

**Risultati del monitoraggio
del quartiere Casanova a Bolzano sud**



Istituto per le Energie Rinnovabili dell'EURAC

Documento elaborato da:
Marco Castagna
Daniele Antonucci

Documento elaborato da:

Marco Castagna
Daniele Antonucci

Foto copertina:

EURAC/Alex Filz

EURAC

Viale Druso, 1 · 39100 Bolzano/Bozen – Italy
www.eurac.edu

EURAC Istituto per le Energie Rinnovabili

Via Luis-Zuegg, 11 · 39100 Bolzano/Bozen – Italy
Tel. +39 0471 055 600 · Fax +39 0471 055 699
renewable.energy@eurac.edu

Risultati del monitoraggio del quartiere Casanova a Bolzano sud
Campagna “Energia Sostenibile in Europa-SEE” in Alto Adige
Rapporto finale

Indice

4	1. Sintesi
6	2. Introduzione
8	3. Il quartiere
10	3.1 Concetto energetico del quartiere
10	3.2 Attività di EURAC
10	3.3 Acquisizione e presentazione dei risultati di monitoraggio
12	4. Questionari
13	4.1 Introduzione
13	4.2 Metodologia
13	4.3 Risparmio energetico, percezione e formazione
14	4.4 Percezione del comfort negli edifici
15	4.5 Tecnologia e risparmio energetico
17	5. Discussione
18	5.1 Acqua calda sanitaria
18	5.2 Riscaldamento
23	5.3 Energia elettrica
24	5.4 Comfort interno – temperature
27	6. Conclusioni
29	7. Allegati
30	7.1 Scheda castello EA1
36	7.2 Scheda castello EA2
46	7.3 Scheda castello EA3
51	7.4 Scheda castello EA4
53	7.5 Scheda castello EA5
58	7.6 Castello EA6
62	7.7 Scheda castello EA7
65	7.8 Castello EA8

1

Sintesi

Il quartiere Casanova, nella zona sud di Bolzano, fornisce alloggio a circa 3000 persone in circa 950 appartamenti. I proprietari degli edifici sono il locale Istituto per l'Edilizia Sociale dell'Alto Adige (IPES) e alcune cooperative.

Il Comune di Bolzano si è impegnato in prima persona nella gestione e direzione della pianificazione del quartiere, con l'obiettivo di progettare un "quartiere modello" secondo criteri di innovazione e qualità. Questa scelta ha permesso al Comune di definire e imporre norme specifiche e stringenti per garantire il raggiungimento degli obiettivi urbanistici.

L'approccio utilizzato nella progettazione ha incluso diverse azioni a più livelli: dal concetto urbanistico, al concetto energetico, ai concorsi architettonici per i singoli lotti.

Il concetto urbanistico

Il concetto urbanistico lasciava una sostanziale libertà al concreto sviluppo architettonico e tecnologico dei singoli interventi, consegnandoli alla professionalità ed alla sensibilità dei progettisti incaricati da IPES e dalle cooperative.

La progettazione del concetto è stata affidata, attraverso gara internazionale, al gruppo di lavoro interdisciplinare coordinato da Frits van Dongen di Amsterdam e prevede la costruzione di otto cosiddetti castelli edilizi, che consistono in 3-4 edifici realizzati attorno a uno spazio verde comune.

Nell'arco dei primi sei mesi il gruppo di progettazione urbanistica ha svolto a Bolzano sei workshop con la partecipazione diretta dei rappresentanti politici e tecnici del Comune degli enti di fornitura dei servizi, dei rappresentanti di IPES e le cooperative e del consiglio di circoscrizione di quartiere.

Il concetto energetico

Il concetto energetico si basa su tre obiettivi principali: ridurre il consumo di calore per il riscaldamento, razionalizzare l'uso di fonti energetiche tradizionali e utilizzare le fonti energie rinnovabili. Per raggiungere questi obiettivi il concetto ha previsto un sistema di teleriscaldamento al servizio dell'intero quartiere con recupero di calore da un inceneritore e delle linee guida sul fabbisogno energetico per i singoli lotti.

I limiti di fabbisogno energetico per il riscaldamento stabiliti variano tra 30 e 50 kWh/m²a, in funzione del volume dei singoli edifici. Per rispettare il limite imposto i progettisti hanno agito due fronti: in primo luogo attraverso la riduzione delle dispersioni, adottando elevati valori di isolamento e scegliendo una forma compatta e regolare dell'edificio che permette di massimizzare il volume minimizzando la superficie disperdente; in secondo luogo ottimizzando gli apporti solari attraverso la variazione dell'altezza degli edifici a seconda della loro posizione, limitando così gli effetti di ombreggiamento. Infatti, gli edifici a nord di un castello sono più elevati di quelli a sud.

Per quanto riguarda lo sfruttamento di fonti rinnovabili, come richiesto nel concetto energetico è stato fatto largo uso di energia solare per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'elettricità. Uno dei castelli sfrutta anche l'energia geotermica: per il raffrescamento estivo degli ambienti, per il preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria e il riscaldamento degli ambienti nel periodo invernale utilizza una pompa di calore geotermica che scambia calore con il terreno mediante la platea di fondazione.

Il quartiere Casanova è stato inserito all'interno della campagna "Sustainable Energy Europe (SEE)" promossa in Italia dal Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare. Il Comune, la Provincia e il quartiere stesso sono stati riconosciuti come esempi brillanti a livello nazionale per l'implementazione di azioni nel campo dell'efficienza energetica e dell'uso delle fonti rinnovabili, per la riduzione delle emissioni di CO₂.

Monitoraggio da parte di EURAC

Come ulteriore azione concreta nell'ambito della partnership attivata con il Ministero dell'Ambiente, nel contesto dell'attuazione della campagna SEE, EURAC ha monitorato i consumi energe-

tici. L'intera campagna di raccolta dati ha avuto come obiettivo la verifica delle effettive prestazioni energetiche e il confronto con i valori di progetto (potenziali), e l'analisi del livello di comfort (qualità dell'aria, temperatura ed umidità) in alcuni appartamenti campione.

I risultati del monitoraggio hanno evidenziato che gli edifici hanno un consumo di energia primaria molto diverso tra loro, che passa da 94 kWh/m²a a 201 kWh/m²a. La maggior parte degli edifici ha consumi diversi da quelli previsti in fase di pianificazione. Il valore relativo al consumo di calore per il riscaldamento è tra quelli che più si discostano dai consumi previsti; in particolare in un caso il consumo arriva ad essere più che doppio rispetto a quanto pianificato (+167%).

Sono state individuate sia delle cause tecniche, sia delle cause comportamentali per tale scostamento. Il consumo totale dell'edificio, infatti, è dato dalla interazione tra involucro edilizio, tipologia, manutenzione e gestione degli impianti tecnologici e comportamento dell'utente.

La causa principale sembra essere proprio l'interazione tra uomo ed edificio attraverso un utilizzo e una manutenzione/gestione dello stesso non sempre ottimali. In generale si nota come siano gli edifici più semplici dal punto di vista tecnico a consumare meno energia rispetto agli edifici più complessi. Tale differenza, secondo l'analisi di EURAC, si spiega con una certa difficoltà a utilizzare correttamente gli appartamenti più complessi, soprattutto quando sono presenti tecnologie particolari come la ventilazione controllata. L'utilizzo di queste tecnologie, infatti, presuppone un cambiamento nell'utilizzo e nella gestione delle abitazioni.

Per ottimizzare il funzionamento energetico dell'edificio e riportare le prestazioni reali vicine alle prestazioni promesse in fase di pianificazione, serve dunque un cambiamento a cui, secondo questo studio, si può arrivare solo continuando a formare e coinvolgere gli utenti.



Figura 1: Quartiere Casanova

2

Introduzione

Negli ultimi anni, l'utilizzo delle energie rinnovabili in Alto Adige è aumentato in modo considerevole. Tale aumento è stato possibile soprattutto grazie alle misure adottate dalla Provincia autonoma di Bolzano che hanno puntato sulla forte promozione dell'utilizzo di tali tecnologie. Già da tempo l'Alto Adige copre il proprio fabbisogno energetico a prescindere in larga misura dalle fonti energetiche fossili. L'obiettivo di Klimaland 2050 è di aumentare la percentuale di fabbisogno energetico coperto da energie rinnovabili fino ad almeno il 75% entro il 2020 e fino a oltre il 90% entro il 2050. Per raggiungere tale obiettivo sarà fondamentale puntare sullo sviluppo di nuove tecnologie, su un'adeguata incentivazione, ma anche su adeguate campagne d'informazione e sensibilizzazione che ne consentano la diffusione su larga scala.

