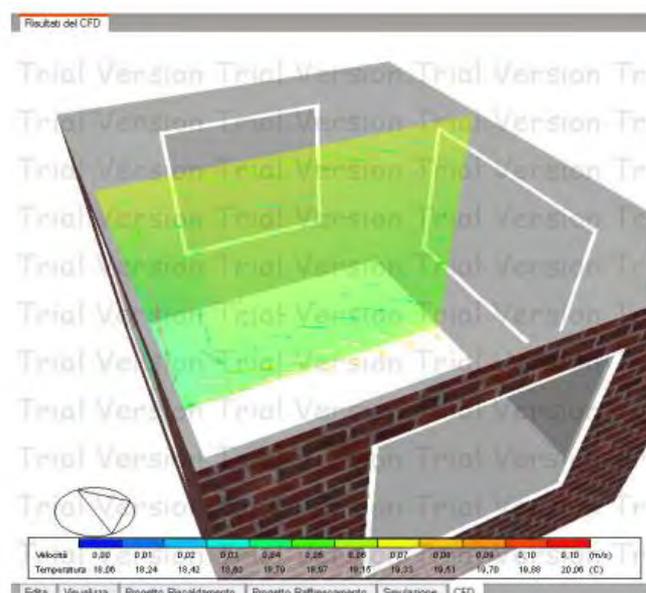


Figura 6.2.3.2 Design Builder, CFD, esempio di analisi della velocità dell’aria e della temperatura interna

6.3 Simulazione dinamica dello stato di progetto

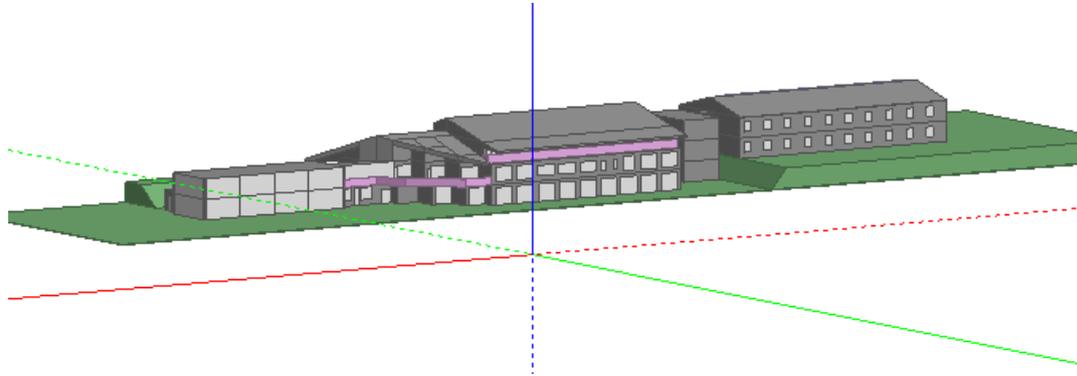


Figura 6.3.1 Design Builder, scheda "Layout" dell'Hotel San Faustino

Lo stabile, sviluppato su tre piani (interrato, piano terra e primo piano), è costituito principalmente da 77 camere con rispettivi bagni e da 2 zone ristoro completamente vetrate. Nella zona SUD del blocco centrale, vi è un cavedio che ne delimita la muratura esterna dal terreno. Quest'ultima partizione e le zone sottotetto sono definite nel programma come "*semi esterno non condizionato*", ovvero fanno da tramite tra l'ambiente esterno e quello interno: non è impostato alcun tipo di impianto poiché rappresentano delle zone non riscaldate.

I balconi, invece, sono impostati come "*blocco componente standard*", ossia non contengono alcun tipo di attività e non sono riscaldati e/o raffrescati dall'impianto ma producono ombre solari e riflessioni che andranno ad alterare la simulazione dinamica finale.

6.3.1 Impostazione dei parametri dello stato di progetto

I dati climatici del luogo di progetto, Massa Martana, vengono inseriti attraverso il pannello “Località” e presi per analogia dai dati meteorologici dell’anno tipo contenuti nel database di EnergyPlus per Perugia.

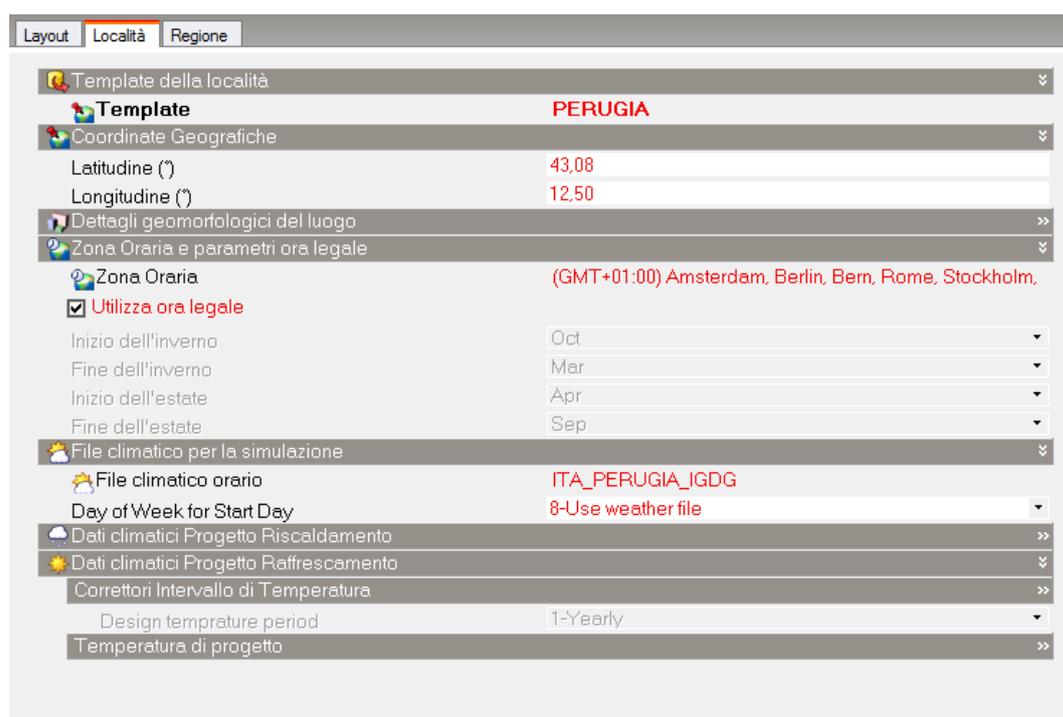


Figura 6.3.1.1 Design Builder, scheda “Località”, impostazioni dati climatici

Dopo aver definito la localizzazione, si sono impostati i parametri richiesti nella scheda “Attività”:

- tasso di occupazione: dalla specifica tecnica UNI TS 10339, sono stati considerati i valori di 0.2 persone/m² per la hall dell’hotel, di 0.6 persone/m² per le sale ristorante/colazione e di 0.05 persone/m² per le camere;

- consumo acqua calda sanitaria: consultando la specifica tecnica UNI TS 11300-2, il volume d'acqua richiesto durante il periodo di calcolo viene calcolato come $V_w = a * N_u$ dove i parametri a e N_u sono

TIPO DI ATTIVITA'	a	N_u
Hotel senza lavanderia		Numero di letti e numero giorni mese
1 stella	40 l/G letto	
2 stelle	50 l/G letto	
3 stelle	60 l/G letto	
4 stelle	70 l/G letto	
Hotel con lavanderia		Numero di letti e numero giorni mese
1 stella	50 l/G letto	
2 stelle	60 l/G letto	
3 stelle	70 l/G letto	
4 stelle	80 l/G letto	
Ristoranti	10 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese

Tabella 6.3.1.2 valori per destinazioni diverse delle abitazioni

Considerando i parametri evidenziati, si è ricavato il valore $V_w = 3874$ l/G a cui corrisponde un valore di consumo d'acqua calda sanitaria, da inserire nel programma, pari a 1.2 l/m²G;

- il fattore dei vestiti: vengono inseriti i valori standard di 1.0 clo, per la stagione invernale, e 0.5 clo, per quella estiva;
- set point di riscaldamento e raffrescamento: consultando la specifica tecnica UNI TS 11300-1, sono stati riportati i valori delle temperature di set point

per il periodo invernale, pari a 20°C, e per il periodo estivo, pari a 25 °C, per tutti gli ambienti condizionati. Il programma, inoltre, offre la possibilità di introdurre una temperatura, per entrambi i casi, durante i periodi di non occupazione per impedire che l'edificio diventi troppo freddo o caldo e per ridurre il carico di accensione per il riscaldamento e raffrescamento: tale temperatura è imposta pari a 14 °C per il periodo invernale e a 30 °C per il periodo estivo;

- aria minima di rinnovo: la specifica tecnica UNI TS 10339 riporta i valori delle portate d'aria di rinnovo in edifici adibiti ad uso civile. Per quanto riguarda gli edifici adibiti a residenza, si sono riportati i valori consultati sotto la categoria "alberghi, pensioni": per le camere il valore riportato risulta uguale a 11 l/s – persona, per le sale da pranzo 10 l/s – persona, mentre nelle cucine e nei bagni l'aria viene solamente estratta.

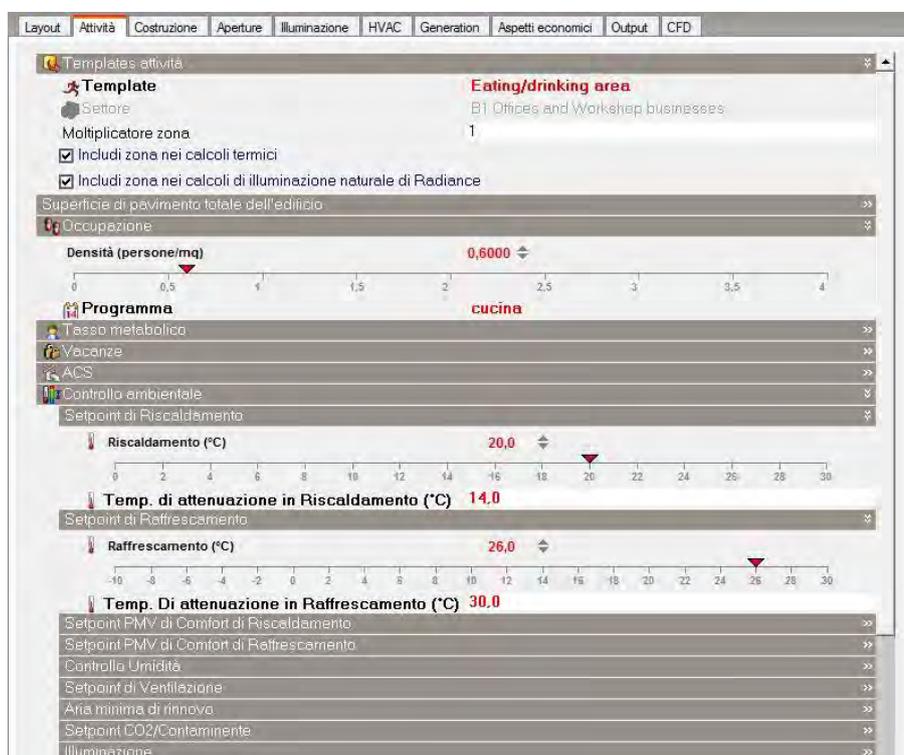


Figura 6.3.1.2 Design Builder, scheda "Attività", impostazione parametri per l'Hotel

Passando alla scheda “Costruzioni”, si sono costruite le stratigrafie caratteristiche dell’edificio, creando i materiali necessari e fissandone le relative proprietà fisiche. Prendendo, ad esempio, la superficie opaca esterna dell’hotel, i risultati ottenuti sono riportati nella figura 6.3.1.3 e nella tabella 6.3.1.4.



