



Ricerca di Sistema elettrico

Valutazione delle prestazioni energetiche (EP) negli edifici nZEB: Residenze multifamiliari

G. Centi, C. Romeo, P. Signoretti, A. Griffo, E. Passafaro, F. Caffari

VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE (EP) NEGLI EDIFICI nZEB: RESIDENZE MULTIFAMILIARI

G. Centi, C. Romeo, P. Signoretti, E. Passafaro, F. Caffari (ENEA)

A. Griffo (Dipartimento Ingegneria Industriale -Università degli Studi di Salerno)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto:: Edifici a energia quasi zero (nZEB), Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)

Obiettivo: Individuazione delle criticità nella progettazione e realizzazione di interventi di riqualificazione a nZEB: implicazioni pratiche, normative e legislative

Responsabile del Progetto: Domenico Iatauro, ENEA

Longum iter est per praecepta, breve et efficax per exempla (Epistulae Morales Ad Lucilium - Seneca)

Indice

SOMMARIO.....	5
SUMMARY	6
1 INTRODUZIONE	7
2 OBIETTIVO E METODO	9
3 IL CONCETTO DI NZEB SECONDO LA DIRETTIVA 2010/31/CE	11
3.1 IL RECEPIMENTO DEL CONCETTO DI NZEB DA PARTE DEGLI STATI MEMBRI	11
3.2 GLI NZEB NELLA NORMATIVA ITALIANA	12
3.3 CONSIDERAZIONI SULLA DEFINIZIONE NZEB	13
4 LA RACCOMANDAZIONE 2016/1318 DELLA COMMISSIONE EUROPEA	14
4.1 LA DIREZIONE INDICATA PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI NZEB	14
5 L'EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI NZEB IN ITALIA.....	16
5.1 PIANO D'AZIONE NAZIONALE PER INCREMENTARE GLI EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO	16
5.2 L'INTRODUZIONE DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO	17
5.3 I PARAMETRI DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO VALIDI PER GLI NZEB.....	19
5.4 I REQUISITI MINIMI PREVISTI PER GLI NZEB	21
6 L'APPROCCIO PER L'INDIVIDUAZIONE DI UN PARAMETRO RAPPRESENTATIVO DEGLI NZEB IN AMBITO NAZIONALE: CARATTERISTICHE DEGLI EDIFICI DI RIFERIMENTO.....	25
6.1 LA SCELTA DELLE LOCALITÀ DI RIFERIMENTO	25
6.2 INDIVIDUAZIONE DEI MODELLI DI EDIFICI DI RIFERIMENTO RAPPRESENTATIVI DELLA REALTÀ NAZIONALE	27
7 LA CREAZIONE DEI MODELLI DEL SISTEMA EDIFICIO	28
7.1 ZONIZZAZIONE	28
7.2 CAPACITÀ TERMICA INTERNA	28
7.3 PARAMETRI TERMO-FISICI RELATIVI ALL'INVOLUCRO	29
7.3.1 Parametri termo-fisici relativi all'involucro.....	31
8 EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO DI NUOVA COSTRUZIONE	32
9 EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO DI NUOVA COSTRUZIONE.....	34
10 LA METODOLOGIA DI CALCOLO	36
10.1 IL MODELLO DI CALCOLO	37
10.2 LA DESTINAZIONE D'USO	38
10.3 LE CARATTERISTICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO NEL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI	39
10.3.1 Individuazione delle strutture edilizie : Edificio Residenziale Piccolo Condominio.....	41
10.3.2 Le caratteristiche dell'involucro edilizio: Edificio Residenziale Piccolo Condominio	56
10.3.3 Individuazione delle strutture edilizie: Edificio Residenziale Grande Condominio.....	59
10.3.4 Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Residenziale Grande Condominio.....	74
10.4 LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI IMPIANTISTICI NEL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI	77
10.4.1 Climatizzazione invernale	77
10.4.2 Produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari	78
10.4.3 Climatizzazione estiva	79
10.5 L'APPORTO DI FONTI RINNOVABILI NEL RISPETTO DEL DLGS 28/2011.....	80
11 I PRIMI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.	82

11.1	LA VERIFICA DEI REQUISITI MINIMI NZEB PER L'EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE DI TIPO PICCOLO CONDOMINIO.....	82
11.1.1	Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi all'involucro edilizio	83
11.1.2	Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi al sistema impiantistico	87
11.1.3	Verifica della copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile (Dlgs 28/2011).....	93
11.1.4	Ulteriore verifica relativa alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva	96
11.1.5	L'individuazione di un parametro prestazionale rappresentativo degli nZEB: edificio residenziale plurifamiliare di tipo Piccolo Condominio	97
11.2	LA VERIFICA DEI REQUISITI MINIMI NZEB PER L'EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE DI TIPO GRANDE CONDOMINIO.....	110
11.2.1	Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi all'involucro edilizio	110
11.2.2	Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi al sistema impiantistico	116
11.2.3	Verifica della copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile (Dlgs 28/2011).....	120
11.2.4	Ulteriore verifica relativa alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva	123
11.2.5	L'individuazione di un parametro prestazionale rappresentativo degli nZEB: edificio residenziale plurifamiliare di tipo Grande Condominio.....	124
12	CONCLUSIONI.....	136
13	SVILUPPI FUTURI	138
14	BIBLIOGRAFIA.....	139
14.1	NORMATIVA TECNICA.....	139
14.2	LEGISLAZIONE	140
14.3	ALTRI RIFERIMENTI	141

Sommario

La Direttiva EPBD recast 2010/31/EU sull'efficienza energetica negli edifici prevede l'obbligo del raggiungimento di standard energetici molto ambiziosi per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici a partire dal 31 dicembre 2018 e per tutti i nuovi edifici a partire dal 31 dicembre 2020.

Tale obbligo si concretizza con l'introduzione del concetto di "edifici a energia quasi zero" (nearly Zero-Energy Building, nZEB), definiti come edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili.

La Direttiva traccia la strada e gli obiettivi che ogni Stato Membro deve seguire per identificare un nZEB e per ottenere il target delineato.

Entro tale ambito spetta tuttavia ai singoli Paesi definire i requisiti minimi in termini di prestazione energetica all'interno di un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali di costo che tenga conto della soluzione ottimale risultato di un corretto equilibrio tra scelte tecnologiche, investimenti e tempi di rientro dei costi sostenuti.

In primo luogo si pone dunque il tema dell'individuazione di una definizione attuativa del concetto di nZEB. Nei vari Paesi comunitari si sono seguite strade diverse.

Partendo da un'analisi comparativa dei diversi criteri adottati all'interno della Comunità Europea si descrivono i criteri scelti dal nostro paese per l'individuazione degli nZEB.

A seguito della Raccomandazione UE 2016/1318 della commissione del 29 luglio 2016 l'applicazione della definizione nZEB dovrà includere un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m²anno).

Seguendo questa indicazione con il presente studio si sono individuate diverse tipologie di edifici, facendo riferimento alle nuove costruzioni, cui sono stati applicati i requisiti minimi previsti dalla normativa nazionale per gli nZEB nelle diverse zone climatiche caratteristiche del nostro Paese.

Si sono quindi valutati i risultati ottenuti attraverso simulazioni con software di calcolo certificati che seguono la normativa tecnica di riferimento (serie UNI TS 11300) attraverso l'indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m²anno).

Questo rapporto, che segue un analogo studio riferito a modelli di edifici residenziali monofamiliari presenterà i risultati di un set di simulazioni relative ad edifici residenziali plurifamiliari.

A valle di questo approccio si è in grado di esprimere dei valori di riferimento per zona climatica che identifichino gli nZEB in funzione della loro destinazione d'uso.

Summary

The EPBD recast Directive 2010/31/EU on energy efficiency in buildings requires achieving highly ambitious energy standards. This obligation is expressed with the introduction of the concept of "near-Zero Energy Buildings". An nZEB means a building that has a very high energy performance. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby'.

All new buildings must have nearly zero or very low energy needs. This obligation is required to ensure that by 31 December 2020 all new buildings are nearly zero-energy buildings. The same nearly zero-energy target but with a shorter deadline of 31 December 2018 applies for new buildings occupied and owned by public authorities.

The directive outlines the road and the objectives that each Member State must follow to identify a target and nZEB outlined. While the EPBD sets the framework definition of nZEBs, its detailed application in practice (e.g. what is a 'very high energy performance' and what would be the recommended significant contribution of 'energy from renewable sources') is the responsibility of the Member States.

Within this context, however, individual countries define minimum energy performance requirements within a perspective of achieving cost-optimal levels taking into account the optimal outcome of a proper balance between technological decisions, investments and re-entry of the costs incurred.

First arose the identification of the implementation of nZEB concept: EU countries have followed different criteria.

Starting from a comparative analysis of the different criteria used within the European Community we describe the criteria chosen by our country for identifying nZEB.

Following the EU recommendation 2016/1318 of 29 July 2016 nZEB definition enforcement must include a numerical indicator of primary energy consumption in kWh/m² year.

With this study we have identified different types of buildings, referring to new buildings, which have been applied to the minimum requirements of national legislation for nZEB in the different climatic zones characteristic of our country.

We then evaluated the results obtained through simulations by certified calculation software that follow the reference technical standard (UNI TS 11300 series) through the numerical indicator of primary energy consumption expressed in kWh/m².

This report, which follows a similar study of single-family residential building model, will present the results of a first set of simulations related to multi-family residential buildings.

Following this approach, it is possible to express reference values according to the climatic zone that identify nZEBs according to their use.

1 Introduzione

L'efficienza energetica degli edifici è uno dei temi più rilevanti e strategici che si stanno dibattendo in questi anni in ambito europeo ed internazionale. Gli edifici infatti sono elementi fondamentali per le politiche di efficienza energetica dell'Unione dal momento che quasi il 40% del consumo energetico finale (e il 36% delle emissioni di gas serra) deriva dal settore edile.

L'importanza del settore edile per il miglioramento dell'efficienza energetica è stata messa in evidenza anche dal quadro per le politiche dell'energia e del clima dell'UE (Comunicazione della Commissione COM(2014) 0015 di ottobre 2014) che per il periodo dal 2020 al 2030 ha indicato diverse tematiche che l'UE dovrà affrontare.

Gli obiettivi nazionali fanno seguito alle indicazioni del Clean Energy Package 2016 presentato dalla Commissione Europea che contiene le proposte legislative per lo sviluppo delle fonti rinnovabili e del mercato elettrico, la crescita dell'efficienza energetica, la definizione della governance dell'Unione dell'Energia, con obiettivi al 2030.

In ambito nazionale è stata predisposta una Strategia Energetica Nazionale (SEN 2017): piano decennale del governo con un orizzonte di azioni da conseguire al 2030 per anticipare e gestire il cambiamento del sistema energetico che si articola secondo diversi obiettivi:

- migliorare la competitività del Paese, continuando a ridurre il gap di prezzo e di costo dell'energia (in particolare gas ed energia elettrica) rispetto all'Europa
- raggiungere e superare in modo sostenibile gli obiettivi ambientali e di decarbonizzazione al 2030 attraverso ricorso a rinnovabili ed efficienza energetica
- migliorare la sicurezza di approvvigionamento e la flessibilità dei sistemi e delle infrastrutture energetiche.

La promozione della diffusione delle tecnologie rinnovabili si traduce nell'obiettivo di raggiungere il 28% di rinnovabili sui consumi complessivi al 2030 rispetto al 17,5% del 2015.

Altro target da raggiungere riguarda il favorire interventi di efficienza energetica (ruolo chiave della SEN 2017) che permettano di massimizzare i benefici di sostenibilità e contenere i costi di sistema prevedendo una riduzione dei consumi finali (10 Mtep/anno nel 2030 rispetto al tendenziale) ed il cambio di mix settoriale per favorire il raggiungimento del target di riduzione CO₂.

L'Italia presenta performance elevate in termini di efficienza energetica rispetto agli altri Paesi europei. Permane comunque un potenziale elevato di risparmio energetico, in particolare nei settori civile (residenziale e terziario) per i quali si vuole dare un forte impulso alla promozione della riqualificazione energetica degli edifici. Per quanto riguarda il residenziale si tratta di un segmento di consumo ad alto potenziale che presenta ancora alcune importanti barriere che ostacolano l'adozione di interventi di efficienza energetica.

L'obiettivo della SEN è di favorire le iniziative per la riduzione dei consumi col miglior rapporto costi/benefici per raggiungere nel 2030 il 30% di risparmio rispetto al tendenziale fissato nel 2030, nonché di dare impulso alle filiere italiane che operano nel contesto dell'efficienza energetica.

Un importante contributo all'efficienza energetica deriva dal rafforzamento degli standard minimi per l'edilizia. Una quota significativa di risparmio discende dall'applicazione dei decreti che hanno già introdotto nell'ordinamento nazionale la Direttiva 2010/31/UE, elevando i requisiti per gli edifici privati di nuova costruzione (nZEB - edifici ad energia quasi zero).

Le proposte relative all'Efficienza energetica sono incluse nelle nuove direttive Efficienza Energetica (EED) e Prestazione Energetica degli Edifici (EPBD) che prevede l'obbligo di stabilire una roadmap di rinnovamento degli edifici al 2050.

La direttiva EPBD, a lungo in fase di consultazione, è stata pubblicata in Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 19 giugno 2018 nella sua nuova versione: Direttiva UE 2018/844 entrata in vigore il 9 luglio 2018.

Gli Stati membri dovranno recepirli entro marzo 2020.

Tre le maggiori novità introdotte:

- Obbligo di migliorare la prestazione energetica di edifici nuovi e esistenti;
- Sostegno allo sviluppo di infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici;
- Strategie nazionali di ristrutturazione degli immobili e indicatori d'intelligenza.

L'aggiornamento della direttiva impone innanzitutto agli Stati membri di elaborare strategie nazionali a lungo termine per sostenere la ristrutturazione efficiente di edifici pubblici e privati, con l'obiettivo di ridurre le emissioni nell'UE dell'80-85% rispetto ai livelli del 1990.

Gli obiettivi della nuova direttiva:

- rendere più efficaci le strategie di ristrutturazione degli immobili a lungo termine che dovranno avere obiettivi chiari e misurabili per un settore edile idealmente decarbonizzato e un parco di edifici nZEB al 2050
- consolidare la componente finanziaria e promuovere investimenti privati per il recupero del patrimonio edilizio esistente

I principi su cui poggiano le disposizioni in materia di edifici a energia quasi zero sono uno dei pilastri della direttiva vigente e sono destinati a diventare la norma per gli edifici di nuova costruzione a partire dal 2020.

La legislazione nazionale deve garantire che entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero. Lo stesso obiettivo, da raggiungere però entro il termine più breve del 31 dicembre 2018, vale anche per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà dei medesimi. In tal modo, a partire dalla fine del 2020 gli operatori economici dovrebbero poter disporre di un quadro giuridico nazionale trasparente relativo ai requisiti di prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione.

La completa attuazione e revisione dei criteri necessari per raggiungere le prestazioni richieste per gli edifici a consumo energetico quasi zero (nZEB), in termini di: efficienza degli impianti energetici, del contributo delle fonti rinnovabili, della qualità energetica dell'involucro edilizio e dei suoi componenti riveste dunque un'importanza fondamentale.

Dal momento che è di esclusiva competenza degli Stati membri fissare requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi, tali requisiti dovrebbero essere fissati in modo da conseguire un equilibrio ottimale in funzione dei costi tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio.

2 Obiettivo e metodo

Il concetto di nZEB, introdotto dalla Direttiva Europea 2010/31/UE, è risultato molto flessibile in quanto ciascuno degli Stati Membri deve definire i requisiti minimi nell'ottica del raggiungimento del "livello ottimale di costo" stimato per l'intero ciclo di vita dell'edificio. Tuttavia, la Raccomandazione del 29 Luglio 2016 della Commissione Europea evidenzia come sia necessario che ogni Stato Membro definisca l'edificio nZEB sulla base di un indicatore numerico di energia primaria espresso in kWh/(m²anno).

Nel nostro Paese il DM 26.06.2015 provvede a dare una definizione di edificio nZEB, inteso come edificio che verifica una serie di requisiti relativi ai parametri caratteristici dell'involucro edilizio, alle caratteristiche al consumo di energia primaria e alle efficienze del sistema impiantistico nonché alla copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile, queste ultime definite dal Dlgs 28/2011 (Allegato III)

Alla luce di quanto espresso dalla Raccomandazione Europea, lo studio riportato nel PAR 2016 ha perseguito proprio l'obiettivo di correlare la definizione di un edificio nZEB di tipo residenziale Monofamiliare a degli indici di prestazione energetica, con conseguente classificazione in base a quanto previsto dallo stesso DM 26.06.2015.

Questo rapporto rappresenta l'estensione dell'approccio agli edifici Monofamiliari del PAR 2016 agli edifici del settore residenziale multifamiliare di tipo Piccolo e Grande Condominio. Verranno quindi presentati i risultati relativi a una serie di configurazioni predisposte per edifici nZEB Piccolo Condominio e Grande Condominio, confrontandone i risultati in maniera tale da coglierne le differenze.

Lo studio riportato nel PAR 2017 è strutturato, per ciascuna delle due tipologie di edificio, in diverse fasi:

- a. Definizione delle caratteristiche Geometriche dell'edificio
- b. Individuazione dei componenti dell'involucro edilizio e delle caratteristiche termofisiche di ciascuno di essi, per ciascuna zona climatica
- c. Definizione delle caratteristiche prestazionali del sistema impiantistico per ciascuno dei servizi richiesti
- d. Calcolo della potenza di Picco del parco fotovoltaico in conformità al modello di calcolo fornito dalle norme UNI TS 11300-4
- e. Verifica dei parametri relativi all'involucro edilizio
- f. Verifica degli indici prestazionali
- g. Analisi degli indicatori di prestazione energetica e classificazione energetica

Affinché i requisiti minimi per gli edifici nZEB fossero rispettati, i valori dei parametri relativi al fabbricato e al sistema impiantistico sono stati imposti proprio pari ai valori limite definiti dalle diverse tabelle in Appendice A del DM Requisiti Minimi.

Questa si rivela una condizione necessaria ma non sufficiente perché i Requisiti Minimi soggetti a verifica non sono di indicazione diretta ma sono calcolati in conformità ai modelli di calcolo forniti dalle norme UNI TS 11300.

I valori sono stati imposti per i seguenti parametri:

Parametri relativi al fabbricato

- Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra
- Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati
- Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra
- Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati
- Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti

Parametri relativi agli impianti tecnici

- Efficienze medie η_u dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi di H, C, W
- Efficienze medie η_{gn} dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ.
Nella fattispecie, i valori delle efficienze si riferiscono a una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico. Il sistema impiantistico è costituito da due pompe di calore, una dedicata esclusivamente alla produzione di acqua calda sanitaria ed una invece utilizzata per la climatizzazione estiva ed il riscaldamento invernale.

I Requisiti Minimi, risultato del calcolo in base ai modelli forniti dalle norme UNI TS11300 e pertanto soggetti a verifica sono:

- Rapporto tra Area Solare Equivalente Estiva ed Area della Superficie Utile (UNI TS 11300-1)
- Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (UNI TS11300-1)
- Indice di prestazione termica utile per riscaldamento (UNI TS11300-2)
- Indice di prestazione termica utile per climatizzazione estiva (UNI TS 11300-3)
- efficienza media stagionale per il servizio di riscaldamento (UNI TS 11300-1)
- efficienza media stagionale per il servizio di climatizzazione estiva (UNI TS 11300-2)
- efficienza media stagionale per il servizio di produzione di ACS (UNI TS 11300-3)
- Indice di prestazione energetica globale totale (UNI TS 11300-5)
- Trasmittanza media periodica e massa superficiale, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a 290 W/m²: (UNI 13786)
- Copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile (Dlgs 28/2011)

Verranno confrontati infine i risultati relativi alle simulazioni per le due tipologie di edificio, in maniera tale da coglierne le differenze sostanziali.

3 Il concetto di nZEB secondo la Direttiva 2010/31/CE

La direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia («direttiva EPBD», Energy Performance of Buildings Directive) è il principale strumento legislativo a livello dell'UE per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici europei.

Un elemento fondamentale della direttiva EPBD è rappresentato dall'introduzione del concetto di edifici a energia quasi zero (nearly Zero-Energy Buildings) identificati come edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili.

La direttiva EPBD prevede che gli Stati membri provvedano affinché entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero e a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

3.1 *Il recepimento del concetto di nZEB da parte degli Stati Membri*

Secondo la EPBD deve essere prevista dai singoli Stati Membri l'applicazione dettagliata di edifici a energia quasi zero, tenuto conto delle rispettive condizioni nazionali, regionali o locali indirizzando verso l'individuazione di un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m²anno.

Ogni Paese europeo ha recepito la direttiva in base alle proprie specifiche esigenze e delle situazioni locali.

Il concetto "nZEB" è risultato molto flessibile, dato che gli Stati membri sono responsabili nel definire i loro piani nazionali e i propri requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici in un'ottica di raggiungimento del "livello ottimale di costo" durante il ciclo di vita economico stimato dell'edificio.

Il quadro che si è delineato nei diversi Paesi è fortemente differenziato sia riguardo l'implementazione della direttiva EPBD sia per la identificazione dei requisiti degli nZEB.

Uno studio del BPIE e un progetto europeo RePublic_ZEB riassumono i vari criteri e i vari indicatori utilizzati per la definizione degli nZEB sia per gli edifici nuovi sia per quelli esistenti.

La definizione di nZEB è disponibile in 15 paesi dell'UE. In 3 paesi sono stati definiti i requisiti nZEB ma manca la relativa implementazione nella legislazione nazionale. Solamente 8 paesi hanno già definito le caratteristiche relative alla riqualificazione in nZEB degli edifici già esistenti.

Nella maggior parte dei paesi, le definizioni di nZEB si riferiscono all'energia primaria massima come uno dei principali indicatori.

In pochi casi (ad es. I Paesi Bassi e la Regione belga delle Fiandre), l'utilizzo primario di energia dell'edificio viene valutato attraverso un coefficiente non dimensionale, confrontando l'utilizzo di energia primaria degli edifici con un edificio "di riferimento" con caratteristiche simili. In parecchi casi (ad esempio Regno Unito, Norvegia e Spagna) le emissioni di carbonio sono utilizzate come principali indicatori, mentre in altri le emissioni di carbonio sono utilizzate come indicatori complementari all'utilizzo di energia primaria.

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo dell'efficienza energetica degli edifici, l'EPBD elenca i principali usi finali che dovrebbero essere inclusi come il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria, il raffrescamento, la ventilazione e l'illuminazione (soprattutto in quello non residenziale).

Nella maggior parte delle giurisdizioni le esigenze energetiche per il raffrescamento e la ventilazione sono considerate per gli edifici residenziali, ma solo poche considerano gli elettrodomestici (ad esempio l'Austria) o il consumo energetico di ascensori e scale mobili (ad esempio per edifici non residenziali in Italia).

Oltre all'obbligo del consumo di energia primaria, la maggior parte dei paesi ha inoltre stabilito requisiti distinti sull'uso finale di energia, come suggerito dal Comitato europeo di normalizzazione. Nella maggior parte delle giurisdizioni, queste si riferiscono all'energia finale necessaria per il riscaldamento dello spazio (ad esempio in Cipro, Lettonia, Slovenia o Regione di Bruxelles Capitale) o al coefficiente di trasmissione medio dell'edificio (per esempio nella Repubblica Ceca).

In alcuni casi (ad esempio in Danimarca e nella regione capitale di Bruxelles) è inclusa anche la valutazione della tenuta d'aria dell'edificio.

In altri casi (ad esempio in Francia, Danimarca, Regione del Capitale di Bruxelles e Fiandre) vengono stabiliti requisiti aggiuntivi per l'esecuzione dei sistemi tecnici (ad esempio unità di riscaldamento e ventilazione) e per ridurre ulteriormente il rischio di surriscaldamento dell'edificio.

3.2 *Gli nZEB nella normativa italiana*

Date le potenzialità di risparmio ottenibile dal settore civile che copre circa il 39,7% del fabbisogno energetico nazionale negli usi finali, l'incremento dell'efficienza energetica negli edifici e la transizione verso gli edifici a energia quasi zero (nZEB), costituisce un obiettivo prioritario per il Paese che viene perseguito grazie all'attivazione di un'ampia gamma di misure di regolazione e di incentivazione.

In un'ottica di incremento dell'efficienza energetica degli edifici, i parametri energetici e le caratteristiche termiche minime sono stati resi più sfidanti.

Si evidenzia come, rispetto ai valori precedentemente in vigore (DLgs 192/2005 smi), sono state infatti rimodulate le trasmittanze minime previste per gli elementi edilizi, riducendole di circa il 15% per gli interventi eseguiti a partire dal 1° luglio 2015, e di un ulteriore 15% a partire dal 1° gennaio 2021, prevedendo contemporaneamente un miglioramento dell'efficienza minima degli impianti tecnici.

In Italia sono identificati come edifici ad energia quasi zero tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui risultano rispettati i valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento:

1. i valori limite determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici dei seguenti parametri :
 - coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'_T);
 - area solare equivalente estiva per unità di superficie utile ($A_{sol,est}/A_{sup,utile}$);
 - indici di prestazione termica utile per riscaldamento e raffrescamento ($EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$);
 - efficienza media stagionale degli impianti di climatizzazione invernale (η_H), di climatizzazione estiva (η_C) e di produzione di acqua calda sanitaria (η_W); indice di prestazione energetica globale totale dell'edificio ($EP_{gl,tot}$);

Per classificare un edificio come nZEB, le caratteristiche termiche e i parametri energetici dell'edificio di riferimento sono più selettivi, anticipando i requisiti previsti per gli edifici nuovi e per quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello a partire dal 2021 (2019 per la Pubblica Amministrazione).

2. copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, delle seguenti quote:
 - 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria (55% per gli edifici pubblici);
 - 50% della somma dei consumi previsti per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria e il raffrescamento (55% per gli edifici pubblici).

Sul mercato è possibile trovare differenti tipologie di impianti alimentati da fonti rinnovabili: le pompe di calore elettriche o a gas nelle versioni aerotermiche, idrotermali o geotermiche, le caldaie o i cogeneratori alimentati a biomassa, i micro/mini impianti eolici, il solar cooling, i sistemi solari termici e fotovoltaici. La scelta della soluzione più appropriata non è facilmente generalizzabile e non può prescindere né dal sito dell'intervento con le sue condizioni climatiche e la disponibilità di particolari risorse energetiche né dai servizi assolti nell'edificio e i conseguenti carichi. Inoltre nelle ristrutturazioni si è spesso vincolati dalla situazione ex-ante che di fatto limita (fino talvolta ad escluderla) la possibilità di scelta delle soluzioni adottabili.

3.3 Considerazioni sulla definizione nZEB

La vista di insieme sulle varie scelte operate o in via di definizione da parte dei diversi paesi membri sembrerebbe mettere in luce che:

- l'indicazione generica di nZEB della direttiva EPBD ha di fatto generato un ampio ventaglio di situazioni
- non tutti i paesi hanno ancora definito gli nZEB con modalità strettamente analitiche (come per esempio fatto in Italia con il DM requisiti minimi)
- in diversi casi la definizione di nZEB è legata alla migliore classificazione vigente sugli edifici (per esempio, classe A/A+), quindi si è cercato di semplificare l'approccio
- la quota di rinnovabile richiesta è in pratica sempre presente, anche se con valori modesti
- in diversi casi è stata distinta la casistica degli edifici nuovi, per i quali è meno difficoltoso raggiungere prestazioni energetiche elevate, da quella degli edifici esistenti, per i quali gli interventi sono spesso problematici (per esempio nel caso dell'isolamento delle pareti in edifici vincolati). Questa differenziazione consente, peraltro, di definire standard diversi e più calibrati per le due situazioni, il che potrebbe costituire un approccio vincente per lanciare una più diffusa ed efficace cultura dei nZEB;
- la definizione di nZEB viene spesso legata non a calcoli, ma a prescrizioni più concrete almeno dal punto di vista della riconoscibilità visiva, quali la presenza di date tecnologie impiantistiche (esempio: collettori solari e caldaie a biomassa, comunque in combinazioni "minime" definite a priori) e per la riqualificazione dell'involucro (esempio: spessori di isolanti e qualità degli infissi/chiusure trasparenti), lasciando al rispetto della buona pratica costruttiva tutto il resto (esempio: riduzione al minimo dei ponti termici). Anche questo approccio, se pur criticabile sotto il profilo teorico, è degno del massimo rispetto, in quanto ben comprensibile da parte degli utenti, altro aspetto chiave per il reale raggiungimento degli obiettivi.

Da un punto di vista generale confrontando la situazione media europea con quella nazionale risulta evidente come quest'ultima sia caratterizzata da una definizione di nZEB che:

- è piuttosto restrittiva soprattutto per la quota di energia rinnovabile richiesta;
- non prevede, nella pratica, una differenziazione tra prescrizioni imposte per gli edifici nuovi ed esistenti se riqualificati in modo sostanziale;
- l'approccio generale risulta tendenzialmente più cauto. Ciò con particolare riferimento agli edifici esistenti, che costituiscono il punto centrale per il contenimento dei consumi energetici di tutto lo stock edilizio attuale e futuro.

4 La raccomandazione 2016/1318 della Commissione Europea

Sulla Gazzetta Ufficiale dell'UE del 2 agosto 2016 sono stati pubblicati gli orientamenti per assicurare che tutti gli edifici di nuova costruzione siano ad energia quasi zero, quindi nZEB (Near Zero Energy Building), entro la fine del 2020.

La raccomandazione pubblicata scaturisce da diverse considerazioni, prima tra tutte il fatto che gli edifici sono elementi fondamentali per le politiche di efficienza energetica dell'UE, in quanto rappresentano circa il 40% del consumo di energia finale.

Si raccomanda agli Stati Membri di adoperarsi per attuare completamente e far rispettare le disposizioni della direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia affinché tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero entro i termini stabiliti dalla direttiva stessa.

Nel concetto di edificio a energia quasi zero è racchiusa la nozione di sinergia degli interventi sul fronte dell'energia da fonti rinnovabili e su quello dell'efficienza energetica.

L'introduzione di requisiti di prestazione più elevati e stringenti intesi a rendere gli edifici altamente efficienti e quasi azzerarne il consumo energetico portano come conseguenza un maggiore utilizzo dell'energia da fonti rinnovabili in situ.

Le definizioni nazionali di «edificio a energia quasi zero» devono ambire ad un grado elevato di prestazione (secondo il livello ottimale sotto il profilo dei costi per i requisiti minimi), utilizzando al contempo fonti energetiche rinnovabili nell'ambito di una progettazione integrata per soddisfare l'esiguo fabbisogno energetico di questi edifici.

La Raccomandazione sollecita a fissare obiettivi chiari sui fabbisogni (fornendo anche valori indicativi per le varie zone d'Europa e per tipologia di edificio) e ad istituire controlli sul raggiungimento degli obiettivi. Infine, sottolinea con forza l'importanza di mettere in atto politiche volte ad intervenire sul patrimonio edilizio esistente per renderlo ad energia quasi zero.

4.1 La direzione indicata per l'individuazione degli nZEB

Si ricorda che per prestazione energetica s'intende la "quantità di energia, calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso normale dell'edificio, compresa, in particolare, l'energia utilizzata per il riscaldamento, il rinfrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l'illuminazione" (art 2, EPBD). Per calcolare la prestazione energetica occorre calcolare innanzitutto il fabbisogno di energia finale e successivamente l'energia primaria netta. L'energia prodotta in loco (utilizzata in loco o esportata) riduce il fabbisogno di energia primaria associata all'energia fornita.

Il risultato che s'intende ottenere con il calcolo della prestazione energetica è il "*consumo*" globale annuo di energia in termini di energia primaria netta, che equivale al "*consumo* di energia a fini riscaldamento, rinfrescamento, ventilazione, acqua calda e illuminazione. Il calcolo di questo saldo su base annuale.

La maggior parte degli Stati membri utilizza già un indicatore del consumo di energia primaria, espresso in kWh/(m²·anno) (allegato I) e spesso include altri parametri, quali i valori U dei componenti dell'involucro dell'edificio, l'energia netta e finale per il riscaldamento e il rinfrescamento e le emissioni di CO₂.

Circa il 60 % degli Stati membri ha fissato in maniera formale l'applicazione dettagliata della definizione di edifici a energia quasi zero.

La Raccomandazione dunque suggerisce come l'applicazione dettagliata della suddetta definizione, (che deve figurare nelle misure nazionali di recepimento o nei piani nazionali intesi ad aumentare il numero di nZEB), debba includere un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m²·anno).

Nonostante il tentativo di uniformare il modo di esprimere la prestazione degli nZEB gli indicatori numerici della prestazione energetica in uso negli Stati membri non sono paragonabili tra loro perché calcolati con diverse metodologie.

Alcuni Stati membri ad esempio hanno scelto di includere nell'indicatore numerico anche usi non obbligatori dell'energia, ad esempio il consumo degli elettrodomestici.

Anche sulla quota di energia da fonti rinnovabili derivano risultati altrettanto differenziati: solo un numero limitato di paesi ha definito una precisa percentuale minima, mentre la maggioranza fornisce dichiarazioni qualitative.

Si ritiene comunque utile l'individuazione su scala comunitaria di parametri numerici di riferimento per gli indicatori del consumo di energia primaria degli edifici a energia quasi zero.

I parametri di riferimento dovrebbero essere espressi in termini di fabbisogno di energia quale indicatore di partenza per il calcolo dell'energia primaria. Ne deriva che un fabbisogno molto basso di energia a fini di riscaldamento e rinfrescamento è un presupposto imprescindibile per gli edifici a energia primaria quasi zero e una condizione basilare per conseguire una quota significativa di energia da fonti rinnovabili e un livello quasi zero di energia primaria.

La Raccomandazione fornisce dei parametri di riferimento comuni articolandoli per fascia climatica (Mediterranea, Oceanica, Continentale e Nordica) e destinazione d'uso (uffici, casa unifamiliare di nuova costruzione)

Alcuni Stati Membri hanno scelto di associare il livello di prestazione degli edifici a energia quasi zero alle classi più alte di prestazione energetica, indicandola in un attestato di certificazione energetica.

Questo approccio viene raccomandato a livello comunitario questo se riferito ad un indicatore chiaro della prestazione energetica,

con la finalità di fornire agli investitori informazioni chiare e orientare il mercato verso gli edifici a energia quasi zero.

5 L'evoluzione del concetto di nZEB in Italia

Il DM 26.06.2015 prevede già al suo interno la possibilità di sottoporre a revisione periodica (ogni cinque anni) i propri requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici alla luce del progresso tecnologico e degli esiti del primo quinquennio di applicazione.

È necessario infatti predisporre misure volte ad aumentare il numero di edifici che non solo rispettano i requisiti minimi vigenti, ma presentano una prestazione energetica ancora più elevata, riducendo in tal modo sia il consumo energetico sia le emissioni di biossido di carbonio.

5.1 *Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero*

Seguendo le indicazioni comunitarie gli Stati Membri devono elaborare piani nazionali intesi ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero.

Considerando che l'efficienza energetica rappresenta la priorità d'azione della Strategia energetica nazionale e che, in ambito nazionale, il settore dell'edilizia rappresenta un elemento dalle grandi potenzialità al fine del raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico indicati dal Paese al 2020, il 19 Giugno 2017 è stato approvato con decreto interministeriale il "Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero" (PANZEB) elaborato da un gruppo di lavoro composto da ENEA, RSE e CTI con il coordinamento del Ministero dello sviluppo economico.

Il PANZEB 2017, affronta diverse tematiche:

- definizione di nZEB, prestazioni e costi di realizzazione;
- stato dell'arte relativo al parco immobiliare nazionale, edifici residenziali e non residenziali, edifici nuovi ed esistenti;
- strumenti regolatori, incentivi e nuove proposte;
- programmi proposti dalle Regioni.

5.2 L'introduzione dell'edificio di riferimento

L'impostazione metodologica precedente all'emanazione dei DM 26.06.2015 prevedeva una classificazione energetica degli edifici impostata su limiti di prestazione con "classi" predeterminate e funzione del fattore di forma degli immobili e del parametro climatico gradi-giorno (Linee Guida Nazionali 26.06.2009). Il parametro su cui si fondava il sistema di classificazione era l'indice di prestazione energetica per riscaldamento. I valori dell'*EPI* individuati per la classificazione erano distinti in due categorie in funzione della destinazione d'uso dell'immobile (espresso in kWh/m² per gli edifici residenziali e in kWh/m³ per tutte le altre destinazioni d'uso).

A seguito dell'entrata in vigore dei DM 26.06.2015 la nuova metodologia prevede una scala di classificazione definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento (*EPgl,nren,rif,standard* - 2019/21), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi.

Non vi è più distinzione in relazione alla destinazione d'uso e soprattutto non si fa più riferimento al solo servizio di climatizzazione invernale, ma si considerano tutti i servizi energetici presenti (climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda per usi igienico sanitari, ventilazione, e nel caso di edifici non residenziali anche illuminazione e movimentazione e trasporti).

Attraverso tali criteri nella prestazione complessiva dell'edificio si è in grado di valutare sia parametri legati alle variabili climatiche sia alla destinazione d'uso (condizioni di microclima interno, portate d'aria di ventilazione, profili di utilizzo, ecc..) sia quelli derivanti da scelte progettuali (caratteristiche geometrico-dimensionali, forma, volume, altezza, ecc..).

La scelta si è indirizzata verso l'adozione non più di una scala fissa per la classificazione e valori limite predeterminati, ma è stato introdotto il concetto di "Edificio di Riferimento" sia per l'individuazione di alcuni parametri oggetto di verifica, che per la costruzione della classe energetica da attribuire all'immobile. Si è quindi cercato di legare la prestazione degli edifici non a valori prestazionali assoluti, ma a valori di determinati in funzione di indicazioni che di volta in volta derivano da scelte progettuali e tecnologiche ritenute valide per il singolo edificio oggetto di valutazione. In sostanza ad ogni singolo edificio corrisponde un edificio di riferimento e di conseguenza una specifica individuazione di classi energetiche.

L'edificio di riferimento è definito come un edificio identico a quello di progetto o reale in termini di forma, geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati. (Appendice A, Allegato 1, Cap 3).

L'impatto della forma e del volume essendo invarianti tra edificio reale ed edificio di riferimento, è stato dunque annullato. Mentre caratteristiche termofisiche dell'involucro edilizio e dei sistemi impiantistici determineranno i valori con cui l'edificio si deve confrontare.

In sostanza, l'edificio di riferimento sarà dunque caratterizzato da un fabbricato di riferimento e da impianti tecnici di riferimento.

Il DM Requisiti Minimi individua una serie di parametri relativi all'involucro e ai sistemi impiantistici che saranno oggetto di verifica.

La classe energetica degli edifici è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio (*EPgl,nren*) attraverso in confronto con una scala di classi individuate ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica definito. In sostanza si procede calcolando:

1. *EPgl,nren* dell'immobile reale;
2. *EPgl,nren,rif,standard* - 2019/21 determinato dotando l'edificio di riferimento delle tecnologie standard (vedi [Tabella 1](#));
3. costruzione delle classi energetiche (vedi [Tabella 2](#));
4. attribuzione della classe energetica all'edificio reale.

Tabella 1. Tecnologie standard dell'edificio di riferimento

Climatizzazione invernale	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Climatizzazione estiva	Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Ventilazione	Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 9 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi
Acqua calda sanitaria	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Illuminazione	Rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 1.2.2 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi.
Trasporto persone o cose	Rispetto dei requisiti al DM requisiti minimi.

Tabella 2. Scala di classificazione energetica

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$

5.3 I parametri dell'edificio di riferimento validi per gli nZEB

Gli edifici nZEB si devono confrontare con l'edificio di riferimento e dovranno essere dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. In particolare requisiti individuati come limiti di legge da rispettare per il raggiungimento dell'obiettivo nZEB si possono distinguere in due categorie:

1. Parametri relativi al fabbricato:

- a) caratteristiche termofisiche delle strutture costituenti l'involucro opaco e trasparente, verticale e orizzontali disperdenti verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati, controterra o verso ambienti climatizzati. La trasmittanza si intende comprensiva dell'effetto dei ponti termici. Per i serramenti la trasmittanza si intende comprensiva dei cassonetti e di tutto il serramento (vetro e telaio).