Nell'ambito della campagna "Sustainable Energy Europe", il quartiere Casanova di Bolzano è stato scelto come buona pratica. In questo contesto è stata stipulata una convenzione tra Ministero dell'Ambiente e Provincia autonoma di Bolzano che ha affidato ad EURAC il ruolo di supporto tecnico operativo. Questa pubblicazione raccoglie i principali risultati dello studio EURAC sul monitoraggio strumentale del quartiere Casanova.

3

Il quartiere

Bolzano è una città caratterizzata da una sostanziale stazionarietà demografica e, al tempo stesso, da sempre crescenti domande di suolo edificabile e da un costante fabbisogno arretrato di abitazioni. Negli anni 2000 il Comune di Bolzano, per far fronte a un fabbisogno immediato di circa 1000 alloggi (nel solo settore dell'edilizia sociale), ha scelto di avviare un'operazione urbanistica straordinaria, acquistando alcuni terreni agricoli sul libero mercato, in alternativa alle classiche manovre espropriative, e di trasformarli poi in aree edificabili per finalità sociali. Partendo da questa esigenza abitativa, il Comune si è impegnato in prima persona nella gestione e direzione dell'iter, dalla pianificazione alla realizzazione con l'obiettivo di progettare un "quartiere modello" secondo criteri d'innovazione e qualità. Questa scelta ha permesso al Comune di definire e imporre norme specifiche e stringenti per garantire il raggiungimento degli obiettivi urbanistici.

La progettazione del piano è stata affidata, attraverso gara internazionale, al gruppo di lavoro interdisciplinare coordinato da Frits van Dongen di Amsterdam.

Il piano lasciava una sostanziale libertà al concreto sviluppo architettonico e tecnologico dei singoli interventi, consegnandoli alla professionalità e alla sensibilità dei progettisti incaricati dai proprietari, l'Istituto per l'edilizia sociale IPES e le diverse cooperative coinvolte.



Figura 2: Planimetria quartiere Casanova

Il concetto urbanistico che ha vinto il concorso architettonico ha stabilito la costruzione di otto così chiamati "castelli" che consistono in 3-4 edifici che circondano un'area verde comune.

3.1 Concetto energetico del quartiere

Per garantire un alto livello di efficienza energetica, prima del concorso architettonico – urbanistico, è stato elaborato un piano energetico per il quartiere che è parte vincolante delle norme di realizzazione degli edifici nell’area.

Il concetto di ottimizzazione energetica del quartiere si articola nel raggiungimento di tre obiettivi che riguardano sia il singolo edificio sia gli aspetti impiantistico - energetici dell’intero quartiere.



Figura 3: Concetto energetico del quartiere Casanova

Per ridurre il fabbisogno di energia termica lo standard CasaClima (indice termico 30 – 50 kWh/m²/anno in dipendenza del rapporto superficie/volume delle singole costruzioni) è stato reso obbligatorio per tutti gli edifici. Per raggiungere questo livello di efficienza energetica è stato necessario adottare un sistema di coibentazione molto efficiente. In molti casi è stato installato un sistema di ventilazione forzata con recupero di calore.

Il riscaldamento degli edifici e la fornitura dell’acqua calda sanitaria è garantito attraverso l’allacciamento alla rete di teleriscaldamento alimentata dall’inceneritore di Bolzano e da una centrale di teleriscaldamento a gas metano.

Secondo la pianificazione, le misure adottate avrebbero portato a una riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento e l’acqua calda sanitaria del 65% rispetto ai consumi di edifici costruiti rispettando la legge 10/91 allora in vigore.

Per ridurre l’impatto negativo del traffico automobilistico, è stata realizzata una sola strada che passa attraverso l’intero quartiere e i parcheggi sono collocati interamente in garage sotterranei. Con una nuova fermata del treno il quartiere è allacciato alla rete ferroviaria regionale e inoltre è collegato sul lato est direttamente alla vasta rete ciclabile di Bolzano.

Per ridurre ulteriormente l’impatto ambientale l’acqua piovana viene recuperata per l’irrigazione dei giardini e tutti i tetti degli edifici sono tetti verdi.

3.2 Attività di EURAC

EURAC ha condotto una serie di attività per eseguire il monitoraggio energetico del quartiere. Innanzitutto sono stati definiti gli obiettivi del monitoraggio. In base a questi sono stati definiti i dati rilevanti da misurare e sono stati pianificati e installati sensori di rilevamento dati (per esempio temperatura, umidità, contatori di energia elettrica, ecc.) che rilevano i dati a brevi intervalli (ogni cinque minuti). Questi sensori sono stati collegati a dei sistemi di acquisizione e di trasmissione dei dati. I dati trasmessi sono stati salvati nel server centrale di EURAC. Le grandi quantità di dati raccolti sono state elaborate ed interpretate per identificare gli aspetti d’interesse, i dati rilevanti, gli andamenti temporali, oppure per identificare aspetti critici del sistema energetico.

Oltre a registrare i dati misurati, l’analisi di EURAC si è concentrata sulla percezione del comfort da parte di chi abita gli edifici. Queste informazioni sono state raccolte attraverso dei sondaggi tra gli inquilini e rappresentano un aspetto fondamentale per la definizione del “successo” di certe tecnologie o concetti. Infatti, consumo energetico a parte, è proprio la sensazione di benessere legata agli ambienti e la qualità di vita che rappresentano un fattore importante per la futura diffusione di certe tecnologie.

3.3 Acquisizione e presentazione dei risultati di monitoraggio

Negli allegati vengono presentate le schede dei castelli contenenti i risultati della campagna di monitoraggio. Ogni scheda contiene una descrizione architettonica e termotecnica del castello, una descrizione dell’impianto di monitoraggio installato (se presente) e i dati rilevati. I dati comprendono energia elettrica, energia termica e comfort ambientale dei vari edifici riportati con tabelle e grafici in modo da rendere immediatamente confrontabili i risultati tra loro. I risultati del monitoraggio sono confrontati e discussi nel capitolo 5. Nel corso del progetto di monitoraggio, sono stati ricalcolati gli indici termici degli edifici con il protocollo Pro CasaClima 2013. L’indice termico può pertanto differire dai certificati originali prodotti con ProCasaClima 2.3.

3.3.1 Energia elettrica

I dati aggregati sul consumo di energia elettrica dei castelli sono stati forniti per gentile concessione dall’Azienda Elettrica di Bolzano. Tali dati sono poi stati normalizzati per numero di appartamenti e sono riferiti sia alle utenze domestiche sia condominiali. Gli analizzatori di corrente elettrica, installati da EURAC nei castelli EA1 ed EA2, hanno permesso di valutare anche la distribuzione molto dettagliata del consumo elettrico negli appartamenti selezionati. I dati sono rappresentati con dei grafici carpet plot che evidenziano in modo immediato i consumi per tutto l’anno.

3.3.2 Acqua calda sanitaria

I consumi di acqua calda sanitaria sono stati ricavati dai dati di consumo totale di calore di ogni castello forniti per gentile concessione dell’azienda che gestisce il teleriscaldamento (SEL). Questi dati comprendono sia il consumo per l’acqua calda sanitaria, sia per il riscaldamento e hanno un timestep variabile da alcuni secondi a svariate ore.

Il calcolo del consumo di calore esclusivamente per acqua calda sanitaria si basa sulla potenza media fornita tra l’1 maggio e il 30 settembre, periodo in cui il riscaldamento non è attivo. Poiché nel caso di strutture residenziali la potenza termica per la produzione di acqua calda sanitaria rimane pressoché costante per tutto l’anno, questo valore rispecchia la potenza fornita in tutto il corso dell’anno.

Se presenti dei collettori solari è stato aggiunto a tale potenza un contributo variabile mensilmente da parte dell’impianto solare termico a seconda dell’irraggiamento.

Dall’elaborazione dei dati sono stati calcolati i consumi di calore annuali per la produzione di acqua calda sanitaria dei vari castelli. I consumi reali sono stati messi in relazione con i consumi calcolati con la norma UNITS 11300.

3.3.3 Riscaldamento

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale è stato ricavato dalla differenza tra il consumo di calore totale (dato fornito da SEL) e il consumo di calore per la produzione di acqua calda sanitaria come esposto nel paragrafo 3.3.2.

3.3.3.1 Firma energetica

Per ogni castello, inoltre, è stata calcolata la firma energetica. La firma energetica è uno strumento che permette di rappresentare graficamente il consumo energetico di calore in funzione della temperatura esterna. Attraverso delle misure giornaliere dei consumi e della temperatura esterna si ottiene una “nuvola” di punti intorno ad una retta fittizia. La firma energetica dell’edificio rappresenta il reale consumo del sistema edificio - impianto. Nella Figura 4 si può notare che una parte dei consumi è indipendente dalla temperatura esterna e può essere interpolata con una linea orizzontale, un’altra parte è inversamente proporzionale alla temperatura.