Figura 6.3.1.3 Design Builder, scheda “Costruzione”, visualizzazione della muratura esterna

Analisi di condensazione	
Strati	Proprietà della superficie
Superficie più interna	
Coefficiente convettivo di scambio di c...	2,152
Coefficiente radiativo di scambio di ca...	5,540
Resistenza di superficie (mq-K/W)	0,130
Superficie più esterna	
Coefficiente convettivo di scambio di c...	19,870
Coefficiente radiativo di scambio di ca...	5,130
Resistenza di superficie (mq-K/W)	0,040
Nessuno strato termicamente eterogeneo	
Valore U superficie su superficie (W/m...	0,257
Valore-R (mq-K/W)	4,058
Valore-U (W/mq-K)	0,246
Con strato termicamente eterogeneo (BS EN ISO 6946)	
Cm - Capacità Termica interna (KJ/mq...	86,4000
Limite di resistenza superiore (mq-K/W)	4,058
Limite di resistenza inferiore (mq-K/W)	4,058
Valore U superficie su superficie (W/m...	0,257
Valore-R (mq-K/W)	4,058
Valore-U (W/mq-K)	0,246

Tabella 6.3.1.4 Design Builder, scheda “Costruzione”, parametri calcolati per la muratura esterna

Viene, inoltre, imposto un valore costante relativo alla permeabilità all'aria di 0,3 vol/h, dettato dalla specifica tecnica UNI TS 11300; tale parametro indica il tasso di infiltrazione (ventilazione non intenzionale) attraverso la parete.

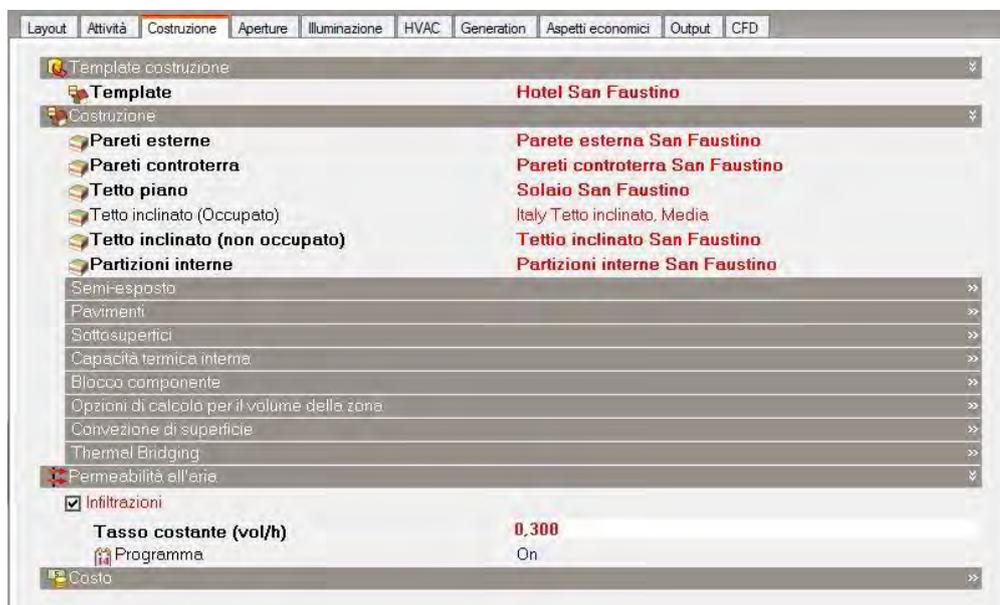


Figura 6.3.1.5 Design Builder, scheda "Costruzione"

Attraverso la sezione "Aperture", figura 6.3.1.6, si definiscono i valori di trasmissione solare, trasmissione visibile e trasmittanza termica degli elementi vetrati, oltre alle dimensioni e dispersioni dei telai; nel caso in esame non sono stati installati alcun tipo di sistemi di schermatura installabili sulle superfici vetrate.



Figura 6.3.1.6 Design Builder, scheda "Aperture"

Nella scheda “Illuminazione” vengono impostati gli apporti in W/m^2 -100 lux dovuti all’illuminazione. E’ stato necessario utilizzare la norma UNI EN 12464 la quale fornisce i valori di riferimento e i criteri di progettazione illuminotecnica: impone l’utilizzo del valore del carico di densità della potenza di illuminazione, P_N , pari a $35 W/m^2$ per le zone bar e ristorante e di $10 W/m^2$ per le camere. Ipotizzando una luminescenza di 500 lux, dunque, si è considerata una potenza pari a $7 W/m^2$ per le zone bar e ristorante e di $2 W/m^2$ per le camere.

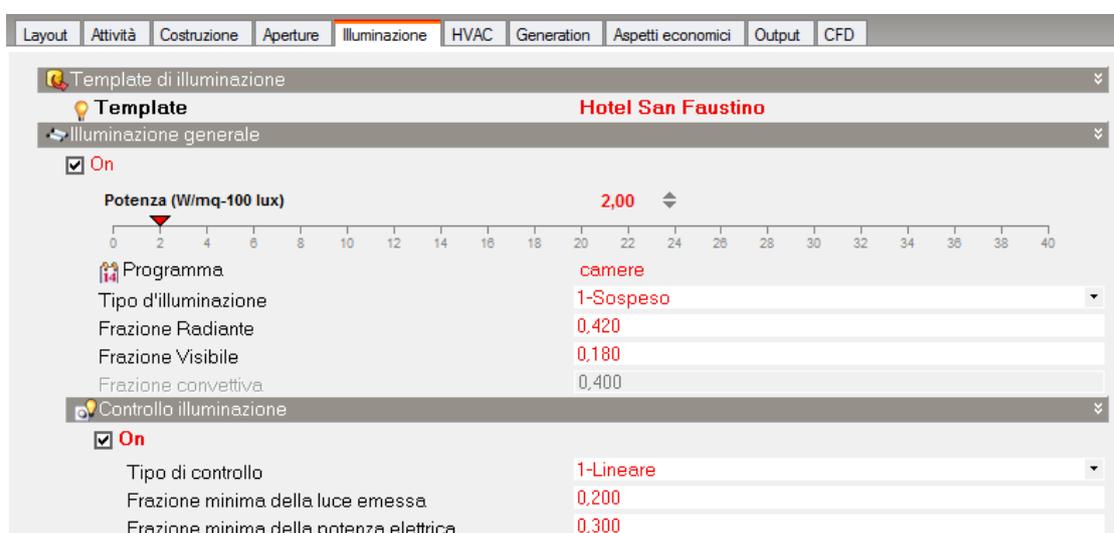


Figura 6.3.1.7 Design Builder, scheda “Aperture”

Le impostazioni relative agli impianti di ventilazione, di riscaldamento e di raffrescamento sono definite nella scheda “HVAC” come proposto nella figura 6.3.1.8.

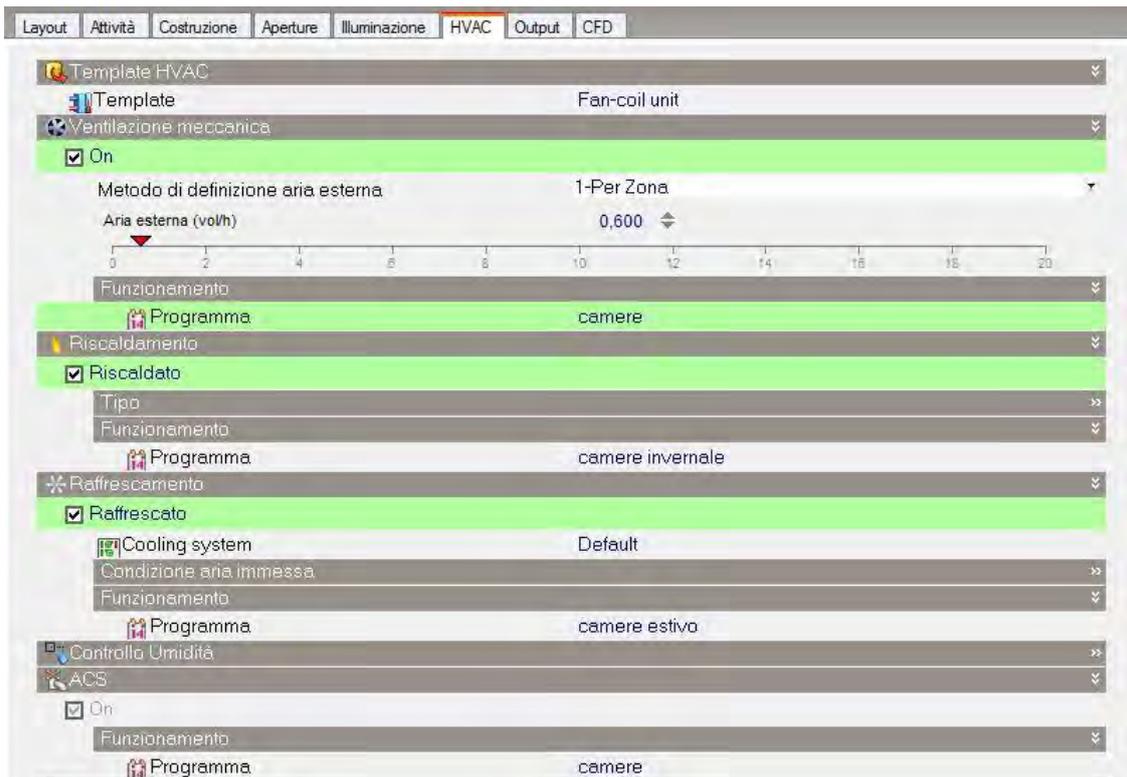


Figura 6.3.1.8 Design Builder, scheda “HVAC”

Vengono distinti gli ambienti adibiti alla zona notte dagli ambienti destinati alla zona giorno:

- per la zona notte, come riportato nella figura 6.3.1.9, si è imposto un funzionamento dell’impianto dalle 18:00 alle 11:00 e dalle 13:00 alle 16:00 :

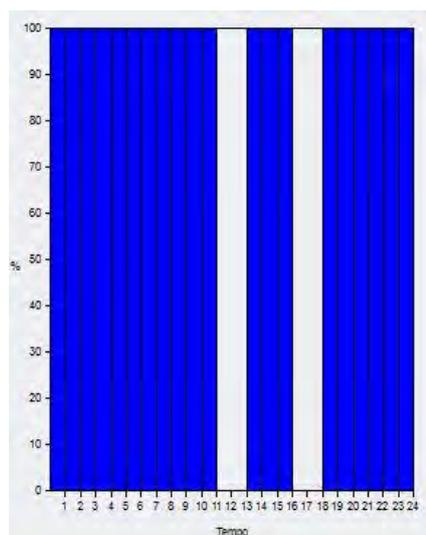


Figura 6.3.1.9 Funzionamento impianto zona notte

- per la zona giorno, come riportato nella figura 6.3.1.10, l'impianto funziona dalle 5:00 alle 23:00 in modo continuo ma con una diminuzione della potenza del 20% negli intervalli 10:00-12:00 e 15:00-18:00, orario in cui la presenza di persone diminuisce.