Tabella 3. Trasmittanza termica strutture del fabbricato

ZONA CLIMATICA	TRASMITTANZA (2019-2021) [W/m ² K]				
	U _{PARETI}	U _{COPERTURA}	U _{PAVIMENTO}	U _{SERRAMENTI}	U _{DIVISORI}
A - B	0,43	0,35	0,44	3,00	0,8
C	0,34	0,33	0,38	2,20	
D	0,29	0,26	0,29	1,80	
E	0,26	0,22	0,26	1,40	
F	0,24	0,20	0,24	1,10	

- b) Il fattore di trasmissione solare globale (g_{gl+sh}) per i serramenti delimitanti un ambiente climatizzato verso l'esterno con orientamento da Est a Ovest, passando per Sud, è stato introdotto per considerare il contributo fornito dal vetro (glazing) e dalle schermature (shading).

Tabella 4. Fattore di trasmissione solare globale

ZONA CLIMATICA	g_{gl+sh} (2019-2021) [-]
Tutte le zone	0,35

2. Parametri relativi ai sistemi impiantistici: si sottolinea che l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale:

- a) Le efficienze medie dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento sono individuate in [Tabella 5](#).

Tabella 5. Efficienze dei sistemi di utilizzazione

Efficienza sottosistemi utilizzazione η_u	H [-]	C [-]	W [-]
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aerea	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

- b) Le efficienze medie dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per i servizi di riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda per usi igienico sanitari e per la produzione di energia elettrica in situ sono individuate in [Tabella 6](#).

Tabella 6. Efficienze dei sistemi di generazione

	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
Sottosistemi di generazione:				
- Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
- Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
- Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
- Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
- Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
- Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	-
- Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,50	-	-
- Pompa di calore ad assorbimento	1,20	(*)	1,10	-
- Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	$0,60 \times \eta_{gn}$ (**)	-	-
- Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,60	-	-
- Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1,00	1,05	-
- Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza elettrica	1,00	-	-	-
- Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
- Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
- Solare termico	0,3	-	0,3	-
- Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
- Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)
NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore (*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia (**) si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale				

- c. Fabbisogno energetico per il servizio di illuminazione: per l'edificio di riferimento si considerano i parametri dell'edificio reale e sistemi di regolazione automatici di Classe B.
- d. Fabbisogno energetico per il servizio di ventilazione meccanica: per l'edificio di riferimento si considerano le portate d'aria dell'edificio reale.

Si evidenzia che ai fini della determinazione dei requisiti costruttivi di cui al decreto requisiti minimi, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale. Ciò permette di garantire che su di essi, indipendentemente dalla tecnologia, siano rispettati requisiti minimi di efficienza più sfidanti lasciando al contempo al progettista maggiore libertà di scelta.

Differentemente, ai fini del calcolo dell'indice *EP_{gl,nren,rif,standard}* (2019/21) per la classificazione dell'edificio, esso si considera dotato degli impianti standard escludendo quindi gli eventuali impianti a fonti rinnovabili presenti nell'edificio reale.

5.4 I requisiti minimi previsti per gli nZEB

Una volta determinati i parametri, gli indici di prestazione energetica e le efficienze dei sistemi impiantistici (Tabella 7) occorre effettuare la verifica del rispetto dei requisiti determinati con l'utilizzo dell'edificio di riferimento.

Tabella 7. Efficienze, parametri e indici di prestazione energetica

H'_T [W/ m ² K]	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente
$A_{sol,est}/ A_{sup,utile}$ [-]	area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ²]	indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
η_H [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;
EP_H [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot") ;
$EP_{W,nd}$ [kWh/m ²]	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria;
η_W [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;
EP_W [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
EP_V [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica per la ventilazione. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ²]	indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;
η_C [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità);
EP_C [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
EP_L [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale. Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
EP_T [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili). Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3);
$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$ [kWh/m ²]	indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot").

Il processo di calcolo e la verifica del rispetto dei requisiti minimi segue un iter che si articola nelle seguenti fasi:

1. Determinazione dei parametri e degli indici di prestazione energetica dell'edificio reale considerando le caratteristiche termo-fisiche del fabbricato e le efficienze dei sistemi impiantistici in base alla reale dotazione dell'edificio.

Figura 1 Edificio reale: esempio



2. Determinazione dei parametri e degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento considerando le caratteristiche termo-fisiche del fabbricato e le efficienze dei sistemi impiantistici relative all'edificio di riferimento secondo quanto previsto dal DM Requisiti Minimi.

Figura 2: Edificio di riferimento: esempio



3. Confronto tra edificio reale e edificio di riferimento: i singoli parametri e le prestazioni dell'edificio reale devono essere migliori di quelli calcolati per l'edificio di riferimento. Le verifiche che devono essere effettuate riguardano i parametri, efficienze e gli indici prestazionali riportati in Tabella 8.

Tabella 8 Verifiche per edifici nZEB

		[-]	Edificio Reale		Edificio di Riferimento
Parametri del Fabbricato					
H'_T	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente	W/m ² K	H'_T	<	$H'_{T,rif}$
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	area solare equivalente estiva per unità di superficie utile	[-]	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	<	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$
g_{gl+sh}	Fattore di trasmissione solare totale	[-]	g_{gl+sh}	<	$g_{gl+sh,lim}$
Efficienze Sistemi impiantistici					
h_H	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale	[-]	h_H	>	$h_{H,lim}$
h_w	efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria	[-]	h_w	>	$h_{w,lim}$
h_c	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva	[-]	h_c	>	$h_{c,lim}$
Indici di Prestazione Energetica					
$EP_{H,nd}$	indice di prestazione termica utile per riscaldamento	kWh/m ²	$EP_{H,nd}$	<	$EP_{H,nd,lim}$
$EP_{C,nd}$	indice di prestazione termica utile per raffrescamento	kWh/m ²	$EP_{C,nd}$	<	$EP_{H,nd,lim}$
$EP_{gl,tot} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C$	Indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot")	kWh/m ²	$EP_{gl,tot}$	<	$EP_{gl,tot,lim}$

4. Verifica del rispetto degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo quanto previsto dall'allegato 3, par.1, lettera c, del DLgs 3 marzo 2011 n. 28, che impone:

- a) una produzione di energia elettrica tramite impianti da fonti rinnovabili (obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze) con una potenza misurata in kW calcolata secondo la seguente formula:

$$P = \frac{1}{k} \cdot S \text{ [kW]}$$

dove:

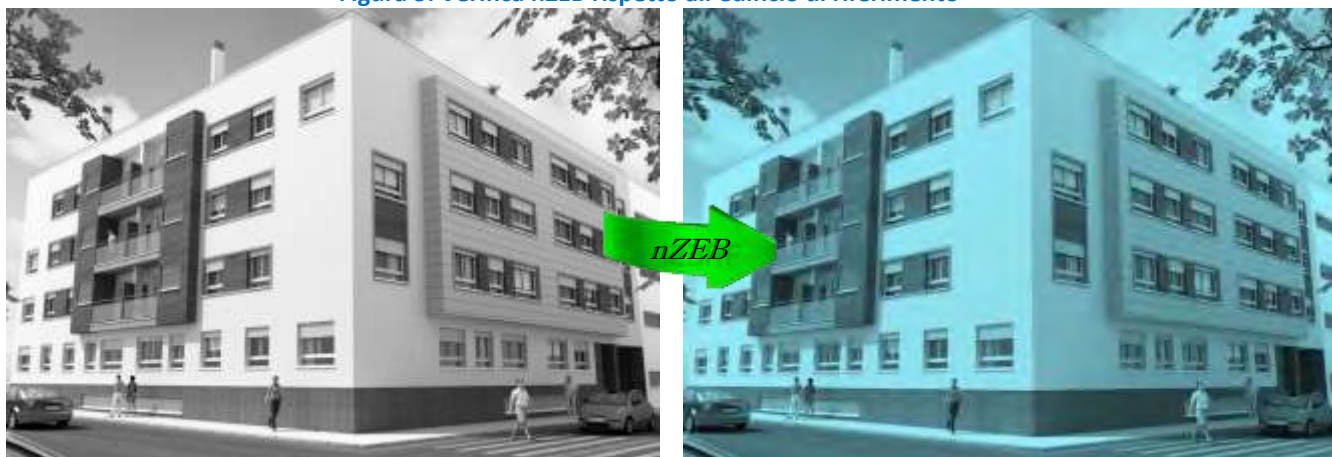
S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m²;

K è un coefficiente che assume il valore K = 50 m²/kW se la richiesta del titolo abilitativo è presentata a partire dal 1° Gennaio 2017.

- b) Deve essere garantito 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 del 50% (se la richiesta del titolo edilizio è stata rilasciata dal 1° gennaio 2017) della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento.

Se tutti i requisiti e le prescrizioni sopra riportate risultano rispettati l'edificio può essere identificato come nZEB.

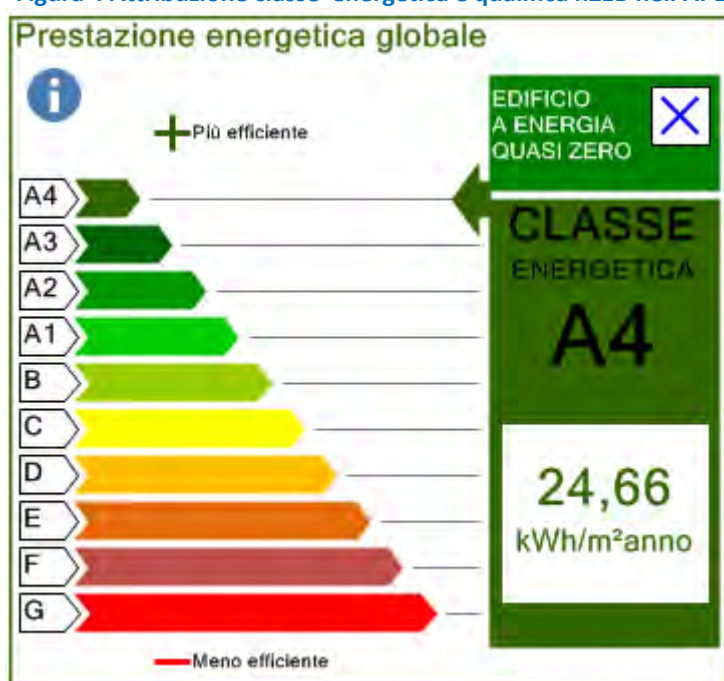
Figura 3: Verifica nZEB rispetto all'edificio di riferimento



Una volta individuato l'indice di prestazione globale espresso in energia primaria non rinnovabile può essere attribuita la classe energetica all'edificio reale.

Nell'Attestato di Prestazione Energetica, oltre alla classe risulterà un segno di spunta che attribuirà la qualifica di nZEB all'edificio oggetto di certificazione Figura 4.

Figura 4 Attribuzione classe energetica e qualifica nZEB nell'APE



6 L'approccio per l'individuazione di un parametro rappresentativo degli nZEB in ambito nazionale: caratteristiche degli edifici di riferimento

L'art 9 della Direttiva EPBD prevede l'applicazione da parte degli Stati membri della definizione di edifici a energia quasi zero, tenuto conto delle rispettive condizioni nazionali, regionali o locali e indirizza con la Raccomandazione 2016/1318 ad esprimere la prestazione degli nZEB attraverso un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m² anno.

In Italia il recepimento delle Direttive ha prodotto una serie di strumenti normativi che definiscono il quadro di riferimento nazionale in tema di efficienza energetica negli edifici (decreto legge 63/2013, legge 90/2013, decreto legislativo 192/2005 e s.m.i., decreto ministeriale 26 giugno 2015) e che comprendono una definizione degli nZEB attraverso il rispetto di requisiti minimi specifici.

Per rispondere alle indicazioni della Commissione si è scelto di effettuare uno studio su un set di modelli di edifici rappresentativi della realtà edilizia italiana con diverse destinazioni d'uso (il presente rapporto presenterà i risultati del primo set di simulazioni relative a due tipologie di edifici del residenziale, Piccolo Condominio e Grande Condominio) e dislocati in differenti zone climatiche in modo da caratterizzare la variabilità tipologica costruttiva e climatica del territorio nazionale. Tali modelli sono stati implementati in modo da rispettare gli attuali requisiti e prescrizioni previsti a livello normativo nazionale per gli edifici nZEB. Sia per quanto concerne l'involucro che i sistemi impiantistici si è scelto di assumere i valori minimi indicati dal Decreto Requisiti Minimi per l'edificio di riferimento.

Per quanto riguarda l'apporto di energia da fonti rinnovabili ci si riferisce alle quote minime previste dal DLgs28/2011 sia per la produzione termica che elettrica.

Attraverso un set di simulazioni si è potuto quindi ricavare gli indici di prestazione energetica globale non rinnovabile attraverso i quali si riesce ad attribuire anche ad ogni nZEB (di cui si sono evidenziati i requisiti minimi previsti dalla normativa vigente) la corrispondente classe energetica.

6.1 La scelta delle località di riferimento

La classificazione climatica del territorio italiano, relativamente alla climatizzazione invernale, è stata introdotta dal Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993.

L'Italia risulta essere suddivisa nelle seguenti sei zone climatiche (da A a F) definite in base ai Gradi - Giorno e indipendenti dalla ubicazione geografica.

In base a questa classificazione delle zone climatiche invernali, risulta che circa il 92% della popolazione italiana risiede in località i cui Gradi-Giorno sono compresi nell'intervallo $900 < GG \leq 3000$ (zone C, D ed E); del restante 8% della popolazione i 2/3 risiedono in località con un numero di Gradi-Giorno < 900 (zone A e B) e solo il 23 % in località con Gradi-Giorno > 300 (zone F) (Tabella 9).

Tabella 9. Popolazione residente per zona climatica

	ZONA CLIMATICA					
	A	B	C	D	E	F
Gradi-Giorno	≤ 600	$600 < GG \leq 900$	$900 < GG \leq 1.400$	$1.400 < GG \leq 2.100$	$2.100 < GG \leq 3.000$	$GG > 3.000$
Popolazione	22.989	3.176.382	12.657.407	14.970.952	27.123.848	1.619.003
	0,04%	5,3%	21,2%	25,2	45,5%	2,8%
N° Comuni	2	157	989	1.611	4.271	1.071
	0,02%	1,9%	12,2%	19,8%	52,8%	13,3%

Per ogni zona climatica sono state individuate 3 località di riferimento:

1. Località 1: capoluogo di provincia con un numero di gradi-giorno (GG) più vicino al valore medio pesato rispetto alla popolazione della fascia. Tale valore è pari al rapporto tra la somma dei prodotti dei GG dei singoli comuni per il numero di abitanti e la popolazione complessiva della zona climatica;
2. Località 2: capoluogo di provincia con un numero di GG più vicino al valore massimo;
3. Località 3: località con numero di gradi-giorno massimo. Per la fascia climatica F la località 1 e 2 coincidono pertanto si è scelto come Località 2 un comune con un numero di GG pari a quello medio pesato rispetto alla popolazione della fascia.

Tabella 10. Popolazione residente per zona climatica

FASCIA CLIMATICA	LOCALITA'			GG DPR 412/93
B	1	REGGIO CALABRIA		772
	2	CROTONE		899
	3	SAPONARA	ME	900
C	1	LECCE		1153
	2	CATANZARO		1328
	3	CALTAGIRONE	CT	1399
D	1	TERNI		1650
	2	FORLI'		2087
	3	CASTIGLION DEL LAGO	PG	2099
E	1	ROVIGO		2466
	2	AOSTA		2850
	3	CASINA	RE	2999
F	1	BELLUNO		3043
	2	CALASCIO	AQ	3454
	3	SESTRIERE	TO	5165

6.2 Individuazione dei modelli di edifici di riferimento rappresentativi della realtà nazionale

Si ricorda che la EPBD recast richiede agli Stati Membri che i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici venissero definiti in un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali di costo. A tali fini, la Direttiva ha introdotto una metodologia di analisi comparativa con il proposito di determinare requisiti di riferimento per gli standard nazionali. Il livello ottimale in funzione dei costi è definito come "il livello di prestazione energetica che conduce al costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato dell'edificio", dove il costo più basso è determinato tenendo conto dei costi di investimento legati all'energia, dei costi di manutenzione e di funzionamento e degli eventuali costi di smaltimento.

A seguito di tali considerazioni i modelli degli edifici oggetto del presente studio sono stati desunti da quelli adottati per la predisposizione della metodologia per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica, nell'ambito del quadro metodologico definito dal Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 in accordo con quanto richiesto agli Stati Membri dalla Direttiva 2010/31/UE.

Gli edifici campione sono dunque quelli già precedentemente definiti dal gruppo di lavoro tecnico istituito presso il Ministero dello Sviluppo Economico per l'attuazione della Direttiva 2010/31/UE.

I modelli risultano rappresentativi del parco edilizio italiano per funzionalità, caratteristiche tipologiche e costruttive e condizioni climatiche. A questi edifici sono stati applicati pacchetti di misure di efficienza energetica secondo quanto stabilito dal DM Requisiti Minimi in relazione all'edificio di riferimento per l'anno 2019/2021.

Si è optato per l'individuazione di edifici virtuali di nuova costruzione, con destinazioni d'uso residenziale e terziario, situati in 5 zone climatiche (ai sensi del D.P.R. 412/93), è stata esclusa la zona A perché scarsamente rappresentativa (esistono solo 2 comuni in zona A).

Il set di simulazioni complessivo è riportato in Tabella 11.

Quelle oggetto del presente studio si riferiscono all'Edificio Plurifamiliare Piccolo Condominio e Grande Condominio.

Tabella 11. Set di simulazioni e modelli di edifici

Edifici	Numero di edifici	Zona Climatica					Numero modelli
Piccolo Condominio	1	3	3	3	3	3	15
Grande Condominio	1	3	3	3	3	3	15
TOTALE							30

I modelli riguardano le seguenti tipologie di edifici:

- Piccolo Condominio di 3 piani, con 6 unità abitative;
- Grande Condominio di 8 piani, con 24 unità abitative;

Per ciascuna tipologia saranno considerate 5 zone climatiche e per ciascuna di esse 3 diverse località ottenendo così un totale di 30 modelli da simulare.

7 La creazione dei modelli del sistema edificio

Ogni tipologia edilizia selezionata è caratterizzata da dimensioni, fattori di forma, proprietà termo-fisiche (es. trasmittanza termica dei componenti), efficienza degli impianti di riscaldamento ed altri indicatori energetici che verranno espressamente indicati nelle relative sezioni.

Tutti gli edifici residenziali (Piccolo Condominio e Grande Condominio) hanno la forma di un parallelepipedo regolare e sono dotati di sottotetto (non riscaldato), con tetto isolato, e poggiano su di un locale non climatizzato (ad esempio un garage).

7.1 Zonizzazione

Per ciascuna tipologia di edificio di riferimento è stata considerata un'unica zona termica sia per la climatizzazione invernale che per quella estiva in quanto secondo il Par.7.2 della UNI/TS 11300-1 la zonizzazione non è richiesta se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

1. le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4K;
2. le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4K;
3. gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di climatizzazione;
4. se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4;
5. se vi è controllo dell'umidità, le umidità relative interne di regolazione differiscono di non oltre 20 punti percentuali.

7.2 Capacità termica interna

Secondo quanto riportato al Par.15.2 UNI/TS 11300-1 la capacità termica interna dell'edificio deve essere determinata preliminarmente per calcolare la costante di tempo dell'edificio ed i fattori di utilizzazione.

Il calcolo della capacità termica interna dei componenti della struttura edilizia deve essere effettuato secondo la UNI EN ISO 13786.

Ai fini del presente studio si è assunto un calcolo semplificato della capacità termica, non considerando le partizioni interne nei modelli e assumendo per le varie tipologie di edificio una capacità termica per unità di superficie dell'involucro di tutti gli ambienti climatizzati pari a quella riportata in [Tabella 12](#).

Tabella 12. Capacità termica interna

Capacità termica interna	$\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{ K}}$
Residenziale	105

7.3 Parametri termo-fisici relativi all'involucro

Al fine di verificare il rispetto dei requisiti minimi previsti dal DM 26.06.2015 si sono imposti i valori limite previsti per le trasmittanze termiche dei componenti opachi e trasparenti costituenti l'involucro edilizio assumendo i valori al 2019/2011 dell'edificio di riferimento. I parametri adottati comprensivi dei fattori di assorbimento e dell'emissività delle strutture opache e il fattore solare delle superfici trasparenti sono riportati in Tabella 13.

Tabella 13. Caratteristiche termofisiche involucro

COMPONENTI	Vs	U [W/m ² K]					α [-]	ε [-]	g_{gl+sh} [-]
		ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F			
Strutture opache verticali	Esterno	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24	0,6	0,9	-
Strutture orizzontali di copertura	Esterno	0,35	0,33	0,26	0,22	0,20	-	-	-
Strutture orizzontali di pavimento	Esterno	0,44	0,38	0,29	0,26	0,24	-	-	-
Chiusure tecniche trasparenti e opache	Esterno	3,00	2,20	1,80	1,40	1,10	-	-	0,35
Strutture verticali e orizzontali opache di separazione tra unità immobiliari		0,80					-	-	-

Tali valori sono comprensivi dell'effetto dei ponti termici e pertanto nella simulazione dei vari modelli si è considerato un edificio ideale privo di ponti termici.

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non climatizzati, come precisato dal Decreto Requisiti Minimi, si deve assumere come trasmittanza il valore della tabella sopra riportata diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e ambiente non climatizzato.

I valori del fattore di correzione sono riportati in [Tabella 14](#) :

Tabella 14. Fattori di correzione verso ambienti non climatizzati

COMPONENTI	Fattori di correzione btr	
	Piccolo Condominio	Grande Condominio
Strutture opache verticali	0,4	assente
vs vano scala/ingresso		
Strutture orizzontali di copertura	0,7	0,7
Strutture orizzontali di pavimento	0,8	0,8

Applicando tali fattori ai relativi componenti l'involucro, ove necessario si ottengono i valori corretti delle trasmittanze riportati nelle seguenti tabelle in relazione alla tipologia di edificio.

Tabella 15. Piccolo Condominio: Trasmittanze involucro corrette vs ambienti non climatizzati

PICCOLO CONDOMINIO		U [W/m ² K]				
COMPONENTI	Vs	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F
Strutture opache verticali	Non Clim.	1,08	0,85	0,73	0,65	0,60
Strutture orizzontali di copertura	Non Clim.	0,50	0,47	0,37	0,31	0,29
Strutture orizzontali di pavimento	Non Clim.	0,55	0,48	0,36	0,33	0,30

Tabella 16. Grande Condominio: Trasmittanze involucro corrette vs ambienti non climatizzati

GRANDE CONDOMINIO		U [W/m ² K]				
COMPONENTI	Vs	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F
Strutture opache verticali	Non Clim.	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24
Strutture orizzontali di copertura	Non Clim.	0,50	0,47	0,37	0,31	0,29
Strutture orizzontali di pavimento	Non Clim.	0,55	0,48	0,36	0,33	0,30

Per i componenti finestrati, rispettando le indicazioni del Decreto Requisiti Minimi, si è assunto il fattore di trasmissione globale di energia solare attraverso i componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud g_{gl+sh} pari a 0,35.

7.3.1 Parametri termo-fisici relativi all'involucro

Gli ombreggiamenti previsti, che determinano una riduzione degli apporti energetici gratuiti dovuti alla radiazione solare, sono originati dalla presenza di aggetti orizzontali e verticali e si possono desumere dalla tabella sotto riportata Tabella 17.

Con α si è indicato l'angolo sotteso all'aggetto orizzontale e con β l'angolo sotteso all'aggetto verticale (vedi Figura 5).

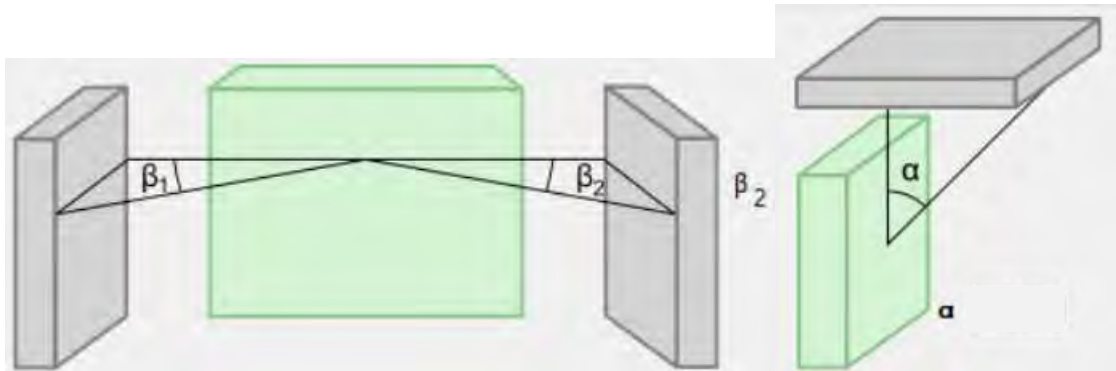


Figura 5 Angoli di ostruzione orizzontali e verticali

Tabella 17. Angoli di ostruzione serramenti

Esposizione serramenti	Piccolo Condominio		Grande Condominio	
	α	β	α	β
NORD	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$
SUD	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$
EST	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$
OVEST	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$	$\alpha=11,3^{\circ}\text{C}$	$\beta=14,0^{\circ}\text{C}$

8 Edificio residenziale Piccolo Condominio di nuova costruzione

L'edificio Piccolo Condominio ha una forma parallelepipedica, con orientamento prevalente sull'asse nord-sud e con un rapporto di forma pari a 0,60; le superfici trasparenti sono disposte sui lati est, sud ed ovest, mantenendo un fronte nord prevalentemente opaco compatto. Si sviluppa su 3 livelli con 6 unità abitative e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (corpo scala, garage).

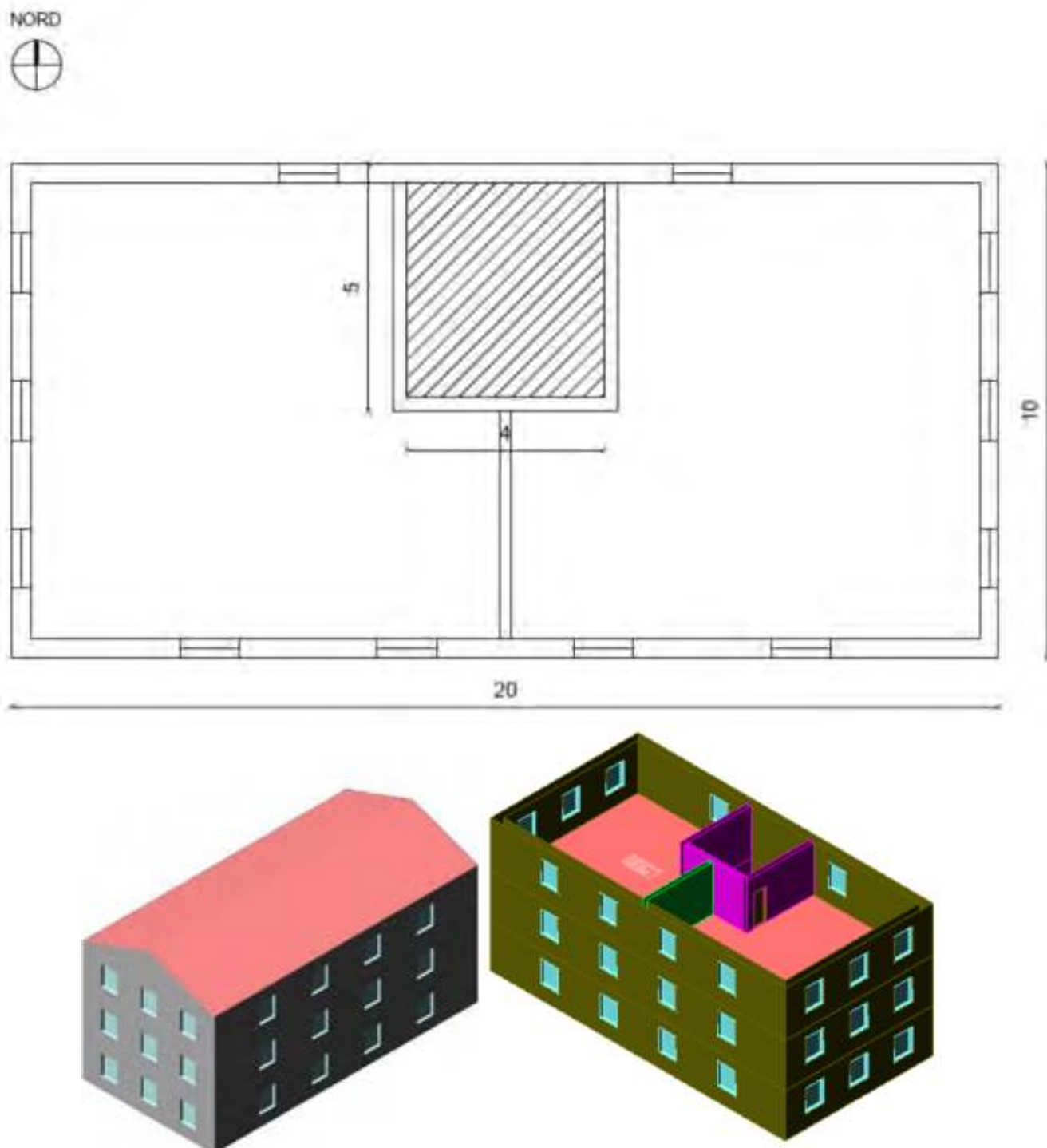


Figura 6 Edificio Residenziale: Piccolo Condominio

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 18](#)

Tabella 18. Dimensioni Piccolo Condominio

Caratteristiche geometriche Edificio Piccolo Condominio		
Numero piani	3	-
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	20,0	m
Profondità	10,0	m
Pavimento netto	458,76	m ²
Serramenti	64,80	m ²
Volume netto	1238,65	m ³
Volume lordo	1706,64	m ³
Superficie lorda disperdente	890,00	m ²
S/V	0,60	-

9 Edificio residenziale Grande Condominio di nuova costruzione

L'edificio Grande Condominio ha una forma parallelepipedica, con un rapporto di forma pari a 0,41; le superfici trasparenti sono disposte sui lati est ed ovest, mantenendo i prospetti nord e sud prevalentemente opachi. Si sviluppa su 8 livelli con 24 unità abitative e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (corpo scala, garage).

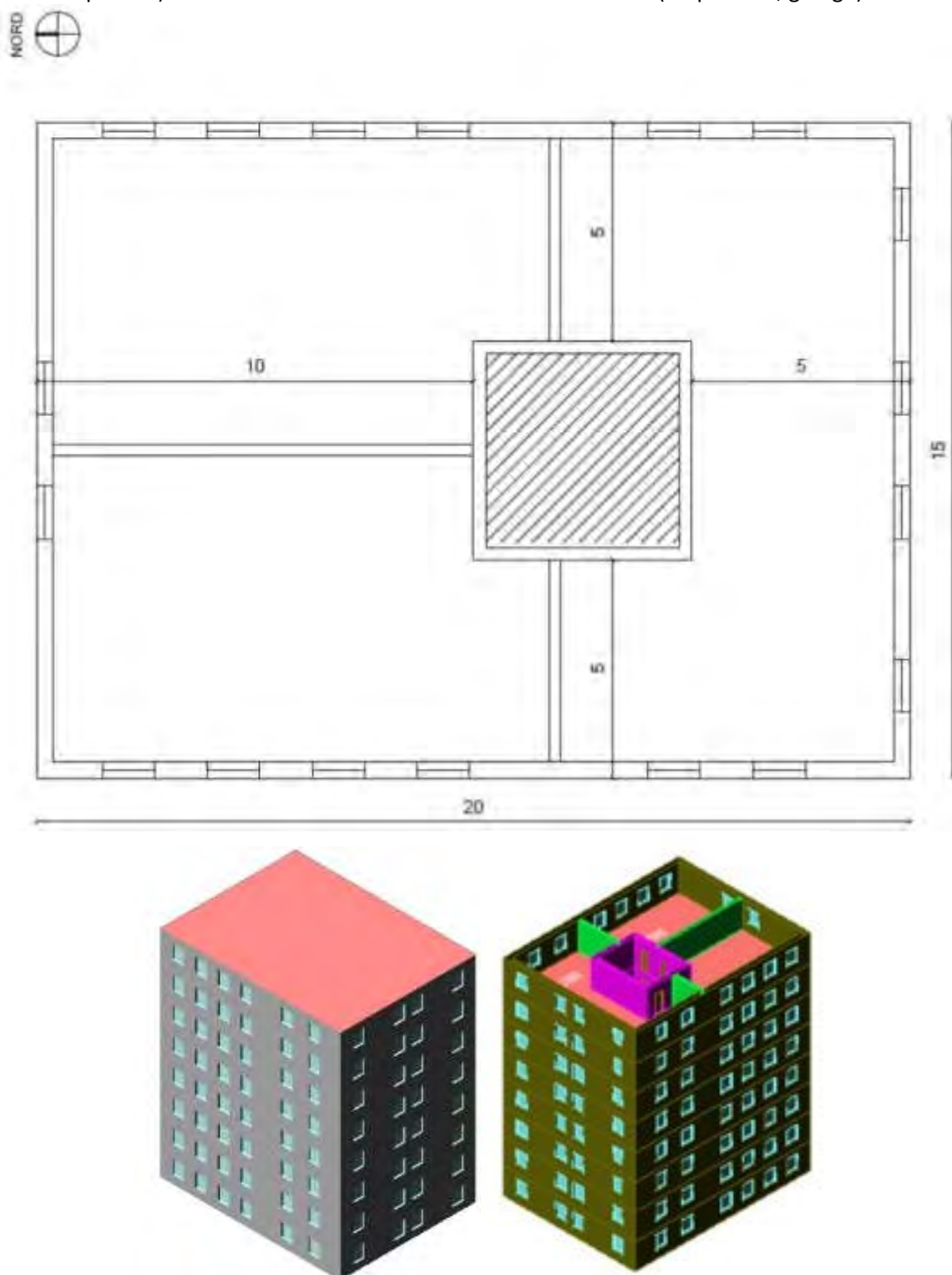


Figura 7 Edificio Residenziale: Grande Condominio

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 19](#)

Tabella 19. Dimensioni Grande Condominio

Caratteristiche geometriche Edificio Grande Condominio		
Numero piani	8	-
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	20,0	m
Profondità	15,0	m
Pavimento netto	1904,00	m ²
Serramenti	259,20	m ²
Volume netto	5142,00	m ³
Volume lordo	6598,00	m ³
Superficie lorda disperdente	2231,00	m ²
S/V	0,41	-

10 La metodologia di calcolo

Per il calcolo delle prestazioni energetiche si è fatto riferimento alla normativa tecnica nazionale: la norma UNI TS 11300 nata con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

Essa è suddivisa in sei parti:

- UNI TS 11300-Parte 1 : 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici.
Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
Definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento.
- UNI TS 11300-Parte 2 : 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici.
Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali.
Fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria, nonché di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria. Essa fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione e le indicazioni e i dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione in accordo con la UNI EN 15193.
- UNI TS 11300-Parte 3 : 2010 - Prestazioni energetiche degli edifici.
Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
Fornisce dati e metodi per la determinazione: dei rendimenti e dei fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva; dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva.
- UNI TS 11300-Parte 4 : 2012 - Prestazioni energetiche degli edifici.
Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
Calcola il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso vi siano sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili.
- UNI TS 11300-Parte 5 : 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici.
Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili.
Fornisce metodi di calcolo per determinare il fabbisogno di energia primaria degli edifici sulla base dell'energia consegnata ed esportata; la quota di energia da fonti rinnovabili.
- UNI TS 11300-Parte 6 : 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici.
Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili.
Calcola il fabbisogno di energia elettrica per il funzionamento di impianti destinati al sollevamento e al trasporto di persone o persone accompagnate da cose in un edificio.

10.1 Il modello di calcolo

Al fine di effettuare le valutazioni sulle prestazioni energetiche dei modelli di edifici individuati si è fatto ricorso ad un codice di calcolo che rispettasse la metodologia e le norme tecniche di riferimento previste dalla legislazione italiana in tema di efficienza e certificazione energetica.

La scelta è derivata dal fatto che, come già sottolineato in precedenza, la definizione nazionale di nZEB prevede il rispetto di requisiti minimi imposti dal DM 26.06.2015 che possono essere verificati attraverso i criteri e la metodologia di calcolo univocamente definiti a livello nazionale.

Il software utilizzato (Edilclima EC 700 calcolo prestazioni energetiche degli edifici) è stato di conseguenza selezionato tra quelli certificati dall'ente preposto (Comitato Termotecnico Italiano) secondo modalità e procedure fissate a livello nazionale.

Attraverso l'interfaccia del software sono stati inseriti tutti i dati necessari per il calcolo di:

- potenza invernale, per il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento secondo la norma UNI EN 12831;
- energia utile e primaria per il riscaldamento invernale, secondo le specifiche tecniche UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-2:2014 e UNI/TS 11300-4:2016;
- energia utile per il raffrescamento estivo, secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-1:2014;
- energia utile e primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-2:2014 e UNI/TS 11300-4:2016;
- energia primaria per la climatizzazione estiva, secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-3:2010;
- energia primaria per l'illuminazione artificiale degli ambienti, secondo UNI EN 15193 e UNI/TS 11300-2:2014;
- energia primaria per la ventilazione meccanica, secondo UNI/TS 11300-2:2014;
- energia primaria per il trasporto dovuta ad ascensori e scale mobili, secondo UNI/TS 11300-6:2016;
- energia primaria e quota di energia da fonti rinnovabili, secondo UNI/TS 11300-5:2016.

Il metodo di calcolo utilizzato al fine della verifica dei requisiti per gli edifici nZEB è quello detto anche "regolamentare" che consente di valutare gli edifici in relazione a condizioni standard convenzionali di riferimento (design o asset rating), tra queste:

- dati climatici presi in considerazione sono quelli convenzionali (definiti dalle nuove UNI 10349-2016);
- parametri caratterizzanti le zone termiche ed i locali: tra cui temperatura ed umidità relativa interne, apporti interni, ricambi d'aria, profili di utilizzo da parte degli utenti, ecc.. si adottano valori convenzionali (dipendenti, ad esempio, dalla superficie utile o dalla destinazione d'uso);
- stagione di riscaldamento: si assume una durata convenzionale in funzione della zona climatica;
- regime di funzionamento dell'impianto: si ipotizza il funzionamento continuo, senza cioè tener conto dell'effettivo regime di funzionamento caratterizzante l'impianto.
- Efficienze degli impianti: si adottano valori normati, riportati nei prospetti o calcolati in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300.

Attraverso il codice di calcolo utilizzato è stato dunque possibile verificare il rispetto di tutti i parametri richiesti dal DM Requisiti Minimi e dal DLgs 28/2011, calcolare gli indici prestazionali caratteristici di ogni modello di edificio oggetto di analisi e attribuire una classe energetica secondo i criteri stabiliti dalle Linee Guida per la Certificazione Energetica vigenti.

10.2 La destinazione d'uso

Ricordiamo che la prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, e per la produzione di acqua calda sanitaria.

L'indice di prestazione globale si esprime in energia primaria non rinnovabile o totale ed è calcolato come la somma dei vari indici:

$$EP_{gi}=EP_H+EP_W+EP_V+EP_C$$

Gli indici prestazionali sono espressi in kWh/m², elencati in [Tabella 20](#)

Tabella 20. Calcolo e verifica degli indici di prestazione energetica per destinazione d'uso

Indici di prestazione energetica			RESIDENZIALE
$EP_{H,nren}$	$EP_{H,tot}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale	✓
$EP_{W,nren}$	$EP_{W,tot}$	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria	✓
$EP_{V,nren}$	$EP_{V,tot}$	indice di prestazione energetica per la ventilazione;	✓
$EP_{C,nren}$	$EP_{C,tot}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	✓

10.3 Le caratteristiche dell'involucro edilizio nel rispetto dei requisiti minimi

Ai fini delle valutazioni oggetto del presente studio si sono inseriti direttamente i dati relativi alle caratteristiche termo-fisiche dell'involucro senza dover necessariamente specificare la sua stratigrafia imponendo i valori del DM Requisiti Minimi.

I componenti l'involucro edilizio considerati sono stati suddivisi in:

- pareti verticali (verso l'esterno e verso locali non climatizzati)
- pavimenti (verso l'esterno, il terreno e verso locali non climatizzati)
- solai interpiano
- solai di copertura (verso l'esterno e verso locali non climatizzati)
- serramenti

ed individuati secondo i codici riportati in [Tabella 21](#).