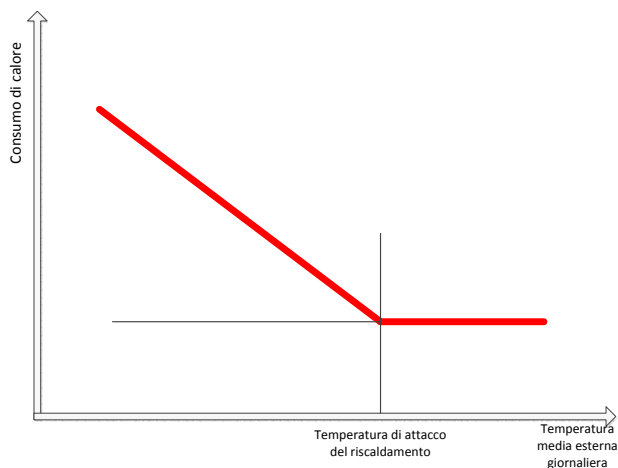


Figura 4: Esempio di firma energetica base in cui sono raffigurate le rette fittizie

La linea orizzontale rappresenta la base di consumo dato dall’acqua calda sanitaria mentre la parte pendente rappresenta il consumo di calore per il riscaldamento.

Le firme energetiche degli edifici sono state messe in relazione alle firme ideali calcolate con i consumi mensili forniti dal protocollo CasaClima.

Inoltre, la firma energetica è stata calcolata anche per ogni stagione invernale in modo da apprezzare possibili cambiamenti nella gestione del condominio.

3.3.4 Comfort

Al fine di definire il comportamento termoigrometrico e il comfort interno che caratterizza gli appartamenti, sono state rilevate temperatura e umidità all’interno di alcuni appartamenti campione.

Il comfort interno nella stagione invernale ed estivo è stato analizzato utilizzando il modello termoigrometrico definito dall’American Society of Heating Ventilation and Air-conditioning Engineers (ASHRAE standard 55-2004). Tale normativa considera come valore accettabile di comfort un’area ben delimitata, calcolata secondo la combinazione di fattori termici-ambientali interni (temperatura operativa, umidità e velocità dell’aria) e fattori personali (abbigliamento e metabolismo).

La temperatura operativa (temperatura uniforme dell’aria e delle pareti di un ipotetico ambiente con il quale il corpo umano scambia la medesima potenza termica per radiazione e convezione scambiata con l’ambiente reale) necessaria per il calcolo del comfort è stata considerata pari alla temperatura dell’aria. In tutti gli edifici, infatti, le superfici esterne sono ben isolate e la temperatura superficiale delle pareti esterne è molto vicina dell’aria interna.

Per il comfort invernale è stato utilizzato un fattore di abbigliamento $CLO = 1$ (resistenza termica di un abito europeo di mezza stagione) in regime invernale, mentre $CLO = 0,5$ (mutande, camicia con maniche corte, pantaloni leggeri, calzini leggeri, scarpe) in regime estivo. Per il fattore di metabolismo è stato utilizzato un valore $MET=1,2$ (attività sedentaria) costante per tutto l’anno.

3.3.5 Qualità dell’aria

Il monitoraggio ha incluso anche una prima valutazione della qualità dell’aria interna tramite la rilevazione di anidride carbonica nella zona giorno di alcuni appartamenti. La CO_2 è infatti il gas metabolico più abbondante e rappresenta un buon indicatore della concentrazione di altri bioeffluenti. La concentrazione di CO_2 è inoltre utilizzata come indicatore surrogato della ventilazione riguardo alle valutazioni di adeguatezza della diluizione degli inquinanti prodotti dagli occupanti ed emessi internamente dalle varie fonti (materiali, prodotti, combustioni). Aspetto fondamentale per un’analisi dettagliata del comfort interno e della qualità dell’aria, risulta quindi essere l’interazione tra il comportamento degli utenti nell’apertura/chiusura delle finestre e la concentrazione di anidride carbonica.

4

Questionari

4.1 Introduzione

Al fine di raccogliere dati qualitativi relativi al livello di soddisfazione e comfort percepito dagli inquilini, nel periodo compreso tra il 23.11.2010 e il 17.01.2011 sono stati distribuiti, raccolti ed elaborati dei questionari. Il questionario poneva domande relative agli abitanti e all'edificio, agli aspetti sociali, al benessere/comfort e alla soddisfazione abitativa.

Sono state contattate tutte le famiglie che abitavano nel quartiere Casanova in quel periodo, in tutto 405 famiglie residenti. Le famiglie erano state precedentemente informate del progetto d'indagine in corso per mezzo di lettera richiedendo così anche la loro collaborazione. I questionari completati sono stati 221, tutti compilati da inquilini degli appartamenti costruiti da cooperative, dal momento che gli edifici di IPES non erano ancora ultimati al momento del sondaggio.

4.2 Metodologia

La raccolta dei dati è stata realizzata tramite due questionari che sono stati forniti direttamente: il questionario di tipo familiare e quello personale.

Il questionario familiare veniva letto e compilato alla presenza dall'intervistatore da una persona maggiorenne scelta tra i residenti nell'appartamento.

Ogni membro della famiglia ha poi compilato un questionario di tipo personale.

Un problema fondamentale di questo studio è la mancanza di dati di un gruppo di confronto. Potrebbe essere quindi che gli individui interessati siano particolarmente critici/ottimisti oppure che le domande siano fuorvianti. Pertanto l'interpretazione dei risultati deve essere limitata alla descrizione dei fenomeni rilevati e non è possibile stabilire una relazione causale tra i fenomeni misurati e gli standard energetici degli edifici residenziali.

4.3 Risparmio energetico, percezione e formazione

È possibile analizzare alcune risposte del questionario in relazione al titolo di studio dell'intervistato per valutare l'emergere di eventuali elementi caratteristici. Una domanda che si presta molto bene a questa valutazione è il livello d'importanza che ciascuno degli intervistati assegna al risparmio energetico nello svolgimento delle attività di vita quotidiana.

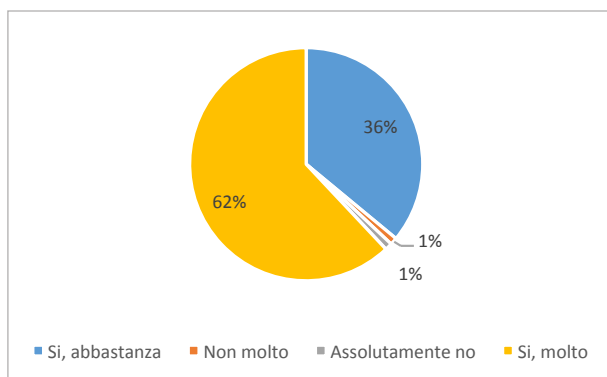


Figura 5: Importanza del risparmio energetico per gli intervistati

Dal grafico si nota immediatamente che più della metà degli intervistati sceglie la risposta più alta della scala, assegnando quindi al risparmio energetico un posto molto importante nella propria vita. A questi si aggiunge ancora un terzo degli intervistati che considera il risparmio energetico abbastanza importante. Per la quasi totalità degli intervistati dunque, la questione del risparmio energetico assume il ruolo, si potrebbe dire, di "guida morale" delle proprie abitudini quotidiane. Una percentuale questa che supera anche la somma delle quote di possessori di titoli di studio superiori e universitari, pari cioè al 79%. In questo caso un'osservazione per grado d'istruzione mostrerebbe una relazione tra titolo di studio e valore che si assegna al tema del risparmio energetico nella propria vita. Tale valore cresce al crescere del titolo di studio, ma non raggiunge il punto più alto laddove il livello del titolo di studio è il più elevato.

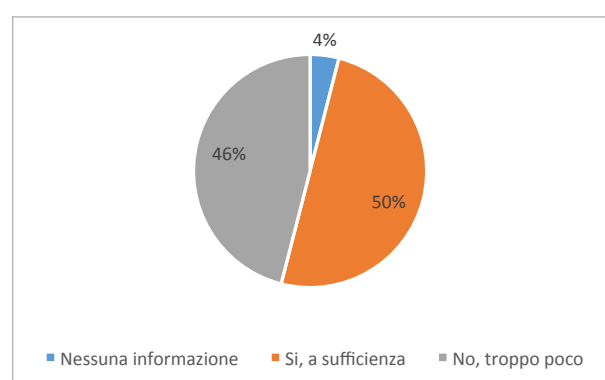


Figura 6: Informazioni ricevute dagli intervistati sulle soluzioni tecniche presenti negli edifici

L'osservazione dei valori, quali ad esempio l'importanza del risparmio energetico, degli orientamenti e degli atteggiamenti, così come le motivazioni che hanno influito la scelta confermerebbero una sensibilità al tema ambientale piuttosto elevata da parte degli intervistati. Inoltre la motivazione ha una duplice fonte: è indiscutibile che vi sia una grande parte di persone fortemente motivata, attiva nella ricerca d'informazioni su più fronti, ma è altrettanto vero che una grande parte è rappresentata da quelle persone che provengono da cooperative edilizie, dove i gradi di libera scelta sono molto più bassi e i processi decisionali si svolgono in modo diverso. La motivazione, però, non colma la carenza d'informazioni necessarie ad affrontare le difficoltà che l'implementazione di soluzioni tecniche impone. Come si vede nel grafico successivo quasi la metà degli intervistati afferma che le informazioni sull'utilizzo della tecnologia si sono rivelate insufficienti e per un ristretto 4% sono addirittura mancate.