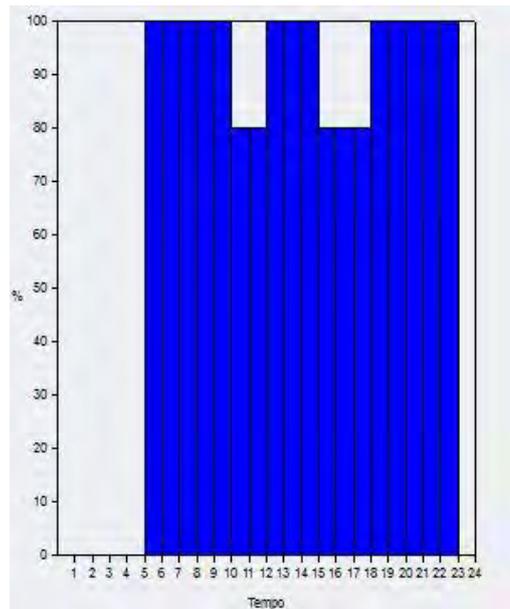


Figura 6.3.1.10 Funzionamento impianto zona giorno

6.3.2 Calcolo del carico termico invernale

Il calcolo del carico termico invernale avviene attivando il comando “*Progetto di riscaldamento*” svolto in regime stazionario. Il grafico “*Comfort*”, grafico 6.3.2.1, mostra l’andamento delle temperature interne ed esterne dello stabile:

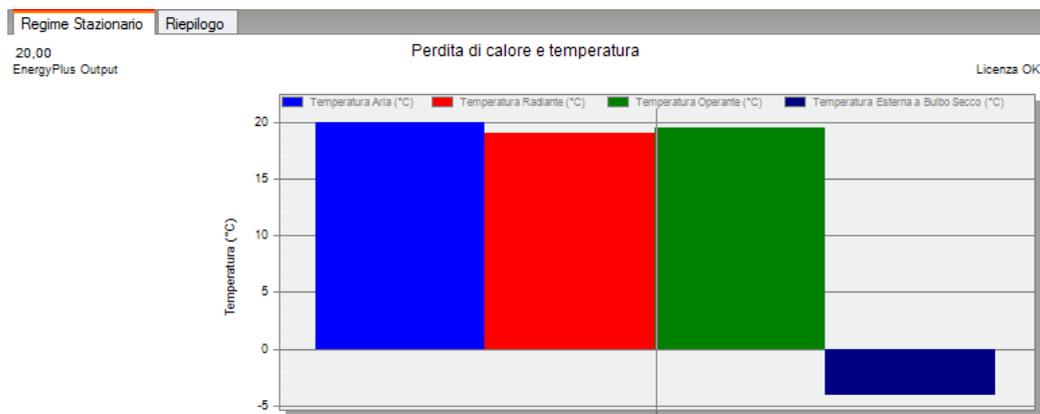


Grafico 6.3.2.1 Design Builder, "Progetto di riscaldamento"

TEMPERATURE	
Temperatura Aria	19.18 °C
Temperatura Radiante	17.65 °C
Temperatura Operante	18.42
Temperatura Esterna Bulbo Secco	-4.10 °C

Tabella 6.3.2.2 Valori delle temperature del Progetto di riscaldamento

E' possibile notare, dalla tabella 6.3.2.2 come la temperatura media dell'aria all'interno dell'hotel sia di 19.18 °C e non di 20 °C come impostato nelle singole zone; tale differenza è dovuta alla presenza di ambienti (quali il cavedio e i sottotetti ad esempio) non riscaldati, nei quali la temperatura dell'aria risulta essere pari a 8 °C.

Inoltre, il programma, riporta un grafico di bilancio termico [kW], grafico 6.3.2.3, rappresentante le perdite attraverso l'involucro dovute alla ventilazione, oltre al fabbisogno di riscaldamento per bilanciare tali dispersioni e mantenere l'ambiente interno alla temperatura desiderata.

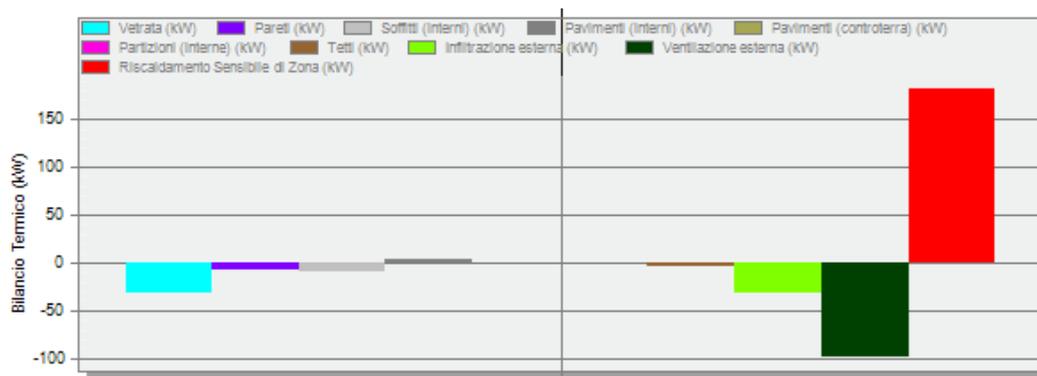


Grafico 6.3.2.3 Design Builder, “Progetto di riscaldamento”, “bilancio termico e ventilazione”

Successivamente, viene stilata una tabella riassuntiva 6.3.2.4, nella quale vengono riportati tutti i valori considerati nell’edificio:

BILANCIO TERMICO	
Vetrata	-32.25 kW
Pareti	-7.56 kW
Soffitti (interni)	-9.75 kW
Pavimenti (interni)	2.77 kW
Pavimenti (controterra)	-0.21 kW
Partizioni (interne)	-0.80 kW
Tetti	-3.07 kW
Infiltrazione esterna	-32.45 kW
Ventilazione esterna	-98.58 kW
Riscaldamento Sensibile di Zona	181.83 kW

Tabella 6.3.2.4 Valori del bilancio termico, “Progetto di Riscaldamento”

La potenza di riscaldamento totale di progetto, quindi, risulta essere pari a 181.83 kW; è da sottolineare come, in tal caso, il programma non consideri né i guadagni solari diretti né di quelli da fonti interne.

6.3.3 Calcolo del carico termico estivo

Il calcolo del carico termico estivo è svolto attivando il comando “*Progetto di Raffrescamento*” svolto in regime dinamico nel giorno più caldo dell’anno (15 Luglio).

Il grafico “*Dati del luogo*” 6.3.3.1, mostra i parametri principali relativi a Massa Martana:

- l’andamento della temperatura esterna di Massa Martana: varia da un minimo di 20 °C verso le 5 del mattino, fino ad massimo di 34 °C verso le 14:00;
- l’andamento della radiazione solare diretta: assume un valore massimo alle 12:00 pari a 0.84 kW/m²;
- l’andamento della radiazione solare diffusa: assume un valore massimo alle 12:00 pari a 0.11 kW/m²;

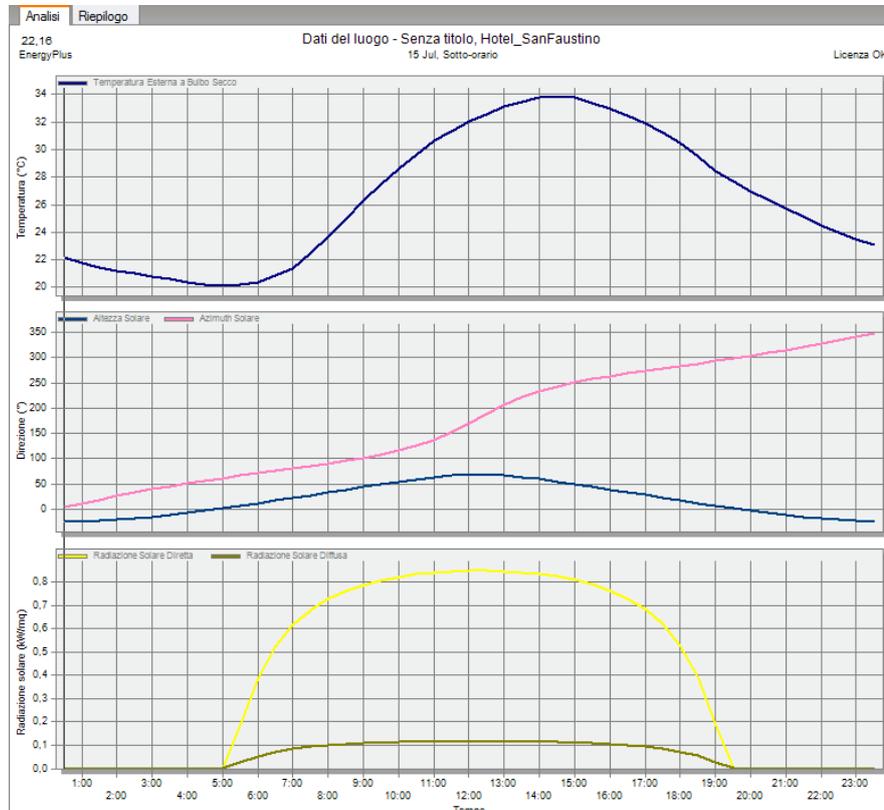


Grafico 6.3.3.1 Design Builder, “Progetto di Raffrescamento”, “Dati del luogo”

Il grafico “Comfort” 6.3.3.2, riporta i principali valori relativi agli ambienti interni dell’hotel :

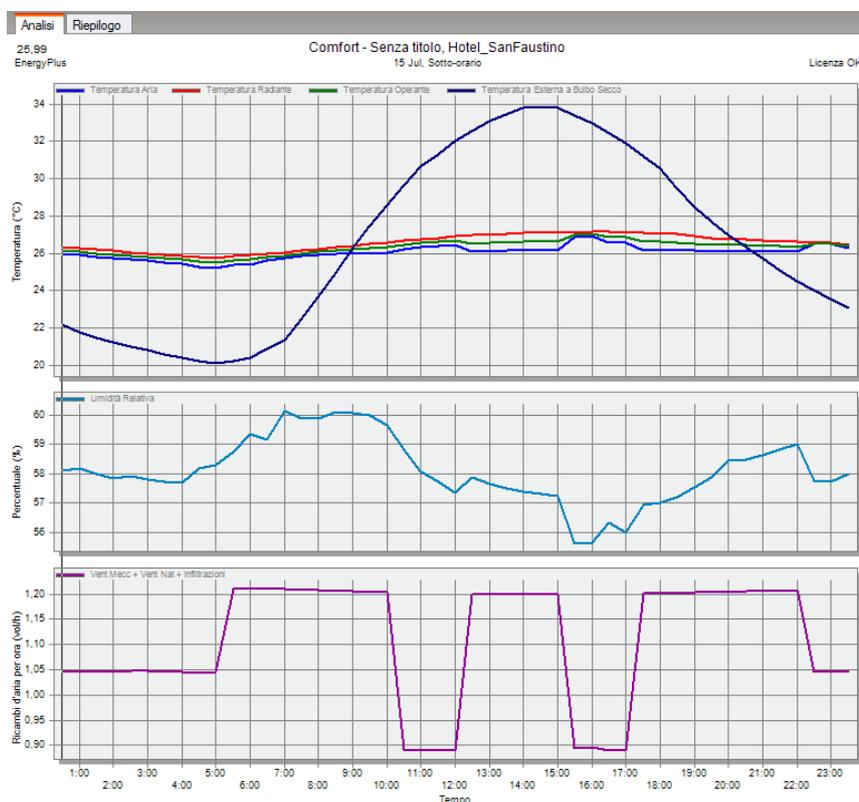


Grafico 6.3.3.2 Design Builder, “Progetto di Raffrescamento”, “Comfort”