Tabella 21. Strutture costituenti l'involucro edilizio

Strutture opache			
M1	CV001	Parete	da locale climatizzato vs Esterno
M2	CV002	Parete	da locale climatizzato vs locali non climatizzati
M3	CV003	Portone	da locale climatizzato vs Esterno
P1	COI01	Pavimento	da locale climatizzato vs locali non climatizzati
P2	COI02	Pavimento	da locale climatizzato vs locali climatizzati
S1	COS01	Solaio sottotetto	da locale climatizzato vs locali non climatizzati
S2	COS02	Solaio Copertura	da locale climatizzato vs locali climatizzati
Strutture Trasparenti			
W1	CVT01	Serramento	da locale climatizzato vs Esterno

I dati richiesti per il calcolo sono

- **U:** Trasmittanza termica strutture opache da adottare ai fini del calcolo dell'energia utile invernale ed estiva, comprensiva delle resistenze liminari dell'aria esterna ed interna. Nel nostro studio per la trasmittanza è stato considerato il valore complessivo dei ponti termici (così come i valori tabellati cui far riferimento per le verifiche riportati nel DM Requisiti Minimi);
- **s** Spessore totale della struttura, espresso in mm;
- **Ms** Massa superficiale della struttura, espressa in kg/m^2 ;
- **Yie** Trasmittanza periodica della struttura, espressa in $\text{W/m}^2\text{K}$;
- **C** Capacità termica areica della struttura, espressa in $\text{kJ/m}^2\text{K}$;
- **ε** rappresenta l'emissività relativa alla radiazione termica ad elevata lunghezza d'onda delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio e viene utilizzata ai fini del calcolo delle perdite per extraflusso dell'edificio;
- **α** rappresenta il fattore di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi, variabile in funzione del colore. Tale valore viene utilizzato ai fini del calcolo degli apporti solari gratuiti attraverso la struttura;
- **Uw** trasmittanza termica dei serramenti comprensiva di infisso (incluso il contributo delle resistenze liminari dell'aria);
- **ggl** fattore di trasmittanza solare: rappresenta il valore della trasmittanza di energia solare

- totale per incidenza normale dei vetri;
- g_{gl+sh} fattore di trasmissione solare totale comprensivo di serramento e schermature.

I parametri che caratterizzano l'involucro edilizio degli edifici oggetto di studio sono stati calcolati a parte e sono riportati nelle tabelle che seguono suddivisi per:

- tipologia
- zona climatica
- strutture opache
- trasparenti
- per componente

10.3.1 Individuazione delle strutture edilizie : Edificio Residenziale Piccolo Condominio

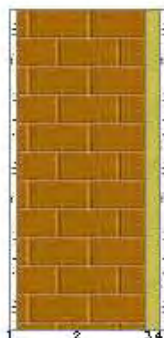
Di seguito si riportano nel dettaglio le stratigrafie dei componenti l'involucro opaco, suddivise per zona climatica.

Zona B: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,430	531	0,030	62,299
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,300	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,057	0,034	1,706				
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,387						

Zona B: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



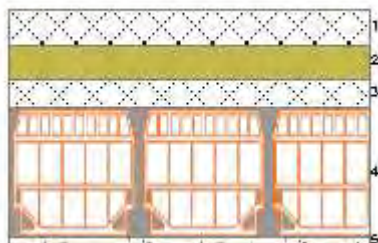
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	1,075	309	0,276	61,014
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,008	0,035	0,706				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,228						

Zona B: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



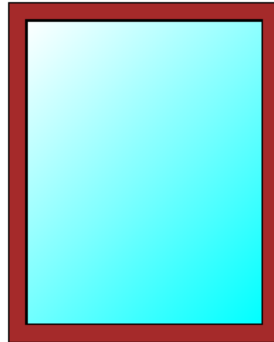
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,551	301	0,114	36,312
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
ClS	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,031	0,040	0,775				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,381						

Zona B: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,500	457	0,117	75,131
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,047	0,034	1,382				
ClS	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,327						

Zona B: Strutture trasparenti W1: CVT01:



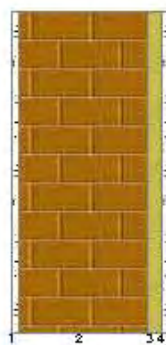
	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	l	R _{interec}	U _w	U _f	U _g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	4-6-4			0,211	3,018	3,60	2,473	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

Zona C: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,340	532	0,022	62,195
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,30	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,078	0,034	2,324				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,408						

Zona C: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,85	310	0,181	59,770
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,017	0,034	1,088				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,237						

Zona C: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



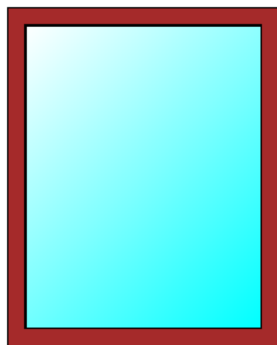
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,473	301	0,093	36,587
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
ClS	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,043	0,040	1,075				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,393						

Zona C: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,471	348	0,109	75,218
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,051	0,034	1,500				
ClS	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,331						

Zona C: Strutture trasparenti W1: CVT01:



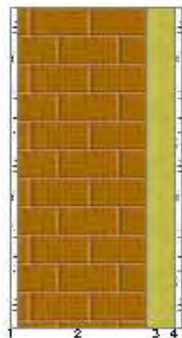
SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	λ	R_{interc}	U_w	U_f	U_g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	6-12-6			0,447	2,200	3,00	1,587	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

Zona D: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



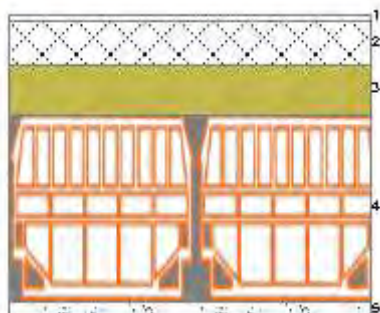
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,290	533	0,018	62,139
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,30	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,095	0,034	2,824				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,425						

Zona D: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



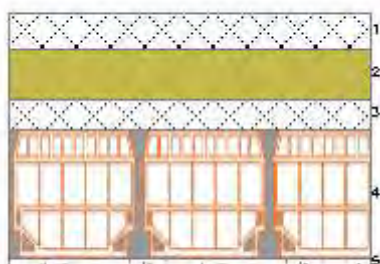
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,725	310	0,147	59,302
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,023	0,035	1,382				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,243						

Zona D: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



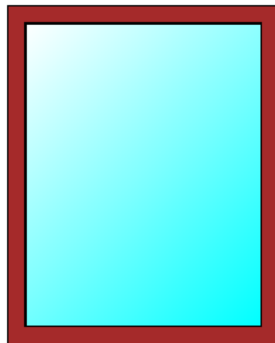
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,362	301	0,065	37,177
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,069	0,040	1,725				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,419						

Zona D: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,372	350	0,078	75,599
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,070	0,034	2,059				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,350						

Zona D: Strutture trasparenti W1: CVT01:



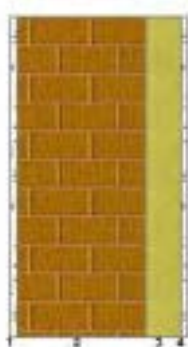
SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	$\perp$	$R_{interec}$	U_w	U_f	U_g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	6-15- 6			0,447	1,800	1,10	1,500	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

Zona E: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



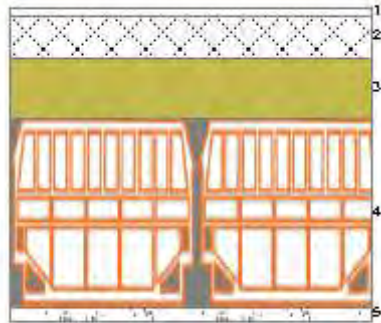
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,260	533	0,016	62,104
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,110	0,034	3,235				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,439						

Zona E: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



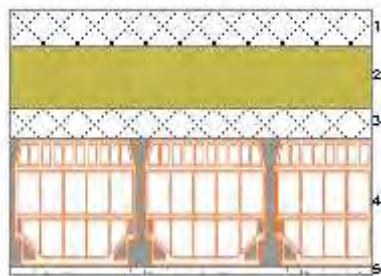
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,650	311	0,123	58,975
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,055	0,034	1,618				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,275						

Zona E: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



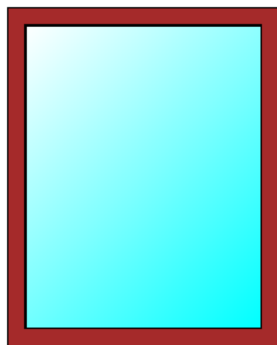
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,324	302	0,056	37,416
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cl	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,082	0,040	2,050				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,432						

Zona E: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



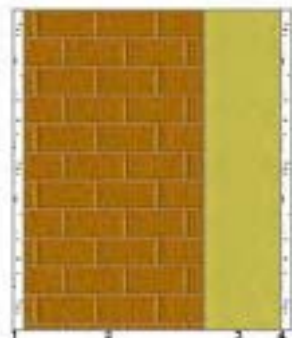
SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,314	349	0,066	75,875
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,087	0,034	2,559				
Cl	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,367						

Zona E: Strutture trasparenti W1: CVT01:



SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	$\perp$	$R_{interec}$	U_w	U_f	U_g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Triplo Vetro rivestimento low-e	4-9-6- 12-6			0,299 + 0,377	1,400	1,00	1,100	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

Zona F: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,240	534	0,014	62,080
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,121	0,034	3,559				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,450						

Zona F: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



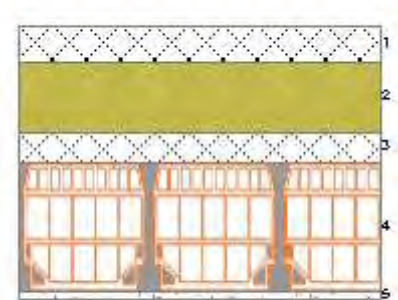
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,600	310	0,111	58,807
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,033	0,034	1,824				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,253						

Zona F: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



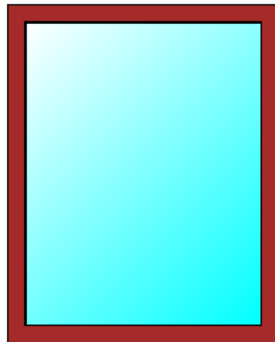
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,300	303	0,051	37,575
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,092	0,040	2,300				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,442						

Zona F: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,286	350	0,059	76,021
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,098	0,034	2,882				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,378						

Zona F: Strutture trasparenti W1: CVT01:



SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	$\perp$	R_{interc}	U_w	U_f	U_g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Triplo Vetro rivestimento low-e	4-9-6- 12-6			0,447+ 0,477	1,100	1,00	0,870	0,670	0,35
Distanziale			0,08						
Area totale A_w		1,8							
Area vetro A_g		1,4							
Area telaio A_f		0,41							

10.3.2 Le caratteristiche dell'involucro edilizio: Edificio Residenziale Piccolo Condominio

Dalla [Tabella 22](#) alla [Tabella 26](#) sono riportati i principali parametri che caratterizzano l'Edificio Residenziale Piccolo Condominio.

**Tabella 22. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA B**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA B							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,43	1,07	7,50	0,80	0,55	0,80	0,50	0,80
s	[m]	0,39	0,23	0,05	0,24	0,38	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m ²]	531	309	25	--	301	--	347	--
Yie	[W/m ² K]	0,030	0,276	1,661	--	0,114	--	0,117	--
C	[kJ/m ² K]	62,30	61,01	17,42	--	36,31	--	75,13	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	3,0							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 23. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA C**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA C							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,34	0,85	5,50	0,80	0,47	0,80	0,47	0,80
s	[m]	0,41	0,24	0,05	0,24	0,39	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m ²]	532	310	25	--	301	--	348	--
Yie	[W/m ² K]	0,022	0,181	1,661	--	0,093	--	0,109	--
C	[kJ/m ² K]	62,20	59,77	17,42	--	36,58	--	75,22	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	2,2							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 24. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA D**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA D							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,29	0,72	4,50	0,80	0,36	0,80	0,37	0,80
s	[m]	0,43	0,24	0,05	0,24	0,42	0,24	0,35	0,24
Ms	[kg/m ²]	533	310	25	--	301	--	349	--
Yie	[W/m ² K]	0,018	0,147	1,661	--	0,065	--	0,219	--
C	[kJ/m ² K]	62,14	59,30	17,42	--	37,18	--	75,60	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	1,8							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 25. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA E**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA E							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,26	0,65	3,50	0,80	0,32	0,80	0,31	0,80
s	[m]	0,44	0,25	0,05	0,24	0,43	0,24	0,37	0,24
Ms	[kg/m ²]	533	310	25	--	302	--	349	--
Yie	[W/m ² K]	0,016	0,123	1,661	--	0,056	--	0,066	--
C	[kJ/m ² K]	62,10	58,98	17,42	--	37,42	--	75,87	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	1,4							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 26. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA F**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA F							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,24	0,60	2,75	0,80	0,30	0,80	0,29	0,80
s	[m]	0,45	0,25	0,05	0,24	0,44	0,24	0,38	0,24
Ms	[kg/m ²]	534	310	25	--	302	--	350	--
Yie	[W/m ² K]	0,014	0,111	1,661	--	0,051	--	0,059	--
C	[kJ/m ² K]	62,08	58,81	17,42	--	37,56	--	76,02	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	1,1							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

10.3.3 Individuazione delle strutture edilizie: Edificio Residenziale Grande Condominio

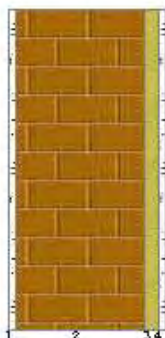
Di seguito si riportano nel dettaglio le stratigrafie dei componenti l'involucro opaco, suddivise per zona climatica.

Zona B: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,430	290	0,059	51,498
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,300	0,410	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,057	0,04	1,706				
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,387						

Zona B: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,430	230	0,09	51,248
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,360	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,059	0,040	0,706				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,279						

Zona B: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



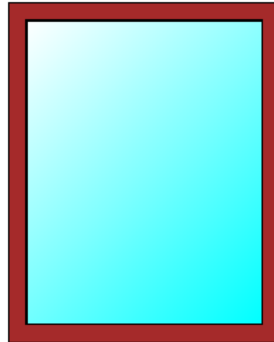
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,551	301	0,114	36,312
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,031	0,040	0,775				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,381						

Zona B: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,500	347	0,117	75,131
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,047	0,034	1,382				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,327						

Zona B: Strutture trasparenti W1: CVT01:



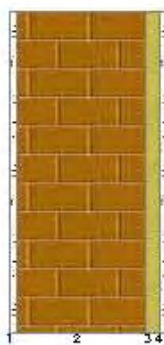
SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	$\perp$	R_{interc}	U_w	U_f	U_g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	4-6-4			0,211	3,018	3,60	2,473	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

Zona C: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,340	290	0,042	51,246
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,30	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,080	0,034	2,324				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,410						

Zona C: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,340	231	0,066	50,898
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,036	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,084	0,04	1,088				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,304						

Zona C: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



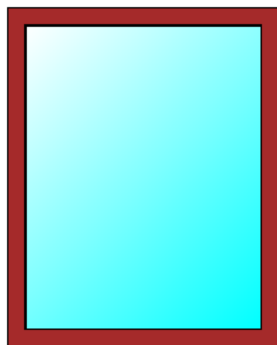
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,473	301	0,093	36,587
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
ClS	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,043	0,040	1,075				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,393						

Zona C: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,471	348	0,109	75,218
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,051	0,034	1,500				
ClS	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,331						

Zona C: Strutture trasparenti W1: CVT01:



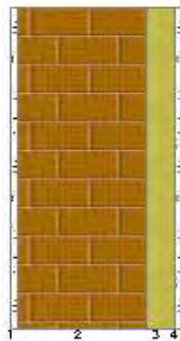
SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	l	$R_{interec}$	U_w	U_f	U_g	ggl,n	$ggl+sh$
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	6-12- 6			0,447	2,200	3,00	1,587	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale A_w		1,8							
Area vetro A_g		1,4							
Area telaio A_f		0,41							

Zona D: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



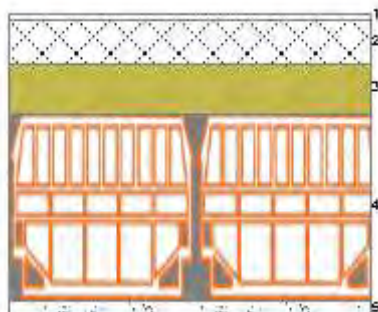
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,290	291	0,034	51,125
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,30	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,095	0,034	2,824				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,430						

Zona D: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,290	231	0,55	50,722
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,360	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,104	0,04	1,382				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,324						

Zona D: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



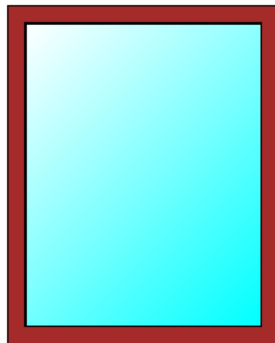
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,362	301	0,065	37,177
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,069	0,040	1,725				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,419						

Zona D: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,372	350	0,219	75,599
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,070	0,034	2,059				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,350						

Zona D: Strutture trasparenti W1: CVT01:



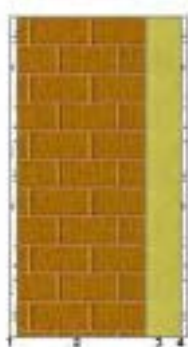
SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	$\perp$	R_{interc}	U_w	U_f	U_g	$g_{gl,n}$	g_{gl+sh}
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	6-15- 6			0,447	1,800	1,10	1,500	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale A_w		1,8							
Area vetro A_g		1,4							
Area telaio A_f		0,41							

Zona E: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



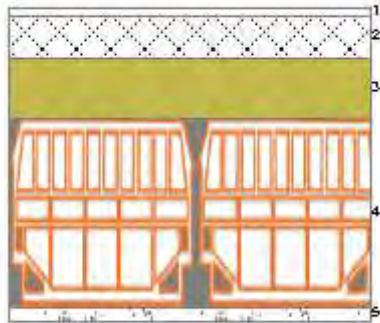
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,260	291	0,030	51,054
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,30	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,116	0,034	3,235				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,446						

Zona E: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



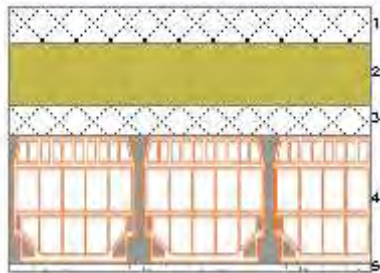
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,260	231	0,048	50,618
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,36	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,120	0,034	1,618				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,34						

Zona E: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



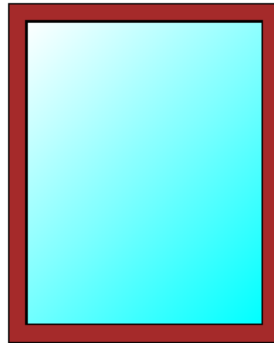
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,324	302	0,056	37,416
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,082	0,040	2,050				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,432						

Zona E: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



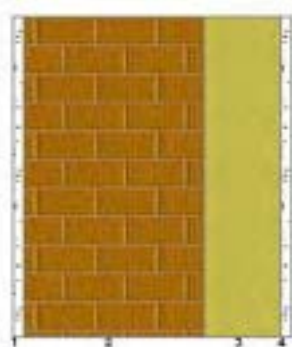
SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,314	349	0,066	75,875
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,087	0,034	2,559				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,367						

Zona E: Strutture trasparenti W1: CVT01:



SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	l	R _{interec}	U _w	U _f	U _g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Triplo Vetro rivestimento low-e	4-9-6- 12-6			0,299 + 0,377	1,400	1,00	1,100	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

Zona F: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,240	292	0,027	51,008
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,30	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,129	0,034	3,559				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,459						

Zona F: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



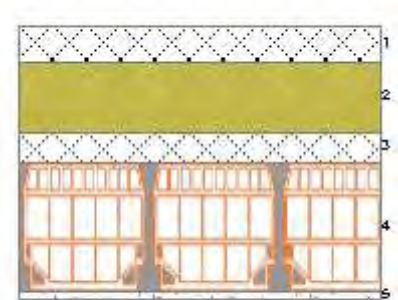
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,240	232	0,043	50,549
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,033	0,034	1,824				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,253						

Zona F: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



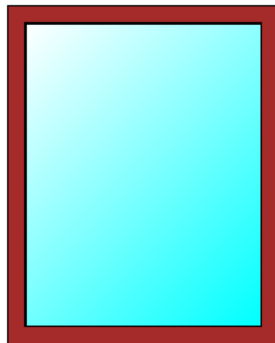
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m²K/W]	[W/m²K]	[kg/m²]	[W/m²K]	[kJ/m²K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,300	302	0,051	37,575
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
ClS	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,092	0,040	2,300				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,442						

Zona F: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m²K/W]	[W/m²K]	[kg/m²]	[W/m²K]	[kJ/m²K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,286	350	0,059	76,021
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,098	0,034	2,882				
ClS	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,378						

Zona F: Strutture trasparenti W1: CVT01:



SERRAMENTO metallo con taglio termico	ZONA B								
COMPONENTI	s	A	$\perp$	$R_{interec}$	U_w	U_f	U_g	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
Triplo Vetro rivestimento low-e	4-9-6- 12-6			0,447+ 0,477	1,100	1,00	0,870	0,670	0,35
Distanziale			0,08						
Area totale A_w		1,8							
Area vetro A_g		1,4							
Area telaio A_f		0,41							

10.3.4 Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Residenziale Grande Condominio

Dalla [Tabella 27](#) alla [Tabella 31](#) sono riportati i principali parametri che caratterizzano l'Edificio Residenziale Grande Condominio.

**Tabella 27. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA B**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA B							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,43	0,43	3,00	0,80	0,55	0,80	0,50	0,80
s	[m]	0,39	0,28	0,05	0,24	0,38	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m ²]	290	230	25	--	301	--	347	--
Yie	[W/m ² K]	0,059	0,090	1,661	--	0,114	--	0,117	--
C	[kJ/m ² K]	51,50	51,25	17,42	--	36,31	--	75,13	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	3,0							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 28. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA C**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA C							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,34	0,34	3,00	0,80	0,47	0,80	0,47	0,80
s	[m]	0,41	0,30	0,05	0,24	0,39	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m ²]	290	231	25	--	301	--	348	--
Yie	[W/m ² K]	0,042	0,066	1,661	--	0,093	--	0,109	--
C	[kJ/m ² K]	51,25	50,90	17,42	--	36,58	--	75,22	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	2,2							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 29. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA D**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA D							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,29	0,29	3,00	0,80	0,36	0,80	0,37	0,80
s	[m]	0,43	0,32	0,05	0,24	0,42	0,24	0,35	0,24
Ms	[kg/m ²]	291	231	25	--	301	--	349	--
Yie	[W/m ² K]	0,034	0,055	1,661	--	0,065	--	0,219	--
C	[kJ/m ² K]	51,12	50,72	17,42	--	37,18	--	75,60	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	1,8							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 30. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA E**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
	[-]	ZONA CLIMATICA E							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,26	0,26	1,40	0,80	0,32	0,80	0,31	0,80
s	[m]	0,44	0,34	0,05	0,24	0,43	0,24	0,37	0,24
Ms	[kg/m ²]	291	340	25	--	302	--	349	--
Yie	[W/m ² K]	0,030	0,048	1,661	--	0,056	--	0,066	--
C	[kJ/m ² K]	51,05	50,62	17,42	--	37,42	--	75,87	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	1,4							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 31. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA F**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
	[]	ZONA CLIMATICA F							
		Strutture involucro opaco							
		M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m ² K]	0,24	0,24	1,10	0,80	0,30	0,80	0,29	0,80
s	[m]	0,46	0,35	0,05	0,24	0,44	0,24	0,38	0,24
Ms	[kg/m ²]	292	232	25	--	302	--	350	--
Yie	[W/m ² K]	0,027	0,043	1,661	--	0,051	--	0,059	--
C	[kJ/m ² K]	51,01	50,55	17,42	--	37,56	--	76,02	--
ε	[]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m ² K]	1,1							
ggl	[]	0,67							
ggl+sh	[]	0,35							

10.4 Le caratteristiche dei sistemi impiantistici nel rispetto dei requisiti minimi

Nel caso di edifici con destinazione d'uso residenziale il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale e per la movimentazione di persone e/o cose non viene preso in considerazione, la ventilazione viene considerata esclusivamente come ventilazione naturale ovvero per sola aerazione dei locali: la portata minima di progetto si calcola assumendo un tasso di ricambio d'aria pari a $0,5 \text{ h}^{-1}$.

Dovendo verificare il rispetto dell'apporto energetico da fonti rinnovabili si è proposto per la climatizzazione invernale ed estiva un sistema impiantistico a pompa di calore elettrica a potenza variabile aria-acqua abbinata alla produzione di energia elettrica da impianto fotovoltaico.

Il tipo di sorgente fredda è rappresentato dall'aria esterna mentre il tipo di sorgente calda è rappresentato dall'acqua dell'impianto.

Questo schema impiantistico risulta la soluzione più idonea, vantaggiosa e maggiormente utilizzata dai tecnici progettisti proprio a seguito dell'emanazione del DM 26.06.2015.

Per l'impianto di riscaldamento e per quello di raffrescamento si sono considerati impianti autonomi e si è assunta una produzione separata di acqua calda sanitaria con impianto centralizzato.

10.4.1 Climatizzazione invernale

In caso di calcolo standardizzato la modalità di funzionamento prevista per l'impianto è quella del funzionamento continuativo.

Per i sottosistemi di utilizzazione sono previste le seguenti caratteristiche:

- come tipo di terminale di erogazione sono previsti dei ventilconvettori con $t_{\text{media}} = 45^{\circ}\text{C}$ cui corrisponde un rendimento di emissione pari a $\eta_{H,em} = 92,6$;
- la regolazione dell'impianto è di tipo per singolo ambiente + climatica; cui corrisponde un rendimento di regolazione pari a $\eta_{H,rg} = 97,0$;
- per la distribuzione si è assunto un tipo di impianto centralizzato a distribuzione orizzontale. L'impianto si è considerato posizionato a piano terreno, su ambiente non riscaldato o terreno con distribuzione a collettori e l'isolamento delle tubazioni è secondo il DPR 412/93. Il rendimento di distribuzione corrispondente è pari a $\eta_{H,du} = 90,2$.

Dovendo costruire in modello di edificio *nZEB limite* il rendimento di utilizzazione che è dato dal prodotto del rendimento di emissione, regolazione, distribuzione (non si è considerato un accumulo) deve essere pari a quello indicato dal Decreto Requisiti minimi pertanto si è andato ad inserire manualmente e si è posto pari a :

$$\eta_{uH} = 0,81.$$

avendo preso in considerazione un circuito di distribuzione idronico.

Il rendimento di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per il servizio di riscaldamento è stato imposto come valore noto costante desunto dai valori forniti dal DM 26.06.2015 che per una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico fornisce il valore:

$$\eta_{gn,H} = 3,00.$$

10.4.2 Produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari

Anche per soddisfare il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari si è fatto ricorso ad una pompa di calore elettrica.

L'energia termica richiesta per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria di un edificio in funzione del volume di acqua richiesto e della differenza tra le temperature di erogazione e dell'acqua fredda in ingresso è data da:

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \sum_i [V_{w,i} \cdot (\theta_{er,i} - \theta_o)] \cdot G \text{ [kWh]}$$

dove:

ρ_w è la massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m³]

c_w è il calore specifico dell'acqua, pari a 1,16 · 10⁻³ [kWh/kg K]

$V_{w,i}$ il volume di acqua giornaliero per l'i-esima attività o servizio richiesto espresso in [m³/giorno] che si calcola secondo la formula:

per edifici residenziali:

$$V_w = a \cdot S_u + b \text{ [l/giorno]}$$

dove:

a e b si ricavano dal prospetto 30 UNI TS 11300 - 2
 S_u superficie utile in [m²]

θ_{er} è la temperatura di erogazione dell'acqua assunta pari a 40°C;

θ_o è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso espressa in °C e pari alla media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna della località considerata, ricavate dalla UNI 10349.

Per i sottosistemi di utilizzazione sono previste le seguenti caratteristiche:

- si considera un rendimento di erogazione pari a 1 per le valutazioni di tipo A2 ;
- per la distribuzione si è considerato il metodo semplificato e sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 con rete corrente parzialmente in ambiente climatizzato.

Dovendo costruire in modello di edificio *nZEB limite* il rendimento di utilizzazione che è dato dal prodotto del rendimento di regolazione, distribuzione (non si è considerato un accumulo) deve essere pari a quello indicato dal Decreto Requisiti minimi pertanto si è andato ad inserire manualmente e si è posto pari a:

$$\eta_{u,w} = 0,70.$$

Il rendimento di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per il servizio di acqua calda sanitaria è stato imposto come valore noto costante desunto dai valori forniti dal DM 26.06.2015 che per una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico fornisce il valore:

$$\eta_{n,H} = 2,50.$$

10.4.3 Climatizzazione estiva

In caso di calcolo standardizzato la modalità di funzionamento prevista per l'impianto è quella del funzionamento continuativo.

Per i sottosistemi di utilizzazione sono previste le seguenti caratteristiche:

- come tipo di terminale di erogazione sono previsti dei ventilconvettori idronici;
- la regolazione dell'impianto è di tipo centralizzata on-off;
- per la distribuzione si è assunta una rete di distribuzione-acqua refrigerata con distribuzione orizzontale di piano.

Dovendo costruire in modello di edificio *nZEB limite* il rendimento di utilizzazione che è dato dal prodotto del rendimento di emissione, regolazione, distribuzione (non si è considerato un accumulo) deve essere pari a quello indicato dal Decreto Requisiti minimi pertanto si è andato ad inserire manualmente e si è posto pari a :

$$\eta_{uc} = 0,81.$$

avendo considerato una distribuzione idronica.

Il rendimento di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per il servizio di raffrescamento è stato imposto come valore noto costante desunto dai valori forniti dal DM 26.06.2015 che per una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico fornisce il valore:

$$\eta_{gn,C} = 2,50.$$

Si sottolinea che i rendimenti indicati sono comprensivi dell'effetto dei consumi di energia elettrica ausiliaria.

Riassumiamo in [Tabella 32](#) i rendimenti dei diversi sistemi:

Tabella 32. Rendimenti dei sistemi impiantistici

	Climatizzazione Invernale	Produzione ACS	Climatizzazione Estiva
$\eta_{u \text{ utilizzazione}}$	0,81	0,70	0,81
$\eta_{gn \text{ generazione}}$	3,00	2,50	2,50

10.5 L'apporto di fonti rinnovabili nel rispetto del DLgs 28/2011

Affinché un edificio possa essere definito nZEB secondo i DM 26.06.2015 occorre siano rispettate le prescrizioni richieste dal DLgs 3.3.2011 n. 28 (articolo 11 e Allegato 3) inerenti l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione.

Nel caso di edifici nuovi la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = \frac{1}{k} \cdot S \text{ [kW]}$$

dove:

- S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m²;
- K è un coefficiente che assume il valore K = 50 m²/kW se la richiesta del titolo abilitativo è presentata a partire dal 1° Gennaio 2017.

Quindi in relazione alla superficie a disposizione per tipologia di edificio si è in grado di calcolare la potenza che deve essere installata per soddisfare le prescrizioni di legge (vedi [Tabella 33](#))

Tabella 33. Impianto Fotovoltaico: potenza installata

		Piccolo Condominio	Grande Condominio
S	[m ²]	200,00	300,00
k	[m ² /kW]	50	50
P	[kW]	4,00	6,00

L'orientamento rispetto al Sud, ovvero l'angolo di azimut si è assunto pari a 0° e l'inclinazione rispetto al piano orizzontale si è assunta pari a quella ottimale in base alla latitudine del luogo.

Non si è assunto alcun ombreggiamento per i pannelli fotovoltaici e come coefficiente di riflettanza si è considerato un valore cautelativo pari a 0,13.

Avendo a disposizione come dato noto la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico e scegliendo modulo in silicio multi-cristallino caratterizzato da un'efficienza nominale pari a $k_{pv} = 0,13 \text{ kW/m}^2$, si è potuto ricavare la superficie di captazione dell'impianto fotovoltaico, al netto del telaio mediante la formula inversa a quella fornita dalla UNI/TS 11300-4:

$$A_{pv} = \frac{W_{pv}}{k_{pv}} \text{ [m}^2\text{]}$$

Per il calcolo dell'energia prodotta mensilmente dall'impianto fotovoltaico utilizza la formula del Par.7.2.1 delle UNI/TS 11300-4:

$$E_{el,pv,out} = \frac{E_{pv} \cdot W_{pv} \cdot f_{fv}}{I_{ref}} \text{ [kWh]}$$

dove:

E_{pv} è l'irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico [kWh/m²]

W_{pv} è la potenza di picco, che rappresenta la potenza elettrica di un impianto fotovoltaico di una determinata superficie, per una irradianza di 1kW/m² incidente su questa superficie (a 25°C);

$f_{fv} = 0,75$ è il fattore di efficienza del sistema che tiene conto dell'efficienza dell'impianto fotovoltaico integrato nell'edificio e dipende dall'impianto di conversione da corrente continua a corrente alternata, dalla temperatura operativa reale dei moduli fotovoltaici e dall'integrazione nell'edificio dei moduli stessi e per moduli moderatamente ventilati è pari a 0,75

$I_{ref} = 1$ [kW/m²] è l'irradianza solare di riferimento.

Nell'edificio di riferimento il software utilizzato per il calcolo dell'energia prodotta mensilmente dall'impianto fotovoltaico utilizza la formula:

$$E_{el,pv} = E_{pv} \cdot A_{pv} \cdot n_{gn} [kWh]$$

dove:

E_{pv} è l'irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico [kWh/m²]

$\eta_{gn} = 0,1$ è l'efficienza media del sottosistema di generazione per la produzione di energia elettrica in situ indicata dal Decreto Requisiti Minimi;

A_{pv} è la superficie di captazione dell'impianto fotovoltaico presa pari al valore di quella dell'edificio modellato dall'utente.

11 I primi risultati delle simulazioni.

Descritto il sistema edificio sia nelle componenti costituenti l'involucro che i sistemi impiantistici, nel rispetto dei requisiti minimi e delle prescrizioni normative si è a questo punto in grado di evidenziare i risultati ottenuti. In questa prima parte dello studio si illustreranno i risultati relativi al caso dell'**Edificio Residenziale Plurifamiliare Piccolo Condominio e Grande Condominio**, rimandando alla prossima annualità l'approfondimento e l'estensione dell'analisi alle altre tipologie prese in esame.

Per i due edifici verranno verificati i seguenti requisiti

Parametri relativi all'involucro edilizio:

- Rapporto tra Area Solare Equivalente ed Area della Superficie Utile
- Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente
- Trasmittanza media periodica e massa superficiale, nei casi in cui previsto da norma

Parametri relativi al sistema impiantistico

- Indice di prestazione termica utile per riscaldamento, raffrescamento ed indice di prestazione energetica globale totale
- Rendimento medio stagionale per servizio di riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS.
- Copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile (Dlgs 28/2011)

Inoltre, verranno condotte osservazioni in relazione ai diversi livelli di dettaglio:

- Per ciascuna località, nel caso in cui dovesse presentarsi una o più criticità nella verifica dei parametri, verrà realizzata un'analisi di sensibilità delle grandezze fisiche che impattano nel calcolo dei parametri critici, discutendo la plausibilità delle diverse soluzioni.
- Per ciascuna zona climatica, sarà analizzata la criticità eventualmente presente della trasmittanza media dell'involucro, che è l'unico parametro correlato alla zona climatica e non alla località. Successivamente, si confronteranno gli indici di prestazione energetica per ciascun servizio, al fine di definire eventualmente un trend di variazione degli stessi
- Per ciascun edificio, verranno confrontati gli indici di prestazione termica utile e l'indice di prestazione energetica globale totale di tutte le località, al fine di definirne un trend generale di variazione.
- Verranno confrontati i risultati delle due tipologie di edificio per poterne cogliere le differenze sostanziali

11.1 *La verifica dei requisiti minimi nZEB per l'Edificio Residenziale Plurifamiliare di tipo Piccolo Condominio*

Si analizzano, di seguito, i risultati relativi alle verifiche dei requisiti minimi per l'edificio Plurifamiliare di tipo Piccolo Condominio, mediante la costruzione di grafici e la consultazione delle tabelle

11.1.1 Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi all'involucro edilizio

Il Dm 26.06.2015 impone, in merito all'involucro edilizio, la verifica di due parametri: **rapporto tra Area Solare Equivalente Estiva e Area della Superficie Utile** dell'edificio e **coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente**.

Rapporto tra Area Solare Equivalente Estiva ed Area della Superficie Utile

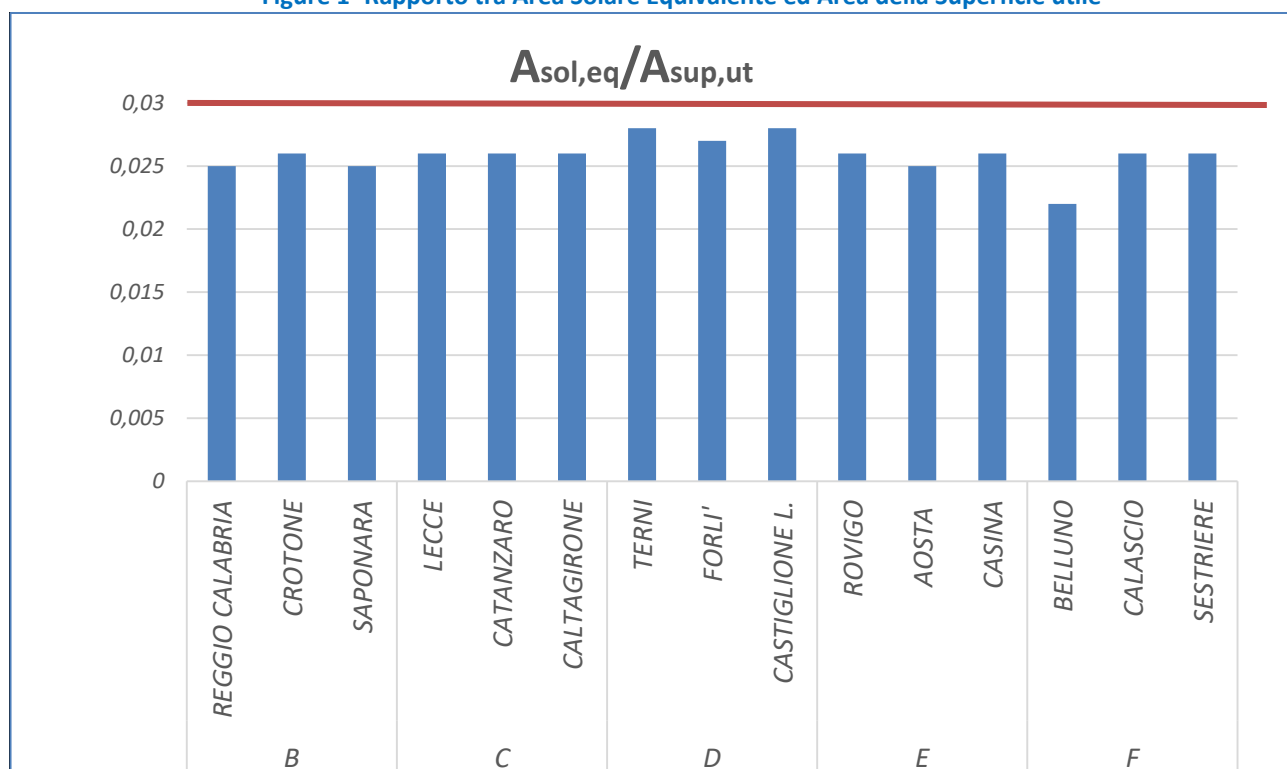
L'Area Solare Equivalente Estiva tiene conto della presenza di oggetti orizzontali e verticali, delle caratteristiche e dell'estensione della superficie vetrata, della dimensione dei serramenti e di eventuali schermature mobili.

Il sistema di schermatura è uno degli aspetti più importanti in quanto incide sul fattore di trasmittanza solare totale che è uno dei parametri di cui è funzione l'Area solare equivalente totale,

Nella predisposizione di tutti i modelli di edificio Piccolo condominio per le simulazioni, è stato impostato proprio il "valore limite del fattore di trasmissione solare totale per componenti finestrati con orientamento da est ad ovest, passando per il sud, in presenza di schermature mobili". pari a 0,35.

La UNI TS 11300-1 fornisce il modello di calcolo per il fattore di trasmissione solare totale, nonché per l'Area Solare Equivalente Estiva.