4.4 Percezione del comfort negli edifici

Dall'analisi delle risposte della parte del questionario dedicata alla valutazione del comfort interno, emerge solamente una sensazione termica tra caldo e abbastanza caldo durante il periodo estivo. Nonostante ciò, sia per la temperatura che per l'umidità dell'aria non sembrano esserci problemi significativi.

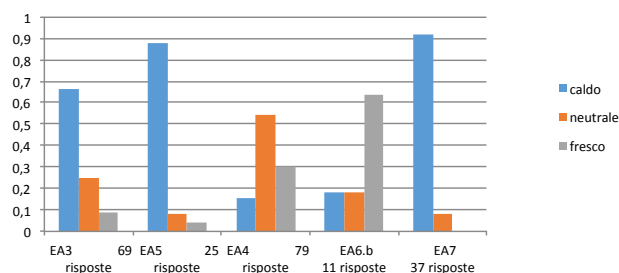


Figura 7: Sensazione termica estiva all'interno degli edifici

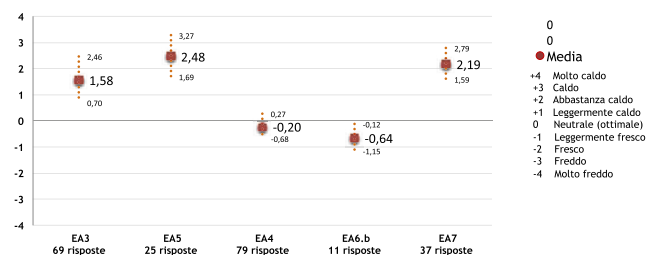


Figura 8: Valutazione termica estiva all'interno degli edifici

In una scala da +4 molto caldo a -4 molto freddo la valutazione media della temperatura nell'edificio durante il periodo estivo si attesta su un valore di poco inferiore a 1, cioè leggermente caldo, così come durante il periodo invernale su un livello di poco superiore. Ciò che colpisce maggiormente però è l'ampiezza della deviazione dalla media che, in alcuni casi, raggiunge un livello termico tra abbastanza caldo e caldo anche durante l'inverno.

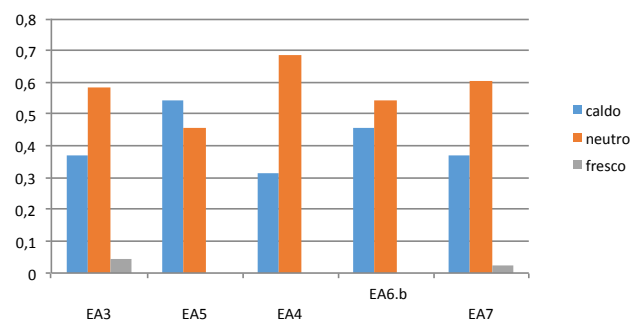


Figura 9: Sensazione termica invernale all'interno degli edifici

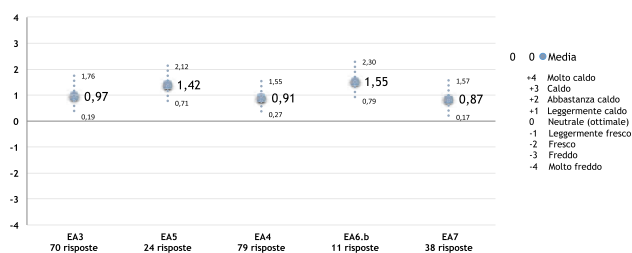


Figura 10: Valutazione termica invernale all'interno degli edifici

La percezione del livello dell'umidità dell'aria risulta molto buona durante il periodo estivo, mentre risulta secca per il periodo invernale nei palazzi dotati di ventilazione controllata (EA3 – EA4 – EA5 – EA6.b).

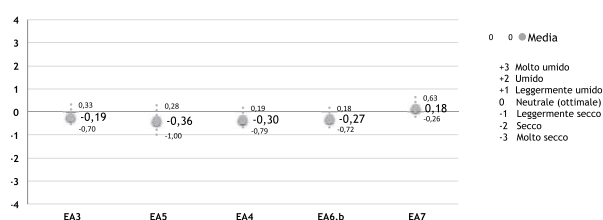


Figura 11: Valutazione dell'umidità dell'aria estiva all'interno degli edifici

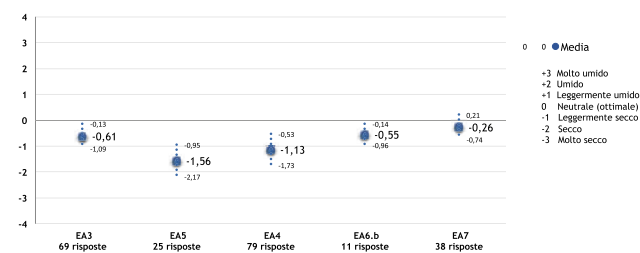


Figura 12: Valutazione dell'umidità dell'aria invernale all'interno degli edifici

I giudizi sulla qualità dell'aria sono in media positivi: oltre la metà degli intervistati non considera l'aria vecchia, stantia, fumosa e maleodorante, ma abbastanza o molto pulita. Per quasi il 30% degli intervistati l'aria è comunque polverosa, anche se in misura diversamente avvertita; ciò come si vedrà in seguito è un effetto legato all'impianto di ventilazione controllata e ai necessari lavori di manutenzione, quali ad esempio la pulizia dei filtri dell'aria. Uno sguardo agli svantaggi percepiti rispetto a una casa tradizionale, mostra una situazione complessivamente positiva. Quasi la metà degli intervistati non vive alcuno svantaggio. Appena un quinto degli intervistati fa riferimento all'obbligo, con un sistema di ventilazione meccanica, di tenere porte e finestre chiuse. Il 17% degli intervistati considera invece uno svantaggio la dipendenza dalle soluzioni tecniche. Nonostante gli aspetti di svantaggio che un edificio con soluzioni di risparmio energetico può portare con sé, guardando alla soddisfazione rispetto alla casa precedente, i valori mostrano un vero successo: molto più soddisfatto è il 62% degli intervistati, a cui si aggiunge il 33% che dichiara di essere abbastanza più soddisfatto rispetto alla situazione abitativa precedente. La soddisfazione non diminuisce neppure nel confronto temporale tra l'inizio e adesso. Il grafico mostra come la soddisfazione nel tempo, quindi attraverso l'esperienza, sia sempre aumentata.

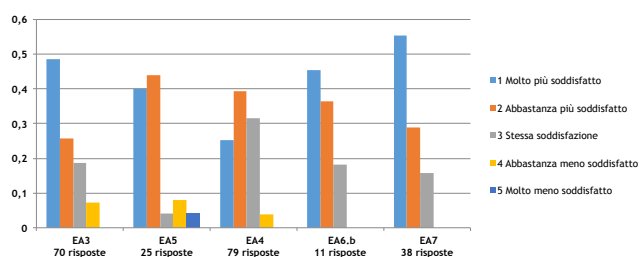


Figura 13: Soddisfazione della situazione abitativa iniziale

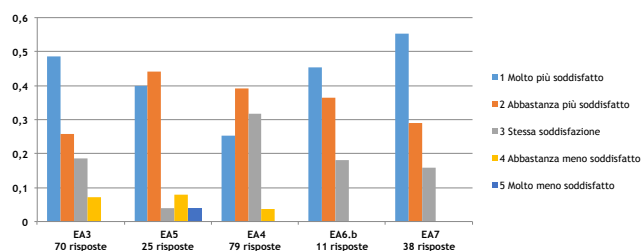


Figura 14: Soddisfazione della situazione abitativa attuale

Se per comfort si intende il livello di temperatura, di umidità dell'aria e la possibilità di mantenere un livello costante e quella di regolazione, dalle risposte emerge che anche le case a basso consumo energetico presentano problemi in tal senso. La percentuale di chi lamenta l'aria secca o addirittura troppo secca in inverno non è da sottovalutare, anche se complessivamente tra i vantaggi percepiti rispetto a una casa tradizionale, il livello termico costante risulta la risposta più frequente. Anche i giudizi sulla qualità dell'aria non esprimerebbero un pieno successo: la qualità dell'aria è avvertita polverosa per più di un quarto degli intervistati. Ciononostante, i vantaggi dei comfort sono superiori rispetto a una casa tradizionale, e ciò è reso evidente dal grado di soddisfazione che aumenta in ogni caso sia nel confronto con le case di amici che nel confronto temporale, quello cioè tra la soddisfazione all'inizio e quella attuale. L'autonomia nel sistema di ventilazione meccanica però rende le persone più soddisfatte rispetto a chi ha un sistema di tipo centralizzato.