Parametri	Valore minimo	Valore massimo
Temperatura Aria [°C]	26	27.2
Temperatura Radiante [°C]	25.6	27.4
Temperatura Operante [°C]	25.8	26.5
Temperatura Esterna [°C]	20	34
Umidità Relativa [%]	60.1	55.7
Ventilazione Meccanica + Naturale [vol/h]	0.88	1.21

Tabella 6.3.3.3 Valori minimi e massimi dei parametri riportati dalla scheda “Comfort”

E' possibile notare come la temperatura interna dell'aria risulti essere praticamente costante e pari a 26 °C; quando l'impianto viene spento (dalle 10:00 alle 12:30 e dalle 15:30 alle 17:30) tende, però, a salire arrivando ad un massimo di 27.2 °C. Essendo impostato l'orario di funzionamento dell'impianto di ventilazione meccanica pari a quello dell'impianto di climatizzazione, il ricambio d'aria presenta un valore minimo di 0.88 vol/h, ad impianto spento, e un valore massimo di 1.21 vol/h ad impianto acceso.

Il grafico "Apporti interni e solari" 6.3.3.3, riporta l'andamento, nell'arco della giornata, dell'illuminazione interna dell'edificio, dei computer e vari dispositivi, dell'occupazione, degli apporti solari attraverso le superfici finestrate e il raffrescamento sensibile di zona.

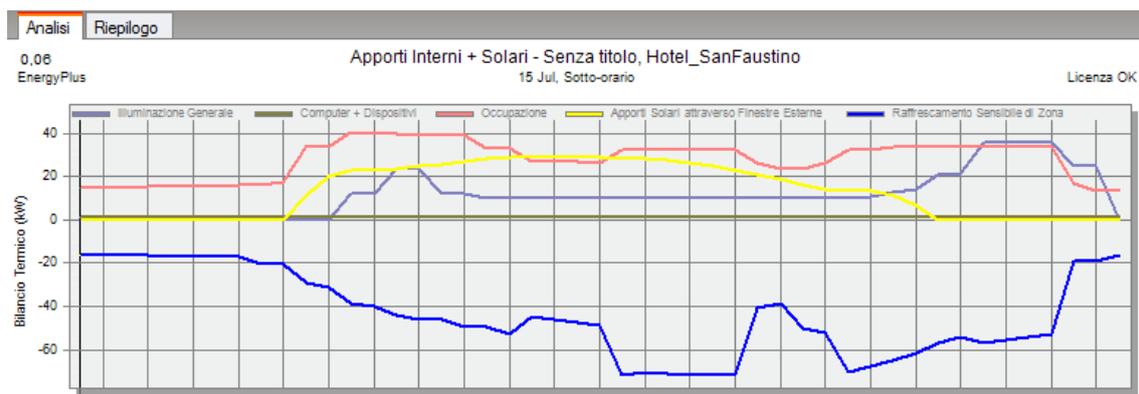


Grafico 6.3.3.4 Design Builder, "Progetto di Raffrescamento", "Apporti interni e solari"

Il fabbisogno di raffrescamento totale dell'edificio risulta essere pari a 217.89 kW che, divisi per la superficie netta di 3229.76, fornisce un valore di 67.46 W/m².

6.3.4 La simulazione dinamica annuale

Avviando il comando “*Simulazione*” si svolge l’analisi in regime dinamica relativa all’intero anno ottenendo i dati relativi ai parametri climatici caratteristici di Massa Martana, grafico 6.3.4.1, e i dati inerenti al consumo dell’intero edificio, grafico 6.3.4.2.

Il grafico “*Dati del luogo*” riporta:

- la temperatura esterna a bulbo secco [°C];
- la radiazione solare diretta [kWh/m²];
- la radiazione solare diffusa[kWh/m²].

La radiazione solare diretta sommata a quella diffusa fornisce la radiazione totale su un piano orizzontale; sommando i valori di ogni mese si ottiene il totale annuo di 1640 kWh/m²anno.

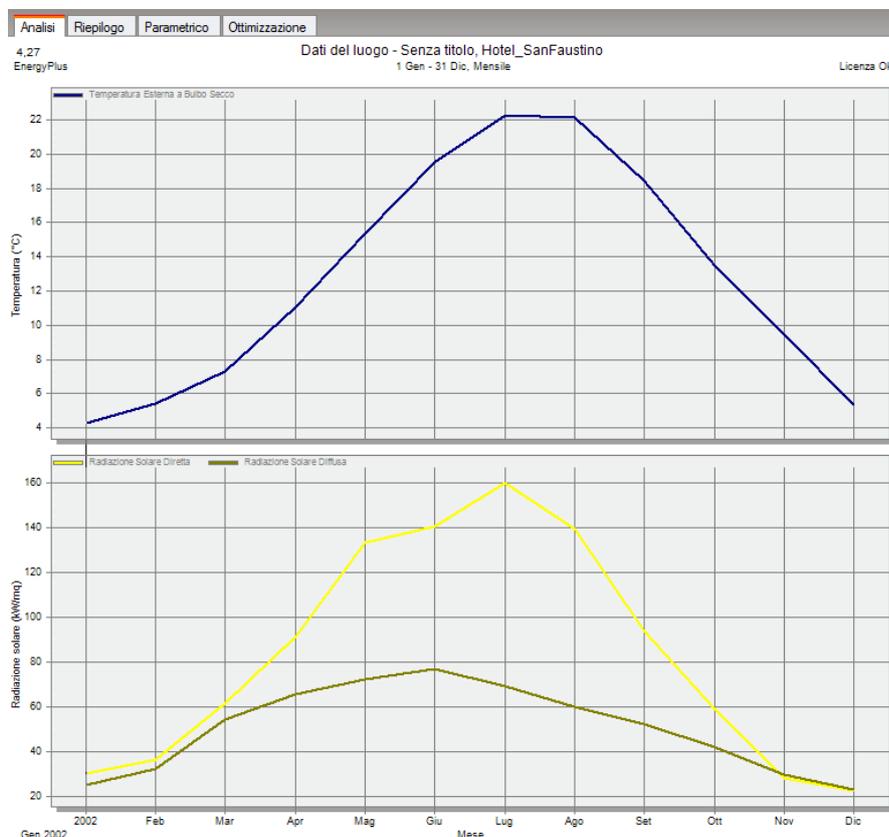


Grafico 6.3.4.1 Design Builder, “*Simulazione*”, “*Dati luogo*”

Nel grafico “*Apporti interni*”, invece, sono riportati gli andamenti annuali inerenti al consumo di elettricità dovuti a computer e/o altre apparecchiature, di illuminazione, di riscaldamento, di raffrescamento e l’apporto fornito dall’installazione di moduli fotovoltaici.

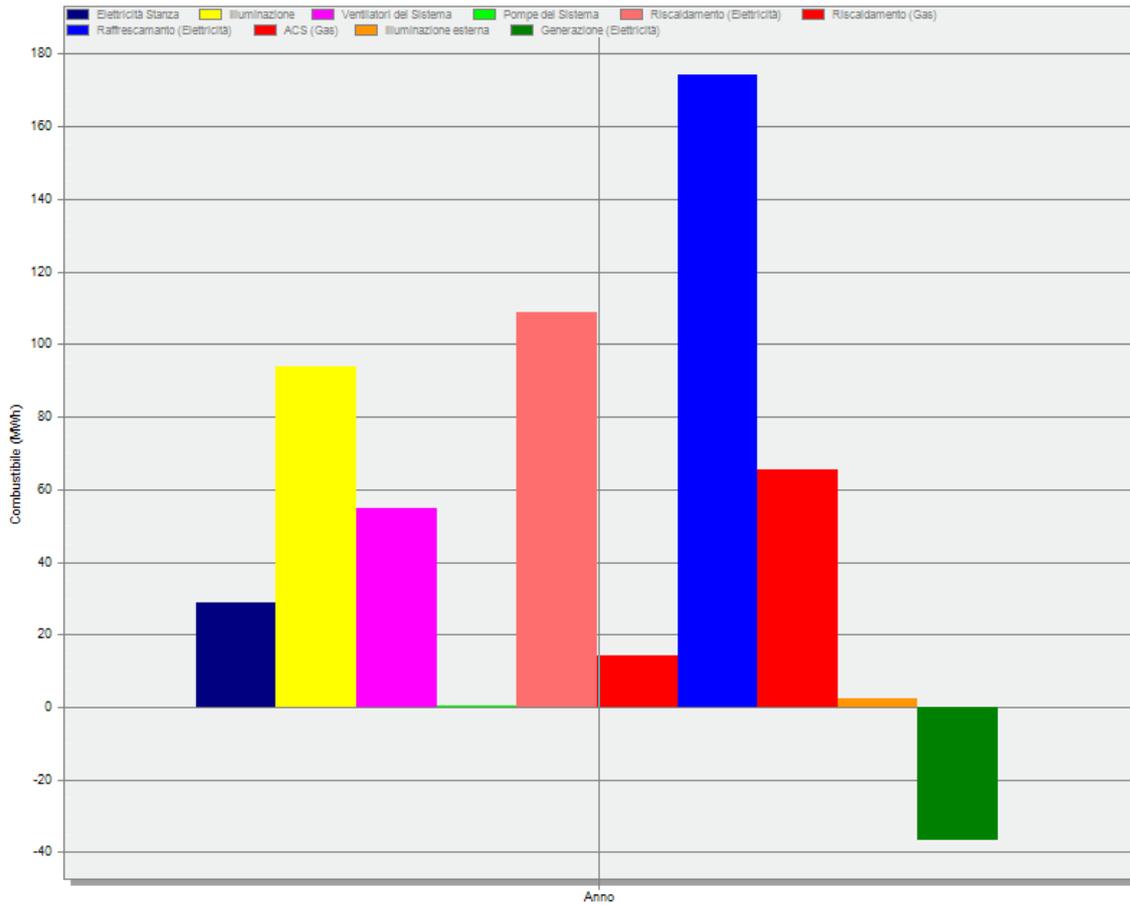


Grafico 6.3.4.2 Design Builder, “Simulazione”, “Apporti interni”

Nella tabella 6.3.4.3 sono riassunti i risultati dei consumi annuali dell'intero hotel:

Consumi	Elettricità [kWh _e]	Gas naturale [kWh _t]
Riscaldamento	108863.64	
Riscaldamento		14087
Raffrescamento	174179	
Illuminazione interna	93650	
Illuminazione esterna	2180	
Ventilatori del sistema	54958	
Pompe del sistema	364.78	
ACS		65545
Impianto salare termico		64922
Impianto solare fotovoltaico	36568	

Tabella 6.3.4.3 Fabbisogno energetico totale

6.3.5 Analisi fluidodinamica computazionale

Attraverso l'analisi CFD, sono state analizzate le distribuzioni puntuali della temperatura all'interno della sala colazione, situata al piano terra, e di una camera, con parete esterna orientata a Sud, sempre del piano terra.