Figure 1- Rapporto tra Area Solare Equivalente ed Area della Superficie utile



Per tutte le località risulta che il rapporto tra l'area della superficie solare equivalente e l'area della superficie utile è inferiore al valore limite imposto per gli edifici nZEB.

Tale valore limite, pari a 0.03 m^2 ; è il valore identificato per gli edifici di categoria E.1 ed è riportato nella tabella 11 dell'Allegato A del **Decreto Requisiti Minimi**.

Il valore limite è definito soltanto in funzione della categoria dell'edificio (Tabella 34. Valori limite in funzione della Categoria Edificio Tabella 34)

Tabella 34. Valori limite in funzione della Categoria Edificio

Categoria Edificio	Tutte le zone climatiche	
Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3) (Alberghi, pensioni ed attività similari)	≤	0,030
Tutti gli altri edifici	≤	0,040

Si evince che per i casi di studio delle località di Terni e Castiglione L, località della zona climatica D, tale rapporto risulta essere più prossimo, rispetto a tutti gli altri casi oggetto di studio, al valore limite.

L'Area Solare Equivalente è direttamente proporzionale al fattore di riduzione di ombreggiatura riferito all'esposizione del corpo trasparente nel mese di luglio. Come riportato dalla norma della UNI TS 11300-1, il fattore di ombreggiatura è massimo in corrispondenza di una latitudine Nord pari a 42°, che è la latitudine delle due località.

Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente

L'altra verifica riguardante l'involucro edilizio impone il rispetto del valore limite del parametro H'_T , ovvero del **coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente** i cui limiti sono funzione del rapporto di forma dell'edificio e della zona climatica. Tale parametro è rappresentativo di una sorta di trasmittanza media dell'involucro edilizio ed i limiti imposti per gli nZEB sono molto restrittivi (variano da 0,48 a 0,8 W/m²K).

La UNI TS 11300-1 fornisce il modello di calcolo per il coefficiente medio globale di scambio termico, che è funzione della trasmittanza delle chiusure opache e trasparenti, orizzontali e verticali.

Tali trasmittanze sono soggetto di un'ulteriore prescrizione della normativa vigente; in particolare, il DM Requisiti Minimi *all'appendice B* riporta, per ogni singola zona climatica, i valori di "trasmittanza massima delle chiusure opache orizzontali, verticali e delle chiusure tecniche trasparenti"

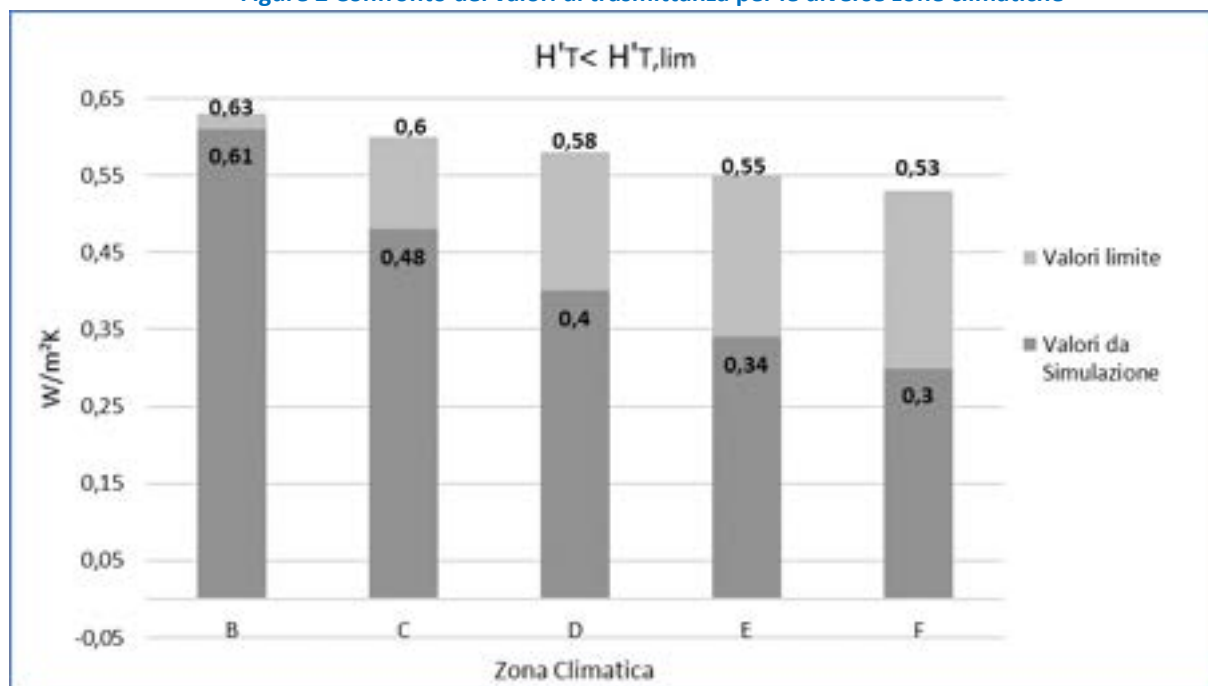
Tabella 35-Valori limite H'_T (W/m²K) in funzione di fattore di forma e zona climatica

Rapporto di Forma (S/V)	Zona Climatica				
	A e B	C	D	E	F
$S/V < 0,4$	0,58	0,55	0,53	0,5	0,48
$0,4 \leq S/V < 0,7$	0,63	0,6	0,58	0,55	0,53
$S/V \geq 0,7$	0,8	0,8	0,8	0,75	0,7

Tabella 36. Verifica dei requisiti Minimi per i Parametri relativi al fabbricato

LOCALITA'		EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE PICCOLO CONDOMINIO				
		Asol,eq/Asup,ut	VERIFICA	H'T < H'Tlim		VERIFICA
		< 0,03		[W/m²K]		
B	REGGIO CALABRIA	0,025	SI'	0,61	0,63	SI'
	CROTONE	0,026	SI'			SI'
	SAPONARA	0,025	SI'			SI'
C	LECCE	0,026	SI'	0,48	0,6	SI'
	CATANZARO	0,026	SI'			SI'
	CALTAGIRONE	0,026	SI'			SI'
D	TERNI	0,028	SI'	0,4	0,58	SI'
	FORLI'	0,027	SI'			SI'
	CASTIGLION L.	0,028	SI'			SI'
E	ROVIGO	0,026	SI'	0,34	0,55	SI'
	AOSTA	0,025	SI'			SI'
	CASINA	0,026	SI'			SI'
F	BELLUNO	0,022	SI'	0,3	0,53	SI'
	CALASCIO	0,026	SI'			SI'
	SESTRIERE	0,026	SI'			SI'

Figure 2 Confronto dei valori di trasmittanza per le diverse zone climatiche



Il requisito, in questo caso, viene analizzato per ciascuna zona climatica in quanto le prescrizioni della normativa fanno riferimento alla zona climatica e non alla singola località.

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni emerge che tale requisito risulta verificato per tutte le zone climatiche, in quanto il valore risultato da simulazione non supera mai il valore limite.

Nel caso della zona climatica B la differenza tra il valore da simulazione ed il valore limite è meno significativa rispetto alle altre zone climatiche, con un distacco del 3% circa.

Si può concludere quindi affermando che, per tutte le zone climatiche, l'edificio così realizzato ha delle caratteristiche geometriche relative all'involucro edilizio in termini di compattezza (fattore di forma S/V) e di limitate dispersioni attraverso i componenti, in particolare di quelli trasparenti, dello stesso tali per cui il requisito risulta essere sempre verificato.

11.1.2 Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi al sistema impiantistico

Il Decreto Requisiti Minimi, oltre alle verifiche dei parametri relativi all'involucro edilizio, impone delle verifiche sugli indici di prestazione energetica e sulle efficienze dei sistemi impiantistici:

- Indice di prestazione termica utile per servizio di riscaldamento (UNI TS 11300-2)
- Indice di prestazione termica utile per servizio di raffrescamento (UNI TS 11300-3)
- Indice di prestazione energetica globale totale (UNI TS 11300-5)
- Efficienza media stagionale per il servizio di riscaldamento (UNI TS 11300-2)
- Efficienza media stagionale per il servizio di raffrescamento (UNI TS 11300-3)
- Efficienza media stagionale per il servizio di produzione di ACS (UNI TS 11300-2)

Tali valori sono calcolati a partire da parametri che, nella predisposizione dei modelli, sono stati indicati direttamente, come le efficienze del sottosistema di generazione e utilizzazione.

Dalla verifica di tali parametri emerge che i valori calcolati per l'edificio nZEB ed i valori dell'edificio di riferimento coincidono: ciò è dovuto al fatto che l'edificio nZEB è stato costruito, nella parte impiantistica e nella parte legata all'involucro edilizio, inserendo gli stessi valori utilizzati per la predisposizione dell'edificio di riferimento.

Figure 3. Indice di prestazione termica utile per le diverse località

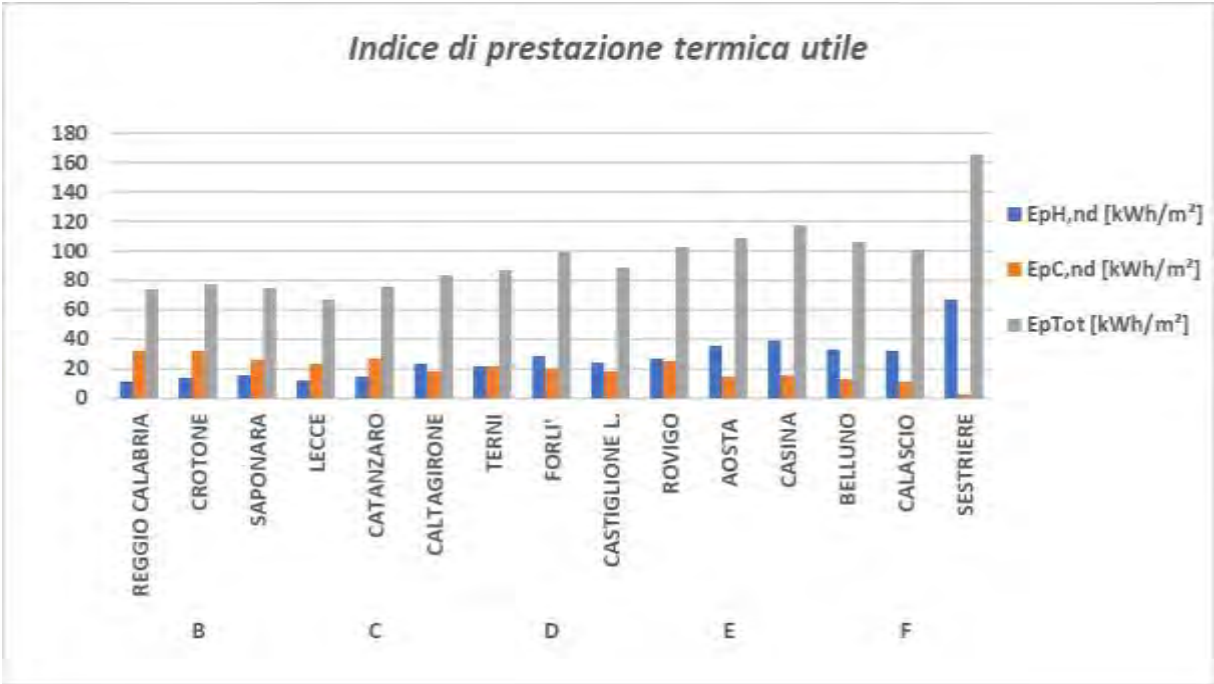


Figure 4. Fabbisogno di energia termica utile per le diverse località

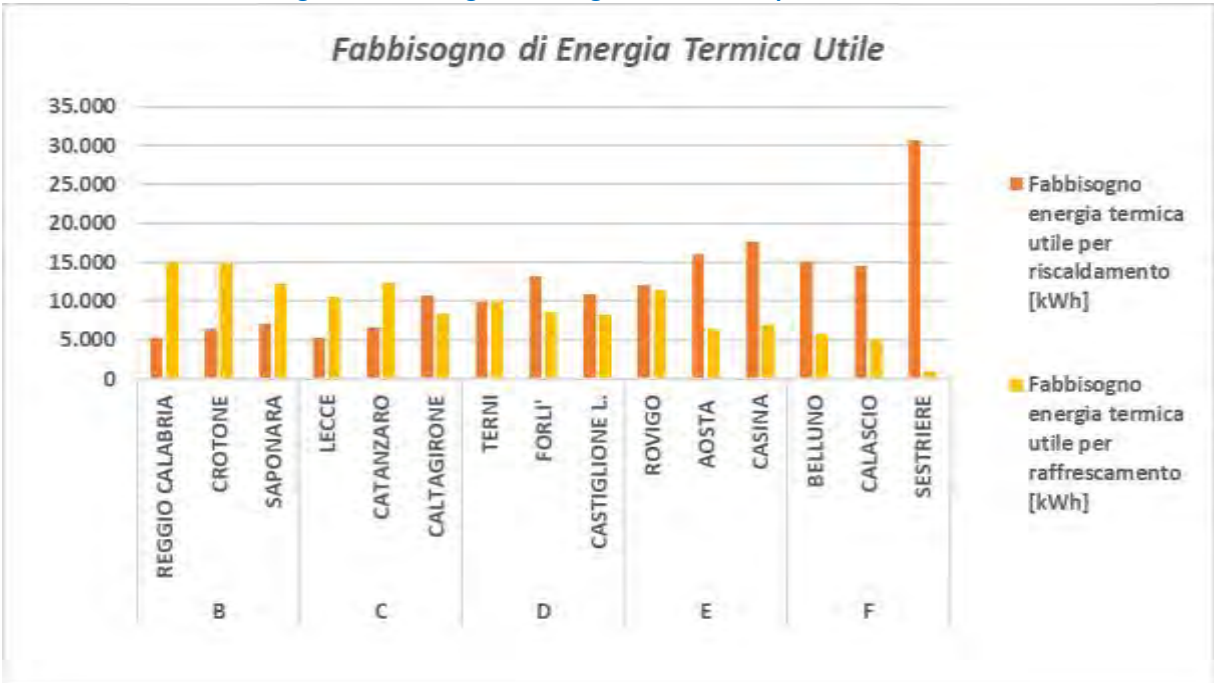


Figure 5-Indice di prestazione energetica globale per le diverse località

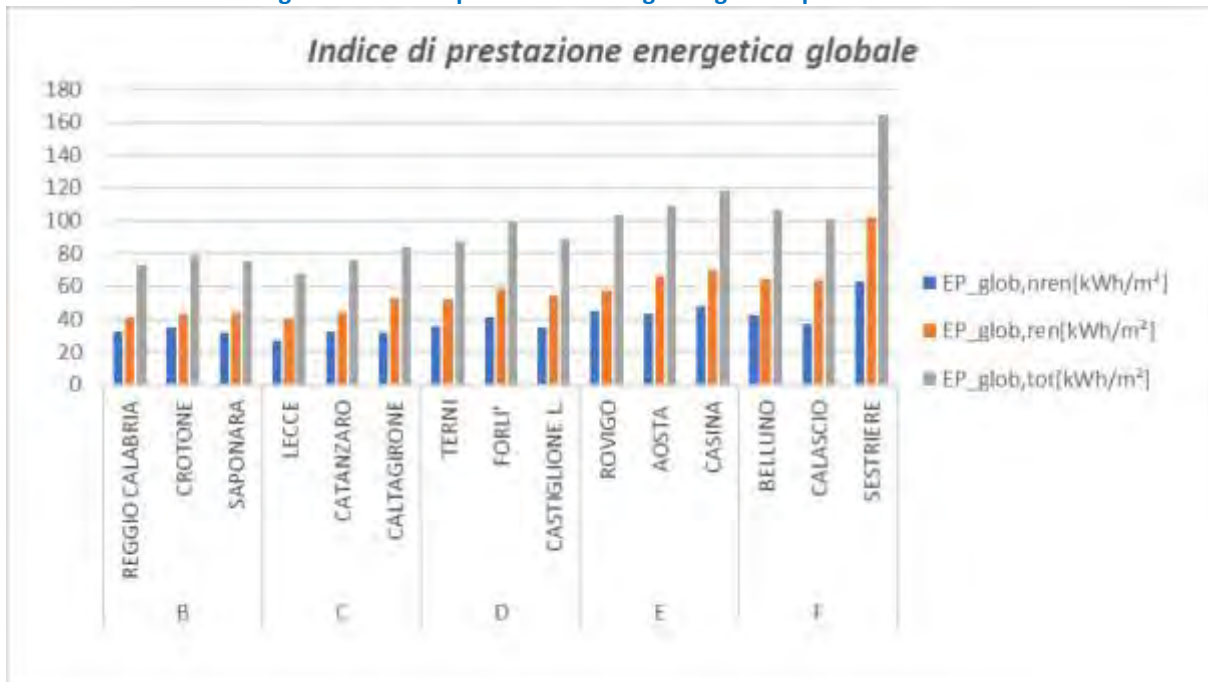
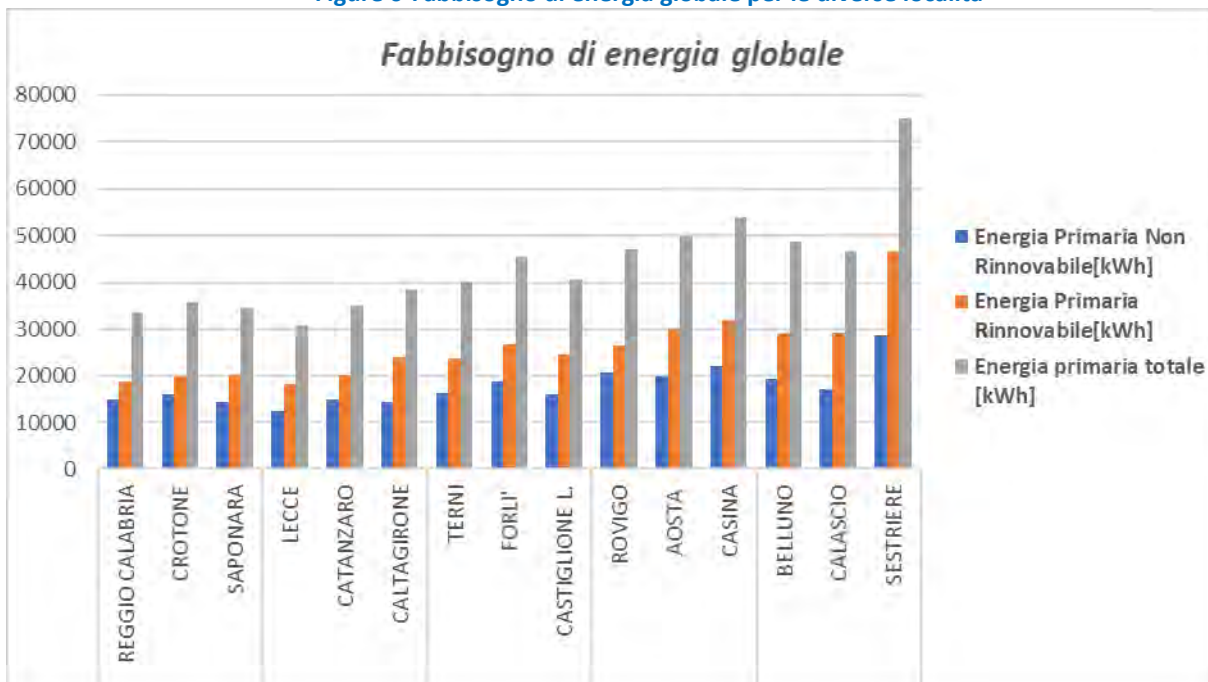


Figure 6-Fabbisogno di energia globale per le diverse località



E' dunque possibile constatare che:

- Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento aumenta in maniera consistente dalle zone climatiche più calde alle zone climatiche più fredde. , partendo da un minimo di circa 5000 kWh per l'edificio modellato per la località di Reggio Calabria fino ad arrivare ad un massimo pari a sei volte superiore, per la località di Sestriere, pari a 30 000 kWh. Ciò è dovuto all'aumento dei gradi giorno passando dalla zona climatica B alla zona climatica F.
- Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento dell'edificio sito nella località di Sestriere è più del doppio di quello delle altre due località della stessa zona climatica. L'anomalia è rappresentata dall'elevato numero di gradi giorno per la località di Sestriere.
- Il fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento diminuisce passando da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde; si ha un massimo per l'edificio situato nella località di Reggio Calabria, dove è pari a circa 15 000 kWh; il minimo riscontrato corrisponde alla località di Sestriere, ed è di circa 1000 kWh.
- il fabbisogno di energia globale totale aumenta passando da zone climatiche piu' calde a zone climatiche più fredde. Il minimo si attesta nella località di Reggio Calabria ed è pari circa a 32000 kWh, il massimo si registra per la località di Sestriere ed è di oltre 7000 kWh.
Nonostante i due trend di variazione per i servizi di riscaldamento e raffrescamento siano uno opposto all'altro, le variazioni più significative si registrano per il servizio di riscaldamento; per tale motivo si attesta un trend simile a quello del servizio di riscaldamento.

Un'ulteriore osservazione deriva dal confronto tra gli indici di prestazione termica e gli indici di prestazione energetica per singolo servizio. I primi sono necessari per la verifica dei requisiti minimi, gli altri contribuiscono a definire la classe energetica dell'edificio.

Esiste, tuttavia, una differenza sostanziale tra l'edificio di riferimento utilizzato per la verifica dei requisiti e l'edificio di riferimento con il quale si fa il confronto dell'indice di prestazione energetica da fonte non rinnovabile, ai fini della classificazione.

L'edificio di riferimento per la verifica è uguale all'edificio del caso di studio, sia per l'involucro edilizio sia per i componenti costituenti il sistema impiantistico.

L'edificio utilizzato per la classificazione ha invece delle tecnologie impiantistiche standard che prescindono da quelle indicate per l'edificio reale.

Figure 7-Confronto tra gli indici per il servizio di Riscaldamento

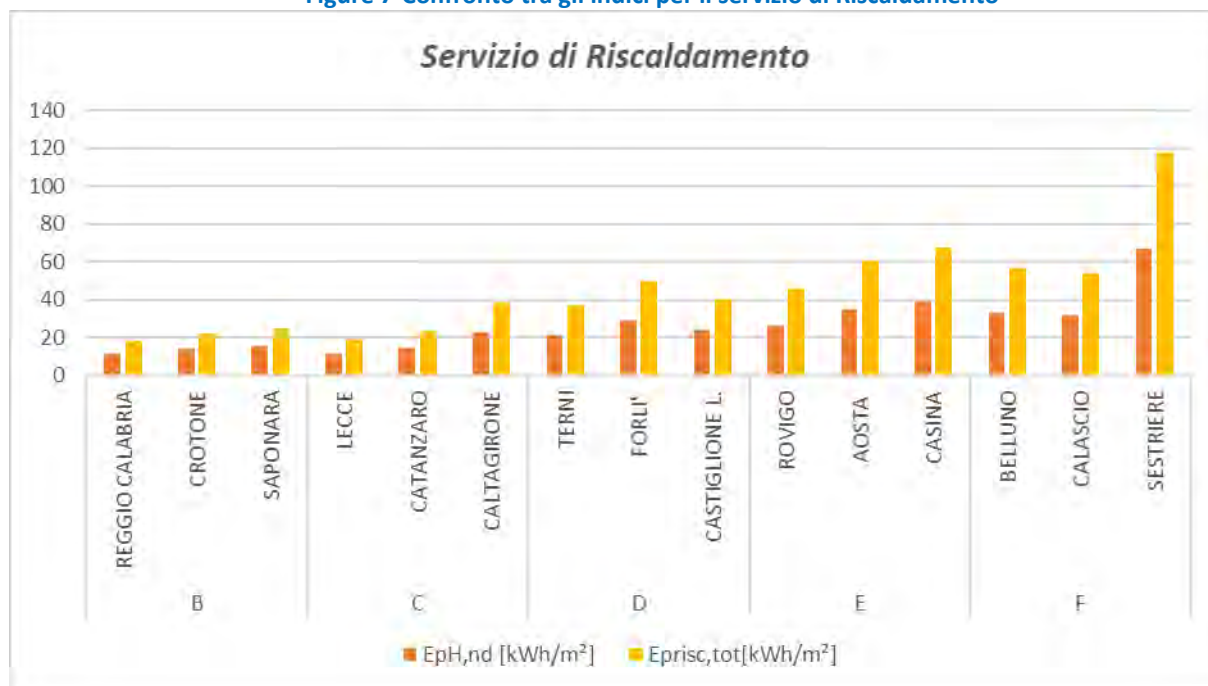
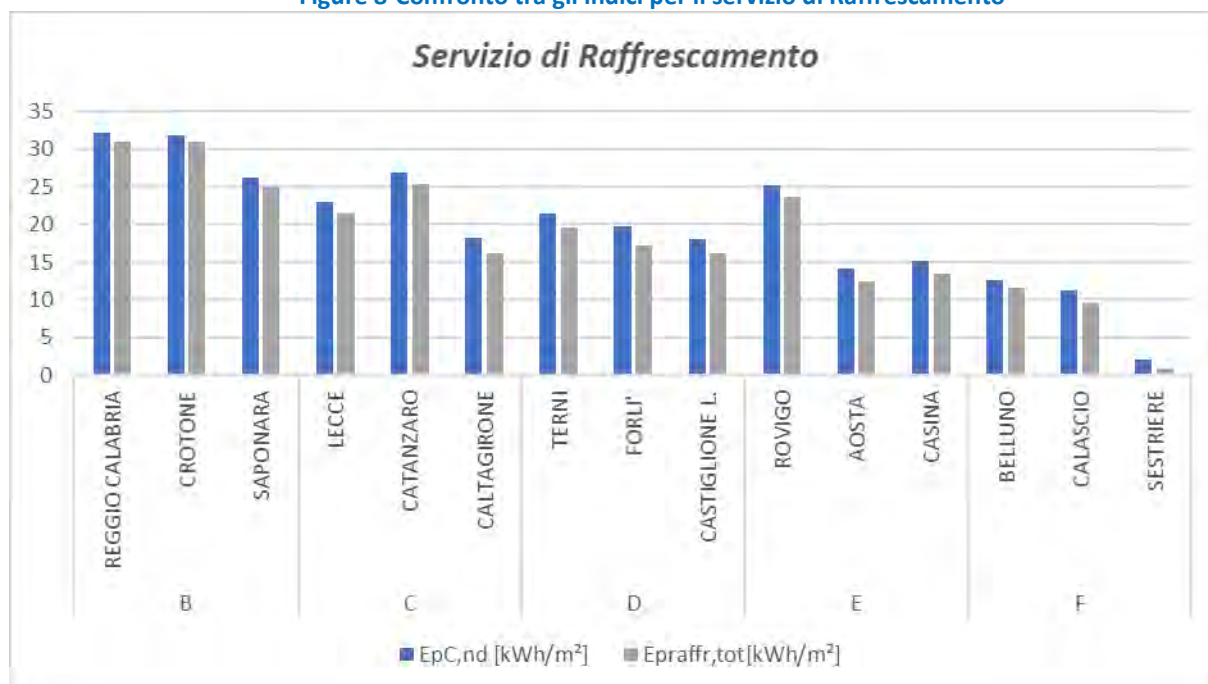


Figure 8-Confronto tra gli indici per il servizio di Raffrescamento



E' possibile osservare che:

- per il servizio di riscaldamento, la differenza tra l'indice di prestazione energetica e l'indice di prestazione termica utile aumenta passando da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde; la differenza minima si attesta nella località di Reggio Calabria ed è pari a 7 kWh/m², mentre il massimo della differenza tra i due indici è a Sestriere ed è pari a 51 kWh/m². Ciò equivale a dire che l'efficienza media stagionale dell'impianto per il servizio di riscaldamento si riduce.
La motivazione può essere ritrovata nel calcolo del fabbisogno di energia primaria e del relativo indice per il servizio di riscaldamento, come definito dalla norma UNI TS 11300-2, a partire dal fabbisogno di energia termica utile. Nel bilancio energetico vengono contemplati i contributi positivi di energia elettrica dal parco fotovoltaico (nel caso di studio perché il sottosistema di generazione è costituito da una pompa di calore a motore elettrico) e i contributi negativi dovuti alle perdite nel sottosistema di generazione e utilizzazione.
Le perdite energetiche nei sottosistemi sono direttamente proporzionali ai gradi giorno della località, mentre l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico dipende dall'irradianza solare incidente sul pannello. Di conseguenza il contributo energetico positivo non riesce a compensare il termine negativo delle perdite energetiche, che aumentano passando da zone più calde a zone più fredde. Per tale motivo il gap tra i due indici aumenta e l'efficienza media stagionale si riduce.
- per il servizio di raffrescamento, la differenza tra l'indice di prestazione termica utile e l'indice di prestazione energetica rimane pressoché costante e pari mediamente a 2 kWh/m².
Il fabbisogno di energia primaria per climatizzazione estiva viene calcolato a partire dal fabbisogno di energia termica utile in base a quanto definito dalla UNI TS 11300-3. Anche in questo caso si tiene conto, nel bilancio energetico, del contributo positivo di energia elettrica fornito dal parco fotovoltaico e del contributo negativo rappresentato dalle perdite nel sottosistema di utilizzazione e generazione.
Partendo dalla zona climatica B alla zona climatica F, il contributo di energia positiva si riduce (per via dell'irradianza solare minore) con lo stesso fattore di decrescita contributi negativi. Pertanto la differenza tra i due indici risulta attestarsi sempre sullo stesso valore.
- La differenza tra i due indici è pressoché nulla nella località di Sestriere, dal momento che per quella località l'indice di prestazione energetica così definito indica che non c'è necessità di avere servizio di climatizzazione estiva

11.1.3 Verifica della copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile (Dlgs 28/2011)

Nella tabella e nel grafico successivi vengono mostrati gli esiti ed i risultati relativi alle verifiche sulla **copertura delle quote di energia da fonti rinnovabili**, previste dal Dlgs del 3.3.2011.

In particolare, tale decreto prescrive un copertura delle quote di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 50% del fabbisogno di energia primaria per il servizio di acqua calda sanitaria; ulteriore prescrizione è quella sulla copertura delle quote di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 50% della somma dei fabbisogni di energia primaria servizi di acqua calda sanitaria, riscaldamento e climatizzazione estiva.

Per questa tipologia di edificio, dal momento che il fabbisogno di energia primaria per ventilazione risulta essere trascurabile e che i fabbisogni di energia primaria per illuminazione e trasporto persone non vengono contemplati, la somma dei fabbisogni di energia primaria totale per i tre servizi corrisponde esattamente al fabbisogno di energia globale totale dell'edificio.

Per poter coprire una quota parte del fabbisogno di energia elettrica dell'edificio, è stato installato un impianto fotovoltaico, dimensionato in base alle prescrizioni della norma UNI TS 11300-4.

E' stata calcolata, quindi, la copertura delle quote di energia da fonti rinnovabili per ciascun caso di studio.

Tabella 37-Verifica delle coperture di energia da fonte rinnovabile

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE: PICCOLO CONDOMINIO					
POTENZA INSTALLATA= 4 kWp					
		Cop. Tot % FER	VERIFICA	Cop. ACS% FER	VERIFICA
B	REGGIO CALABRIA	56%	SI	73%	SI
	CROTONE	56%	SI	73%	SI
	SAPONARA	58%	SI	73%	SI
C	LECCE	59%	SI	73%	SI
	CATANZARO	57%	SI	71%	SI
	CALTAGIRONE	63%	SI	72%	SI
D	TERNI	59%	SI	69%	SI
	FORLI'	59%	SI	68%	SI
	CASTIGLIONE L.	61%	SI	69%	SI
E	ROVIGO	56%	SI	65%	SI
	AOSTA	60%	SI	68%	SI
	CASINA	59%	SI	65%	SI
F	BELLUNO	60%	SI	65%	SI
	CALASCIO	63%	SI	69%	SI
	SESTRIERE	62%	SI	67%	SI

Figure 9. Copertura di energia rinnovabile sul fabbisogno di energia primaria globale

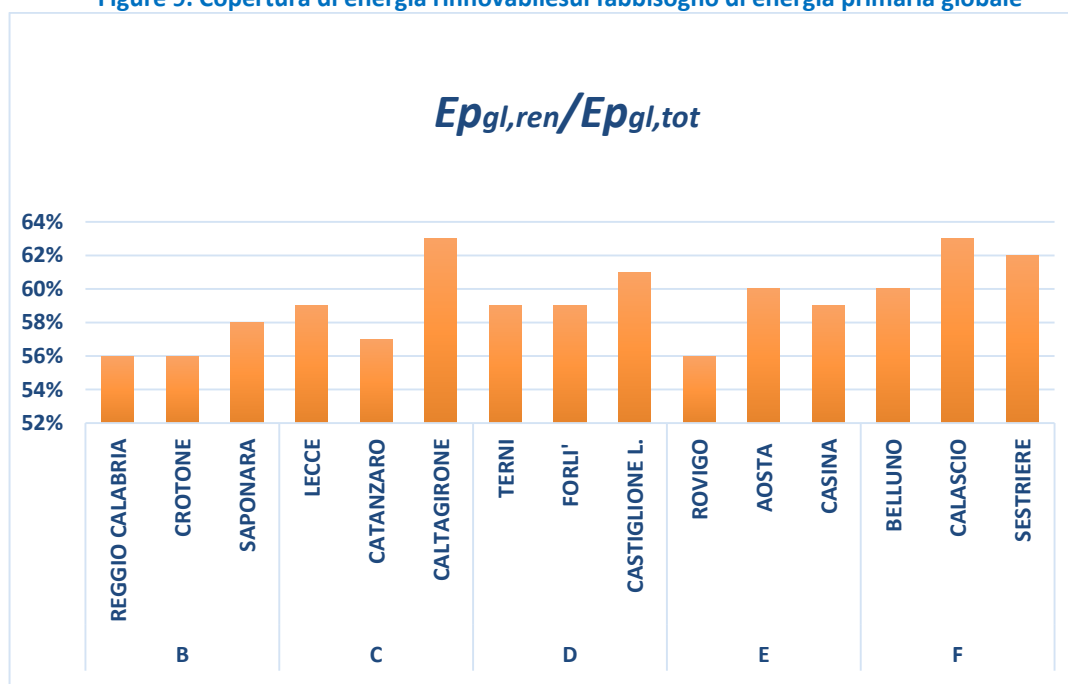
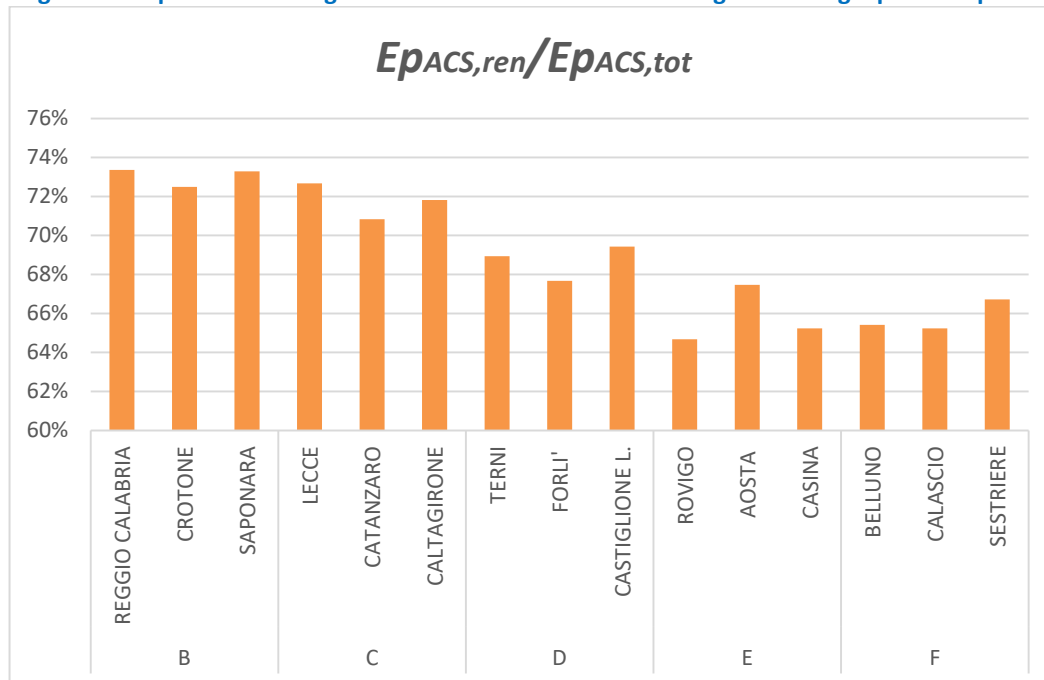


Figure 10-Copertura di energia da fonte rinnovabile sul fabbisogno di energia primaria per ACS



Si evidenzia che:

- Il requisito sulla quota di copertura di energia da fonte rinnovabile del 50% del fabbisogno di energia primaria per il servizio di produzione di ACS è verificato per ogni località presa in esame. La percentuale media di copertura è consistentemente superiore alla soglia limite prevista dalla normativa ed è pari a circa il 70%
- Il requisito sulla quota di copertura di energia da fonte rinnovabile del 50% del fabbisogno di energia primaria totale globale è verificato per ogni località presa in esame. La percentuale media di copertura è superiore alla soglia limite definita dalla normativa ed è pari all'incirca al 60%

11.1.4 Ulteriore verifica relativa alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva

Il DM Requisiti Minimi, in allegato 1 (Articolo 3 e 4) dispone i "Criteri Generali e Requisiti delle Prestazioni Energetiche degli Edifici" prescrivendo un'ulteriore verifica relativa alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva.

Nel periodo estivo, infatti, al fine di garantire il benessere abitativo e il contenimento dei fabbisogni energetici per il condizionamento è importante che l'involucro esterno possieda una buona inerzia termica, in grado di smorzare l'onda termica incidente sull'edificio, responsabile di un rapido surriscaldamento degli ambienti interni.

Tale verifica è richiesta nel caso in cui per la località oggetto di studio il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione sia $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ ad esclusione della zona F e ad eccezione delle categorie E.6 ed E.8.

La verifica deve essere estesa a tutte le pareti verticali opache (escluse quelle comprese nel quadrante nord-ovest/nord/nord-est) e deve verificare limiti imposti per la Massa Superficiale ($> 230 \text{ kg/m}^2$) o per la trasmittanza termica periodica Y_{ie} ($< 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$); deve inoltre essere verificato anche il valore di Y_{ie} ($< 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$) per tutte le strutture opache orizzontali e inclinate.

Tabella 38. Ulteriori verifiche relative all'involucro edilizio

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE: PICCOLO CONDOMINIO							
	LOCALITA'	Irradianza	Y _{ie}	Y _{ie,amm}	Ms	Ms,amm	VERIFICA
		[W/m ²]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[Kg/m ²]	[Kg/m ²]	
B	REGGIO CALABRIA	288			499		Non prevista
	CROTONE	302	0,035	0,1	499	230	SI'
	SAPONARA	288			499		Non prevista
C	LECCE	286			500		Non prevista
	CATANZARO	296	0,026	0,1	500	230	SI'
	CALTAGIRONE	306	0,026	0,1	500	230	SI'
D	TERNI	308	0,022	0,1	501	230	SI'
	FORLI'	286			501		Non prevista
	CASTIGLION L.	299	0,022	0,1	501	230	SI'
E	ROVIGO	287			502		Non prevista
	AOSTA	258			502		Non prevista
	CASINA	278			502		Non prevista
F	BELLUNO	229			502		Non prevista
	CALASCIO	286			502		Non prevista
	SESTRIERE	278			502		Non prevista

La verifica su questi due parametri dà sempre esito positivo nelle località in cui è richiesta .

11.1.5 L'individuazione di un parametro prestazionale rappresentativo degli nZEB: edificio residenziale plurifamiliare di tipo Piccolo Condominio

Si mostrano quindi i risultati relativi alle simulazioni del modello di edificio plurifamiliare del tipo Piccolo Condominio nelle diverse configurazioni, per quanto concerne l'Attestato di Prestazione Energetica, focalizzando l'attenzione, quindi, sugli indici di prestazione energetica utili alla classificazione.

La classe energetica viene individuata mediante il confronto dell'indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ dell'edificio reale con lo stesso indice calcolato però per l'edificio di riferimento.

Si ricorda che l' $EP_{gl,nren}$ tiene conto di tutti i servizi energetici presenti nell'edificio.

Nel caso studio analizzato (edificio residenziale plurifamiliare tipo Piccolo Condominio) tali servizi includono esclusivamente:

- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale ($EP_{H,nren}$)
- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione estiva ($EP_{C,nren}$)
- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria ($EP_{W,nren}$)
- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la ventilazione ($EP_{V,nren}$).