4.5 Tecnologia e risparmio energetico

La tecnica presente all'interno degli appartamenti negli edifici a basso consumo energetico è rappresentata sostanzialmente dal sistema di ventilazione controllata, sia esso autonomo o centralizzato per i castelli EA3 – EA4 – EA5 – EA6.b. In questo capitolo, quindi, si sono presi in esame solamente questi quattro condomini. La tipologia della ventilazione controllata è uniformemente distribuita tra gli intervistati:

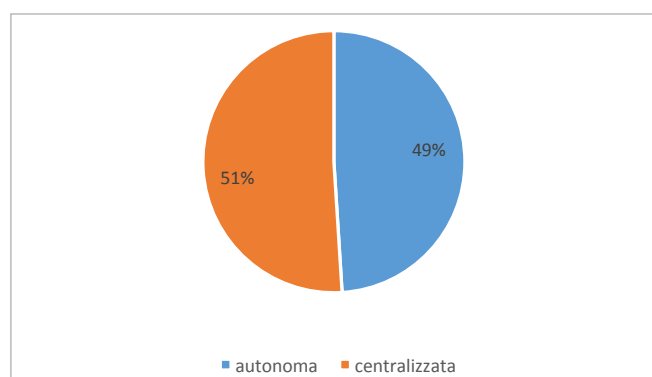


Figura 15: Tipologia di ventilazione controllata nell'abitazione degli intervistati

I problemi tecnici emersi sono per lo più da ricondurre alla rumorosità dell'impianto e a difetti di funzionamento non chiaramente identificabili. Il rumore causato dall'impianto di ventilazione è un elemento problematico che come vedremo si ripresenta.

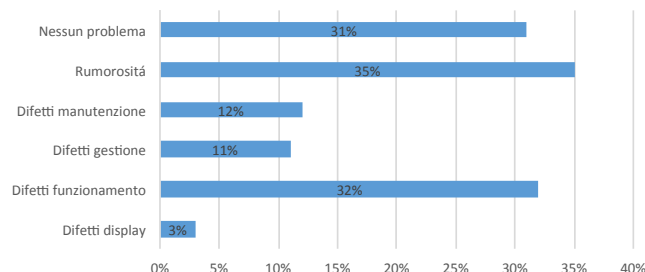


Figura 16: Problemi tecnici riscontrati nell'impianto di ventilazione controllata

Scomponendo le risposte per tipo di ventilazione emerge che a lamentarsi in misura maggiore della rumorosità sono coloro che hanno un impianto di ventilazione autonomo.

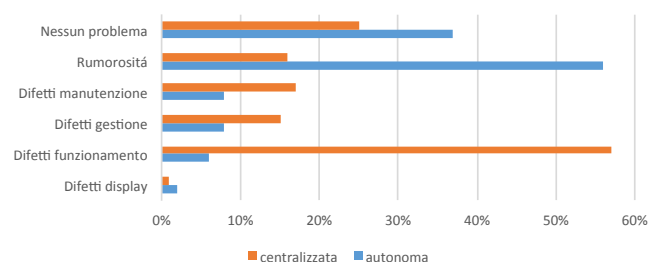


Figura 17: Problemi tecnici riscontrati per tipologia di ventilazione controllata

Una grande differenza tra i due impianti appare evidente anche nella percentuale di risposte assegnate a difetti di funzionamento di cui sembrano soffrire maggiormente invece gli impianti a ventilazione centralizzata. Complessivamente si nota come la percentuale di chi dichiara di non aver mai avuto problemi con l'impianto sia più alta del 12% negli appartamenti con sistema di ventilazione autonoma rispetto a a quelli con ventilazione centralizzata.

Un'ulteriore serie di domande ripropone la questione agli intervistati: quali altri problemi sono emersi anche in altri ambiti a causa del sistema di ventilazione e in che misura?

La rumorosità dell'impianto rimane un punto debole per gli impianti autonomi. Più di un quinto lamenta inoltre di avere problemi da grandi fino a molto grandi causati dal rilascio di odori fastidiosi dell'impianto centralizzato.

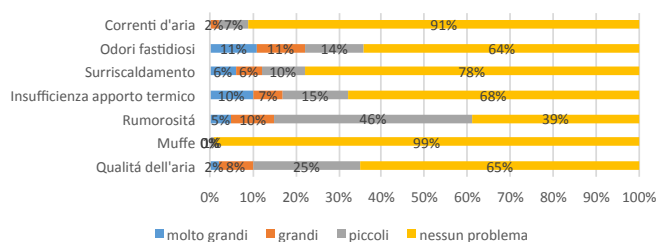


Figura 18: Problemi tecnici riscontrati a causa dell'impianto di ventilazione controllata

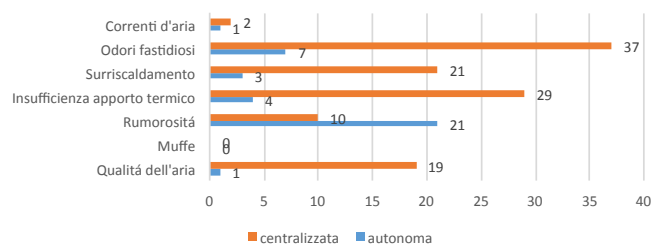


Figura 19: Problemi tecnici riscontrati a causa dell'impianto di ventilazione controllata per tipologia di ventilazione controllata

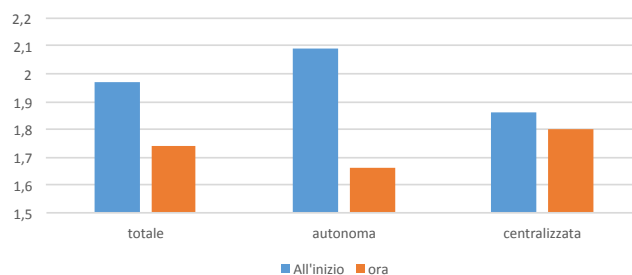


Figura 21: Soddisfazione iniziale e attuale dell'impianto di ventilazione controllata

La differenza nelle risposte tra i due gruppi, suddivisi sulla base del tipo d'impianto installato in casa, sottolinea ancora una volta che l'impianto centralizzato rispetto a quello autonomo porta in misura maggiore sia problemi tecnici legati alla tecnologia dell'impianto stesso – come abbiamo visto difetti di funzionamento, di gestione e di manutenzione – che problemi collaterali come odori fastidiosi o l'insufficiente apporto termico.

Dalle annotazioni fuori dal questionario è possibile comprendere in maniera più dettagliata alcuni dei problemi che si presentano con l'impianto di ventilazione. In alcuni edifici, ad esempio, il sistema incorre in numerosi malfunzionamenti come il blocco del sistema centrale, nel caso di spegnimento dell'impianto da parte di più condomini. Altri esempi sono guasti ai motori o al sistema di ricircolo dell'aria che immette nell'appartamento cattivi odori, soprattutto in precise fasce orarie "a causa della vicinanza ai camini" spiega un intervistato. Difetti di progettazione sembrano aver interessato quindi anche i tubi dei camini che in seguito sono stati corretti. Il campione si divide a metà nel giudicare la possibilità di regolazione del sistema di ventilazione. Non stupisce quindi che più di due terzi di coloro che reputano che ci sia poca possibilità di regolazione ne possieda uno centralizzato. L'impossibilità di regolare in maniera differenziata la temperatura nelle diverse stanze, tipica del sistema centralizzato, rappresenterebbe quindi un problema proprio a causa degli sbalzi di temperatura a cui è soggetto l'edificio e anche all'interno dello stesso appartamento tra le diverse stanze.

Se potesse scegliere andrebbe nuovamente ad abitare in un edificio a basso consumo energetico?