Negli ambienti dell'hotel serviti da un terminale d'impianto a fan coil sono stati installati dei diffusori lineari a feritoia per installazione a controsoffitto con ponte di montaggio a plenum, a canale, a soffitto o a parete di grandezza 1000x190 mm con numero di feritoie pari a 3, aventi una portata d'aria massima pari a 550 m³/h. Questi sono progettati per il raffrescamento e per il raffreddamento per ambienti con altezze comprese tra 2,5 e 3,5 metri.



Figura 6.3.5.1 Diffusori lineari a feritoia

Sono dotati di deflettori orientabili per la mandata dell'aria permettendo di modificare il getto d'aria in tutte le direzioni dell'ambiente in cui sono installati; inoltre è presente una serranda a scorrimento in acciaio zincato che, regolando la portata d'aria, consente di equalizzare il flusso d'aria su tutta la lunghezza delle feritoie.

Nella camera è installato un diffusore con ponte di montaggio a parete posto nel corridoio sopra la porta di ingresso; nella sala colazione, invece, sono installati dieci diffusori con ponte di montaggio a soffitto nei pressi del perimetro, contrastando così, in modo ottimale, le dispersioni termiche in inverno e gli apporti di calore indesiderati in estate essendo l'ambiente completamente vetrato .

Attraverso la finestra "Condizioni al contorno CFD" è possibile inserire le condizioni al contorno per lo svolgimento dell'analisi CFD relativamente alle temperature superficiali delle pareti opache e finestrate e dei flussi d'aria in ingresso e in uscita della varie zone.

Queste simulazioni sono state effettuate sia nel caso invernale che nel caso estivo.

La temperatura di ingresso dell'aria nel caso del periodo di riscaldamento è stata posta uguale a 24 °C, la temperatura superficiale interna delle pareti opache esterne pari a 18 °C e la temperatura delle componenti vetrate pari a 15 °C.

Le distribuzioni delle temperature nel caso invernale risultano essere:

- per la camera:

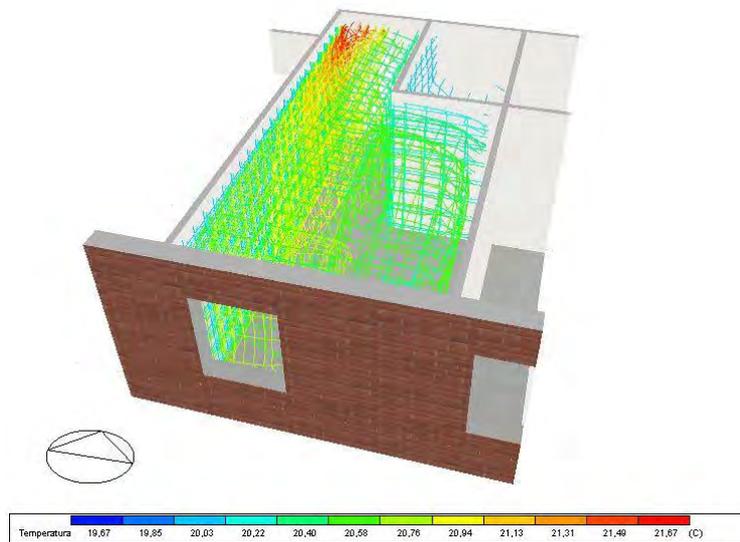


Figura 6.3.5.2 Design Builder, "CFD", camera invernale

- per la sala colazione:

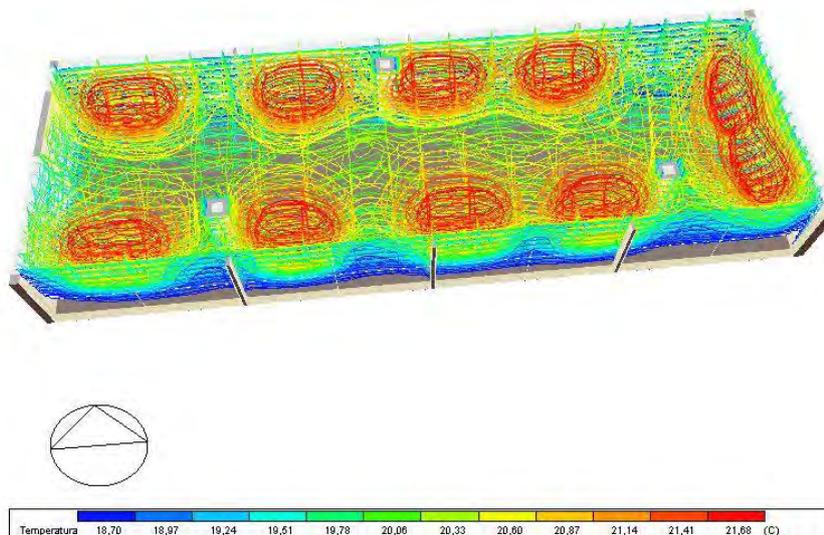


Figura 6.3.5.3 Design Builder, "CFD", sala colazione invernale

In entrambi i casi la temperatura media all'interno della stanza risulta essere mediamente pari a 20°C.

Nel caso del raffrescamento, invece, la temperatura di ingresso dell'aria è stata posta uguale a 23°C, la temperatura superficiale interna delle pareti opache esterne pari a 28 °C e la temperatura delle componenti vetrate pari a 30 °C.

Le distribuzioni delle temperature nel caso estivo risultano, dunque, essere:

- per la camera:

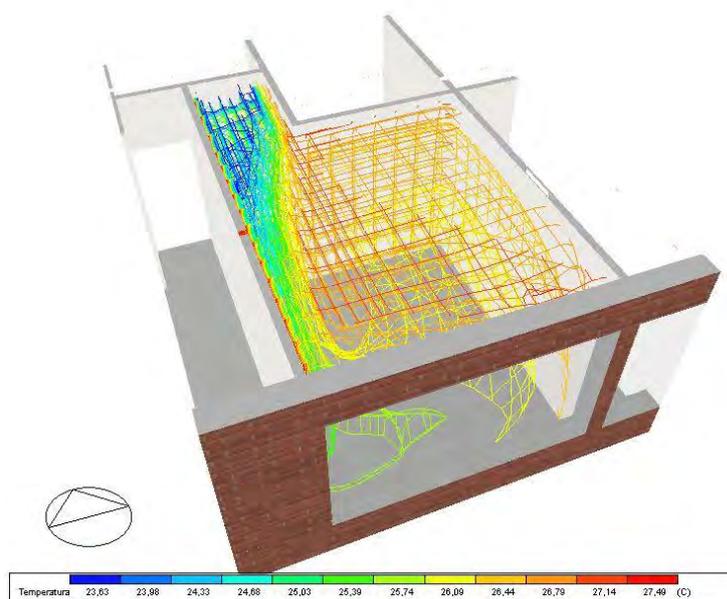


Figura 6.3.5.4 Design Builder, "CFD", camera estiva

- per la sala colazione:

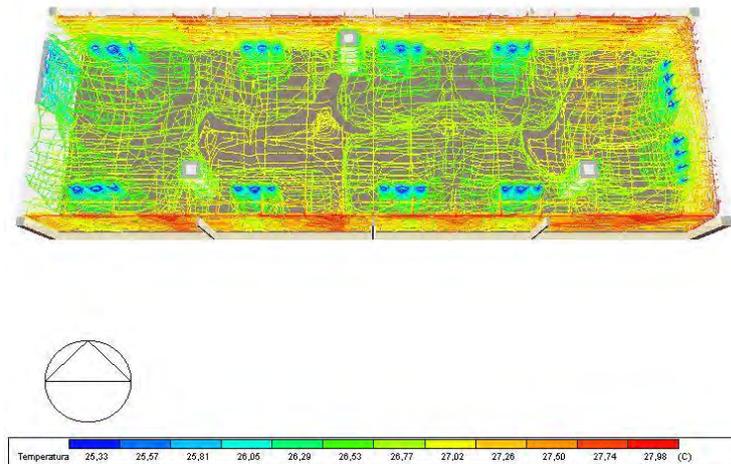


Figura 6.3.5.5 Design Builder, "CFD", sala colazione estiva

Per entrambi gli ambienti, riferiti al caso estivo, la temperatura media dell'ambiente risulta essere pari a 26°C.

Il carico di lavoro è stato definito pari a 0.8 met per la camera, che corrisponde ad una attività a riposo, e pari a 1.2 met per la sala colazione, corrispondente ad un'attività sedentaria. Essendo la velocità dell'aria in ingresso imposta pari a 0.1 m/s e risultando la differenza di temperatura dell'aria in verticale inferiore a 3 °C, sia per il caso invernale che per il caso estivo, da quanto riporta la norma UNI ISO 7730 è possibile affermare che le stanze sono confortevoli in entrambi i periodi.

Capitolo 7 –La certificazione LEED

7.1 I protocolli LEED

La certificazione LEED è specificata in diverse versioni, a seconda della tipologia edilizia che si deve certificare, e si suddividono in:

- *LEED for New Construction*: certificazione di edifici di nuova costruzione commerciali o istituzionali ad alte prestazioni, dalla fase progettuale alla messa in opera, e ristrutturazioni rilevanti delle strutture esistenti;
- *LEED for Existing Buildings*: fornisce criteri di sostenibilità per la certificazione di edifici esistenti;
- *LEED for Schools*: indirizzato ad edifici scolastici;
- *LEED for Commercial Interiors*: si occupa della certificazione di interni commerciali indirizzandone la progettazione degli spazi e l'allestimento;
- *LEED for Homes*: rivolto agli edifici abitativi di piccole dimensioni;
- *LEED for Neighborhood Development*: si occupa della certificazione di aree residenziali e quartieri, fornendo supporto per una progettazione urbanistica sostenibile.

7.2 Categorie, prerequisiti e crediti del sistema di valutazione LEED

LEED® fonda la sua valutazione energetica sull'assegnazione di un punteggio legato al conseguimento di crediti in diverse aree di sostenibilità. Un credito può essere conseguito solo se il progetto e/o la costruzione rispetta i requisiti specifici previsti; ci sono poi una serie di requisiti obbligatori definiti "prerequisiti" che devono essere rispettati.