L'indice di prestazione energetica $EP_{gl,nren}$ si definisce quindi come il rapporto tra il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile di tutti i servizi (escluso illuminazione e trasporto persone, non contemplati nel per edifici di questa categoria) e la superficie utile dell'edificio [kWh/m^2].

Di seguito si riportano i risultati relativi alla simulazione del modello di edificio Piccolo Condominio, costruendo graficamente gli istogrammi relativi agli indici di prestazione energetica per ciascuno dei servizi e per ognuna delle zone climatiche di interesse.

E' stata infine riportata la Classe energetica attribuita agli edifici in funzione dell' $EP_{gl,nren}$ come previsto dalle Linee Guida.

Tabella 39. Indici di prestazione energetica e classificazione

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE PICCOLO CONDOMINIO									
LOCALITA'		GG	E _{prisc}	E _{praffr}	E _{pACS}	E _{pgl,ren}	E _{pgl,nren}	E _{pgl,tot}	CLASSE
		DPR 412/93	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	
B	REGGIO CALABRIA	772	18	31	25	41	33	74	A3
	CROTONE	899	22	31	26	44	35	78	A3
	SAPONARA	900	25	25	26	44	31	76	A3
C	LECCE	1153	19	21	27	40	27	68	A3
	CATANZARO	1328	24	25	28	44	33	77	A3
	CALTAGIRONE	1398	38	16	30	53	32	84	A3
D	TERNI	1650	37	20	31	52	36	88	A3
	FORLI'	2087	50	17	32	58	41	99	A3
	CASTIGLIONE L.	2099	40	16	32	54	35	89	A3
E	ROVIGO	2466	46	24	34	58	45	103	A3
	AOSTA	2850	61	13	36	66	43	109	A3
	CASINA	2999	68	14	37	70	48	118	A3
F	BELLUNO	3043	57	12	38	64	43	107	A3
	CALASCIO	3454	68	14	37	70	48	118	A3
	SESTRIERE	5165	118	1	46	102	64	165	A3

Da Figure 11 a Figure 15 sono riportati i risultati relativi agli indici di prestazione energetica per servizio di riscaldamento per ciascuna zona climatica

Figure 11. Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica B

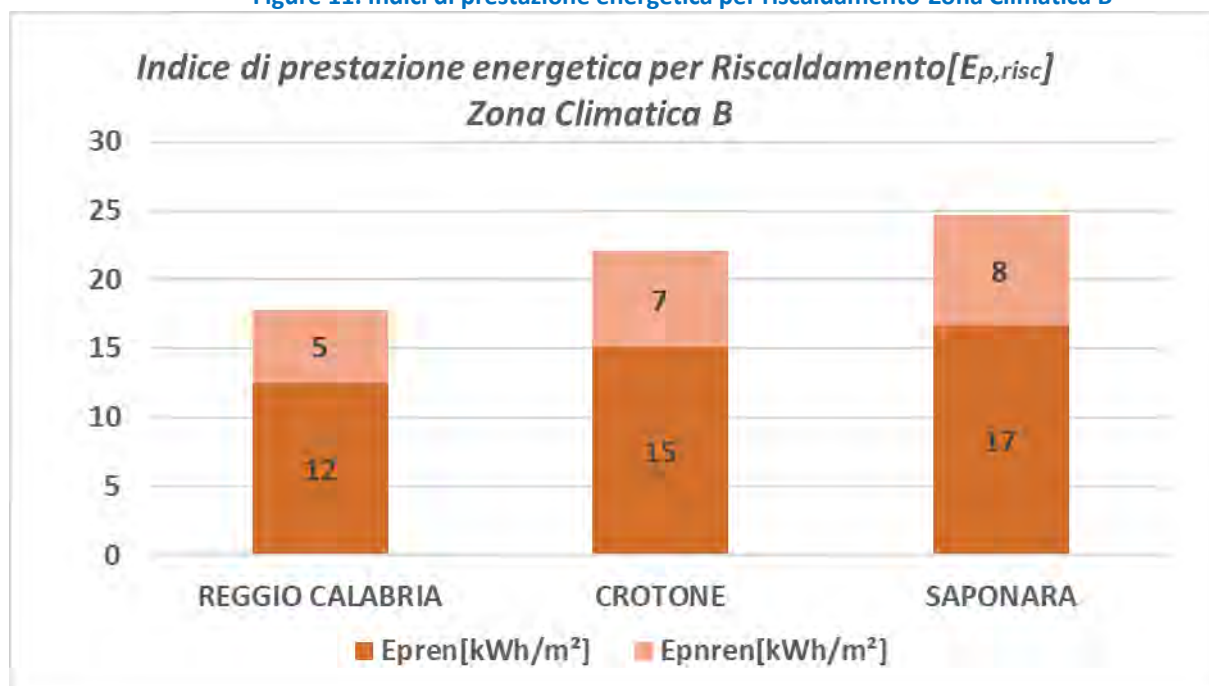


Figure 12 Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica C.

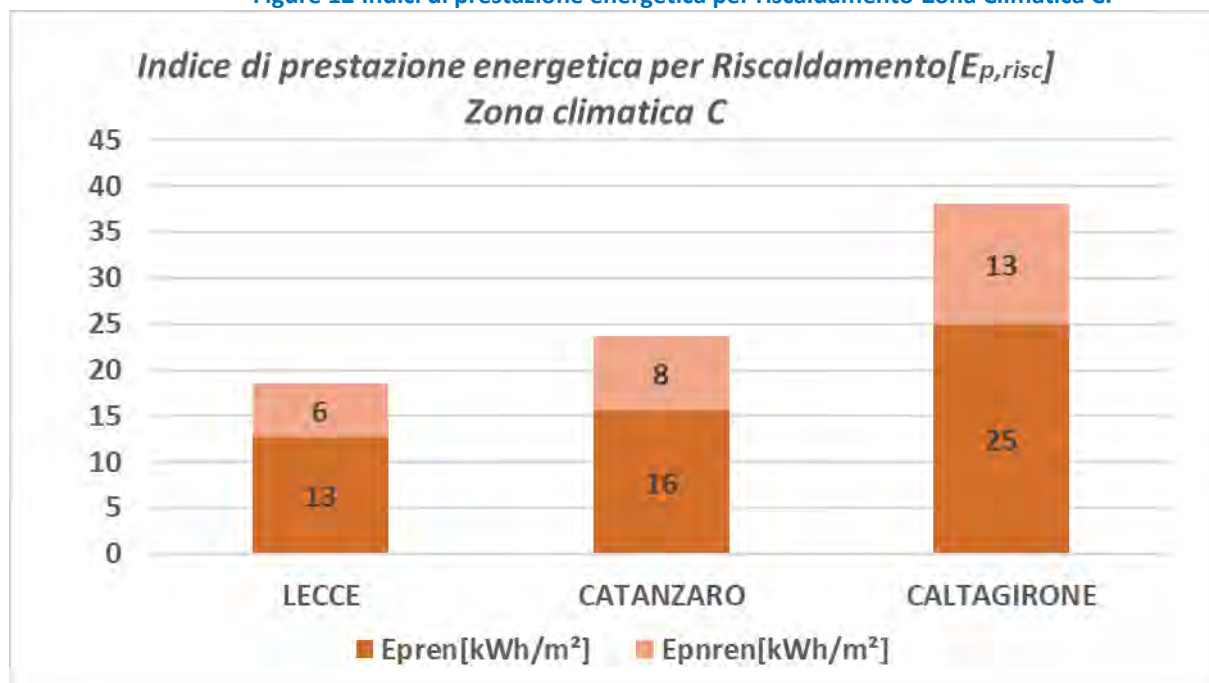


Figure 13.Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica D

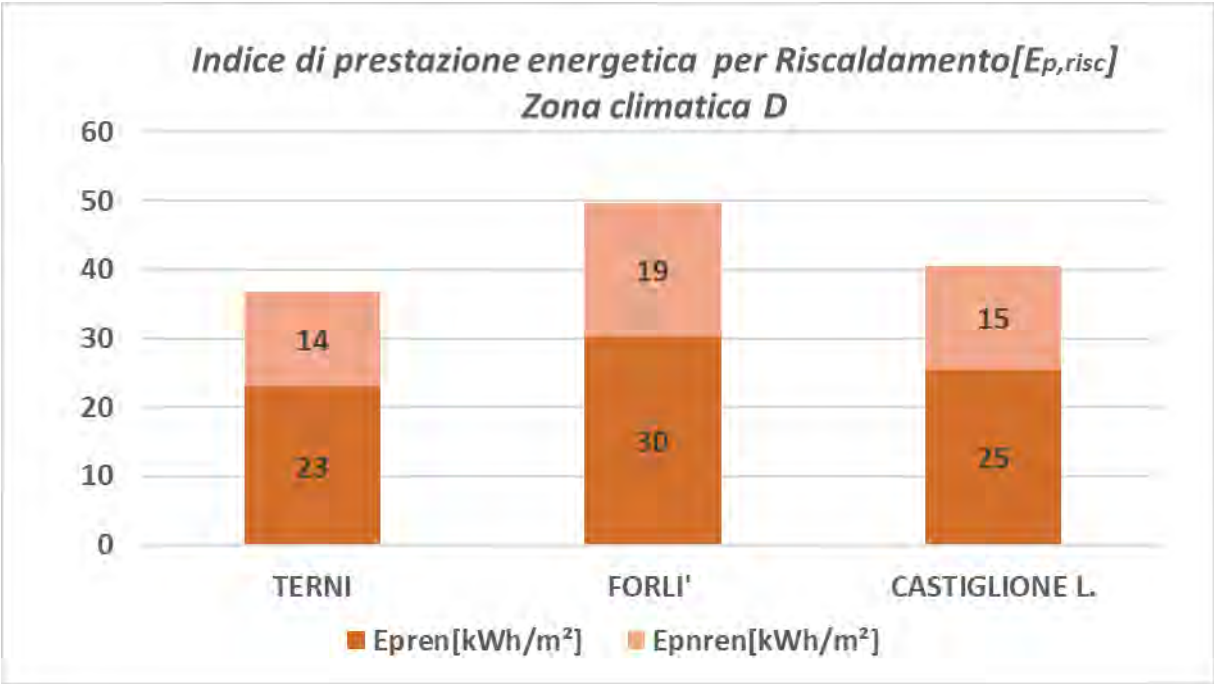


Figure 14. Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica E

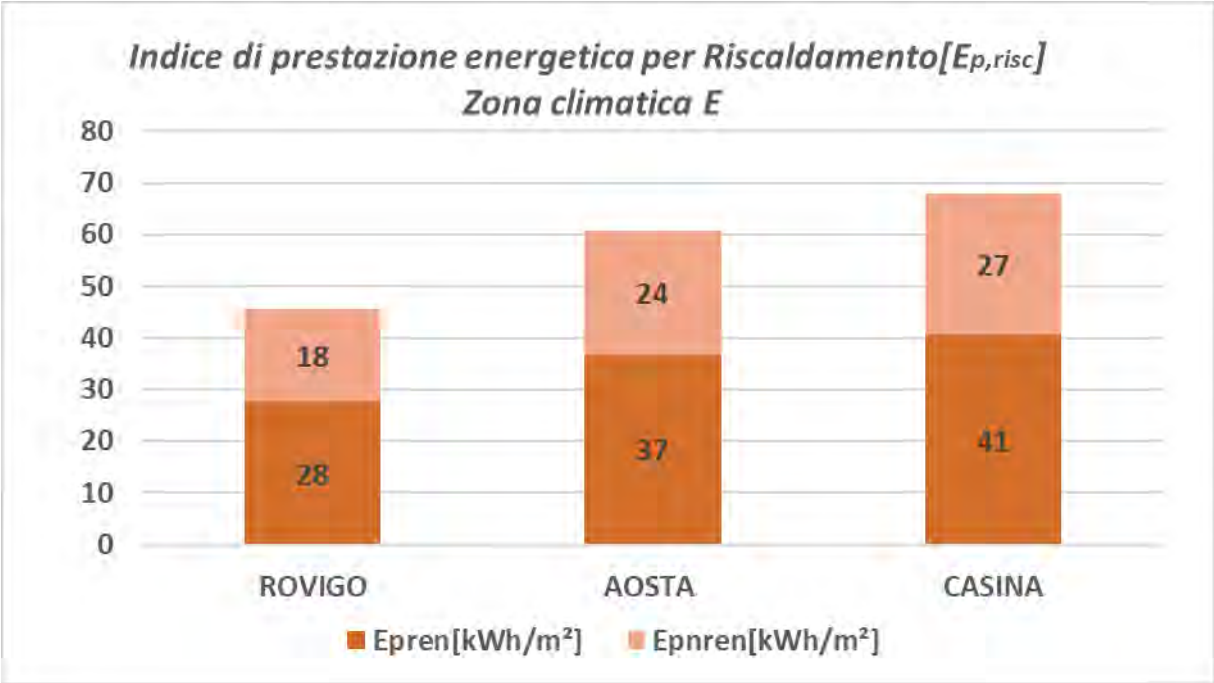
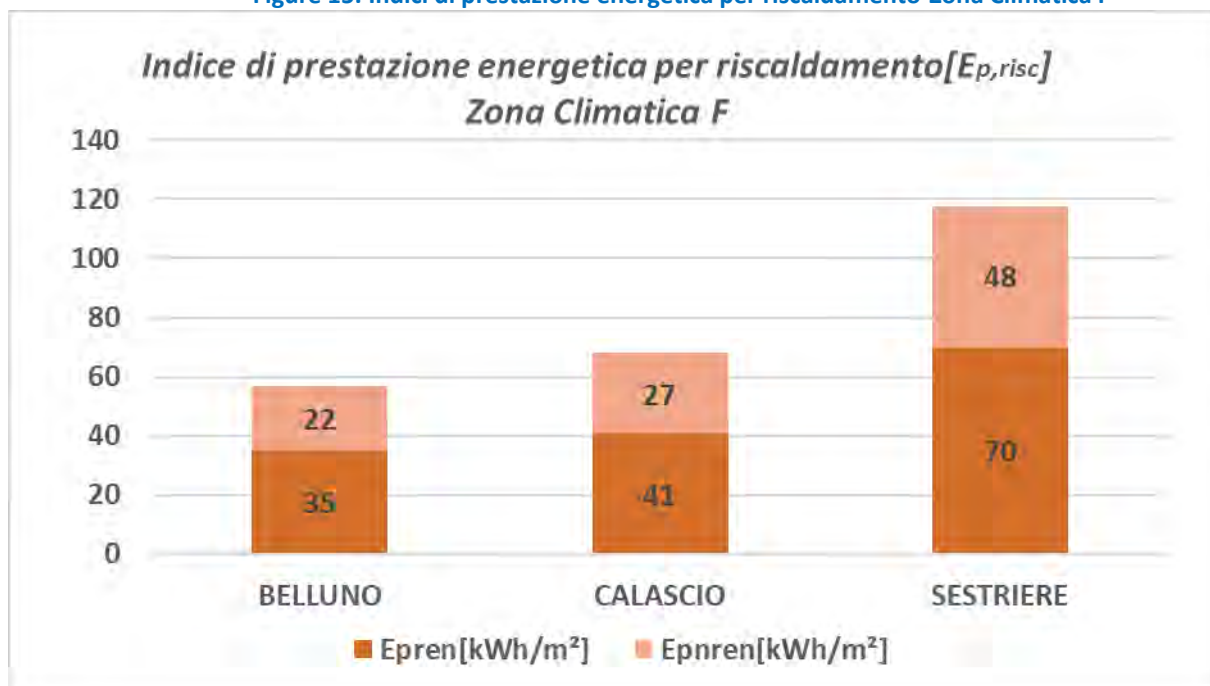


Figure 15. Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica F



Per quanto riguarda il servizio di riscaldamento, è possibile osservare che:

- l'indice di prestazione energetica totale aumenta nel passaggio da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde
- l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile risulta essere, per tutte le località delle zone climatiche oggetto di studio, sempre superiore all'indice di prestazione da fonte non rinnovabile. Il valore, in termini percentuali, del rapporto tra l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile e l'indice di prestazione energetica totale è mediamente pari (spiegare perché accade) a :

zona B → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 69\%$

zona C → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 66\%$

zona D → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 62\%$

zona E → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 60\%$

zona F → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 60\%$

- l'indice di prestazione energetica totale aumenta, generalmente, nel passaggio dalla località 1 alla località 3 della stessa zona climatica.
- Ciò può essere spiegato col fatto che, nella scelta delle località di riferimento, la località 3 è stata scelta come località, per ciascuna zona climatica, caratterizzata dal numero di gradi giorno massimo.

In maniera analoga al servizio di riscaldamento, da Figure 16 a Figure 20 vengono riportati gli istogrammi relativi al servizio di climatizzazione estiva per le cinque zone climatiche

Figure 16. Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica B

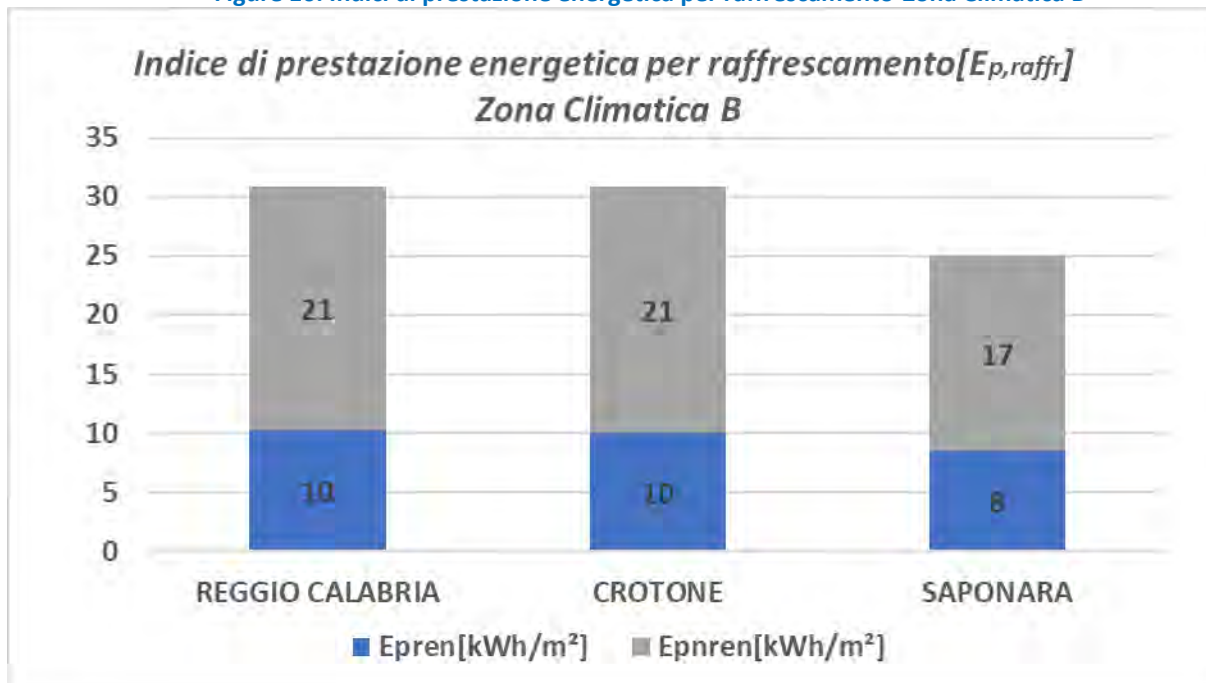


Figure 17. Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica C

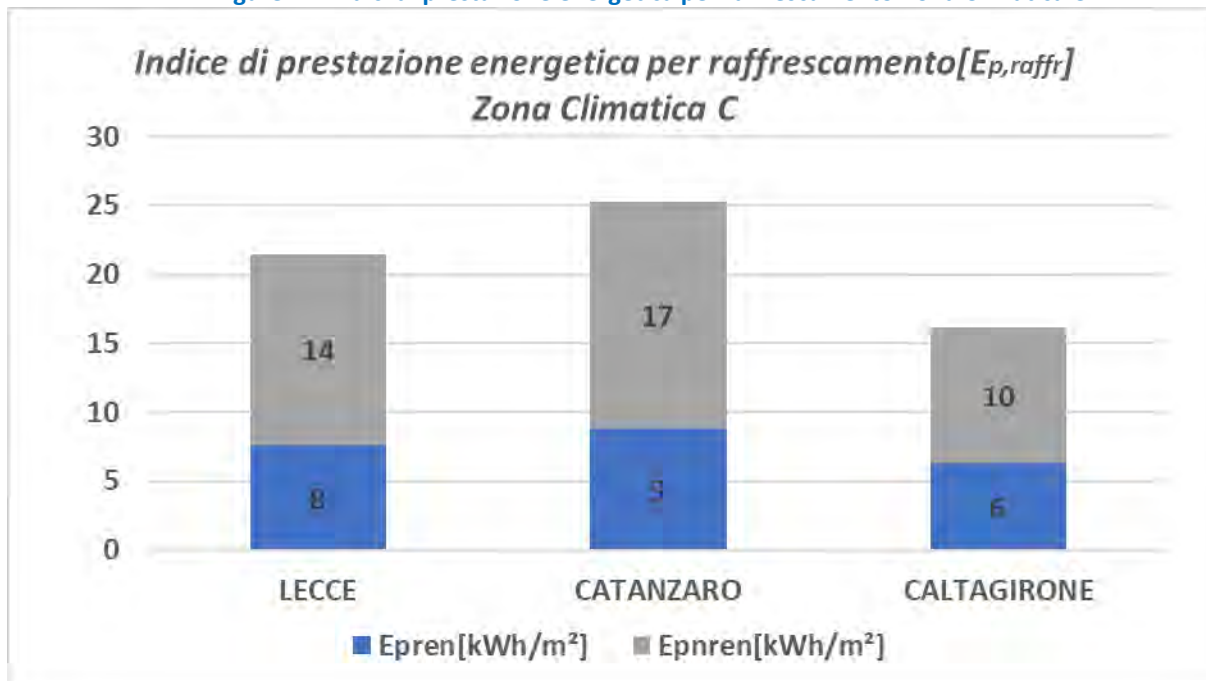


Figure 18. Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica D

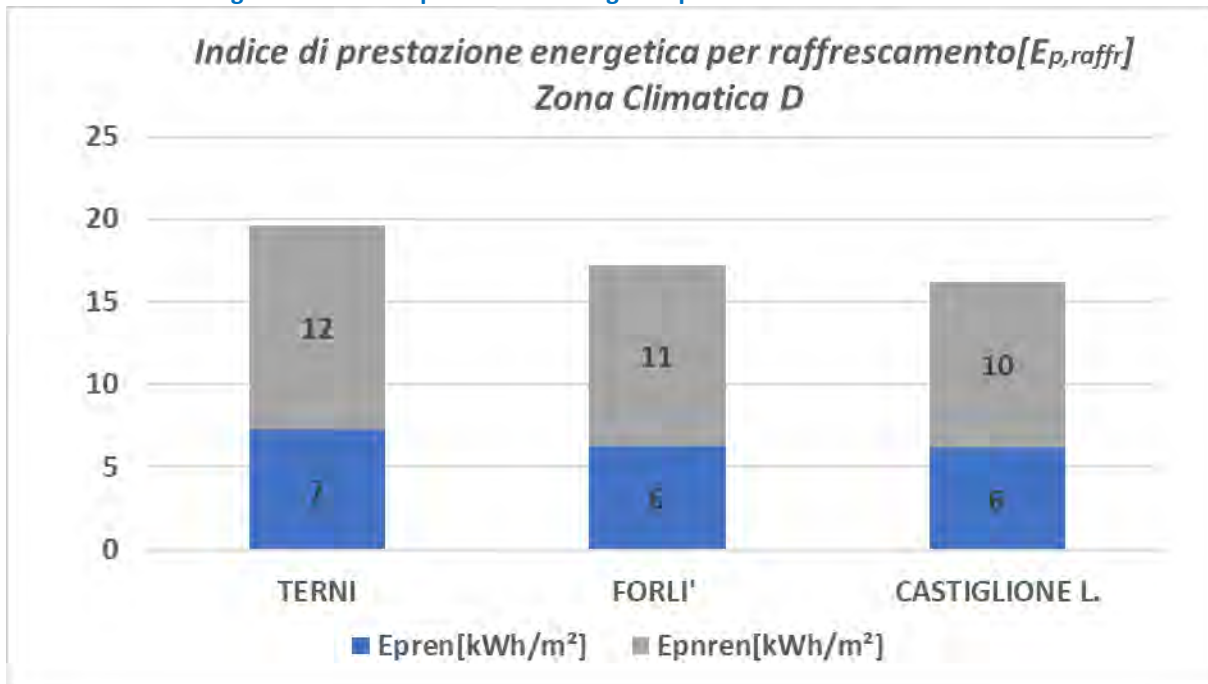


Figure 19. Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica E

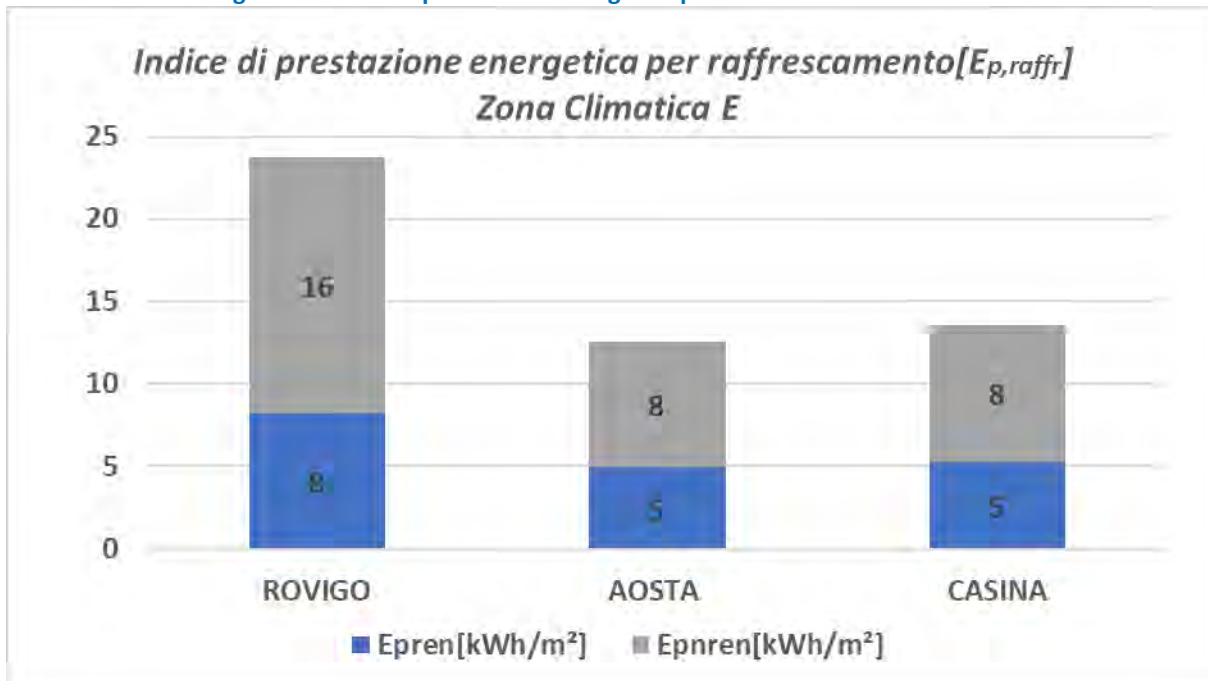
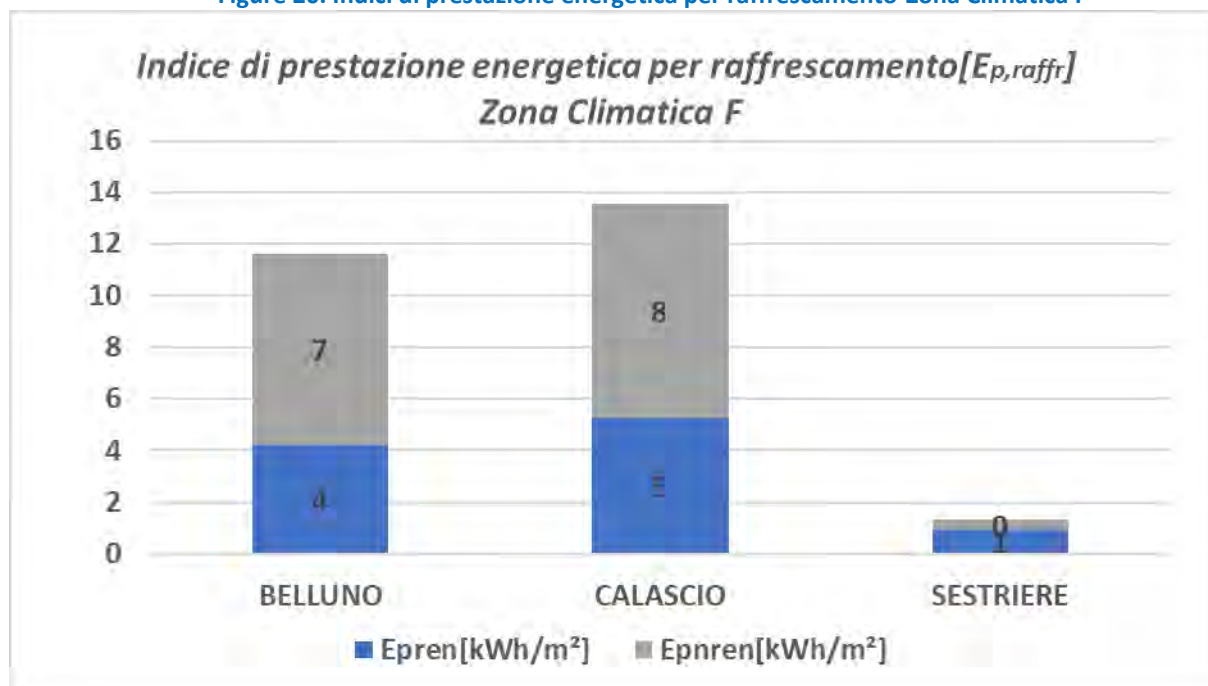


Figure 20. Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica F



Per quanto riguarda il servizio di climatizzazione estiva, è possibile osservare che:

- l'indice di prestazione energetica totale diminuisce passando da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde.
- Tale indice risulta essere pressoché nullo nella località di Sestriere, individuata nella zona climatica F-
- l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile risulta essere, per tutte le località delle zone climatiche oggetto di studio, sempre inferiore all'indice di prestazione da fonte non rinnovabile.
- Fa eccezione la zona climatica F, dove i due indici di prestazione sono pressoché uguali.
- Il valore, in termini percentuali, del rapporto tra l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile e l'indice di prestazione energetica totale è mediamente pari a :

zona B → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 30\%$

zona C → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 36\%$

zona D → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 37\%$

zona E → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 38\%$

zona F → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 49\%$

- Per la località di Sestriere, nella zona F, si ha un rapporto tra i due indici di prestazione energetica superiore ad 1. Il valore analitico tuttavia indica che non c'è necessità, per la località considerata, di avere servizio energetico di climatizzazione estiva
- non è possibile definire un trend generale di aumento o diminuzione di quello che è l'indice di prestazione energetica totale analizzando le diverse località della stessa zona climatica.

Ciò è dovuto al fatto che, nel servizio di climatizzazione estiva, ovviamente non ha rilevanza il numero di gradi giorno e di conseguenza il criterio di scelta delle località di riferimento per ciascuna zona climatica non influenza questo indice prestazionale. L'indice prestazionale è influenzato prevalentemente dall'irradiazione solare media mensile, che è più alta nelle zone climatiche B e C

Da figura Figure 21 a Figure 25 Si mostrano, infine, i risultati relativi al servizio di produzione di Acqua Calda Sanitaria

Figure 21 Indice di prestazione energetica per produzione ACS-Zona Climatica B

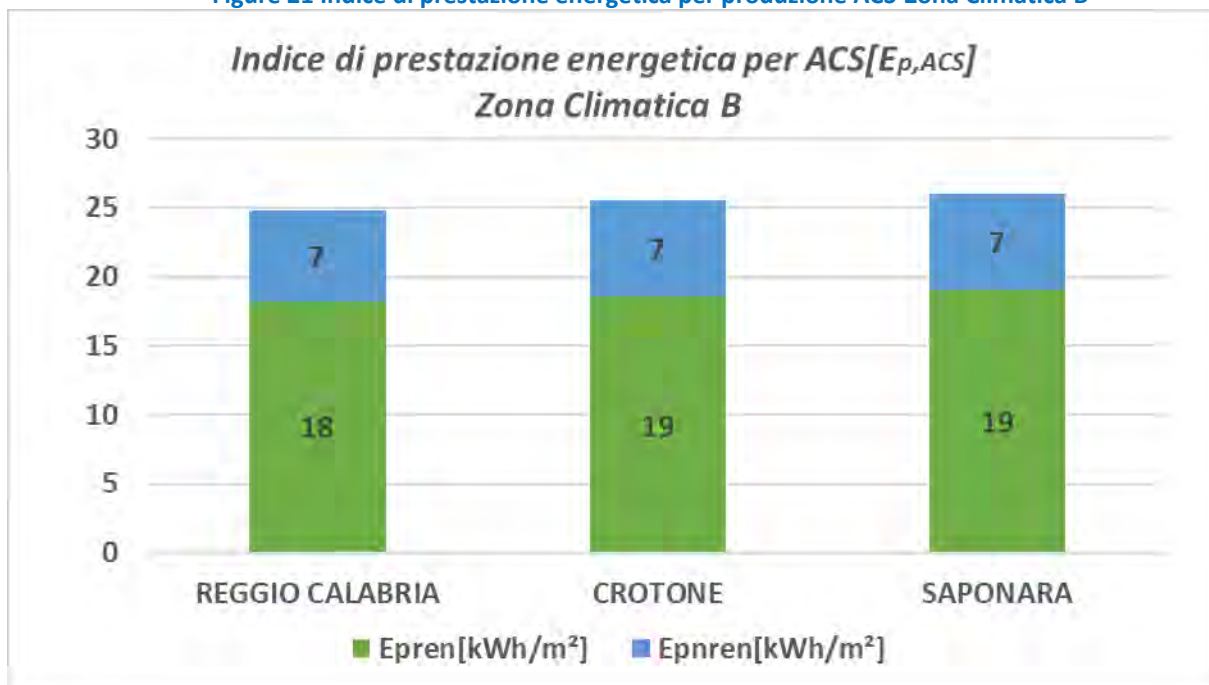


Figure 22 Indice di prestazione energetica per produzione di ACS-Zona Climatica C

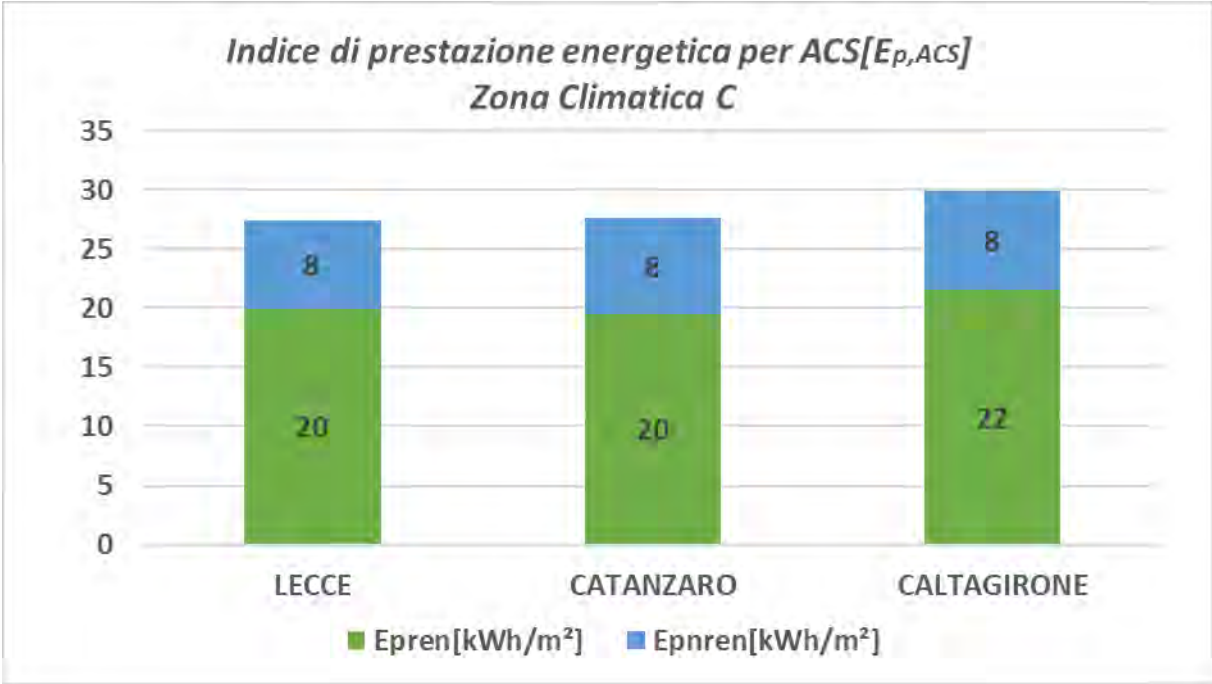


Figure 23 Indice di prestazione energetica per produzione di ACS-Zona Climatica D

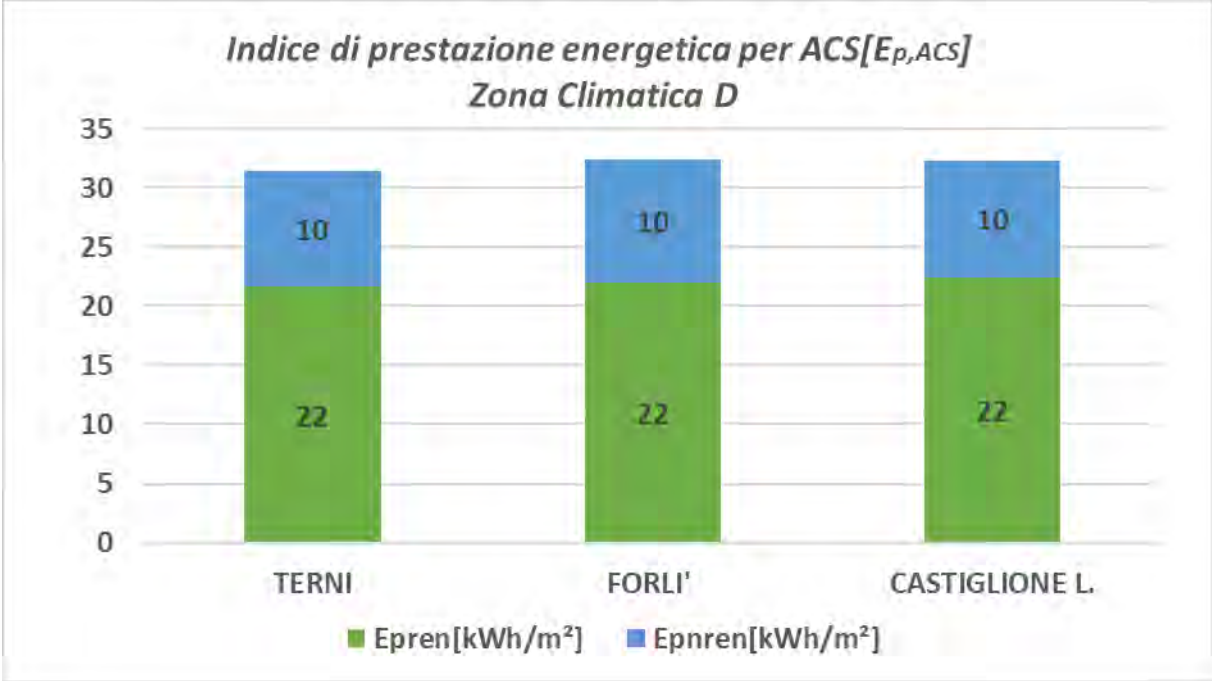


Figure 24. Indice di prestazione energetica per produzione di ACS-Zona Climatica E

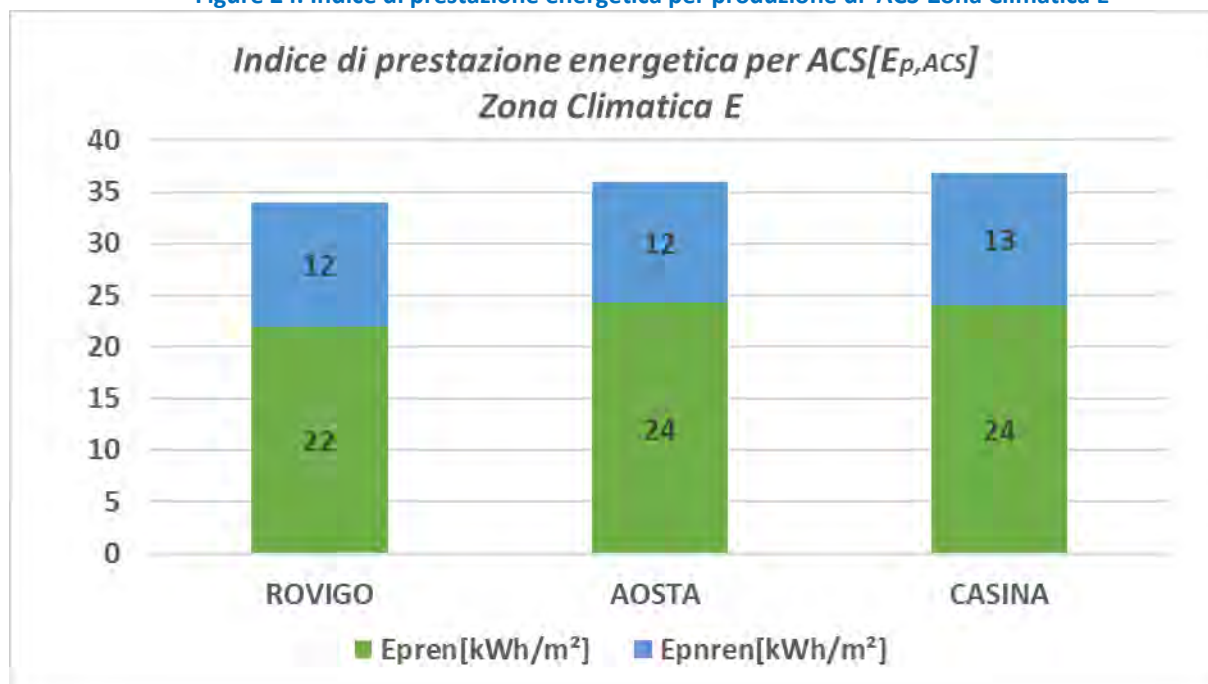
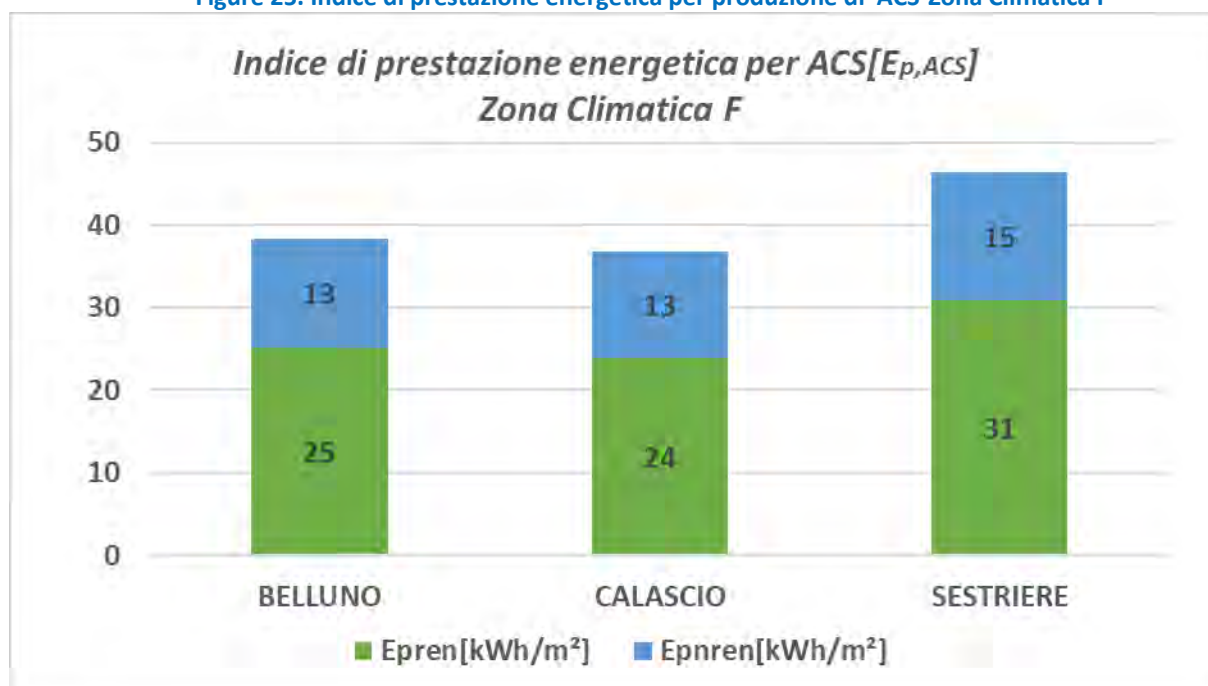


Figure 25. Indice di prestazione energetica per produzione di ACS-Zona Climatica F



Per quanto riguarda il servizio di produzione di ACS, è possibile osservare che:

- l'indice di prestazione energetica totale aumenta dal passaggio a zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde
- l'indice di prestazione energetica totale rimane pressoché invariato per le località all'interno della stessa zona climatica
- l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile risulta essere, per tutte le località delle zone climatiche oggetto di studio, sempre superiore all'indice di prestazione da fonte non rinnovabile.