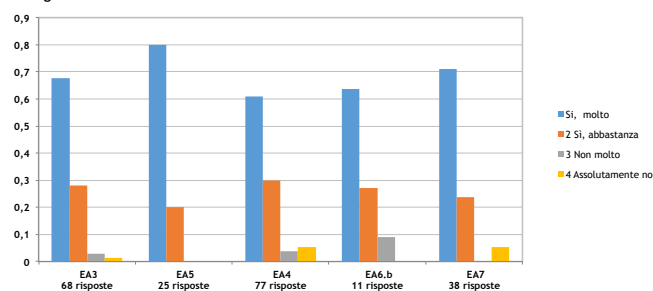


Figura 22: Soddisfazione per la scelta di un edificio a basso consumo energetico

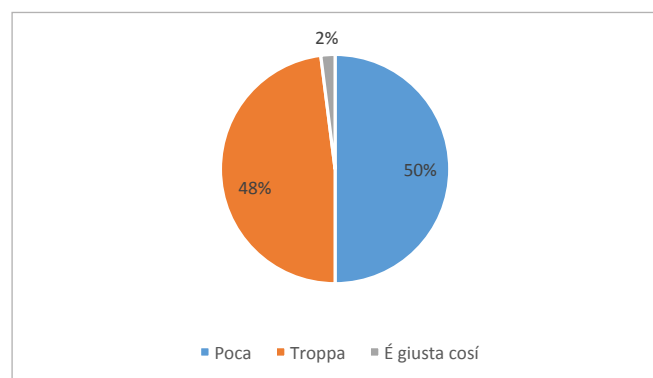


Figura 20: Valutazione sulla regolazione dell'impianto di ventilazione controllata

Le problematiche finora analizzate per entità e per specifica tipologia di sistema installato, non sembrano pregiudicare la soddisfazione della propria scelta. Infatti un'elevatissima percentuale di intervistati afferma di poter non solo consigliare ad altri un edificio a basso consumo energetico, ma addirittura di voler rifare la stessa scelta qualora si presentasse nuovamente la possibilità.

5

Discussione

Il quartiere Casanova si presenta come un quartiere sostenibile dal punto di vista energetico, soprattutto se si considera il consumo di calore per il riscaldamento invernale. Concentrarsi solo su quest'aspetto è però pericoloso poiché la diminuzione del consumo per il riscaldamento può avvenire anche a discapito di un aumento dei consumi di altri vettori energetici come l'energia elettrica. Un indicatore energetico importante per valutare e confrontare gli edifici in modo più completo è il consumo di energia primaria totale. Abbiamo considerato i seguenti servizi energetici: riscaldamento invernale, raffrescamento estivo, preparazione di acqua calda sanitaria, consumo di elettricità per le utenze e consumo elettrico condominiale. L'energia è stata calcolata dai valori di energia consumata, suddivisi secondo i diversi vettori energetici utilizzati, usando opportuni fattori di conversione, chiamati fattori di conversione in energia primaria. L'energia primaria riesce a dare una visione d'insieme sui consumi energetici degli edifici e permette di effettuare un confronto molto interessante:

	Acqua calda sanitaria	Riscaldamento	Energia elettrica utenze	Energia elettrica condominiale	Energia primaria
	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
EA1	16,28	40,07	13,20	4,29	94,47
EA2	25,66	64,82	19,81	9,36	154,07
EA3	38,85	54,06	24,07	9,14	165,30
EA4	23,12	64,79	22,56	9,84	158,55
EA5	38,07	64,11	20,64	9,41	167,68
EA6.b	36,49	66,32	30,57	14,64	201,37
EA6.a-c-d	22,03	52,96	25,04	8,70	148,54
EA7	17,23	40,32	21,46	5,32	115,92
EA8	20,21	49,72	21,41	7,15	132,18

Tabella 1: Confronto energia primaria

Nei castelli EA4 – EA6.b non è considerato nel calcolo il consumo di gas per la cottura dei cibi. Dal confronto diretto dei vari castelli appare evidente come la situazione sia molto eterogenea con valori di energia primaria annuale consumata compresi tra 94,47 kWh/m²a del castello EA1 a 201,37 kWh/m²a del castello EA6.b.

5.1 Acqua calda sanitaria

Il consumo di energia per l'acqua calda sanitaria è ragionevolmente in linea con quello previsto dalle UNITS 11300, tranne che per i castelli EA3 – EA5 – EA6.b.

Castello	Consumo medio misurato	Consumo stimato con UNITS 11300	Variazione
	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	
EA1	16,28	18,39	-11%
EA2	25,66	20,85	23%
EA3	38,85	24,83	56%
EA4	23,12	21,93	5%
EA5	38,07	23,25	64%
EA6.b	36,49	26,74	36%
EA6.a-c-d	22,03	25,84	-15%
EA7	17,23	20,50	-16%
EA8	20,21	21,20	-5%

Tabella 2: Consumi misurati, consumi stimati e variazione relativa alla produzione di acqua calda sanitaria

Si ritiene improbabile che tra i castelli ci sia un differente consumo d'acqua calda per unità di superficie. Si ipotizza, pertanto, che ci siano delle perdite di calore nel circuito di distribuzione dell'acqua come ad esempio un non ottimale isolamento delle tubazioni. Questo problema potrebbe spiegare in parte le cattive prestazioni che hanno questi tre complessi edilizi anche nei riguardi del fabbisogno di energia per il riscaldamento.

5.2 Riscaldamento

In Tabella 3 sono riportati i consumi medi misurati nei vari castelli, il consumo compensato con i gradigiorno dell'inverno bolzanino standard e la variazione rispetto al consumo calcolato con CasaClima. Per rendere confrontabile il dato di consumo misurato, infatti, occorre compensare i dati di consumo con i gradigiorno utilizzati per la certificazione CasaClima per tenere in considerazione delle influenze climatiche.

Castello	Consumo medio misurato	Consumo attribuibile all'anno di riferimento	Consumo calcolato CasaClima	Variazione
	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	
EA1	40,07	44,19	42,65	4%
EA2	64,82	70,85	46,38	53%
EA3	54,06	57,64	31,21	85%
EA4	64,79	69,08	25,91	167%
EA5	64,11	68,36	33,80	102%
EA6.b	66,32	70,72	30,59	131%
EA6.a-c-d	52,96	57,89	38,26	51%
EA7	40,32	42,99	54,65	-21%
EA8	49,72	54,83	40,26	36%

Tabella 3: Consumi misurati, consumi standardizzati e variazione con la pianificazione relativi al riscaldamento

In generale si può notare come, al momento, siano gli edifici più semplici dal punto di vista tecnico (EA1 – EA2 – EA6.a-c-d – EA8) a consumare meno energia rispetto agli edifici più complessi (EA3 – EA4 – EA5 – EA6.b).

Tale differenza nel consumo di energia potrebbe essere legata alla difficoltà degli utenti a utilizzare correttamente gli appartamenti più complessi, soprattutto quando presente un impianto di ventilazione controllata (come emerge anche dai risultati dei questionari). L'utilizzo di tali tecnologie, infatti, presuppone un cambiamento nell'utilizzo e nella gestione delle abitazioni. Per agevolare un cambiamento culturale nella gestione delle abitazioni a basso consumo energetico si consiglia di effettuare un percorso formativo rivolto agli inquilini, con una formazione tecnico-teorica affiancata da prove pratiche.

I motivi individuati che possono spiegare in larga parte l'aumento dei consumi di energia per il riscaldamento sono:

- perdite nel circuito di distribuzione,
- temperature elevate all'interno degli appartamenti,
- bocchette dell'areazione del gas non considerate nel calcolo CasaClima,
- regolazione degli impianti,
- gestione della ventilazione meccanica.

Castello	Dispersioni termiche nel circuito di distribuzione	Temperature elevate all'interno degli appartamenti	Bocchette dell'areazione del gas non considerate nel calcolo CasaClima	Regolazione degli impianti	Gestione della ventilazione meccanica
EA1		X		X	
EA2		X		X	
EA3	X	X			X
EA4		X	X	X	
EA5	X	X			X
EA6.b	X	X	X	X	
EA6.a-c-d		X		X	
EA7					
EA8		X		X	

5.2.1 Perdite nel circuito di distribuzione

Nel paragrafo 5.1 si evidenziano delle probabili perdite di calore nel circuito di distribuzione per l'acqua calda sanitaria. Tali perdite nel sistema di distribuzione sono verosimili anche per quanto riguarda il calore per il riscaldamento.

5.2.2 Influenza della temperatura interna

Le previsioni sui consumi di calore per il riscaldamento fatte con il protocollo CasaClima presuppongono una temperatura interna di 20°C. Gli appartamenti campione scelti, nella maggior parte dei casi, nel periodo di riscaldamento sono ben oltre i 20°C e in un caso arrivano a una media di 23°C, con un massiccio ricorso all'apertura delle finestre per la ventilazione naturale. Quest'utilizzo improprio dell'utente ha effetti negativi sui consumi invernali. Per far capire l'influenza della temperatura interna sui consumi di riscaldamento sono stati ricalcolati i fabbisogni di energia termica dei vari edifici con il software CasaClima con diverse temperature medie interne. I risultati sono riassunti in Tabella 5 e Tabella 6.