Il sistema di valutazione è organizzato in sette aree di sostenibilità:

- *Sustainable Sites* (1 prerequisito obbligatorio). Promuove uno sviluppo attentamente pianificato e mira a ridurre l'impatto dell'edificio stesso sull'ecosistema e sulle reti idriche, premia la scelta di mezzi di trasporto intelligenti, controlla il deflusso delle acque meteoriche per ridurre i processi di erosione, l'inquinamento luminoso, l'effetto isolante del calore e le fonti di inquinamento derivanti dalla costruzione dell'edificio;
- *Water Efficiency* (1 prerequisito obbligatorio). Promuove un utilizzo razionale delle risorse idriche, sia all'interno che all'esterno dell'edificio. Questo può essere raggiunto attraverso l'uso di elettrodomestici efficienti ed impianti adeguati per quanto riguarda l'interno ed una accurata gestione delle risorse all'esterno. Tali accorgimenti possono ridurre il consumo di acqua potabile mediamente del 30% con conseguenti benefici sui costi di gestione della struttura;
- *Energy and Atmosphere* (3 prerequisiti obbligatori). Unisce diverse strategie di progettazione: monitoraggio dei consumi, progettazione e costruzione controllata, impianti e sistemi di illuminazione efficienti, utilizzo di energie da fonti pulite e rinnovabili;
- *Materials and Resources* (1 prerequisito). Promuove e incoraggia la scelta di risorse e materiali reperiti nelle vicinanze del cantiere, di prodotti con contenuto di materiale riciclato;
- *Indoor Environmental Quality* (2 prerequisiti). Promuove strategie diversificate per migliorare la qualità dell'aria ed il comfort luminoso, visivo e acustico all'interno dell'edificio;
- *Innovation in design*. E' studiata per garantire che l'edificio finale sia quanto più possibile dotato di accorgimenti e tecnologie atte a garantire un'alta efficienza e sostenibilità della struttura e premia i progetti che hanno usufruito di un consulente esperto del sistema di certificazione LEED;
- *Regional Priority*. Ha l'obiettivo di incentivare i gruppi di progettazione a focalizzare su caratteristiche ambientali del tutto uniche e peculiari della località in cui è situato il progetto.

7.3 Definizione dei requisiti minimi di programma

Per accedere alla certificazione LEED i progetti devono rispettare ciascuno dei termini indicati dai Requisiti Minimi di Programma (Minimum Program Requirements), denominati anche prerequisiti, associati al sistema di valutazione cui si riferiscono, o comunque possedere, le caratteristiche minime indicate.

Vengono di seguito riportati gli obiettivi necessari per poter verificare i vari prerequisiti necessari nelle rispettive aree di sostenibilità:

- 1) SS prerequisito 1 => *Controllo dell'erosione durante la costruzione*. Deve essere limitato l'inquinamento generato dalle attività di costruzione controllando i fenomeni di erosione del suolo e di sedimentazione nelle acque riceventi e la produzione di polveri, per tutta la durata del cantiere. E' richiesta l'implementazione di misure di stabilizzazione o di controllo strutturale, temporanee o permanenti per prevenire o controllare i fenomeni di erosione del suolo nell'area di cantiere e minimizzare la sedimentazione nei corpi idrici ricettori.
- 2) GA prerequisito 1 => *Riduzione del consumo delle acque ad uso domestico*. La domanda d'acqua all'interno degli edifici deve essere ridotta attraverso l'impiego di apparecchi ed accessori tecnologici efficienti. Si cerca di implementare strategie che complessivamente realizzino un risparmio idrico del 20% rispetto al caso di riferimento calcolato per l'edificio in oggetto.
- 3) EA prerequisito 1 => *Prestazioni energetiche minime*. Raggiungere un livello di prestazione energetica globale dell'edificio minimo di riferimento.

Si possono seguire due opzioni:

- i) una procedura semplificata che prevede il conseguimento di un valore di prestazione energetica dell'edificio inferiore di almeno il 10% rispetto alla

prestazione energetica di un edificio di riferimento calcolata attraverso la formula:

$$\left(1 - \frac{EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_{proc} - EP_{rinn}}{EP_{i,lim} + EP_{e,lim} + EP_{acs,lim} + EP_{ill,lim} + EP_{proc,lim} - EP_{rinn,lim}}\right) * 100 \geq 10$$

con EP indice di prestazione energetica rispettivamente per la climatizzazione invernale (i), estiva (e), per la produzione di acqua calda sanitaria (acs), per l'illuminazione (ill), per gli usi di processo (proc), e il contributo dei sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili;

- ii) una simulazione termoenergetica in regime dinamico per dimostrare un miglioramento percentuale dell'indice di prestazione energetica dell'edificio proposto, rispetto alla stima dei consumi di energia primaria dell'edificio di riferimento, utilizzando un modello di simulazione numerica dell'intero edificio:

$$\frac{\text{prestazione energetica edificio di progetto}}{\text{prestazione energetica edificio di riferimento}} \geq 10\% ;$$

- 4) EA prerequisito 2 => *Prestazioni minime dell'involucro opaco e dell'involucro trasparente*. Raggiungere un isolamento termico sufficiente a ridurre, del 5% per edifici esistenti e del 10% per edifici di nuova costruzione, i valori di trasmittanza termica (U) dei componenti opachi come specificato in apposite tabelle in funzione della zona climatica e diversificando tra strutture opache orizzontali (coperture, pavimenti) e verticali. Per quel che riguarda i componenti trasparenti, invece, le finestre e le porte in vetro dovranno avere valori di trasmittanza vetro + infisso (U_w) almeno pari a quelli riportati in tabella 7.3.1:

Zona Climatica	A	B	C	D	E	F
U_w (W/m ² K)	≤ 3.90	≤ 2.50	≤ 2.20	≤ 2.00	≤ 1.90	≤ 1.70

Tabella 7.3.1 Valori della trasmittanza U_w riferiti alla zona climatica, "ANSI/ASHRAE Standard 90.1.2007"

E' obbligatorio, inoltre, il controllo solare in stagione estiva.

- 5) EA prerequisito 3 => *Gestione dei fluidi refrigeranti*. E' necessario fornire informazioni sul refrigerante utilizzato negli impianti di climatizzazione e/o refrigerazione che non deve essere a base di CFC (cloro-fluoro-carburi) né di HCFC (hydro-cloro-fluoro-carburi): questi componenti nel corso della vita dei sistemi impiantistici, vengono rilasciati nell'atmosfera sotto forma di perdite e causano danni significativi allo strato protettivo di ozono presente in essa, riducendo la capacità della stratosfera di assorbire una parte della radiazione ultravioletta del sole.

- 6) MR prerequisito 1 => *Raccolta e stoccaggio dei materiali riciclabili*. Ridurre la quantità di rifiuti prodotti dagli occupanti dell'edificio che vengono trasportati e smaltiti in discarica attraverso il riciclaggio ad esempio di carta, cartone, vetro, plastica, metalli e rifiuti organici diminuendo, di fatto, l'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria.

- 7) QI prerequisito 1 => *Prestazioni minime per la qualità dell'aria*. Determinare i minimi prestazionali per la qualità dell'aria interna all'edificio, in modo da tutelare la salute degli occupanti, migliorare la qualità dello spazio abitato e contribuire al raggiungimento delle condizioni di comfort degli occupanti stessi. Per tutti gli spazi costituenti l'edificio, devono essere assicurate almeno le portate di ventilazione indicate nella tabella 7.3.2:

Categoria	Portate e tassi di ricambio d'aria		Soggiorni, stanze da letto. Portate d'aria esterna		Portate di estrazione dell'aria [l/s]		
	[l/(sm ²)]	[h ⁻¹]	l/s per persona	[l/(sm ²)]	cucine	bagni	Servizi igienici
I	0.49	0.7	10	1.4	28	20	14
II	0.42	0.6	7	1.0	20	15	10
III	0.35	0.5	4	0.6	14	10	7

Tabella 7.3.2 Portate di ventilazione, "UNI EN 15251"

8) Q1 prerequisito 2 => *Controllo ambientale del fumo di tabacco*. Minimizzare l'esposizione al fumo di tabacco ambientale (ETS – Environmental Tobacco Smoke) degli occupanti l'edificio, delle aree interne e dei sistemi di ventilazione.

Si possono seguire due opzioni:

- i) Divieto di fumo all'interno dell'edificio. Divieto di fumo entro una distanza di almeno 8 metri dagli ingressi e dalle finestre apribili. Definire con opportuna segnaletica le zone in cui sia consentito fumare, in cui sia vietato fumare o di vietare il fumo su tutta la proprietà;
- ii) Divieto di fumo all'interno dell'edificio, tranne in aree dedicate. Localizzazione delle sale fumatori in modo tale da trattenere e rimuovere dall'edificio l'ETS. L'aria contenente l'ETS deve essere aspirata dalle sale fumatori verso l'esterno, prevedendo ogni forma di ricircolo verso aree differenti da quella fumatori. Le sale devono essere compartimentate con strutture e porte caratterizzate da idonea tenuta: con le porte della sala fumatori chiuse, deve essere garantita mediamente,

una depressione di almeno 7 Pa rispetto alle aree adiacenti.

7.4 Il punteggio LEED

Il punteggio LEED ottenibile da un edificio, viene calcolato come somma dei punteggi parziali raggiunti in ciascuna delle categorie sopra riportate. Questi punteggi possono variare da protocollo a protocollo. Di seguito è riportata la tabella riassuntiva 7.4.1 per il *LEED 2009 Italia per Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni*:

<i>Aree</i>	<i>Punteggio massimo</i>
Sostenibilità del Sito (SS)	26
Gestione delle Acque (GA)	10
Energia e Atmosfera (EA)	35
Materiali e Risorse (MR)	14
Qualità ambientale interna (QI)	15
Innovazione nella Progettazione (IP)	6
Priorità regionale (PR)	4
Punteggio massimo conseguibile	110

Tabella 7.4.1 Punteggio ottenibile per ogni singola categoria

In base alla somma dei punteggi dei crediti ottenuti nelle singole aree si può ricavare il livello di certificazione ottenuto, articolati su 4 livelli:

- ✓ Certified: 40 – 49 punti;
- ✓ Silver: 50 – 59 punti;
- ✓ Gold: 60 – 79 punti;
- ✓ Platinum: 80 – 110 punti.

Su 110 punti disponibili nel sistema di rating LEED, almeno 40 devono essere ottenuti per il livello di certificazione base:



7.5 La procedura di calcolo nella certificazione LEED

Riferendosi alla versione LEED for Existing Buildings, è stato analizzato il punteggio ottenibile dall'ottimizzazione delle prestazioni energetiche riferito al campo Energy and Atmosphere. Il range di punti ottenibile in questo credito va da 1 punto a 19 punti; è l'unico credito ad avere un punteggio così elevato (in media gli altri crediti vanno da 2 a 5 punti). La sua finalità è quella di raggiungere livelli crescenti di prestazioni energetiche per gli edifici e gli impianti proposti, superiori ai valori minimi richiesti dalla normativa, al fine di ridurre gli impatti economico-ambientali associati all'uso eccessivo di energia.

Vengono proposte due opzioni distinte per il conseguimento del credito, ma il punteggio massimo ottenibile è diverso.