Il fatto che per la produzione di acqua calda sanitaria il fabbisogno di energia da fonte rinnovabile sia superiore al fabbisogno di energia da fonte non rinnovabile è importante, soprattutto alla luce delle prescrizioni del Dlgs 3.3.2011 che impongono una copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria almeno pari al 50% per edifici residenziali

Ciò è dovuto al fatto che i fabbisogni di ACS sono contenuti, poiché i volumi d'acqua definiti per il servizio sono bassi.

- Il valore, in termini percentuali, del rapporto tra l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile e l'indice di prestazione energetica totale è mediamente pari a :

zona B → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 73\%$

zona C → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 72\%$

zona D → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 69\%$

zona E → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 66\%$

zona F → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 66\%$

A valle dell'analisi relativa agli indici di prestazione energetica, è stata focalizzata l'attenzione sull'indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile, che è l'indicatore utilizzato per la classificazione energetica.

Figure 26 Indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile



Dall'analisi dei risultati sono state tratte diverse conclusioni:

- Tutti gli edifici modellati nelle diverse località sono caratterizzati da una classe energetica A3. Nonostante la classe energetica sia la stessa, l'indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile, che è il parametro utilizzato per la classificazione, differisce di molto nelle diverse località.
- Il valore minimo è riferito alla località di Reggio Calabria ed è pari a 32,58 kWh/m² mentre il valore massimo è riferito alla località di Sestriere, pari a 63,6 kWh/m²; il valore massimo, individuato per la località di Sestriere, si discosta notevolmente dagli altri valori. Ciò è dovuto al fatto che il numero di gradi giorno della località di Sestriere è molto elevato e rappresenta una anomalia anche per la fascia climatica F.
- La differenza che sussiste tra i diversi indici di prestazione energetica nelle diverse località non consente di individuare dei valori di riferimento univoci riferiti all'indice di prestazione energetica che siano invarianti rispetto alla zona climatica.
- Focalizzando l'attenzione su ogni singola zona climatica, è possibile osservare però che all'interno di ciascuna di esse gli indici di prestazione energetica sono caratterizzati da variazioni poco significative.
In conclusione, quindi, si potrebbe pensare di individuare dei range di valori di riferimento per l'edificio nZEB in funzione della zona climatica considerata.

11.2 La verifica dei requisiti minimi nZEB per l'edificio residenziale plurifamiliare di tipo Grande Condominio

Si analizzano i risultati relativi alle verifiche dei requisiti minimi per il Grande Condominio.

11.2.1 Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi all'involucro edilizio

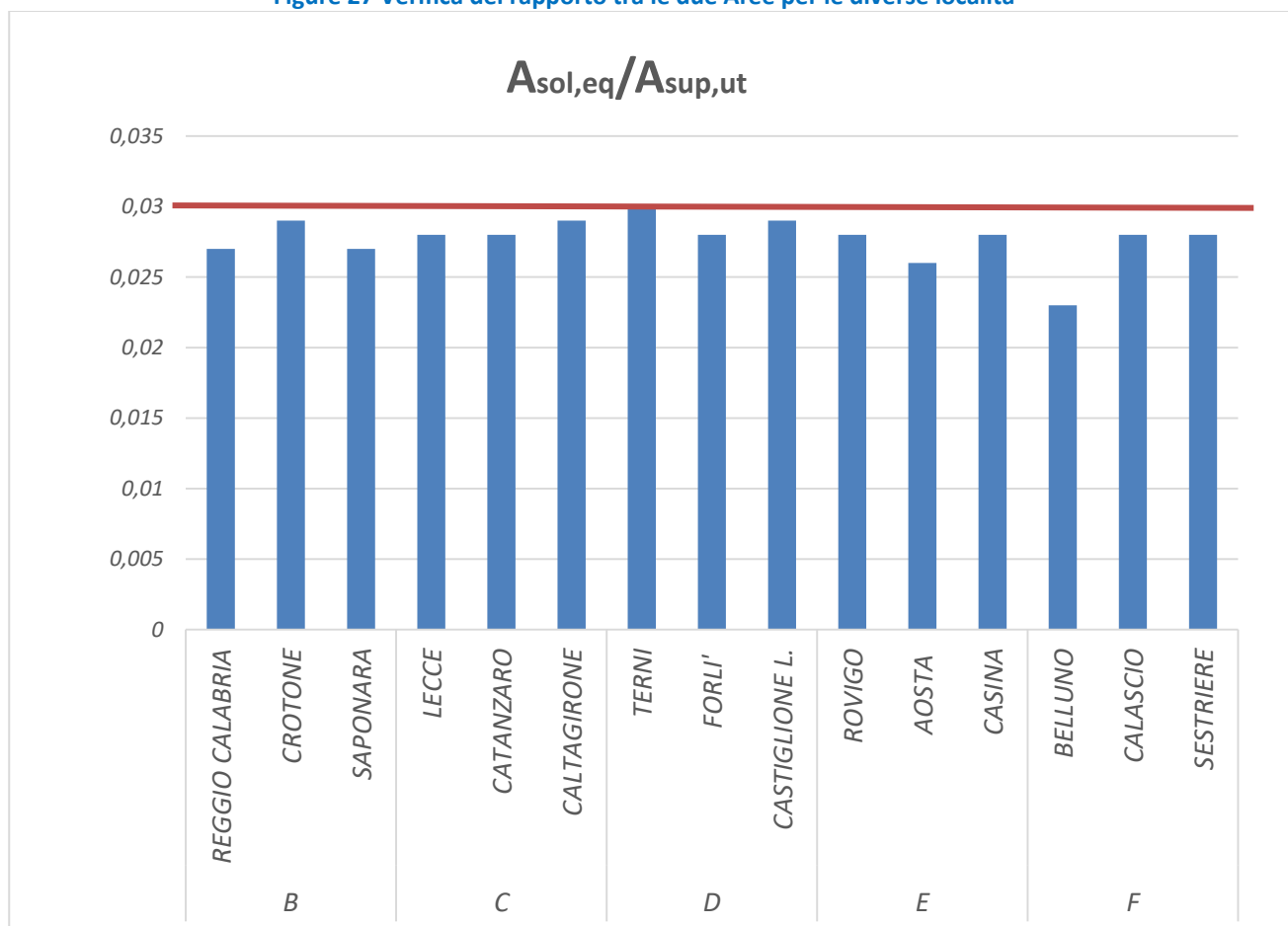
In maniera analoga a quanto fatto per il caso dell'edificio di tipo Piccolo Condominio, si riportano in Tabella 40 i risultati relativi alla verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi all'involucro edilizio, ossia **rapporto tra Area Solare Equivalente Estiva e Area della Superficie utile e coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente.**

Tabella 40 Verifica dei parametri relativi all'involucro edilizio

LOCALITA'		EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE GRANDE CONDOMINIO				
		Asol,eq/Asup,ut	VERIFICA	H'T < H'Tlim		VERIFICA
		< 0,03		[W/m²K]		
B	REGGIO CALABRIA	0,027	SI'	0,59	0,63	SI'
	CROTONE	0,029	SI'			SI'
	SAPONARA	0,027	SI'			SI'
C	LECCE	0,028	SI'	0,46	0,6	SI'
	CATANZARO	0,028	SI'			SI'
	CALTAGIRONE	0,029	SI'			SI'
D	TERNI	0,03	NO	0,38	0,58	SI'
	FORLI'	0,028	SI'			SI'
	CASTIGLION L.	0,029	SI'			SI'
E	ROVIGO	0,028	SI'	0,32	0,55	SI'
	AOSTA	0,026	SI'			SI'
	CASINA	0,028	SI'			SI'
F	BELLUNO	0,023	SI'	0,27	0,53	SI'
	CALASCIO	0,028	SI'			SI'
	SESTRIERE	0,028	SI'			SI'

Verifica del rapporto tra Area Solare Equivalente Estiva ed Area della Superficie Utile

Figure 27 Verifica del rapporto tra le due Aree per le diverse località



Il valore limite è, anche in questo caso, pari a $0.03 m^2$, così come riportato dalla tabella 11 dell'Allegato A del **Decreto Requisiti Minimi**, in quanto l'edificio appartiene alla categoria E.1

L'edificio sito nella località di Terni rappresenta una situazione limite.

Si può intervenire per decrementare il valore dell'Area Solare Equivalente in diversi modi:

- Installando, in sostituzione, delle superfici trasparenti dei serramenti con numero di strati maggiore e gas protettivo più performante (agendo su ggl,n)
- Utilizzando diversi tendaggi invernali ed estivi, modificando di conseguenza i parametri FC invernale ed FC estivo.

Infissi a tenuta maggiore sono caratterizzati da una resistenza al passaggio di vapore maggiore e ciò potrebbe essere all'origine di fenomeni quali condensa interstiziale, con conseguenti problematiche legate ad aspetti igienico sanitari.

Per l'edificio di Terni, che rappresenta l'unico caso limite, è stata condotta un'analisi di sensibilità sui parametri relativi all'involucro edilizio e su quelli relativi alle prestazioni del sistema impiantistico, modificando i valori dei fattori di riduzione relativi ai tendaggi per le due stagioni. Per sistemi di schermature assenti, si utilizza un coefficiente $FC=1$; per un sistema completamente schermato si utilizza $FC=0$.

In Tabella 41 e nei grafici da Figure 28 a Figure 31 si mostrano i risultati relativi all'analisi di sensibilità

Tabella 41 Analisi di sensibilità sui fattori dell'Area Solare Equivalente

Ggl,n	FC inv	FC est	Ggl+sh	Asol,eq/Asup,ut	EpH,nd[kWh/m ²]	EpC,nd[kWh/m ²]	EpTot[kWh/m ²]
0,667	0,45	0,15	0,296	0,008	9,74	18,24	66,15
0,667	0,45	0,25	0,296	0,014	9,74	20,41	68,74
0,667	0,45	0,35	0,296	0,019	9,74	22,63	71,39
0,667	0,45	0,45	0,296	0,025	9,74	24,91	75,12
0,667	0,35	0,15	0,23	0,008	10,41	18,24	67,37
0,667	0,35	0,25	0,23	0,014	10,41	20,41	69,96
0,667	0,35	0,35	0,23	0,019	10,41	22,63	72,61
0,667	0,35	0,45	0,296	0,025	10,41	24,91	75,34
0,667	0,25	0,15	0,164	0,008	11,12	18,24	68,66
0,667	0,25	0,25	0,164	0,014	11,12	20,41	71,25
0,667	0,25	0,35	0,23	0,019	11,12	22,63	73,9
0,667	0,25	0,45	0,296	0,025	11,12	24,91	76,62
0,667	0,15	0,15	0,099	0,008	11,86	18,24	70,02
0,667	0,15	0,25	0,164	0,014	11,86	20,41	72,61
0,667	0,15	0,35	0,23	0,019	11,86	22,63	75,26
0,667	0,15	0,45	0,296	0,025	11,86	24,91	77,98

Il campo di analisi è stato ristretto a quattro valori relativi ai tendaggi estivi e quattro valori relativi ai tendaggi invernali per poter verificare a priori, in ogni configurazione, il requisito sul valore del fattore di trasmittanza solare globale.

Figure 28 Rapporto tra le Aree in funzione di FC

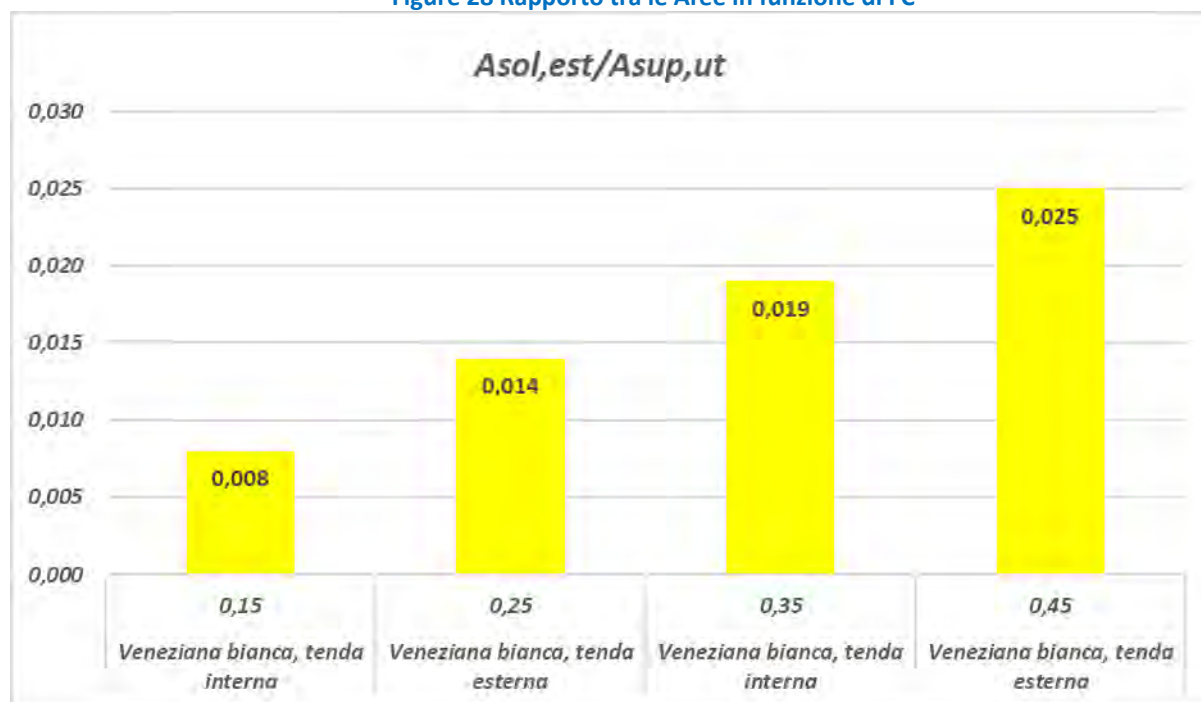
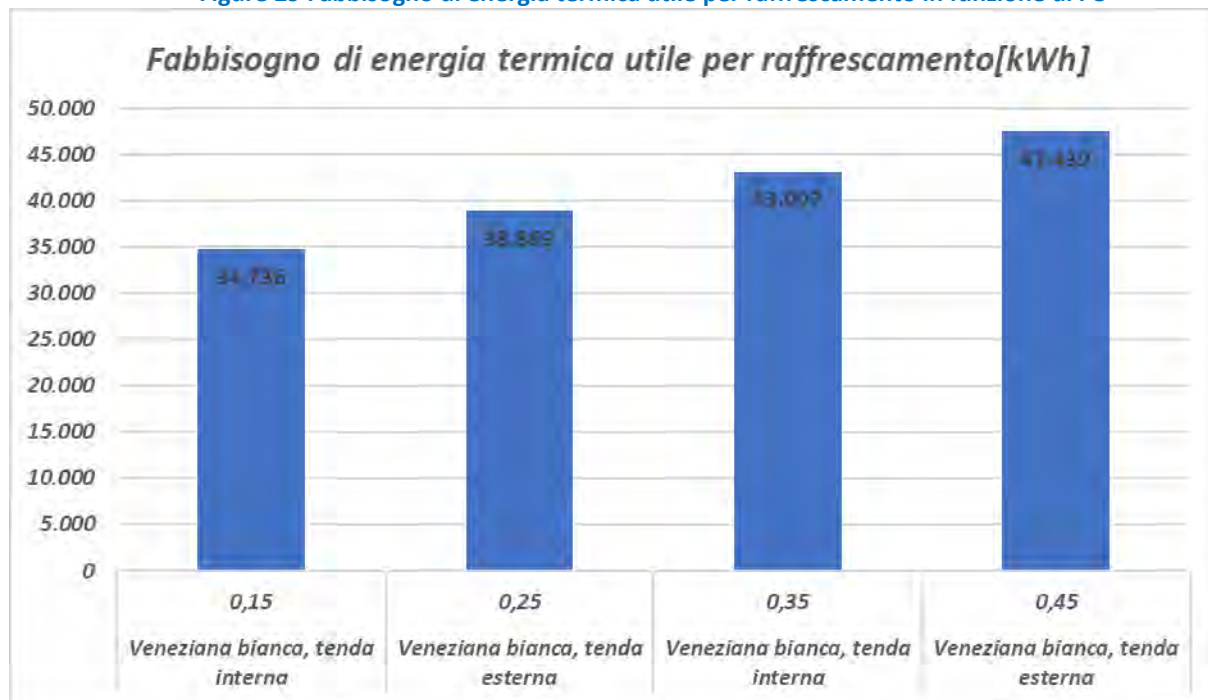


Figure 29 Fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento in funzione di FC



Nella stagione estiva si osserva quindi che:

- Il fattore di trasmissione solare totale rimane invariato al variare di FC
- Il valore del rapporto tra le due superfici sopra citate aumenta all'aumentare di FC
- Il fabbisogno di energia termica utile per servizio di climatizzazione estiva aumenta all'aumentare di FC.

Le ultime due considerazioni sono intrinsecamente collegate: aumentando il fattore dei tendaggi, l'Area solare equivalente estiva aumenta e con essa, di conseguenza, il flusso termico di origine solare.

L'incremento dell'apporto solare fa conseguire un aumento del fabbisogno dell'energia termica utile per raffrescamento.

Si analizzano i risultati relativi alla stagione invernale

Figure 30 Rapporto tra le Aree in funzione di FC

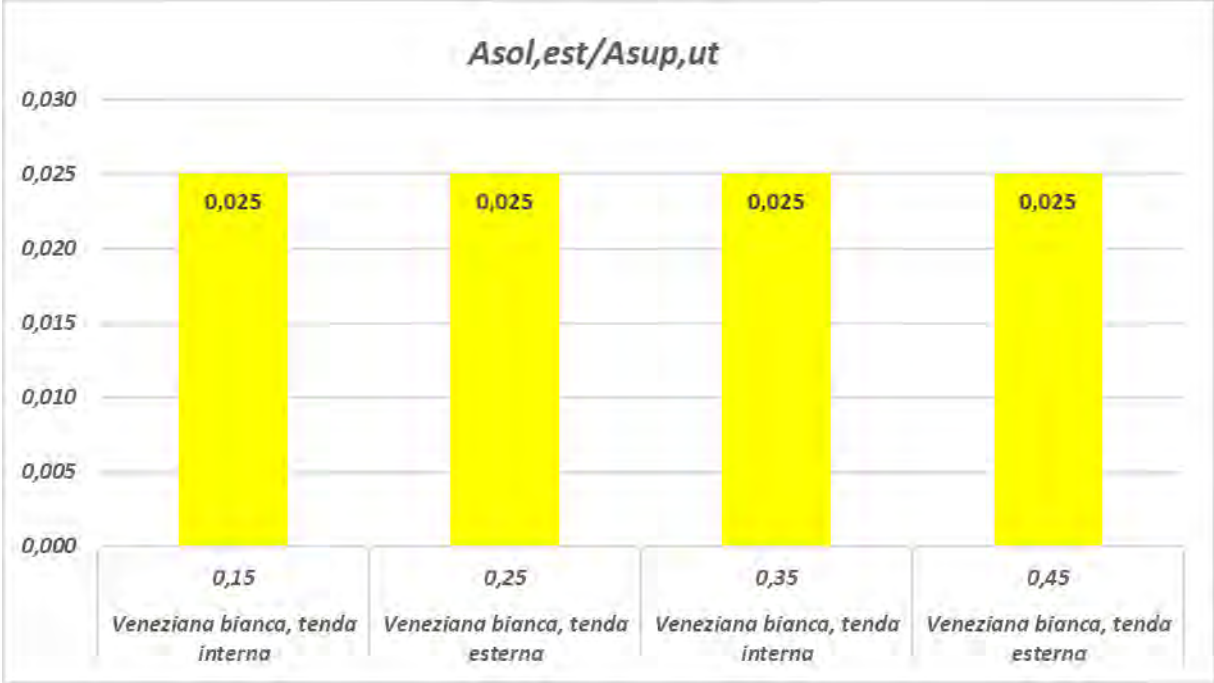
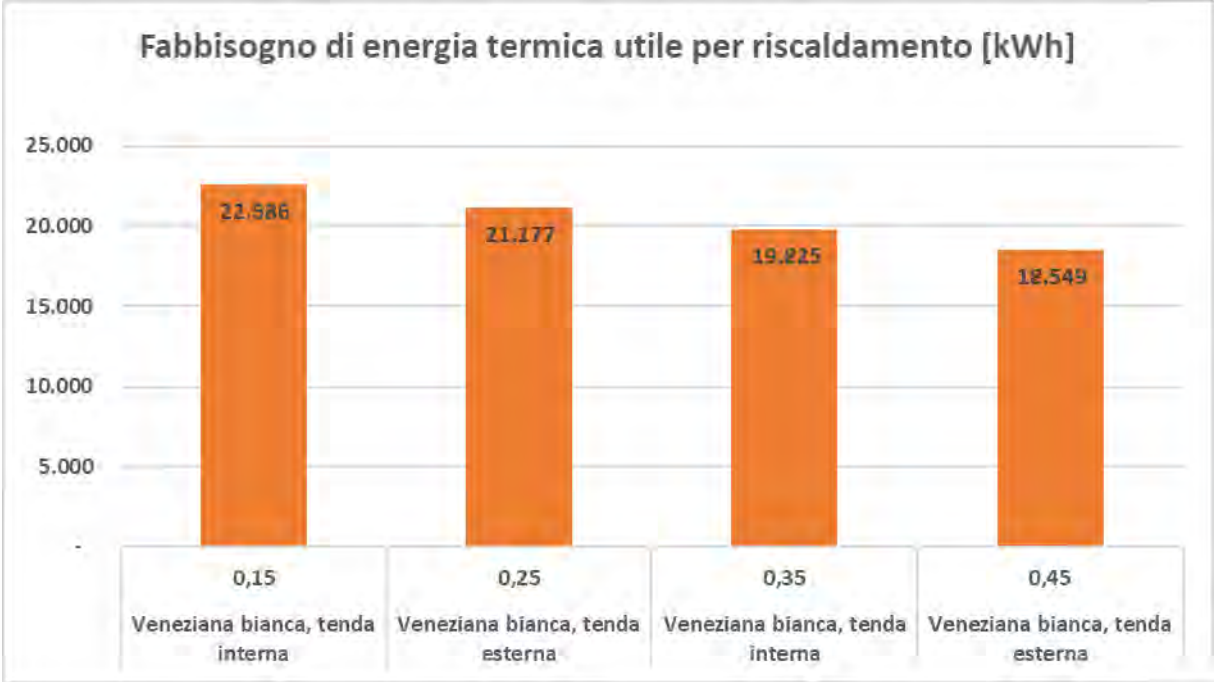


Figure 31. Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento al variare di FC



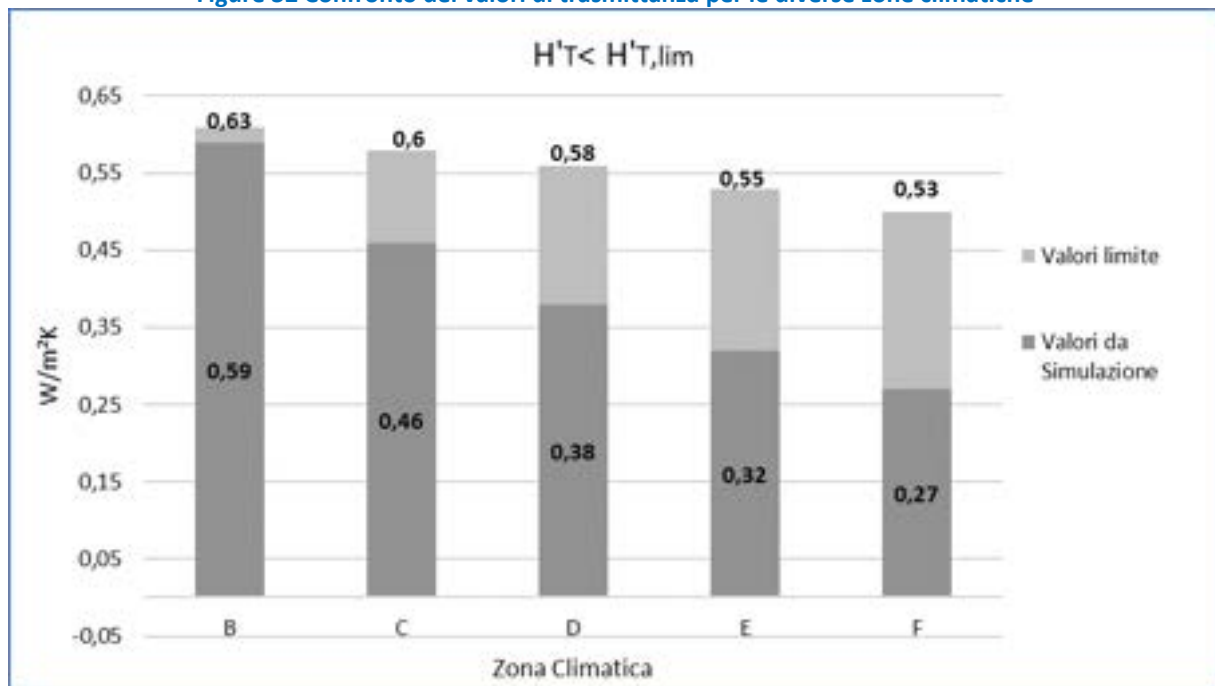
Nel caso invernale si osserva che:

- Il Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento diminuisce all'aumentare di FC per motivo inverso a quello descritto nel caso precedente: l'apporto solare, nel calcolo del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento, è un termine di decurtazione e pertanto un suo aumento determina un indice prestazionale energetico più basso per il servizio di riscaldamento.
- Al variare di FC, il rapporto tra le due superfici rimane invariato. Questo perché l'area solare estiva tiene conto, appunto, solo del fattore dei tendaggi nella stagione estiva.

Verifica del coefficiente medio di scambio termico globale per trasmissione per unità di superficie disperdente

In Figure 32 vengono mostrati gli esiti relativi all'analisi sulla trasmittanza media dell'involucro edilizio

Figure 32 Confronto dei valori di trasmittanza per le diverse zone climatiche



E' possibile notare che:

- Per tutte le zone climatiche risulta verificato il requisito su $H'T$.
- Confrontando i risultati delle due tipologie di edifici plurifamiliare, Piccolo Condominio e Grande Condominio, i valori risultano essere più bassi in questo secondo caso. Il Grande Condominio infatti è caratterizzato da una maggiore compattezza e da una più limitata estensione delle superfici disperdenti rispetto al Piccolo Condominio.
- Il valore limite, per ciascuna zona climatica, è lo stesso per i due tipi di edifici plurifamiliare. Ciò è dovuto al fatto che i due fattori di forma dei due tipi di edificio, seppur diversi, ricadono nello stesso intervallo di definizione del coefficiente medio di scambio termico ($0.4 < S/V < 0.7$) individuato dalla normativa.

11.2.2 Verifica dei requisiti minimi per i parametri relativi al sistema impiantistico

In maniera analoga al caso di studio del Piccolo Condominio, si osserva che la verifica delle efficienze medie stagionali e degli indici di prestazione termica utile per raffrescamento e riscaldamento, nonché l'indice di prestazione energetica globale totale, dà sempre esito positivo in quanto i valori calcolati per l'edificio di riferimento ed i valori calcolati per l'edificio nZEB, per ogni località, sono uguali.

Vengono mostrati i grafici relativi agli indici di prestazione termica ed energetica.

Figure 33 Indice di prestazione termica utile per le diverse località

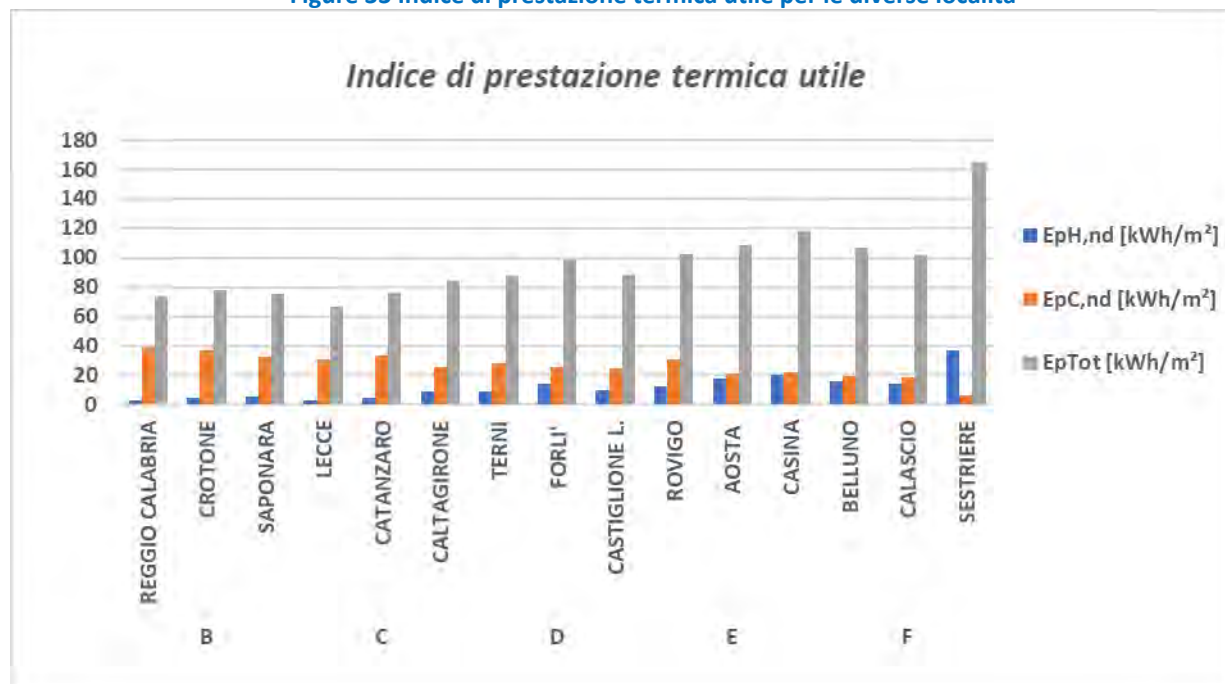


Figure 34 Fabbisogno di energia termica utile per le diverse località

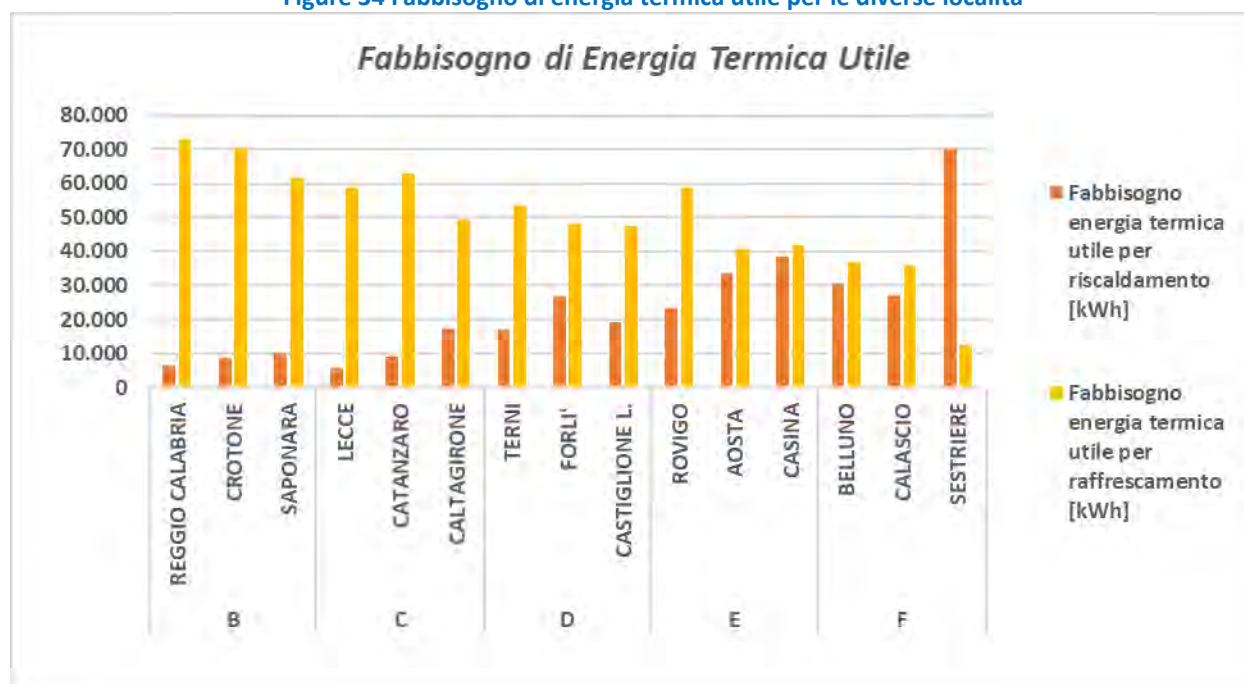


Figure 35 Indice di prestazione energetica globale per le diverse località

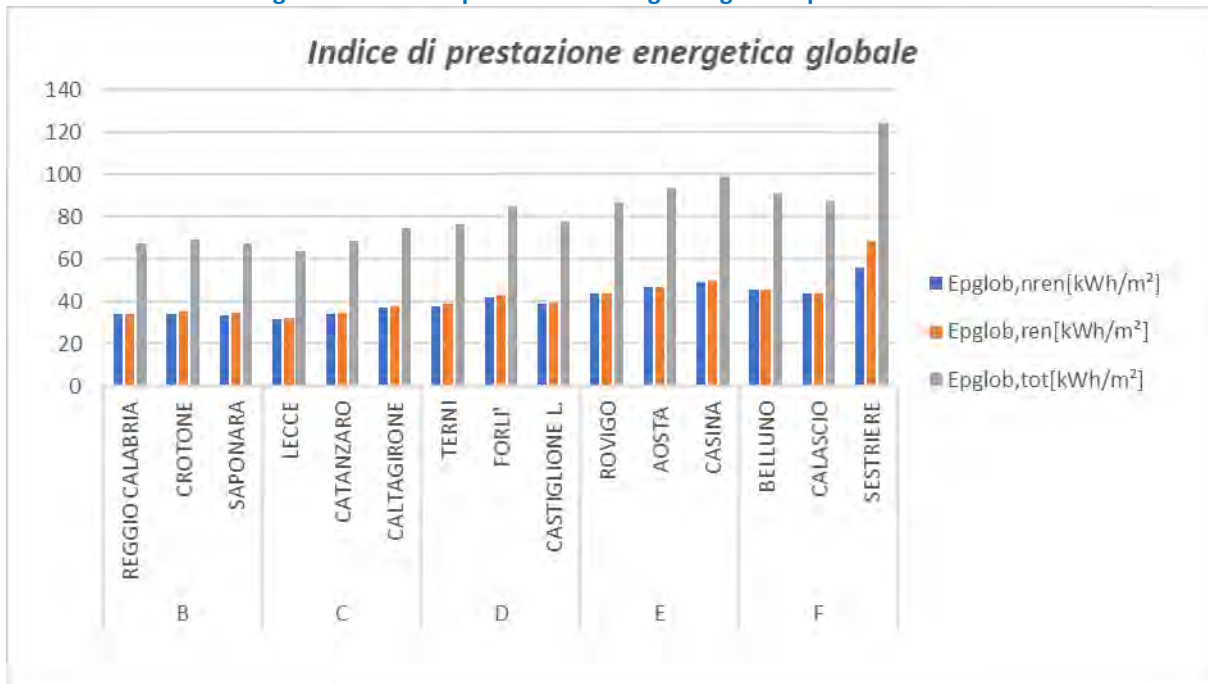
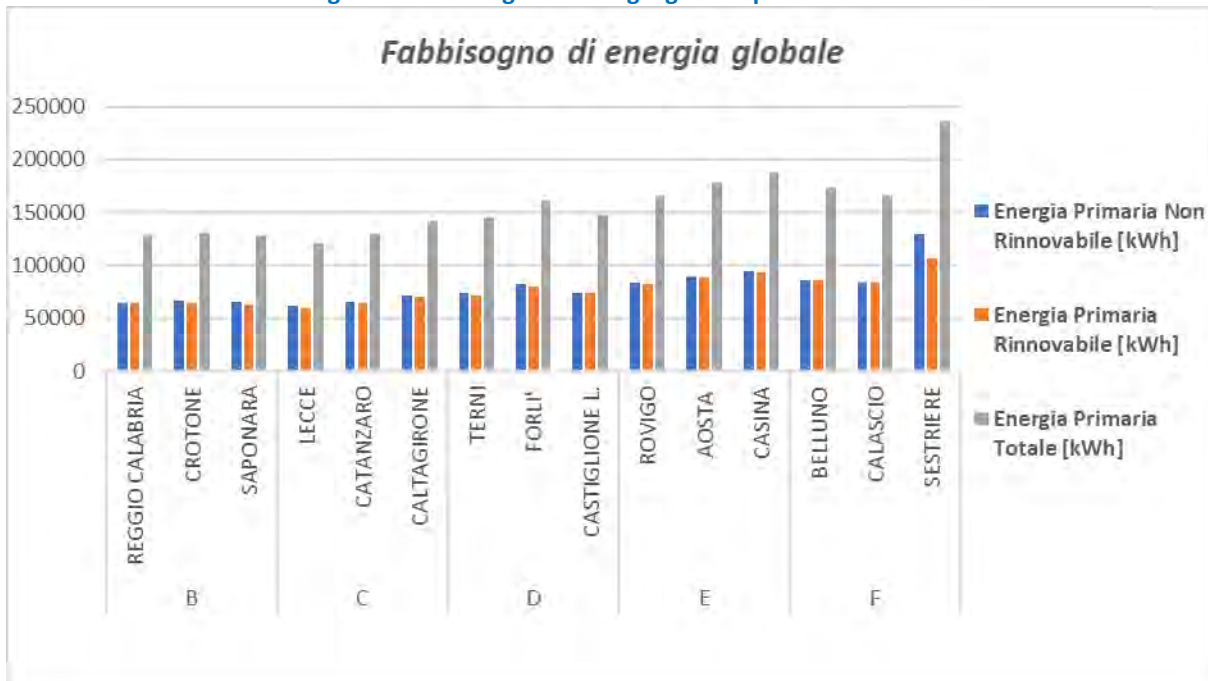


Figure 36 Fabbisogno di energia globale per le diverse località



E' dunque possibile constatare che:

- Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento aumenta in maniera consistente dalle zone climatiche più calde alle zone climatiche più fredde. , partendo da un minimo inferiore ai 10000 kWh di Reggio Calabria fino ad arrivare ad un massimo pari a sette volte superiore, per la località di Sestriere, pari a 70.000 kWh.
- Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento della località di Sestriere è quasi il triplo di quello delle altre due località della stessa zona climatica. L'anomalia è rappresentata dall'elevato numero di gradi giorno per la località di Sestriere.
- Il fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento ha un massimo nella località di Reggio Calabria, dove è pari a circa 73.000 kWh; il minimo è individuato nella località di Sestriere ed è pari a circa 12.000 kWh.
- il fabbisogno di energia globale totale aumenta passando da zone climatiche piu' calde a zone climatiche più fredde. Il minimo si attesta nella località di Reggio Calabria ed è pari circa a 128.000 kWh, il massimo si registra per la località di Sestriere ed è di oltre 236.000 kWh. Nonostante i due trend di variazione per i servizi di riscaldamento e raffrescamento siano uno opposto all'altro, le variazioni più significative si registrano per il servizio di riscaldamento; per tale motivo si attesta un trend simile a quello del servizio di riscaldamento.