		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA1	BLOCCO A	45	50	55	60
	BLOCCO B	40	44	48	53
	BLOCCO C	37	42	46	51
	BLOCCO D	34	38	41	45
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA2	BLOCCO A	44	49	53	58
	BLOCCO B	38	41	45	49
	BLOCCO C	47	52	57	62
	BLOCCO D	46	51	55	60
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA3	BLOCCO A	30	33	36	40
	BLOCCO B	21	24	27	30
	BLOCCO C	35	39	42	46
	BLOCCO D	32	35	39	43
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA4	BLOCCO A	22	24	27	30
	BLOCCO B	23	25	28	31
	BLOCCO C	26	29	32	35
	BLOCCO D	25	28	31	34
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA5	BLOCCO A	30	33	36	39
	BLOCCO B	30	33	37	40
	BLOCCO C	30	34	37	41
	BLOCCO D	32	35	39	42
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA 6	BLOCCO A	33	36	40	43
	BLOCCO B	27	30	34	37
	BLOCCO C	39	43	47	51
	BLOCCO D	34	37	41	44
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA 7	BLOCCO A	54	59	64	69
	BLOCCO B	48	53	58	63
	BLOCCO C	47	51	56	61
		Fabbisogno CasaClima con 20°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 21°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 22°C [kWh/m²a]	Fabbisogno CasaClima con 23°C [kWh/m²a]
CASTELLO EA 8	BLOCCO A	34	38	41	45
	BLOCCO B	40	44	48	52
	BLOCCO D	39	43	47	52

Tabella 5: Fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale calcolato con Pro CasaClima al variare della temperatura interna

		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA1	Temperatura interna 20°C	42,79	0%
	Temperatura interna 21°C	47,37	10%
	Temperatura interna 22°C	52,14	18%
	Temperatura interna 23°C	57,06	25%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA2	Temperatura interna 20°C	46,38	0%
	Temperatura interna 21°C	51,05	9%
	Temperatura interna 22°C	55,86	17%
	Temperatura interna 23°C	60,81	24%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA3	Temperatura interna 20°C	31,21	0%
	Temperatura interna 21°C	34,66	10%
	Temperatura interna 22°C	38,28	18%
	Temperatura interna 23°C	42,04	26%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA4	Temperatura interna 20°C	25,91	0%
	Temperatura interna 21°C	28,89	10%
	Temperatura interna 22°C	32,01	19%
	Temperatura interna 23°C	35,27	27%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA5	Temperatura interna 20°C	33,79	0%
	Temperatura interna 21°C	37,41	10%
	Temperatura interna 22°C	41,17	18%
	Temperatura interna 23°C	45,07	25%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA6.b	Temperatura interna 20°C	30,59	0%
	Temperatura interna 21°C	33,98	10%
	Temperatura interna 22°C	37,53	18%
	Temperatura interna 23°C	41,23	26%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA6.c	Temperatura interna 20°C	38,26	0%
	Temperatura interna 21°C	42,26	9%
	Temperatura interna 22°C	46,39	18%
	Temperatura interna 23°C	50,64	24%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA7	Temperatura interna 20°C	54,65	0%
	Temperatura interna 21°C	60,04	9%
	Temperatura interna 22°C	65,59	17%
	Temperatura interna 23°C	71,28	23%
		Consumo medio ponderato castello [kWh/m²a]	Variazione consumi
CASTELLO EA8	Temperatura interna 20°C	40,26	0%
	Temperatura interna 21°C	44,40	9%
	Temperatura interna 22°C	48,67	17%
	Temperatura interna 23°C	53,06	24%

Tabella 6: Consumo energetico medio ponderato al variare della temperatura interna calcolato con Pro CasaClima

Dalla Tabella 5 e dalla Tabella 6 si può notare come la temperatura influenzi il fabbisogno energetico dell'edificio. Mediamente, il consumo aumenta del 10% con una temperatura di 21°C, del 18% con una temperatura di 22°C e del 25% con una temperatura di 23°C.

5.2.3 Influenza dei piani cottura a gas sul riscaldamento

La norma UNI 7129 – 2 al paragrafo 5.1, prescrive che “Il locale di installazione di un apparecchio di cottura deve essere sempre aerato e ventilato”. Per effetto di questa norma, nel Castello EA4 ed EA6.b sono presenti due fori di ventilazione di 100 cm² nei locali cucina. Tali fori non sono previsti nel calcolo CasaClima che prevede invece un involucro a tenuta d'aria per limitare al minimo le perdite di calore per infiltrazione.

L'influenza di tali fori d'areazione è stata simulata sugli edifici EA4 e EA6.b calcolando per ogni ora la ventilazione naturale aggiunta dai fori in dipendenza dalla differenza di temperatura tra ambiente interno e esterno:

Complesso EA4			
	Fabbisogno di energia per il riscaldamento [kWh/m ² a]	Fabbisogno di energia per il riscaldamento con areazione del gas [kWh/m ² a]	Variazione consumi rispetto al calcolo originale
Temperatura interna 20°C	25,91	31,34	21%
Temperatura interna 21°C	28,89	34,84	34%
Temperatura interna 22°C	32,01	38,50	49%
Temperatura interna 23°C	35,27	42,32	63%

Tabella 7: Aumento e variazione dei consumi causati dai fori di ventilazione del gas al variare della temperatura interna per castello EA4

Complesso EA6.b			
	Fabbisogno di energia per il riscaldamento CasaClima [kWh/m ² a]	Fabbisogno di energia per il riscaldamento CasaClima con areazione del gas [kWh/m ² a]	Variazione consumi rispetto al calcolo originale
Temperatura interna 20°C	30,59	36,07	18%
Temperatura interna 21°C	33,98	39,99	31%
Temperatura interna 22°C	37,53	44,09	44%
Temperatura interna 23°C	41,23	48,35	58%

Tabella 8: Aumento e variazione dei consumi causati dai fori di ventilazione del gas al variare della temperatura interna per castello EA6.b

Si nota che i fori di areazione necessari per i piani cottura a gas hanno un'influenza non trascurabile sui consumi finali e non sono stati previsti dal certificato CasaClima. L'aumento dei consumi a causa delle bocchette, unito all'influenza della temperatura, porta a una variazione compresa tra 18% a 63% rispetto al consumo medio certificato con il protocollo CasaClima.

5.2.4 Regolazione degli impianti

La regolazione dell'impianto di riscaldamento è autonomo per ogni alloggio ed è effettuata tramite un termostato. Il termostato confronta la temperatura impostata dall'utilizzatore con quella presente e, se la temperatura in ambiente supera quella impostata, toglie corrente all'attuatore che chiude il circuito di riscaldamento per l'appartamento.

Dal calcolo delle firme energetiche appare evidente come alcune temperature d'attacco del riscaldamento siano molto vicine e in alcuni casi maggiori di 20°C.

	Temperatura attacco da calcolo CasaClima [°C]	Temperatura attacco Reale [°C]
EA1	9,06	21,22
EA2	8,86	20,92
EA3	15,45	17,27
EA4	15,25	18,93
EA5	15,60	17,74
EA6.b	15,25	20,57
EA6.c	16,02	22,02
EA7	16,31	17,15
EA8	16,13	24,87

Tabella 9: Temperature d'attacco del riscaldamento da calcolo CasaClima e misurato

Il limite di riscaldamento non dipende dal rendimento dell'impianto, bensì dipende dal comportamento degli inquilini, dalla gestione degli impianti e dall'involucro edilizio. Se l'impianto di riscaldamento deve mantenere una temperatura interna di 20°C non dovrebbe accendersi se la temperatura media giornaliera è maggiore o molto vicina ai 20°C indipendentemente dalla qualità costruttiva dell'edificio.

Tali temperature di attacco sono spiegabili in parte con una temperatura di setpoint del riscaldamento maggiore di 20°C, ma soprattutto a una gestione errata del riscaldamento. È probabile che alcuni circuiti di riscaldamento (ad esempio un piccolo termosifone in bagno) siano sempre aperti e indipendenti dai termostati degli appartamenti. È altresì probabile che tali circuiti siano aperti durante tutto, o quasi tutto, il periodo di riscaldamento (15 ottobre – 15 aprile).

5.2.5 Gestione della ventilazione meccanica

L'impianto di monitoraggio e l'elaborazione dei questionari hanno evidenziato dei problemi di funzionamento della ventilazione meccanica centralizzata. In molte abitazioni i canali di ventilazione vengono chiusi dagli inquilini per evitare l'ingresso di odori provenienti da altri alloggi. Con la ventilazione meccanica chiusa gli inquilini sono costretti a ricorrere alla ventilazione naturale, impedendo il recupero di calore e aumentando i consumi energetici per il riscaldamento.