- **OPZIONE 1: Procedura semplificata per la determinazione della prestazione energetica dell'edificio (1-3 punti).** Si intende per prestazione energetica dell'edificio la somma dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria, per l'alimentazione degli impianti di illuminazione e per l'alimentazione di processo. Le soglie di punteggio, con le relative percentuali minime di energia risparmiata, risultano essere:

EDIFICIO NUOVO	EDIFICIO ESISTENTE	PUNTI
10%	5%	Prerequisito
15%	10%	1
20%	15%	2
≥25%	≥20%	3

Tabella 7.5.1 Punteggio e percentuale minima di energia per il caso di edificio nuovo ed esistente "Opzione 1"

- **OPZIONE 2: Simulazione energetica in regime dinamico dell'intero edificio** (1-19 punti). E' richiesto di dimostrare un miglioramento percentuale dell'indice di prestazione energetica dell'edificio di progetto rispetto alla stima dei consumi di energia primaria del corrispondente edificio di riferimento. La stima dei consumi dell'edificio di riferimento deve essere fatta seguendo il Building Performance Rating Method riportato nell'appendice G della norma ANSI/ASHRAE 90.1-2007 con alcune modifiche per l'adattamento alla realtà italiana contenute nel D.Lgs. 192/2005.

EDIFICIO NUOVO	EDIFICIO ESISTENTE	PUNTI
10%	5%	Prerequisito
12%	8%	1
14%	10%	2
16%	12%	3
18%	14%	4
20%	16%	5
22%	18%	6
24%	20%	7
26%	22%	8
28%	24%	9
30%	26%	10

32%	28%	11
34%	30%	12
36%	32%	13
38%	34%	14
40%	36%	15
42%	38%	16
44%	40%	17
46%	42%	18
48%	44%	19

Tabella 7.5.2 Punteggio e percentuale minima di energia per il caso di edificio nuovo ed esistente, "Opzione 2"

7.6 Ottenimento del credito

Per ottenere il punteggio riferito al campo Energy and Atmosphere si è scelta l'Opzione 2 "*Simulazione energetica in regime dinamico dell'intero edificio*" che chiede di dimostrare un miglioramento percentuale dell'indice di prestazione energetica dell'edificio di progetto rispetto al corrispondente edificio di riferimento.

7.6.1 Edificio di riferimento

Per determinare il miglioramento percentuale dell'edificio è stato necessario creare, utilizzando il software Design Builder, l'edificio di riferimento secondo le linee guida imposte dal Performance Rating Method dell'appendice G dell'ASHRAE 90.1 2007.

Le impostazioni modificate nell'edificio di progetto per ricavare l'edificio di riferimento sono:

- 1) Profili di utilizzo: uguali a quelli di progetto.

- 2) Orientazione: sono necessarie quattro diverse simulazioni dell'edificio di riferimento per calcolarne le prestazioni, rispetto ai quattro diversi orientamenti cardinali; l'edificio, dunque, è stato ruotato di 90° per volta rispetto alla sua posizione vera. È stata assunta la zona climatica 3A, corrispondente a Massa Martana, come proposto nell'appendice B dell'ASHRAE 90.1 2007.
- 3) Superfici opache: nel caso di edifici esistenti, la norma impone di utilizzare gli involucri esistenti (prima della modifica), piuttosto che quelli prescritti dal D.Lgs. 156/2008 o da regolamenti locali più restrittivi. La copertura deve essere modellata con una riflettanza pari a 0.30.
- 4) Superfici vetrate: la percentuale di chiusure trasparenti, di ogni facciata dell'edificio, deve essere pari al minimo fra il valore reale dell'edificio di progetto e il 40% della superficie lorda delle strutture opache verticali. La trasmittanza deve essere pari ai valori massimi della trasmittanza U_w prevista dal D.Lgs. 156/2008.
- 5) Sistemi di illuminazione: l'illuminazione viene modellata utilizzando i parametri riportati nella sezione 9.5 del Building Area Method. Non si considerano i sistemi di controllo di illuminazione basati su luce naturale, su sensori d'occupazione o programmabili.
- 6) Tipologia degli impianti HVAC: il rendimento globale medio stagionale deve essere uguale al valore limite previsto da D.Lgs 192/2005; il volume d'acqua calda sanitaria richiesto deve essere calcolato in accordo alla UNI TS 11300-2; la capacità delle componenti HVAC per l'edificio di riferimento deve essere sovradimensionata del 15% per il condizionamento e del 25% per il riscaldamento; impianti di produzione di energie rinnovabili in sito non sono incluse nelle prestazioni dell'edificio di riferimento secondo quanto previsto dallo standard ASHRAE.

EDIFICIO RIFERIMENTO	EDIFICIO DI PROGETTO
Profili di funzionamento	
Uguali a quelli di progetto	Utilizzare i profili di funzionamento realmente previsti nell'edificio di progetto
Orientazione	
Sono necessarie 4 simulazioni dell'edificio di riferimento, ruotato ogni volta di 90°, per calcolarne le prestazioni	Modellare l'edificio di progetto così come è stato progettato
Involucro	
<u>Trasmittanza termica della superficie opaca esterna</u>	
0.34 W/m ² K da D.Lgs. 156/2008	0.246 W/m ² K
<u>Trasmittanza termica del solaio</u>	
0.30 W/m ² K da D.Lgs. 156/2008	0.206 W/m ² K per il blocco camere; 0.216 W/m ² K per il blocco centrale; 0.199 W/m ² K per la parte ampliata
<u>Trasmittanza termica delle superfici finestrate</u>	
2.2 [W/m ² K] da D.Lgs. 156/2008	1.60 W/m ² K
<u>Coperture</u>	
riflettanza pari a 0.30	riflettanza pari ad almeno 0.70 ed emissività termica pari a 0.75
Sistemi di illuminazione	
<u>Illuminazione bagni</u>	
10.82 W/m ²	8 W/m ²
<u>Illuminazione ristorante</u>	
14.06 W/m ²	11.5 W/m ²

Tipologia degli impianti HVAC	
La capacità dell' HVAC deve essere sovradimensionata del 15% per il condizionamento e del 25% per il riscaldamento	I sistemi HVAC devono rispecchiare la potenza di progetto e l'efficienza del sistema
Non sono considerati impianti di produzione di energie rinnovabili	Impianto solare termico di area 130 m ² e impianto fotovoltaico di area 220 m ²

Tabella 7.6.1.1 Modellazione edificio di riferimento ed edificio di progetto secondo il protocollo LEED

7.6.2 Confronto dei risultati

Una volta impostata la modellazione dell'edificio di riferimento secondo i parametri imposti dal protocollo LEED, è stata effettuata la simulazione per l'edificio orientato come da progetto, poi fatto ruotare di 90°, poi di 180° ed infine di 270°. Di tutte e quattro le simulazioni si sono raccolti i consumi di energia fornita in funzione dell'impiego finale riportati in tabella 7.6.2.1: riscaldamento e raffrescamento degli ambienti, acqua calda sanitaria, pompe dell'impianto, illuminazione interna ed esterna e l'energia di processo che rappresenta tutti i consumi di energia dovuti ad apparecchiature per uffici e per uso generico, lavatrici ed asciugatrici. Di questi valori riferiti ai quattro diversi orientamenti, è stato poi calcolata la media: tale valore viene poi confrontato con l'energia consumata nell'edificio di progetto nella tabella 7.6.2.3, per determinare la percentuale di energia primaria risparmiata ai fini dell'ottenimento del credito LEED.

EDIFICIO DI RIFERIMENTO												
Impiego finale	Fonte energia	Fattori di conversione	rotazione 0°		rotazione 90°		rotazione 180°		rotazione 270°			
			E fornita [kWh]	E primaria [kWh]								
Riscaldamento degli ambienti	elettricità	2.17	117470	254910	121277	263171.09	129217	280400.89	128290	278389.3		
Riscaldamento degli ambienti	gas naturale	1.1	14016	15417.6	14593	16052.3	15153.91	16669.3	15117	16628.7		
Raffrescamento degli ambienti	elettricità	2.17	226683	491902.11	228160	495107.2	224557	507288.7	237223.75	494775.53		
Illuminazione interna	elettricità	2.17	129437	280878.29	129437	280878.29	129437	280878.29	129437	280878.29		
Illuminazione esterna	elettricità	2.17	2180	4730.6	2180	4730.6	2180	4730.6	2180	4730.6		
Energia di processo	elettricità	2.17	66031	143287.27	68161	147909.37	62929	136555.9	64931	140900		
Pompe	elettricità	2.17	192	414.12	195.94	425.18	202	438.34	206	447.02		
ACS	gas naturale	1.1	130467	143513.7	130467	143513.7	130467	143513.7	130467	143513.7		
TOTALE			687053	1335056.11	694470.94	1351787.7	694142.91	1370475.72	707851.75	1360263.14		

Tabella 7.6.2.1 Consumi di energia fornita in funzione dell'impiego finale, Edificio di riferimento

Nel grafico 7.6.2.2 è riportato il confronto del fabbisogno di energia primaria dell'edificio di riferimento nei quattro orientamenti considerati; è possibile notare come l'edificio con orientazione corrispondente a quella reale (rotazione 0°), risulti essere quello che ne richiede il valore minimo. Ciò è dovuto principalmente al fatto che la maggior parte delle superfici vetrate dell'edificio è orientata a NORD richiedendo, così, il valore minimo dell'energia utilizzata per il raffrescamento. L'edificio avente rotazione pari a 180°, invece, risulta esser lo stabile che richiede il valore massimo del fabbisogno di energia primaria, avendo la maggior parte delle superficie vetrate a SUD.

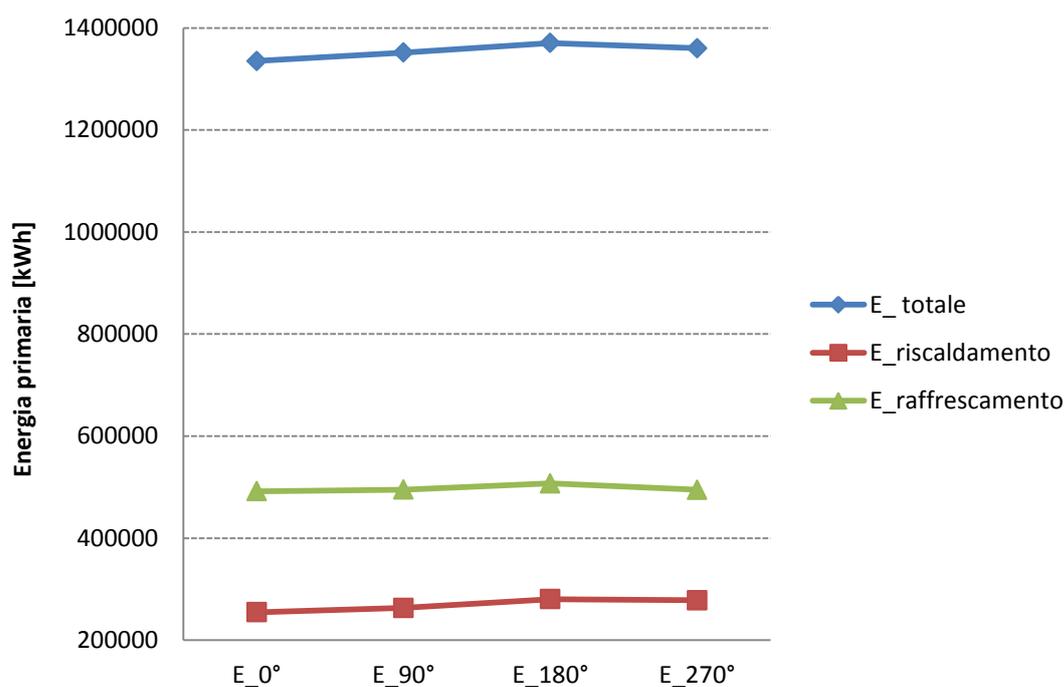


Grafico 7.6.2.2 Andamento dell'energia primaria per il riscaldamento, per il raffrescamento e totale dell'edificio di riferimento per i quattro diversi orientamenti