Figure 37 Confronto tra gli indici per il servizio di riscaldamento

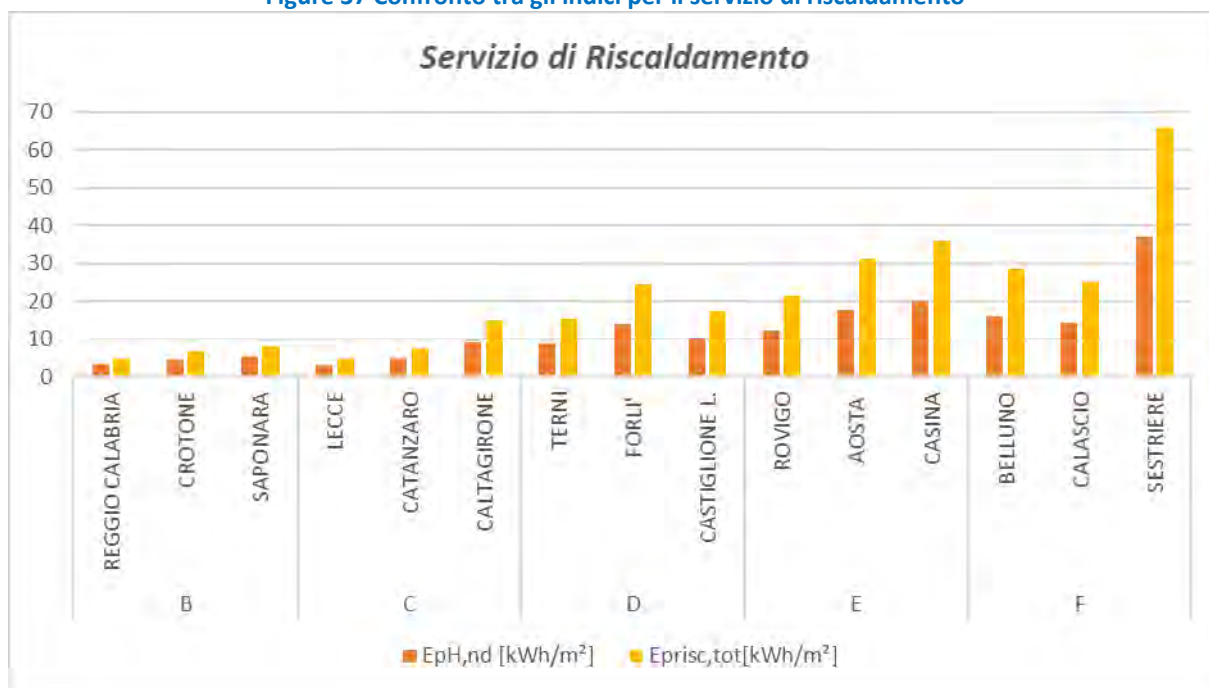
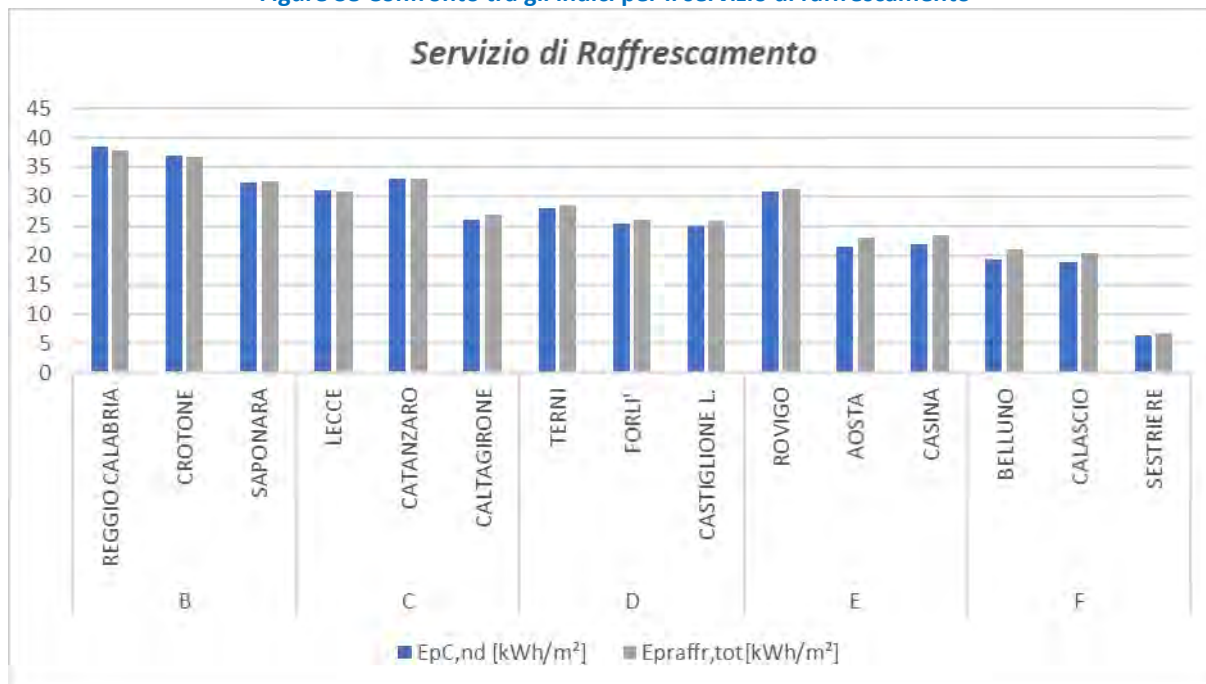


Figure 38 Confronto tra gli indici per il servizio di raffrescamento



E' possibile osservare che:

- per il servizio di riscaldamento, la differenza tra l'indice di prestazione termica energetica e l'indice di prestazione termica utile aumenta passando da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde; la differenza minima si attesta nella località di Reggio Calabria ed è pari a 2 kWh/m², mentre il massimo della differenza tra i due indici è a Sestriere ed è pari a 29 kWh/m². Il trend che si attesta è lo stesso rilevato nel caso di studio del Piccolo Condominio, le differenze sono più limitate perché gli indici di prestazione energetica sono più bassi in quanto il rapporto di forma dell'edificio limita notevolmente lo scambio termico nella stagione invernale.
- per il servizio di raffrescamento, la differenza tra l'indice di prestazione termica utile e l'indice di prestazione energetica è nulla. Ciò significa che nel bilancio energetico, come definito dalla UNI TS 11300-3, il contributo positivo dovuto all'energia elettrica fornita dal parco fotovoltaico compensa il termine negativo delle perdite del sottosistema di utilizzazione.

11.2.3 Verifica della copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile (Dlgs 28/2011)

Nella tabella e nel grafico successivi viene mostrato l'esito relativo alle verifiche delle prescrizioni sulla **copertura delle quote di energia da fonti rinnovabili**, previste dal Dlgs del 3.3.2011.

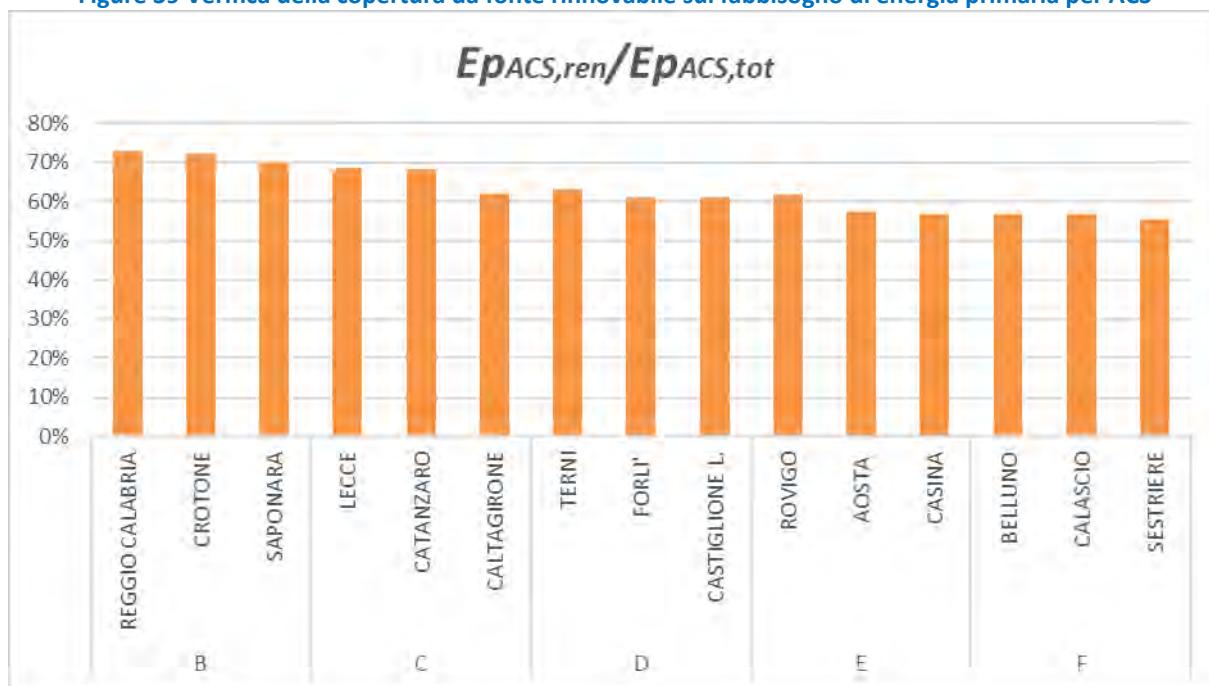
L'edificio Grande Condominio, essendo un edificio residenziale, deve verificare una copertura delle quote di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 50% del fabbisogno per ACS e 50% del fabbisogno per ACS, riscaldamento e climatizzazione estiva.

Anche qui è stato installato un impianto fotovoltaico, il cui dimensionamento è stato realizzato seguendo la procedura di calcolo nella norma UNI TS 11300-4.

Tabella 42 Verifica della copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE: GRANDE CONDOMINIO					
POTENZA INSTALLATA = 6 kWp					
		Cop. Tot % FER	VERIFICA	Cop. ACS% FER	VERIFICA
B	REGGIO CALABRIA	40%	NO	59%	SI
	CROTONE	40%	NO	58%	SI
	SAPONARA	43%	NO	59%	SI
C	LECCE	42%	NO	58%	SI
	CATANZARO	42%	NO	57%	SI
	CALTAGIRONE	46%	NO	58%	SI
D	TERNI	45%	NO	56%	SI
	FORLI'	46%	NO	56%	SI
	CASTIGLIONE L.	46%	NO	56%	SI
E	ROVIGO	44%	NO	55%	SI
	AOSTA	49%	NO	56%	SI
	CASINA	49%	NO	55%	SI
F	BELLUNO	49%	NO	55%	SI
	CALASCIO	50%	NO	56%	SI
	SESTRIERE	55%	SI	55%	SI

Figure 39 Verifica della copertura da fonte rinnovabile sul fabbisogno di energia primaria per ACS



Si può ben osservare che per l'edificio Grande Condominio viene rispettata la verifica sulla copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile per il 50% del fabbisogno di Acqua Calda Sanitaria, ma soltanto nella località di Sestriere viene rispettato, invece, anche il requisito sulla copertura della quota di energia da fonte rinnovabile del 50% sul fabbisogno di energia primaria totale, che nel caso di edificio residenziale corrisponde alla somma dei fabbisogni di energia primaria per i servizi di ACS, riscaldamento e climatizzazione invernale.

Nonostante la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico sia maggiore nel Grande Edificio rispetto al Piccolo edificio, data la maggiore estensione della superficie disponibile per l'installazione dei pannelli fotovoltaici, il requisito non viene verificato.

La Località di Sestriere ha una copertura delle quote di energia di poco superiore al limite del 50% del fabbisogno di energia primaria totale e ciò è dovuto al fatto che il fabbisogno energetico per il servizio di raffrescamento in quella località è molto limitato.

Il parco fotovoltaico è stato quindi dimensionato nuovamente, andando a definire una nuova potenza di picco per ogni configurazione, in maniera tale da verificare il requisito sulla quota di copertura di energia da fonte rinnovabili sul 50% del fabbisogno energetico totale.

Tabella 43 Incremento della potenza del parco fotovoltaico nelle diverse diverse località

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE: GRANDE CONDOMINIO Potenza fotovoltaico incrementata							
		Cop. Tot % FER	VERIFICA	Cop. ACS% FER	VERIFICA	Pot_iniz[kW]	Pot_incr[kW]
B	REGGIO CALABRIA	50%	SI	59%	SI	6	15
	CROTONE	51%	SI	58%	SI	6	15
	SAPONARA	51%	SI	59%	SI	6	15
C	LECCE	51%	SI	58%	SI	6	13
	CATANZARO	50%	SI	57%	SI	6	13
	CALTAGIRONE	50%	SI	58%	SI	6	14
D	TERNI	53%	SI	56%	SI	6	12
	FORLI'	51%	SI	56%	SI	6	11
	CASTIGLIONE L.	50%	SI	56%	SI	6	10
E	ROVIGO	50%	SI	55%	SI	6	13
	AOSTA	50%	SI	56%	SI	6	8
	CASINA	50%	SI	55%	SI	6	8
F	BELLUNO	50%	SI	55%	SI	6	8
	CALASCIO	50%	SI	56%	SI	6	6
	SESTRIERE	55%	SI	55%	SI	6	6

11.2.4 Ulteriore verifica relativa alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva

Il DM Requisiti Minimi, in allegato 1 (Articolo 3 e 4) dispone i "Criteri Generali e Requisiti delle Prestazioni Energetiche degli Edifici" individua un'ulteriore verifica relativa alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva.

La tabella sotto riportata mostra i risultati delle verifiche nelle località in cui sono richieste.

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE: GRANDE CONDOMINIO							
	LOCALITA'	Irradianza	Yie	Yie,amm	Ms	Ms,amm	VERIFICA
		[W/m ²]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[Kg/m ²]	[Kg/m ²]	
B	REGGIO CALABRIA	288			499		Non prevista
	CROTONE	302	0,035	0,1	499	230	SI'
	SAPONARA	288			499		Non prevista
C	LECCE	286			500		Non prevista
	CATANZARO	296	0,042	0,1	500	230	SI'
	CALTAGIRONE	306	0,042	0,1	500	230	SI'
D	TERNI	308	0,034	0,1	501	230	SI'
	FORLI'	286			501		Non prevista
	CASTIGLION L.	299	0,034	0,1	501	230	SI'
E	ROVIGO	287			502		Non prevista
	AOSTA	258			502		Non prevista
	CASINA	278			502		Non prevista
F	BELLUNO	229			502		Non prevista
	CALASCIO	286			502		Non prevista
	SESTRIERE	278			502		Non prevista

Per tutte le località dove queste ulteriori verifiche sono richieste, queste hanno un riscontro positivo.

11.2.5 L'individuazione di un parametro prestazionale rappresentativo degli nZEB: edificio residenziale plurifamiliare di tipo Grande Condominio

Si mostrano quindi i risultati relativi alle simulazioni del modello di edificio plurifamiliare del tipo Grande Condominio nelle diverse configurazioni, per quanto concerne l'Attestato di Prestazione Energetica, focalizzando l'attenzione, quindi, sugli indici di prestazione energetica utili alla classificazione.

Tabella 44 Indici di prestazione energetica e classificazione

EDIFICIO RESIDENZIALE PLURIFAMILIARE GRANDE CONDOMINIO									
LOCALITA'		GG	E _{prisc}	E _{praffr}	E _{pACS}	E _{pgl,ren}	E _{pgl,nren}	E _{pgl,tot}	CLASSE
		DPR 412/93	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	
B	REGGIO CALABRIA	772	5	38	25	34	34	68	A3
	CROTONE	899	7	37	26	35	34	69	A3
	SAPONARA	900	8	33	27	34	33	68	A3
C	LECCE	1153	5	31	28	32	31	64	A3
	CATANZARO	1328	7	33	28	34	34	68	A3
	CALTAGIRONE	1398	15	27	33	38	37	75	A3
D	TERNI	1650	15	28	33	39	38	77	A3
	FORLI'	2087	24	26	34	43	42	85	A3
	CASTIGLIONE L.	2099	17	26	35	39	39	78	A3
E	ROVIGO	2466	21	31	34	44	43	87	A3
	AOSTA	2850	31	23	39	47	47	93	A3
	CASINA	2999	36	23	40	50	49	99	A3
F	BELLUNO	3043	28	21	41	45	45	91	A3
	CALASCIO	3454	25	20	42	44	44	87	A3
	SESTRIERE	5165	66	7	51	68	56	124	A3

Da Figure 40 a Figure 44 a sono riportati i risultati relativi all'indice di prestazione energetica per il servizio di riscaldamento per ciascuna zona climatica

Figure 40 Indice di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica B

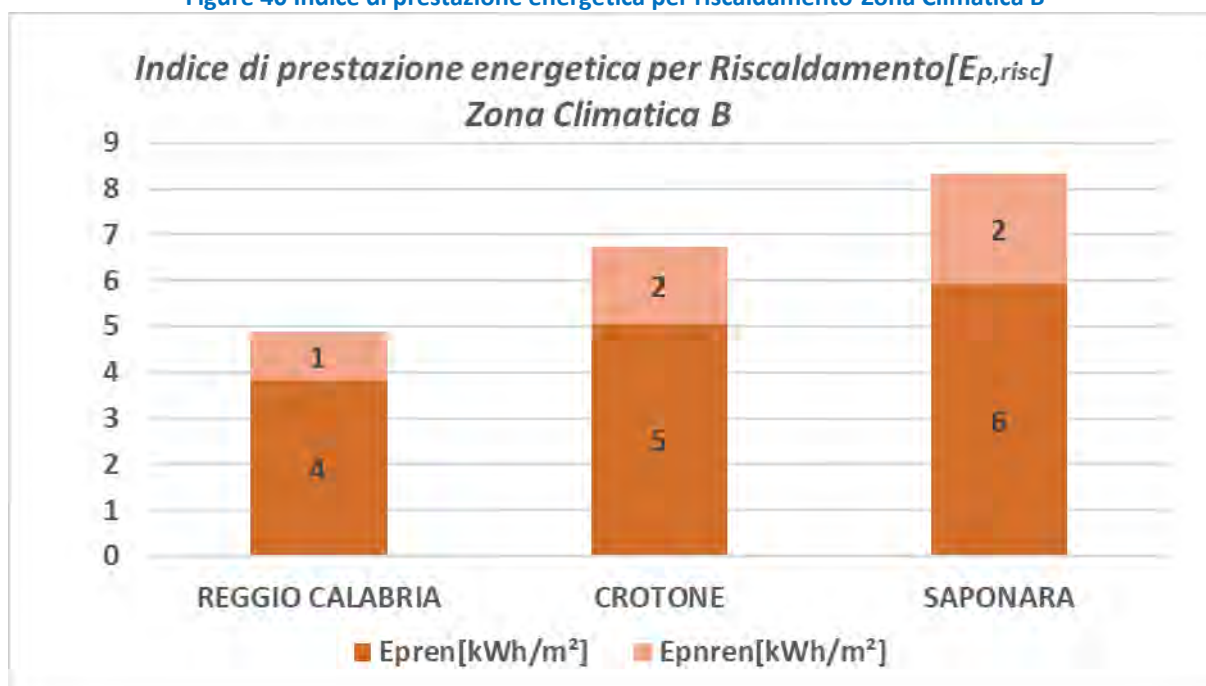


Figure 41 Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica C

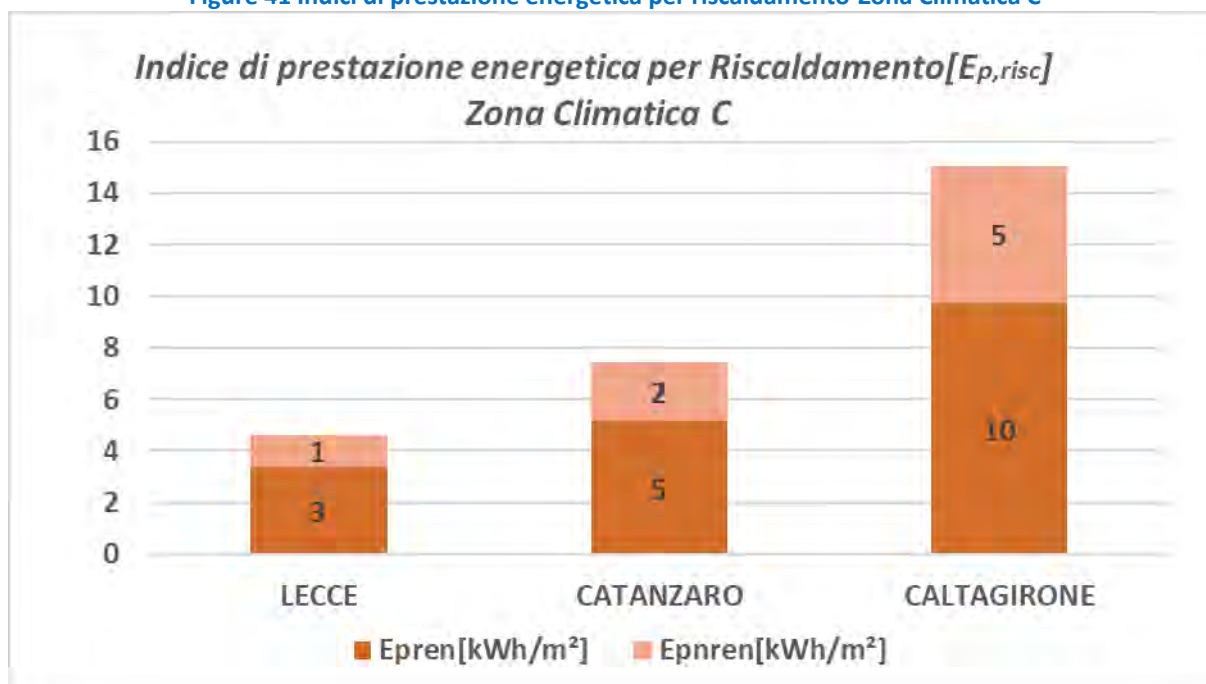


Figure 42 Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica D

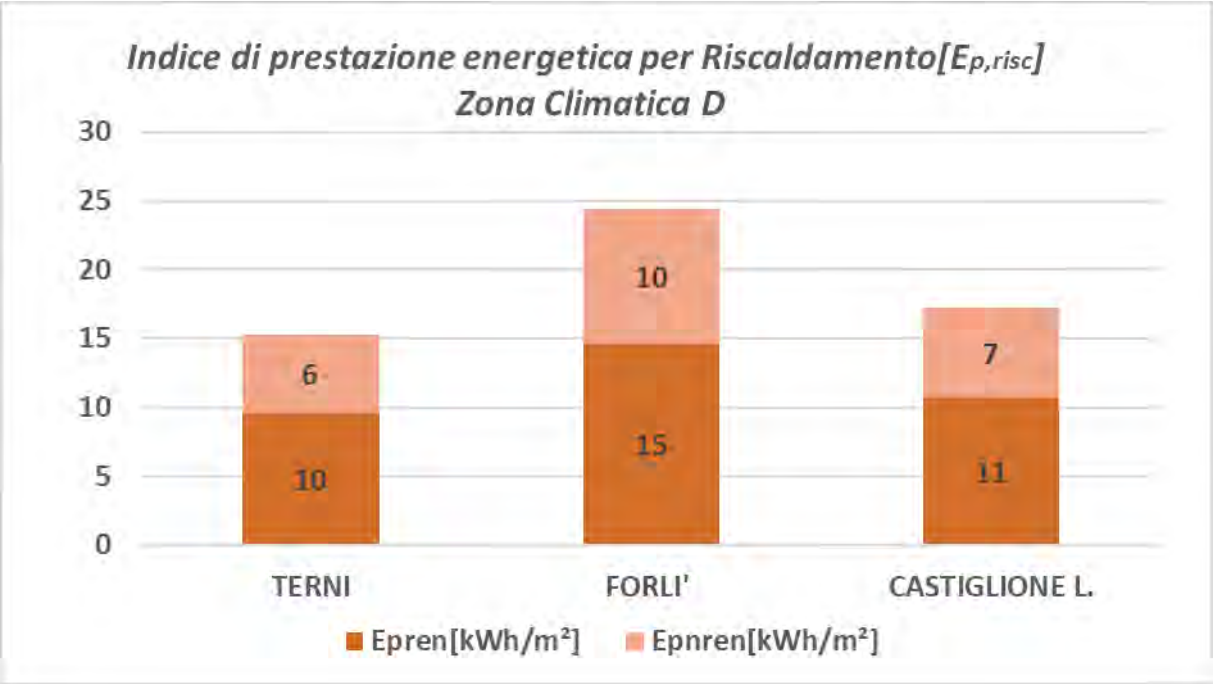


Figure 43 Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona Climatica E

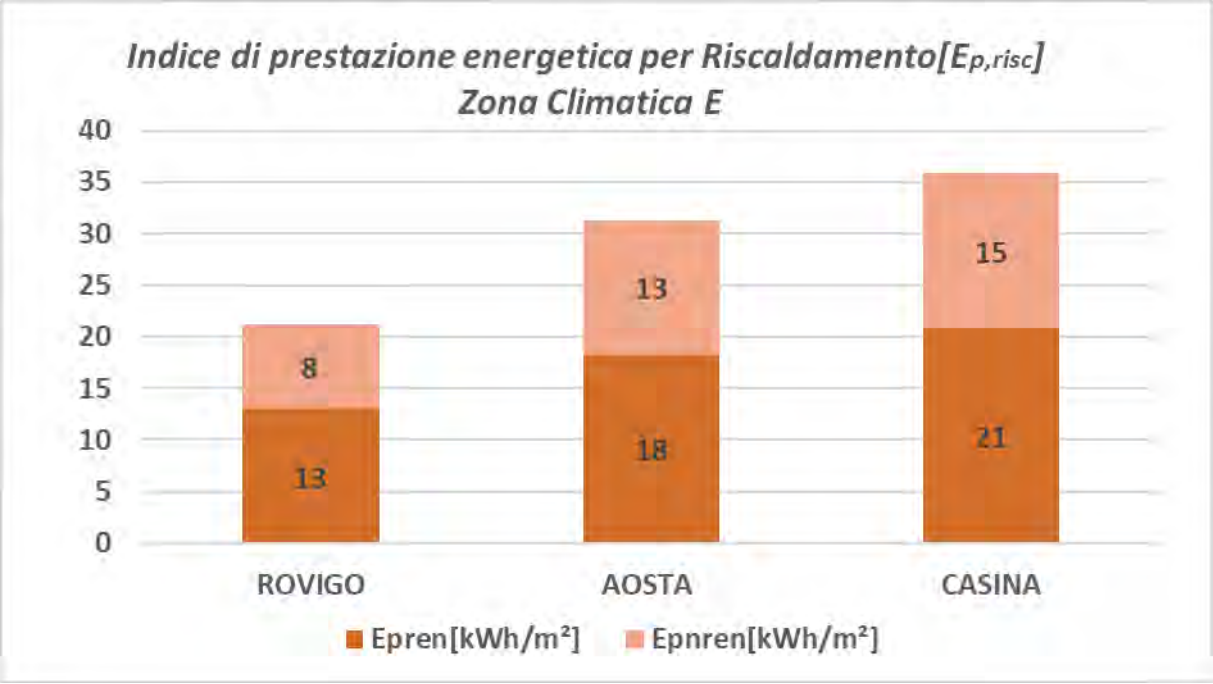
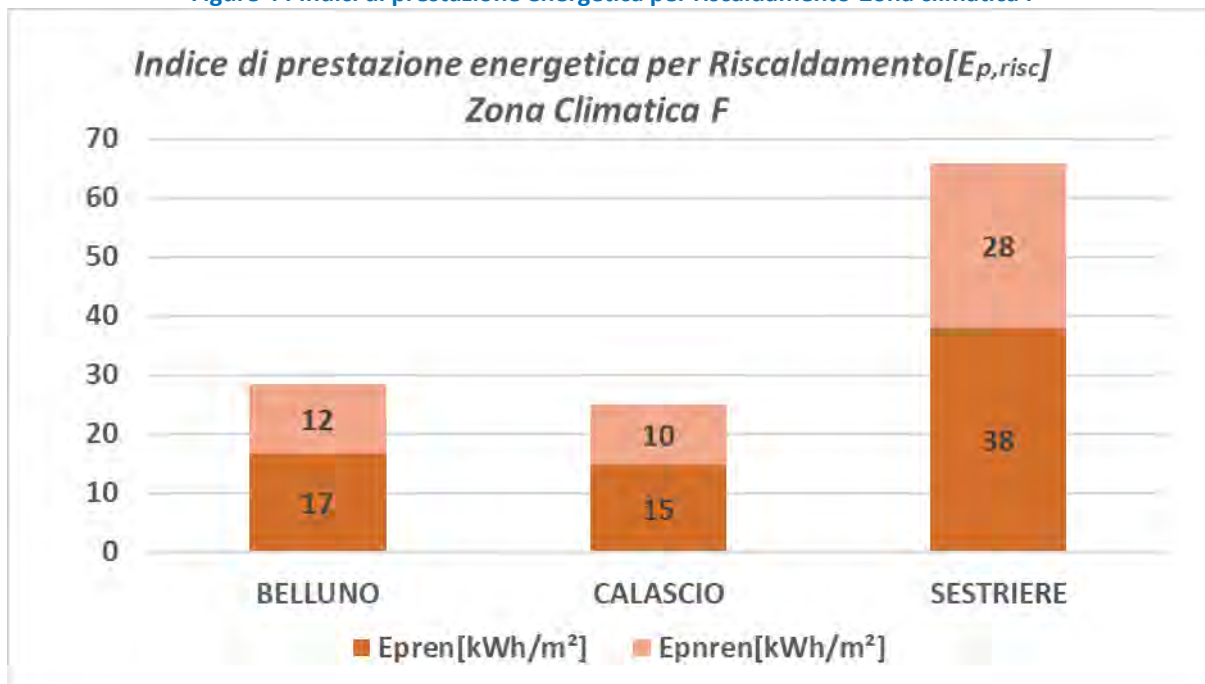


Figure 44 Indici di prestazione energetica per riscaldamento-Zona climatica F



Per il servizio di riscaldamento, è possibile osservare che:

- l'indice di prestazione energetica totale aumenta dal passaggio a zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde
- l'indice di prestazione energetica totale aumenta, generalmente, nel passaggio dalla località 1 alla località 3 della stessa zona climatica. Ciò può essere spiegato col fatto che, nella scelta delle località di riferimento, la località 3 è stata scelta come località, per ciascuna zona climatica, caratterizzata dal numero di gradi giorno massimo.
- La zona climatica D è l'unica a non essere caratterizzata da questo trend, in quanto l'indice di prestazione energetica della località 2 è maggiore di quello della località 3. Ciò è reso possibile dal fatto che le due località sono caratterizzate da un numero di gradi giorno quasi uguale.
- l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile risulta essere, per tutte le località delle zone climatiche oggetto di studio, sempre superiore all'indice di prestazione da fonte non rinnovabile (motivare).
- Il valore del rapporto tra l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile e l'indice di prestazione energetica totale, espresso in termini percentuali, è mediamente pari a :

zona B → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 75\%$

zona C → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 69\%$

zona D → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 62\%$

zona E → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 59\%$

zona F → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 59\%$

- I rapporti tra i due indici di prestazione energetica assumono valori più alti rispetto a quelli risultati dallo studio dell'edificio di tipo Piccolo Condominio nelle zone climatiche B e C.

- Per ogni località è stato confrontato l'indice di prestazione energetica totale dell'edificio Grande Condominio con il suo analogo per l'edificio Piccolo Condominio.

Aggregando i risultati, è emerso che l'indice di prestazione energetica totale del Piccolo Condominio è mediamente pari a 2,5 volte l'indice di prestazione energetica totale del Grande Condominio.

La notevole differenza tra i due indici di prestazione energetica è causata dal fatto che le dispersioni termiche nella stagione invernale sono molto più consistenti nel Piccolo Condominio, come ci dimostrano gli stessi valori della trasmittanza media per l'involucro edilizio calcolati per le diverse zone climatiche ed il fattore di forma del Piccolo Condominio, pari a 0,60 e maggiore di quello del Grande Condominio, che è uguale a 0,41.

Da Figure 45 a Figure 49 vengono riportati i risultati relativi agli indici di prestazione energetica per raffrescamento per ciascuna zona climatica

Figure 45 Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica B

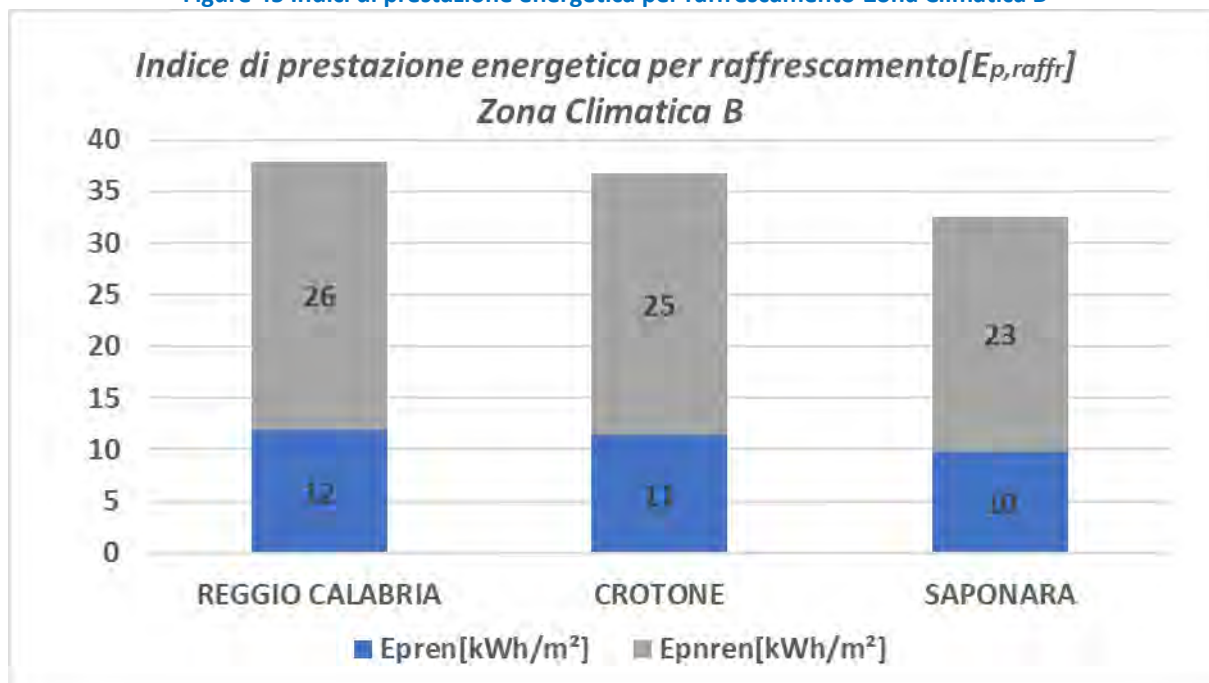


Figure 46 Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica C

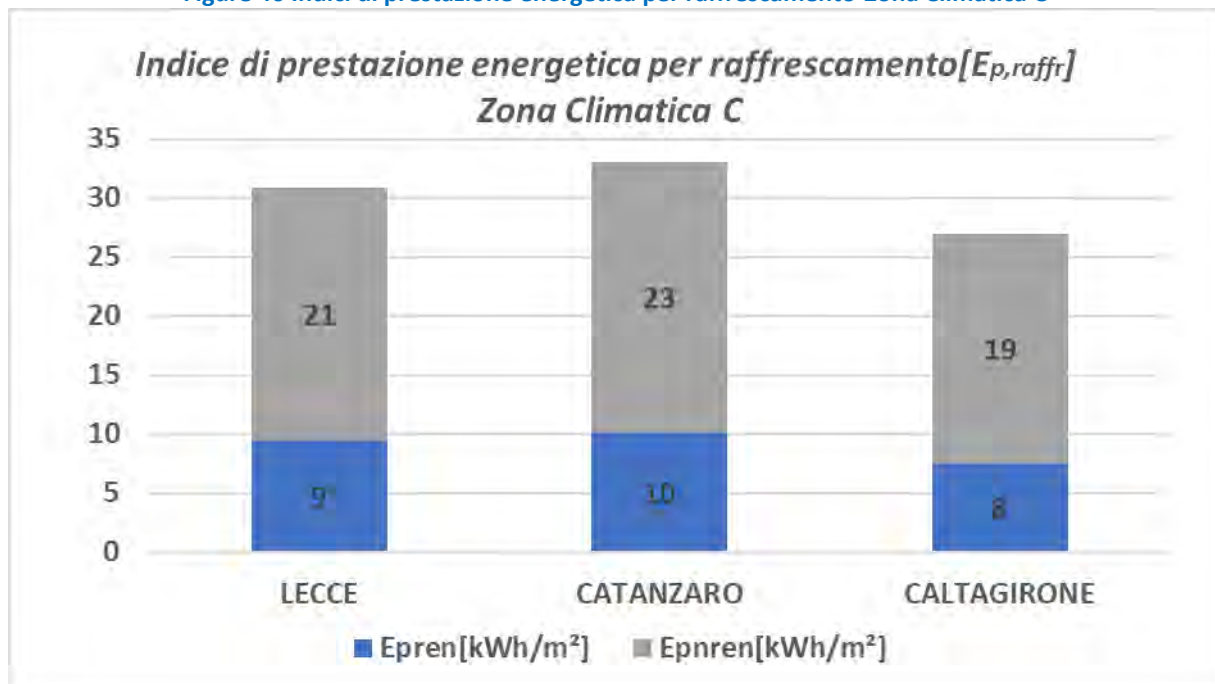


Figure 47 Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica D

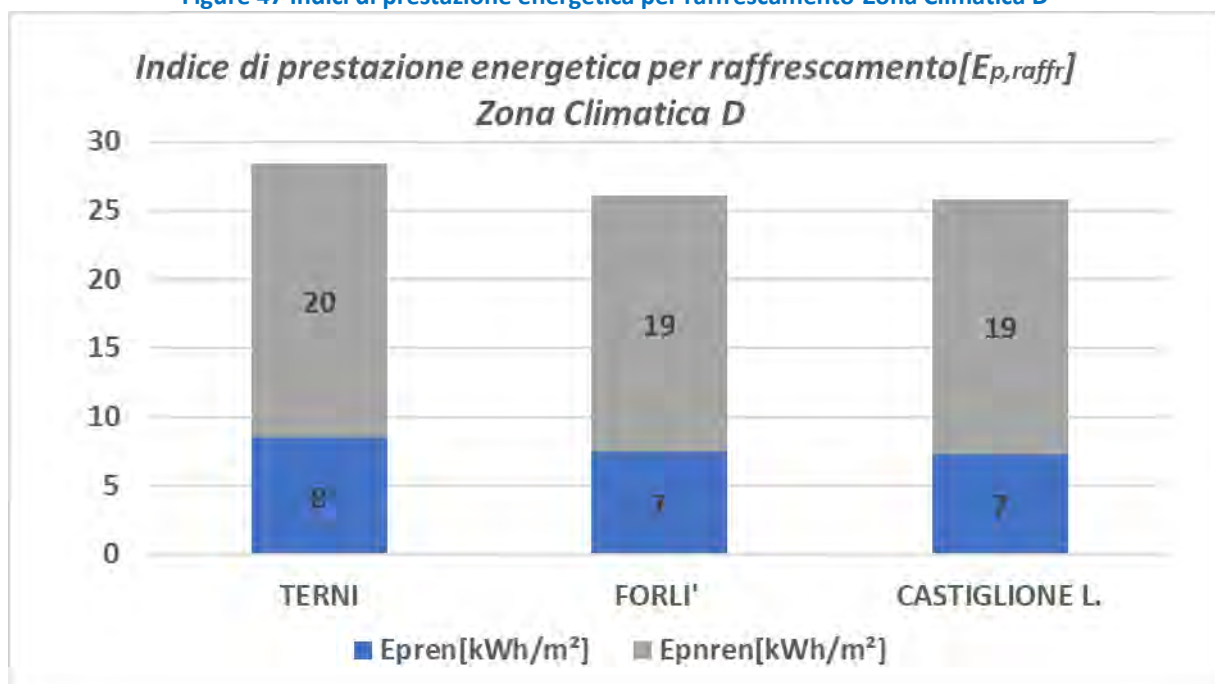


Figure 48 Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica E

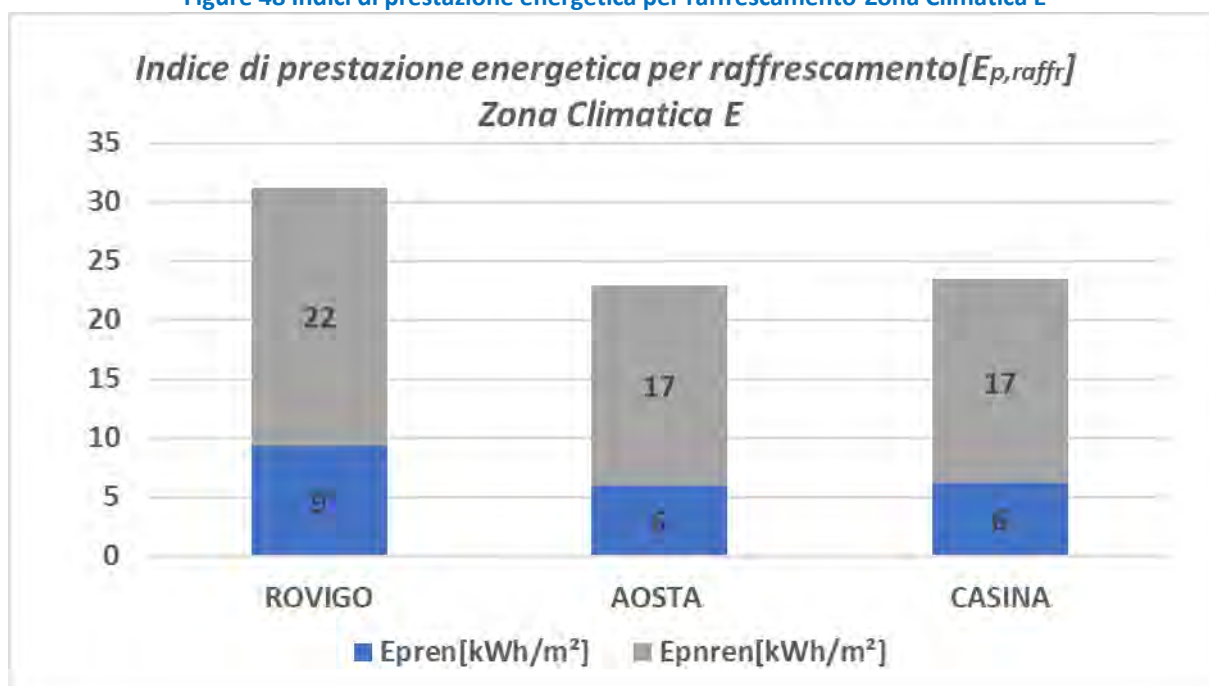
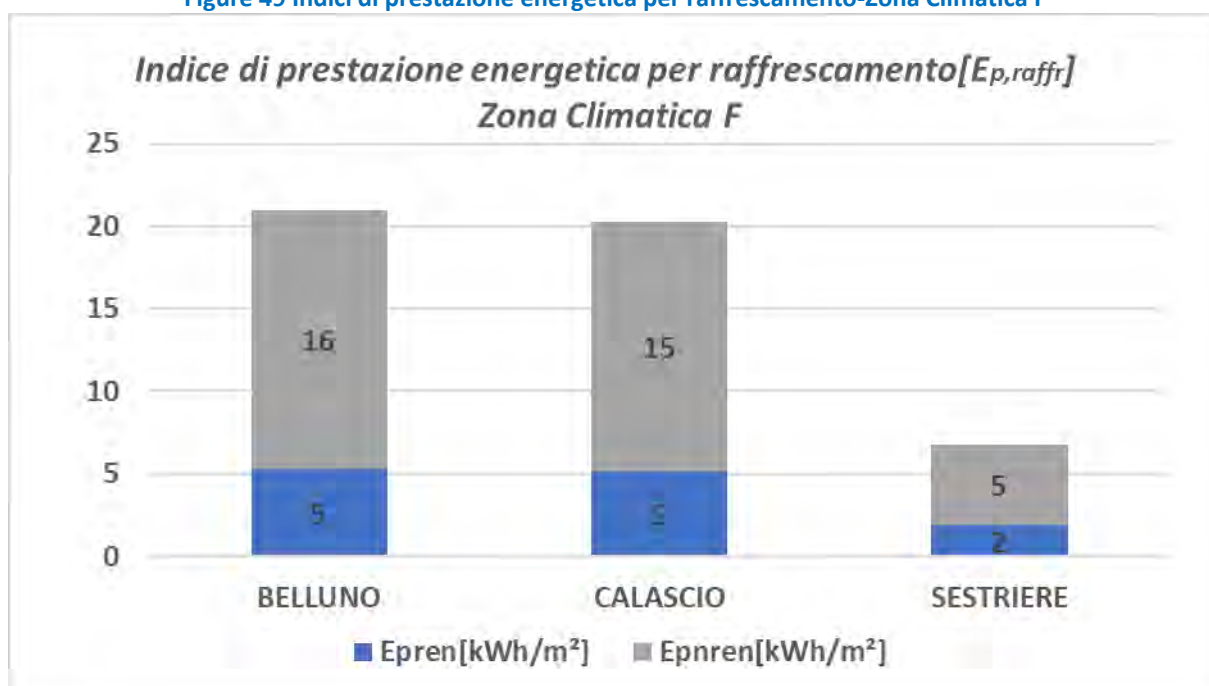


Figure 49 Indici di prestazione energetica per raffrescamento-Zona Climatica F



Per quanto riguarda il servizio di climatizzazione estiva, è possibile fare alcune osservazioni:

- l'indice di prestazione energetica totale diminuisce passando da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde. Tale indice risulta essere pressoché nullo nella località di Sestriere, individuata nella zona climatica F-
- l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile risulta essere, per tutte le località delle zone climatiche oggetto di studio, sempre inferiore all'indice di prestazione da fonte non rinnovabile.
- Il valore, in termini percentuali, del rapporto tra l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile

zona B → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 31\%$

zona C → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 30\%$

zona D → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 29\%$

zona E → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 27\%$

zona F → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 26\%$

- I valori degli indici di prestazione energetica totale nell'edificio Piccolo Condominio sono, seppur con lieve differenza, inferiori agli indici di prestazione energetica nel Grande Condominio. L'indice di prestazione energetica totale del Grande Condominio è mediamente pari a 1,4 volte l'indice di prestazione energetica del Piccolo Condominio. Nel calcolo delle prestazioni energetiche relative alla stagione estiva, il parametro che ha un impatto maggiore su tali indici è l'Area Solare Equivalente Estiva. Tale parametro, che rappresenta la superficie di scambio radiativo, è maggiore nel caso del Grande Condominio. Per questo motivo, il flusso termico radiativo sarà maggiore in questo secondo caso, determinando un indice prestazionale per raffrescamento mediamente superiore a quello riscontrato per il Piccolo Condominio.

Da Figure 50 a Figure 54 a sono riportati i risultati relativi agli indici di prestazione energetica per servizio di produzione di ACS per ciascuna zona climatica

Figure 50 Indici di prestazione energetica per produzione di ACS-Zona Climatica B

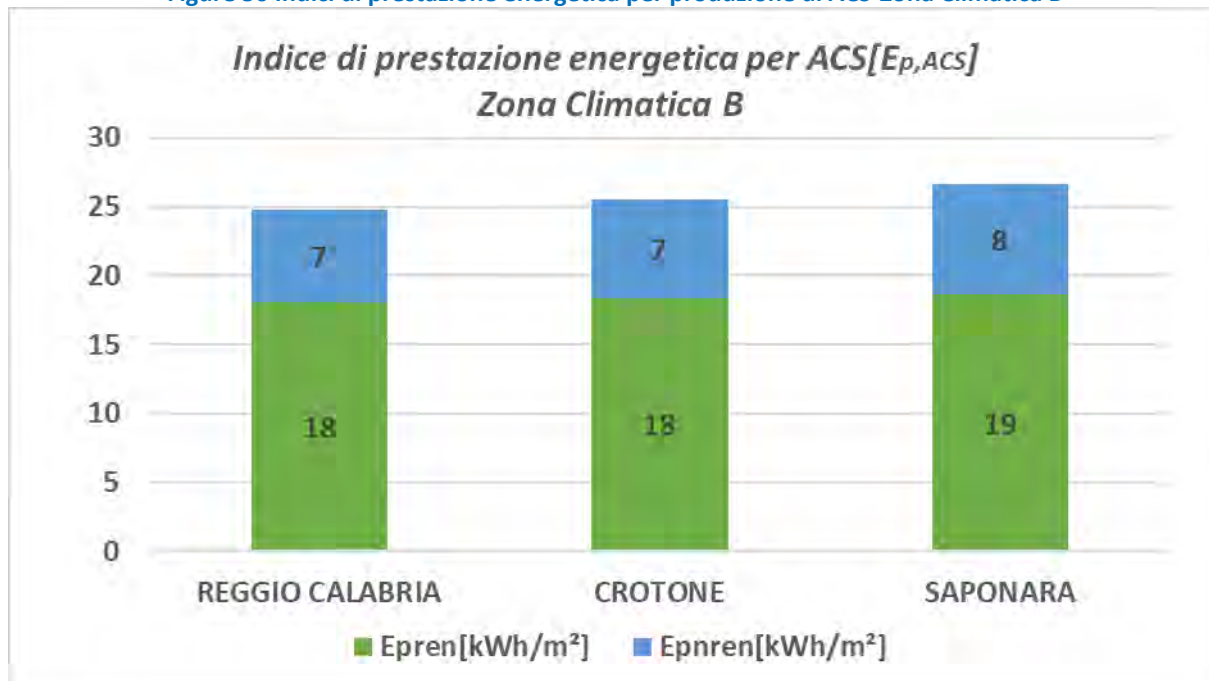


Figure 51 Indici di prestazione energetica per produzione di ACS-Zona Climatica C

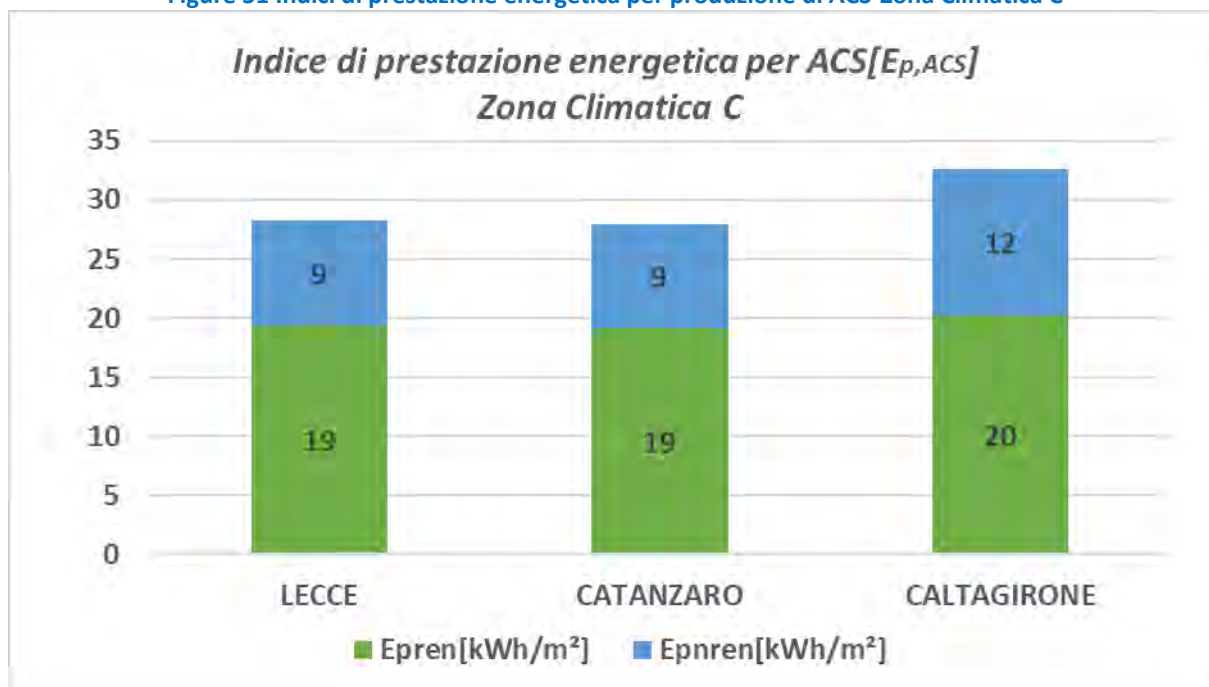


Figure 52 Indici di prestazione energetica per produzione ACS-Zona Climatica D

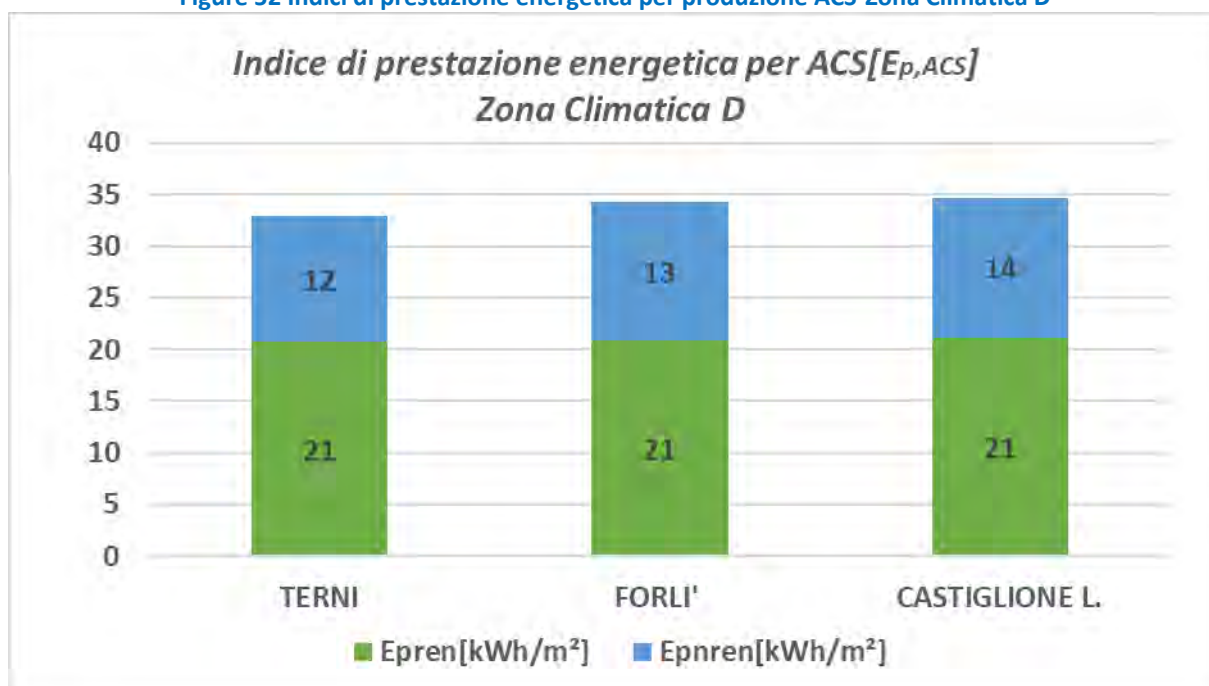


Figure 53 Indici di prestazione energetica per produzione ACS-Zona Climatica E

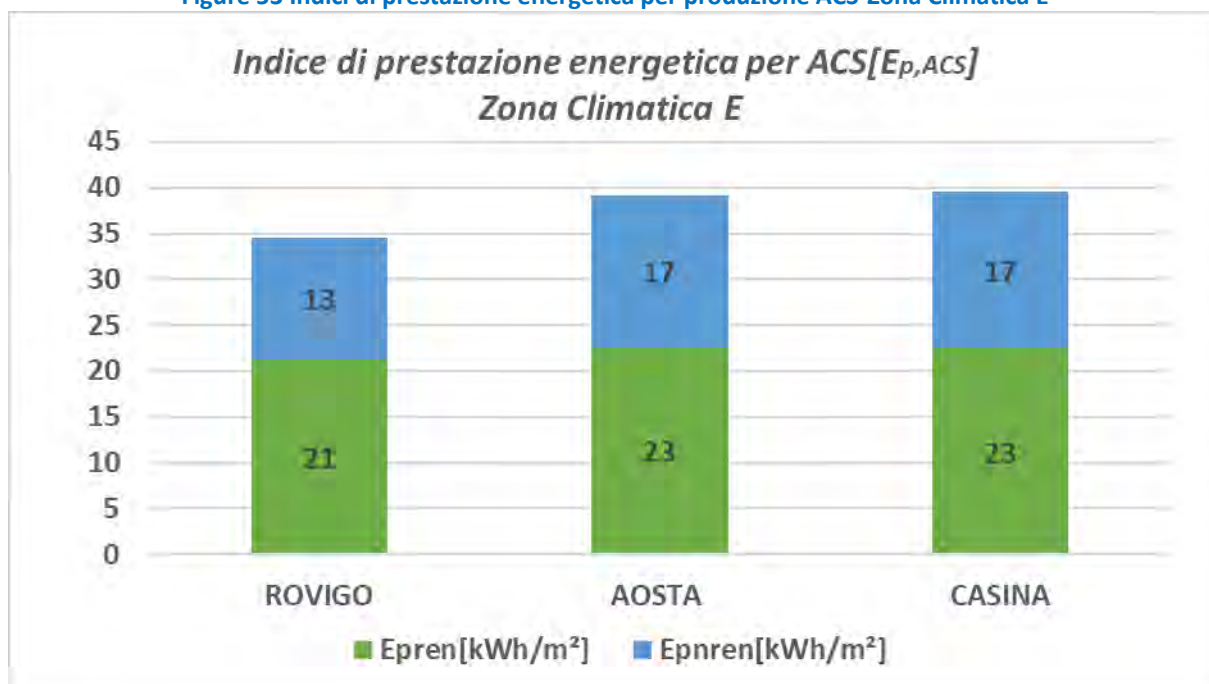
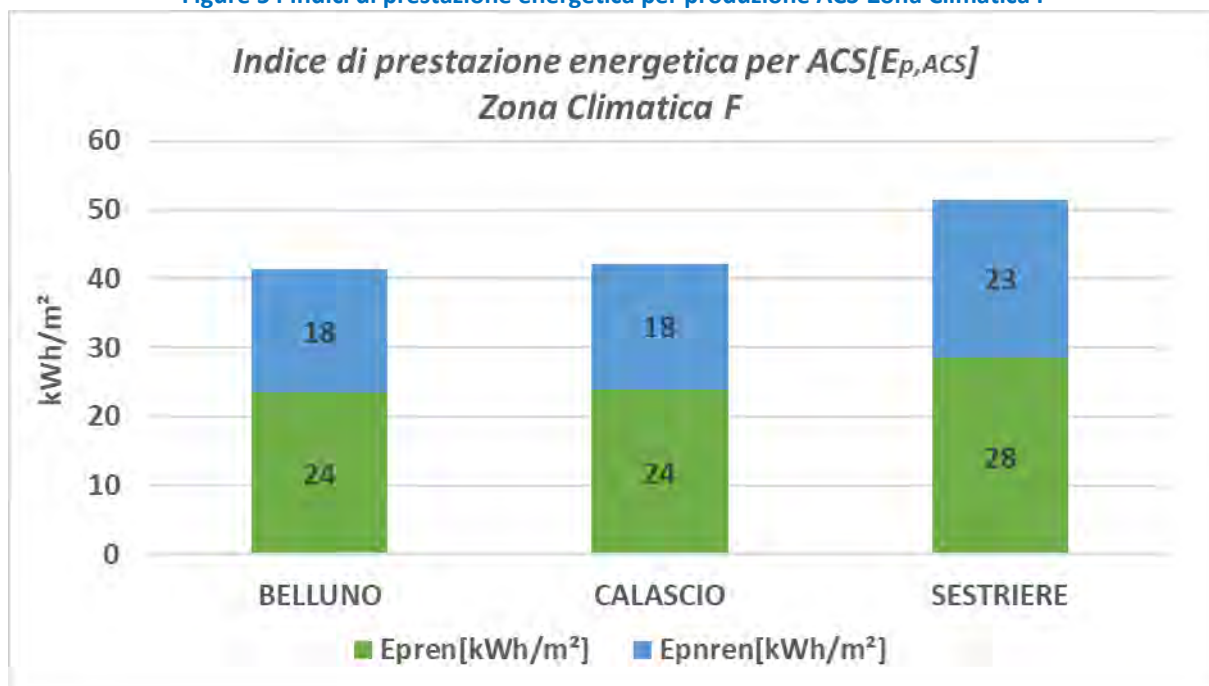


Figure 54 Indici di prestazione energetica per produzione ACS-Zona Climatica F



Per quanto riguarda il servizio di produzione di ACS, è possibile osservare che:

- l'indice di prestazione energetica totale aumenta dal passaggio a zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde
- l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile risulta essere, per tutte le località oggetto di studio, sempre superiore all'indice di prestazione da fonte non rinnovabile
- Il fatto che, per la produzione di acqua calda sanitaria, il fabbisogno di energia da fonte rinnovabile sia superiore al fabbisogno di energia da fonte non rinnovabile è importante soprattutto alla luce delle prescrizioni del Dlgs 3.3.2011 che impongono una copertura delle quote di energia da fonte rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria almeno pari al 50% per edifici residenziali. Tale requisito viene rispettato anche senza alcun intervento che porti ad incrementare la potenza di picco del parco fotovoltaico, mantenendo quindi la potenza di picco calcolata in base a quanto indicato nella norma UNI TS 11300-4.
- Il valore, in termini percentuali, del rapporto tra l'indice di prestazione energetica da fonte rinnovabile e l'indice di prestazione energetica totale è mediamente pari a :

zona B → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 72\%$

zona C → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 68\%$

zona D → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 61\%$

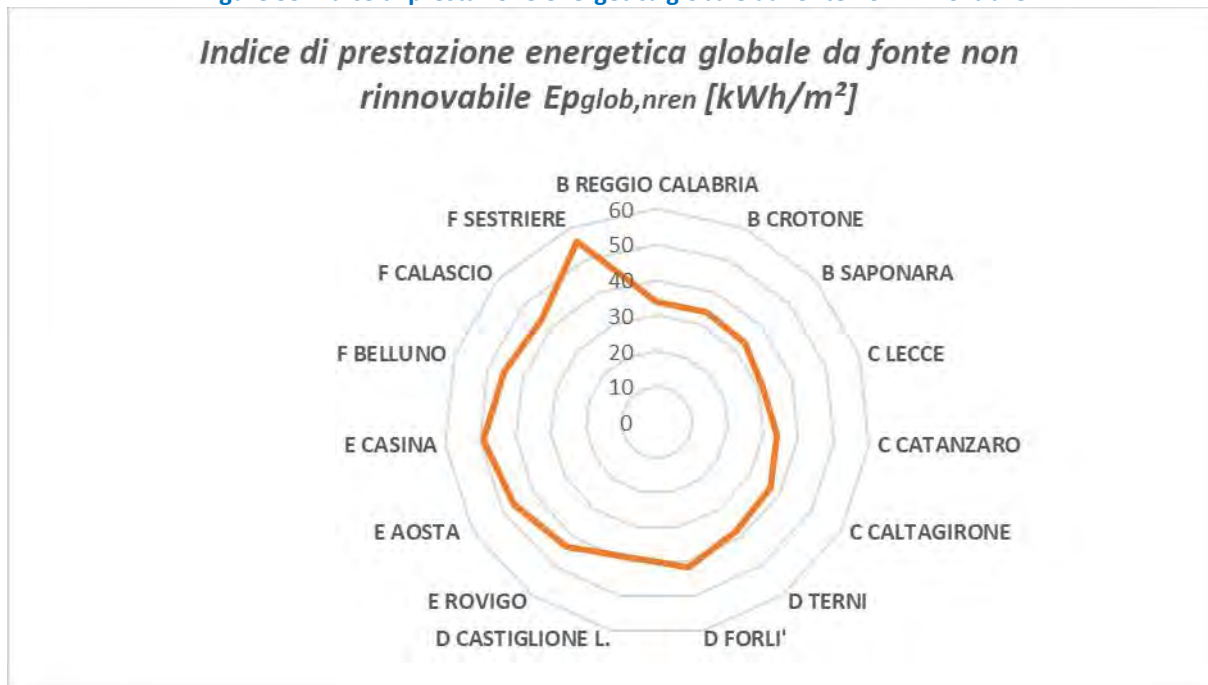
zona E → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 58\%$

zona F → $E_{p,ren}/E_{p,tot} = 57\%$

- Gli indici di prestazione energetica per il servizio di produzione di Acqua Calda Sanitaria nelle due tipologie di edificio, per ogni località, sono pressoché uguali. Ciò è dovuto al fatto che la differenza tra i volumi di acqua richiesta per i servizi nel Piccolo Condominio e i volumi richiesti nel Grande Condominio è trascurabile.

E' stato possibile, infine, valutare i risultati aggregati tenendo conto dell'indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile, che è l'indicatore utilizzato per la classificazione, per ciascuna località (

Figure 55 Indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile



Dall'analisi dei risultati sono state tratte diverse conclusioni:

- Tutti gli edifici modellati nelle diverse località sono caratterizzati da una classe energetica A3. Nonostante la classe energetica sia la stessa, l'indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile, che è il parametro utilizzato per la classificazione, differisce di molto nelle diverse località.
- Il valore minimo è riferito alla località di Reggio Calabria ed è pari a 33,75 kWh/m² mentre il valore massimo è riferito alla località di Sestriere, pari a 55,79 kWh/m²; il valore massimo, individuato per la località di Sestriere, si discosta notevolmente dagli altri valori. Ciò è dovuto al fatto che il numero di gradi giorno della località di Sestriere è molto elevato e rappresenta una anomalia anche per la fascia climatica F.
- La differenza che sussiste tra i diversi indici di prestazione energetica nelle diverse località non consente di individuare dei valori di riferimento univoci riferiti all'indice di prestazione energetica che siano invarianti rispetto alla zona climatica.
- Focalizzando l'attenzione su ogni singola zona climatica, è possibile osservare però che all'interno di ciascuna di esse gli indici di prestazione energetica sono caratterizzati da variazioni poco significative.
In conclusione, quindi, si potrebbe pensare di individuare dei range di valori di riferimento per l'edificio nZEB in funzione della zona climatica considerata.

12 CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati a valle delle simulazioni per le due tipologie di edificio plurifamiliare, Piccolo Condominio e Grande Condominio; è possibile evidenziare alcune differenze sostanziali in merito ai requisiti dei parametri relativi all'involucro edilizio nonché agli indici di prestazione energetica.

Per quanto riguarda la verifica dei parametri relativi all'involucro edilizio, si evidenzia che soltanto per la località di Terni, per l'edificio Grande Condominio, si evince il mancato rispetto del requisito definito come rapporto tra Area Solare Equivalente Estiva e Area della Superficie Utile.

Per tale caso di studio è stata condotta un'analisi di sensibilità sui parametri relativi al calcolo dell'Area Solare Equivalente. Tra l'ampio ventaglio delle possibili soluzioni per ridurre l'Area solare equivalente, sono state analizzate soltanto quelle che non compromettono verifiche relative ad altri parametri (come verifica termoigrometrica, ad esempio). Per tale motivo, si è tenuto conto di una possibile variazione del fattore di riduzione relativo ai tendaggi nella stagione estiva e nella stagione invernale poiché con questo intervento la stratigrafia delle pareti non viene alterata e non si incorre nel rischio di formazione di condensa interstiziale.

Grazie all'analisi di sensibilità, è stato possibile osservare che un aumento del fattore dei tendaggi comporta un incremento dell'Area Solare Equivalente Estiva e di conseguenza un incremento degli apporti solari.

L'incremento di questi apporti solari induce una riduzione degli indici di prestazione energetica per il servizio di riscaldamento, in quanto gli apporti solari vengono contemplati come "apporti gratuiti" nella stagione invernale; d'altro lato, tale incremento incide in maniera negativa sull'indice di prestazione energetica relativo al servizio di climatizzazione estiva, poiché l'energia da asportare dall'ambiente interno aumenta quando si ha una irradiazione maggiore.

Un aspetto importante che emerge dall'analisi di sensibilità è l'esistenza di una interdipendenza tra i parametri soggetti a verifica come, in questo caso, gli indici di prestazione energetica per i servizi di riscaldamento e climatizzazione estiva, e l'Area Solare Equivalente Estiva.

Focalizzando l'attenzione sulla verifica del secondo requisito sui parametri relativi all'involucro, si può constatare che il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie $H'T$ è notevolmente minore nel caso di Grande Condominio.

Confrontando per ogni singola località gli indici di prestazione calcolati per i due edifici, è possibile notare ulteriori differenze.

Dall'analisi emerge che gli indici di prestazione energetica relativi al servizio di riscaldamento nel Piccolo Condominio risultano essere notevolmente superiori rispetto agli stessi indici calcolati per il Grande Condominio.

E' possibile constatare che esiste un' interdipendenza tra i parametri relativi all'involucro edilizio, come $H'T$, i parametri energetici, come gli indici di prestazione energetica per il servizio di riscaldamento, e le caratteristiche geometriche dell'edificio, intese sinteticamente come rapporto di forma S/V .

Infatti, il Grande Condominio è più compatto, poiché ha un fattore di forma più basso e incide in maniera diretta nel calcolo della trasmittanza media globale dell'edificio, come definito dal modello di calcolo previsto nella UNI TS 11300-1. Poiché la trasmittanza dell'involucro edilizio è direttamente proporzionale allo scambio termico con l'ambiente esterno, ridurre tale parametro significa limitare le dispersioni termiche nella stagione invernale. Tutto ciò comporta un miglioramento rispetto ai casi studiati per il

Piccolo Condominio, in quanto gli indici prestazionali per servizio di riscaldamento si riducono drasticamente.

Per quanto concerne la verifica sulla copertura delle quote da fonti rinnovabili, nel caso del Grande Condominio è stato necessario incrementare la potenza di picco del parco fotovoltaico per poter soddisfare il requisito previsto dal Dlgs 3.3.2011, in quanto la potenza di picco calcolata in base al modello di calcolo fornito dalla UNI TS 11300-4 non era sufficiente a soddisfare il requisito sulla copertura della quota del fabbisogno globale. Nel solo caso di studio dell'edificio nella località di Sestriere il parco fotovoltaico la potenza di picco non è stata incrementata perché già sufficiente per poter soddisfare il requisito.

Sono stati confrontati, per ciascun edificio, gli indici di prestazione soggetti a verifica e gli indici di prestazione utilizzati per la classificazione: per il servizio di riscaldamento, si osserva che per l'efficienza media globale, calcolata come rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile e il fabbisogno di energia primaria, ha una drastica riduzione passando da zone climatiche più calde a zone climatiche più fredde. L'efficienza media stagionale per la produzione di ACS si mantiene pressoché costante, mentre l'efficienza media di raffrescamento si attesta mediamente sempre su un valore medio del 108% ad eccezione di Sestriere, dove il valore di efficienza media stagionale elevato (pari a circa 160%) indica che non c'è necessità di avere servizio di raffrescamento.

In merito alla classificazione energetica, infine, è interessante osservare come tutti questi edifici, caratterizzati da indici di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile molto differenti tra loro, rientrino nella stessa classe energetica: infatti, i valori sono compresi in un intervallo che ha un minimo pari a 34 kWh/m² calcolato per il Grande Condominio nella località di Reggio Calabria ed un massimo, tre volte superiore, di 102 kWh/m², calcolato per il Piccolo Condominio nella località di Sestriere

Si osserva, inoltre, che gli indici di prestazione energetica per il Grande Condominio sono caratterizzati da variazioni meno significative, nelle diverse località della stessa zona climatica, rispetto a quelle individuate per il Piccolo Condominio

Si può concludere affermando che, dato l'ampio intervallo dei valori dell'indice di prestazione energetica globale da fonte non rinnovabile all'interno della stessa classe energetica, non è possibile definire l'edificio nZEB sulla base di un indicatore energetico che sia univoco ed invariante rispetto alla zona climatica.

Tuttavia, si può cercare di definire l'edificio nZEB sulla base di indicatori energetici inclusi in un range di valori che sia funzione della singola zona climatica.

13 SVILUPPI FUTURI

In questo report sono stati predisposti i modelli di due tipologie di edificio residenziale plurifamiliare, analizzando i risultati e confrontandoli tra di essi al fine di poter formulare delle ipotesi valide per queste sezioni.

Da questo report è emerso che le ipotesi formulate per l'edificio Monofamiliare, oggetto di studio del PAR 2016, hanno validità anche per queste due tipologie di edificio in quanto le conclusioni tratte a valle dell'analisi del Piccolo Condominio e Grande Condominio seguono la linea .

Si può dire dunque che esistono dei presupposti comuni per l'identificazione di indicatori energetici per gli edifici nZEB per larga parte degli edifici residenziali presenti nel parco edilizio.

Per poter estendere, però, le ipotesi formulate a tutto il parco edilizio sarà necessario ampliare lo studio anche per altre tipologie di edificio.

Per tale motivo, è prevista un'estensione del PAR 2017 all'interno della quale verranno analizzati i risultati relativi alle simulazioni di edifici del settore terziario, estendendo quindi l'approccio ad un'altra tipologia di edificio presente nel parco edilizio.

14 Bibliografia

14.1 Normativa tecnica

1. UNI/TS 11300-1:2014:Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
2. UNI/TS 11300-2:2014 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione.
3. UNI/TS 11300-3:2010 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
4. UNI/TS 11300-4:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
5. UNI/TS 11300-5:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili.
6. UNI/TS 11300-6:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili.
7. UNI/TR 11552 Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici.
8. 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.
9. UNI 10349-1:2016 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata";
10. UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
11. UNI 10355 Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
12. UNI 10356 Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
13. UNI EN 12831 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
14. UNI EN 15193 Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.
15. UNI EN 15316-4-8 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-8: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, riscaldamento ad aria e sistemi di riscaldamento radianti
16. UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per l'edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
17. UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.
18. UNI EN ISO 10211 Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati.
19. UNI EN ISO 10456 Materiali e prodotti per l'edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
20. UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
21. UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
22. EC 1-2011 UNI EN ISO 13786 Errata corrige 1 del 15.3.2011 alla UNI EN ISO 13786:2008.

23. UNI EN ISO 13788 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo
24. UNI EN ISO 13789 Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.
25. UNI EN ISO 13790 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
26. UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
27. EN ISO 52016-1 Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation procedures

14.2 Legislazione

28. Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23/04/2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
29. Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione);
30. Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi;
31. Informazioni provenienti dalle istituzioni, dagli organi e dagli organismi dell'Unione Europea. Orientamenti che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per calcolare livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi (2012/C 115/01);
32. Raccomandazione (UE) 2016/1318 della Commissione del 29 luglio 2016 recante orientamenti per la promozione degli edifici a energia quasi zero e delle migliori pratiche per assicurare che, entro il 2020, tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero;
33. Legge 9.1.91, n. 10 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.
34. D.P.R. 26.8.93, 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 all'articolo 4 comma 4 della Legge 10/91.
35. D.Lgs. 19.8.2005, n. 192 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
36. D.Lgs. 30.5.2008, 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.
37. D.Lgs. 3.3.2011, n. 28 Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
38. Decreto Legge 4.6.2013 n.63 Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.
39. Legge 3.8.2013, n. 90 Conversione in legge, 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, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché' altre disposizioni in materia di coesione sociale.

40. Decreto 26.6.2015 Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle precisazioni e dei requisiti minimi degli edifici.
41. Decreto 26.6.2015 Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle precisazioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici.
42. Decreto 26.6.2015 Adeguamento del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

14.3 Altri riferimenti

43. ENEA, G. Centi, D. Iatauro, S. Morigoni, C. Romeo, P. Signoretti, L. Terrinoni, "Valutazione delle prestazioni energetiche (EP) negli edifici nZEB", Report RdS/PAR2016/264
44. Chiarimenti In Materia Di Efficienza Energetica In Edilizia (Raccolta n.1 FAQ del MISE. Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto requisiti minimi", Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto Linee guida APE", ottobre 2015
45. Chiarimenti In Materia Di Efficienza Energetica In Edilizia (Raccolta n.2 FAQ del MISE. Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto requisiti minimi", Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto Linee guida APE", agosto 2016
46. Ministero dello Sviluppo Economico – Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale, 2015.
47. Ministero dello Sviluppo Economico – Piano d'Azione Nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero, 2015.
48. Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Report "Energy Performance Certificates across the EU";
49. ENEA, MiSE "Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN)";
50. Kalle Kuusk, Targo Kalamees, Mikk Maivel, Cost effectiveness of energy performance improvements in Estonian brick apartment buildings, EnergyBuild. 77 (2014) 313–322.