Impiego finale	Fonte energia	Fattori di conversione	Edificio di riferimento		Edificio di progetto		Miglioramento percentuale
			E fornita [kWh]	E primaria [kWh]	E fornita [kWh]	E primaria [kWh]	
Riscaldamento degli ambienti	elettricità	2.17	124063,5	269217.57	108863,6	236234	12.25%
Raffrescamento degli ambienti	elettricità	2.17	229155.9	497268.38	174179	377968,43	24%
Illuminazione interna	elettricità	2.17	129437	280878.3	93650	203220,5	27,6%
Illuminazione esterna	elettricità	2.17	2180	4730,6	2180	4730,6	0%
Energia di processo	elettricità	2.17	65513,4	142163.13	54958	119258,8	16.1%
Pompe	elettricità	2.17	198,985	431.79	164,78	357,5	17,2%
Impianto fotovoltaico	elettricità	2.17	-	-	-36568	-79352.5	
Riscaldamento degli ambienti	gas naturale	1.1	14954,63	16191.9	14087	15495,7	4,29%
ACS	gas naturale	1.1	130467	143513.7	65545	72099,5	49%
TOTALE			692231.4	1354395.67	477059.4	950012,7	29.8%

Tabella 7.6.2.3 Tabella riassuntiva delle performance degli edifici modellati

Per esplicitare il miglioramento del fabbisogno di energia primaria, si è costruito il grafico 7.6.2.4 che raffigura l'energia primaria richiesta dall'edificio di progetto, quella richiesta dall'edificio di riferimento a rotazione 0° e la media del fabbisogno di energia primaria dell'edificio di riferimento di rotazione 0°, 90°, 180° e 270°.

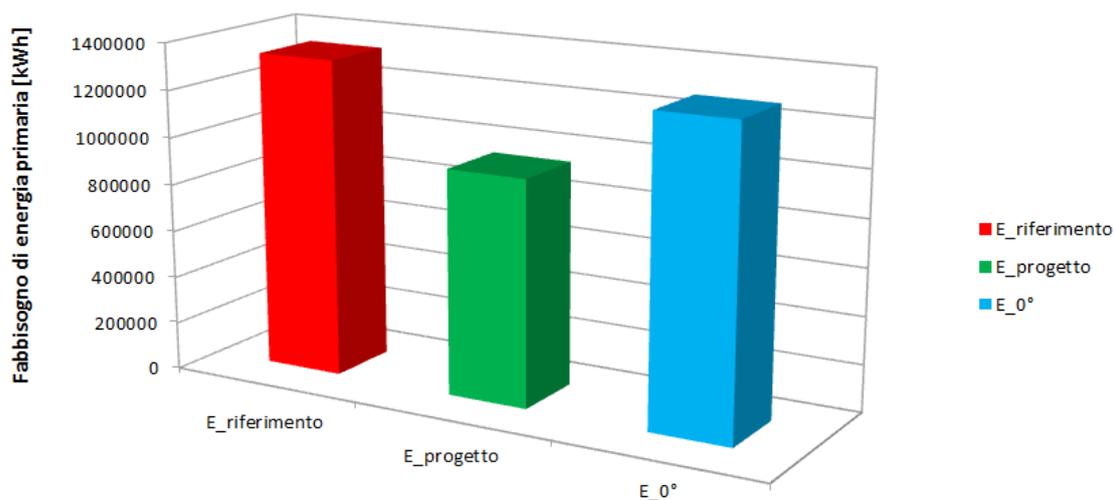


Grafico 7.6.2.4 Consumi dei tre edifici studiati per i confronti finali

Il miglioramento percentuale di fabbisogno di energia primaria tra l'edificio di progetto e quello di riferimento orientato come il progetto avente parametri minimi imposti dalla normativa risulta essere pari al 28%.

Il risparmio finale in termini di fabbisogno di energia primaria tra l'edificio di progetto e quello di riferimento risulta essere, invece, del 29,8% che per la certificazione LEED, da tabella 7.5.2, corrisponde ad ottenere 12 punti sui 19 a disposizione.

Conclusioni

Le attuali norme di riferimento per la stima del fabbisogno energetico degli edifici rimandano a procedure semplificate in regime stazionario di derivazione CEN (Comitato Europeo di Normazione). A differenza di quanto rilevabile applicando tali norme, le procedure di calcolo in regime dinamico evidenziano come la variabilità del flusso termico attraverso l'involucro edilizio comporti effetti sul bilancio energetico sensibilmente dipendenti dalla sua capacità termica.

Il reale comportamento termico-dinamico del sistema costruttivo è infatti strettamente dipendente dalla variabilità delle condizioni ambientali al contorno. In particolare, il flusso termico trasmesso attraverso l'involucro edilizio dipende dalle oscillazioni delle condizioni interne dell'edificio, determinate dalle modalità di occupazione e di gestione degli impianti, e, contemporaneamente, dalle fluttuazioni delle condizioni climatiche che si verificano al suo esterno. Per determinare numericamente tali effetti, è necessario ricorrere a valutazioni di tipo dinamico, che considerino la variabile temporale, correlata agli effetti della capacità termica dei materiali, nel computare i fenomeni di trasmissione del calore.

La sempre maggiore attenzione alle tematiche energetiche ed ambientali porta a concentrare il lavoro su nuovi sistemi di calcolo, in grado di rispondere alle esigenze della committenza con prodotti di alto profilo. Lo studio presso cui questa tesi è stata svolta, realizzando opere sempre più ambiziose con richiesta di comfort sempre più elevate, ha deciso di investire nel software Design Builder potendo, così, offrire ai propri clienti, soluzioni all'avanguardia per quanto riguarda l'analisi dei parametri di comfort e dei consumi degli edifici analizzati.

Dal lavoro svolto attraverso tale software si evince, infatti, che lo studio del comportamento termo-energetico in campo dinamico è un utile strumento per monitorare i consumi necessari a mantenere le condizioni di comfort all'interno degli ambienti, potendo così in una fase successiva migliorare la progettazione

dell'edificio ai fini di un abbattimento del fabbisogno di energia riducendo i costi di manutenzione e di esercizio relativi a tutto il ciclo di vita dell'edificio. Le simulazioni dinamiche effettuate ed esportate dal programma, giocano un ruolo molto importante soprattutto per analizzare il condizionamento estivo; permettono infatti di visualizzare comportamenti negativi degli elementi non percepibili da un calcolo tradizionale. La simulazione dinamica fornisce dati dettagliati e precisi ma richiede notevoli tempi di compilazione e definizione del modello oltre ad un'approfondita conoscenza del software utilizzato.

Inoltre, la forte volontà di seguire la progettazione secondo standard di sostenibilità e di efficienza energetica, ha fatto sì che tutto ciò si sposasse con lo studio e l'applicazione di protocolli internazionali come quello LEED.

Il protocollo di certificazione LEED prevede, tra i suoi ambiti di valutazione, nell'area Energia e Atmosfera, di un punteggio aggiuntivo dovuto all'effettuazione della simulazione dinamica. In questo contesto si è valutato il miglioramento percentuale del fabbisogno di energia primaria confrontando l'edificio di progetto con l'edificio di riferimento, secondo una specifica metodologia, ed è emerso un risparmio pari al 29.8% raggiungendo perciò 12 punti sui 19 complessivi.

Ogni simulazione energetica utilizza le principali equazioni termodinamiche per la risoluzione della termofisica dell'edificio. Fino a quando le problematiche termiche di un edificio sono complesse oppure non sono totalmente conosciute, i software di simulazione energetica possono solo approssimare i risultati attraverso le equazioni termofisiche ipotizzate con i metodi di calcolo. Resta comunque il fatto che tali strumenti rappresentano un punto di riferimento per le future applicazioni, che sempre più vogliono tradurre sistemi complessi e variabili nel tempo, per trovare nuovi margini di miglioramento, risparmio ed efficienza energetica attraverso l'ottimizzazione della gestione.

Questi software infatti, oltre ad un supporto nella progettazione, possono offrire un importante supporto per la gestione di un edificio durante il suo ciclo di vita, ad esempio confrontando i dati di consumo proprio del fabbricato con i dati di

consumo standard; su questi “scostamenti” è possibile studiare così strategie di riduzione dei consumi nel nome della riduzione dei consumi e della sostenibilità ambientale.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare la Professoressa Stoppato, relatrice di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi e per tutto l'aiuto fornitomi durante la stesura.

Un sentito ringraziamento a tutto lo studio E.C. ENGINEERING, sede del tirocinio svolto. In particolar modo all'Ing. Baessato Mauro e all'Ing. Damian Anna per la pazienza, la competenza e la fiducia trasmessa e per aver rappresentato un esempio professionale ed umano che mi auguro un giorno di saper imitare.

Desidero infine ringraziare i miei genitori Franco e Loredana, i miei fratelli Sergio e Silvia, i miei nonni Gilda Giulia e Lino, la mia fidanzata Erika e tutti gli amici che mi hanno permesso di raggiungere questo importante traguardo condividendo esperienze, difficoltà e soddisfazioni nell'arco di questi anni.

A tutti voi dedico il mio lavoro.

Bibliografia

- Dall'ò G. Gamberale M. Silvestrini G., Manuale della Certificazione Energetica degli Edifici, Edizione Ambiente, 2010
- Galbusera G. Guida alla nova legge 10, TEP srl, 2007
- Lattanzi V., Certificazione energetica edifici. Progettazione e guida all'applicazione della legislazione e della normativa tecnica, Legislazione Tecnica, 2010
- Marino F. Grieco M., La certificazione energetica degli edifici ed il D.Lgs. 192 del 19/8/2005. Algoritmi di calcolo ed esperienze internazionali, EPC Libri, 2006
- La certificazione e l'efficienza energetica del sistema edificio-impianto. Aspetti interpretativi, tecnici e procedurali, AICARR, 2007
- 90.1 User's Manual ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 - 2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
- Green Building. Manuale LEED Italia nuove costruzioni e ristrutturazioni, 2010

Normativa tecnica

- ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
- UNI 10351 “Materiali da costruzione - Conduktività termica e permeabilità al vapore”
- UNI/TS 11300-1 “Prestazioni energetiche degli edifici - determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale”
- UNI/TS 11300-2 “Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”
- UNI 10355 “Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo”
- UNI 10339 “ Impianti aeraulici a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d’offerta, l’offerta, l’ordine e la fornitura”

Webgrafia

[1] www.designbuilder.co.uk

[2] www.sgmarchitecture.com

[3] www.mygreenbuildings.org

[4] www.gbcitalia.com

[5] www.comune.massamartana.pg.it

[6] www.sanfaustino.it

[7] www.enea.it