5.3 Energia elettrica

Gli edifici presenti nel quartiere Casanova dal punto di vista del consumo elettrico si possono dividere in tre grandi categorie: Edifici senza la ventilazione controllata e senza raffrescamento estivo (EA1 - EA2 - EA6a.c.d - EA7 - EA8); Edifici con ventilazione controllata centralizzata e raffrescamento estivo (EA3 - EA5); Edifici con ventilazione controllata autonoma, raffrescamento estivo e piani cottura a gas (EA4 - EA6.b);

	Media energia elettrica utenze	Media energia elettrica condominiale	Media energia elettrica totale
	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
EA1-EA2-EA6a.c.d-EA7-EA8	20,18	6,96	27,15
EA3 - EA5	22,35	9,27	31,63
EA4 - EA6.b	26,57	12,24	38,81

Tabella 10: Confronto energia elettrica categorie castelli

La prima categoria presenta consumi elettrici più bassi vista la mancanza della ventilazione e del condizionamento. La ventilazione centralizzata con il condizionamento dell'aria della categoria due produce mediamente un aumento dei consumi elettrici di circa 4,5 kWh/m²anno. Infine la terza categoria, nonostante l'assenza dei piani cottura elettrici, ha il consumo più elevato ed è circa 11,7 kWh/anno. Questa categoria però vanta anche il comfort più elevato, con la possibilità di gestione autonoma sia della ventilazione sia del raffrescamento. Ciò è ben evidenziato dall'analisi dei questionari.

5.3.1 Profili energia elettrica

Per le tre categorie è stato costruito il profilo mensile di consumo elettrico. Di seguito sono visualizzati i profili di consumo di ogni castello menzionato, considerando come variabile principale il consumo elettrico normalizzato per appartamento [kWh/app].

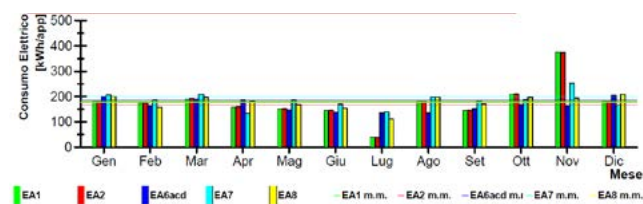


Figura 23: Confronto tra consumi elettrici per uso domestico castelli EA1 EA2 EA6a.c.d EA8 per l'anno 2012

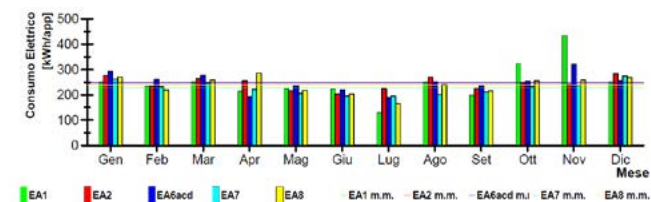


Figura 24: Confronto tra consumi elettrici per uso domestico ed usi vari per i castelli EA1 EA2 EA6a.c.d EA8 per l'anno 2012

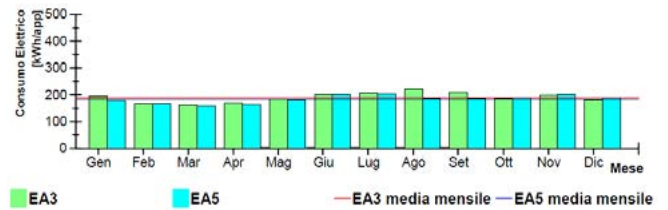


Figura 25: Confronto tra consumi elettrici per uso domestico castelli EA3 ed EA5 per l'anno 2012

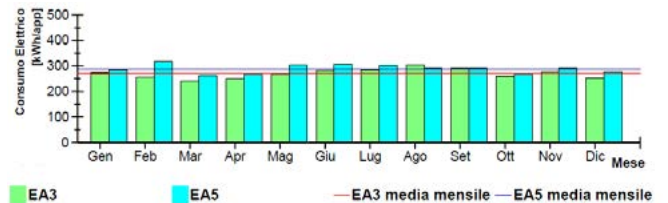


Figura 26: Confronto tra consumi elettrici per uso domestico ed usi vari per i castelli EA3 ed EA5 per l'anno 2012

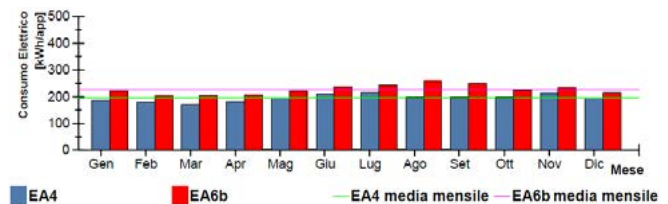


Figura 27: Confronto tra consumi elettrici per uso domestico castelli EA4 ed EA6.b per l'anno 2012

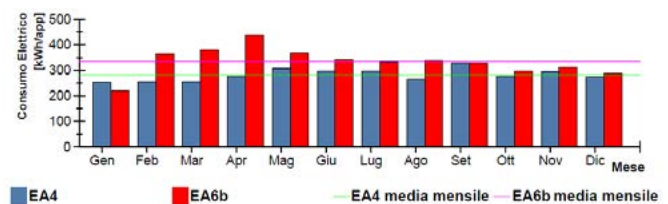


Figura 28: Confronto tra consumi elettrici per uso domestico ed usi vari per i castelli EA4 ed EA6.b per l'anno 2012

Nei consumi degli edifici della seconda e terza categoria si può anche notare l'influenza del consumo per la climatizzazione estiva. Infatti mentre per la prima categoria il periodo estivo è quello meno energivoro, per le altre due categorie il consumo è paragonabile o superiore al periodo invernale.

5.4 Comfort interno – temperature

5.4.1 Periodo di riscaldamento

Come già segnalato nel paragrafo 5.2.2, le temperature interne riscontrate negli appartamenti durante il periodo di riscaldamento sono elevate (Figura 29):

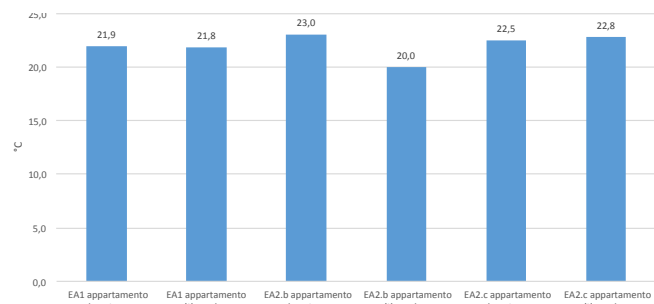


Figura 29: Temperature medie interne durante il periodo di riscaldamento per gli appartamenti misurati

Per meglio comprendere il comportamento degli inquilini degli appartamenti monitorati abbiamo cercato di vedere se esiste una correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna durante il periodo invernale. L'obiettivo è capire se gli inquilini si adattano alla stagione, considerando confortevoli temperature interne più basse con il diminuire della temperatura esterna.

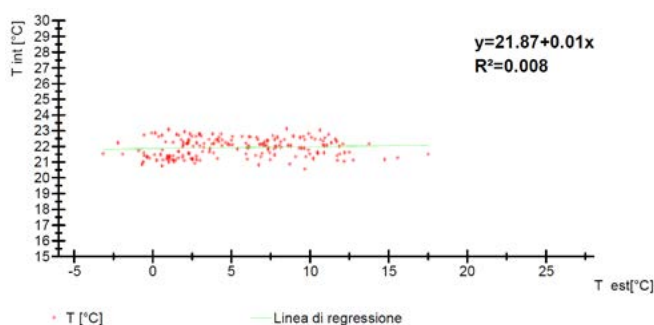


Figura 30: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA1 piano terra

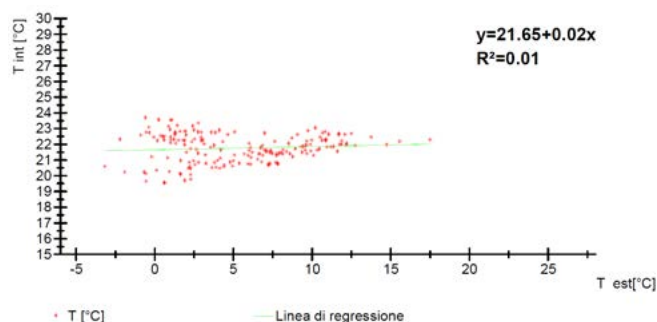


Figura 31: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA1 ultimo piano

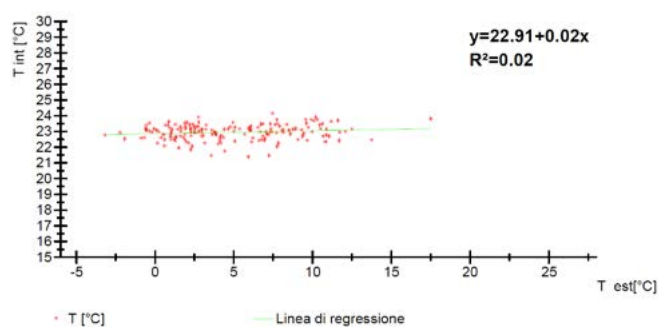


Figura 32: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.b piano terra

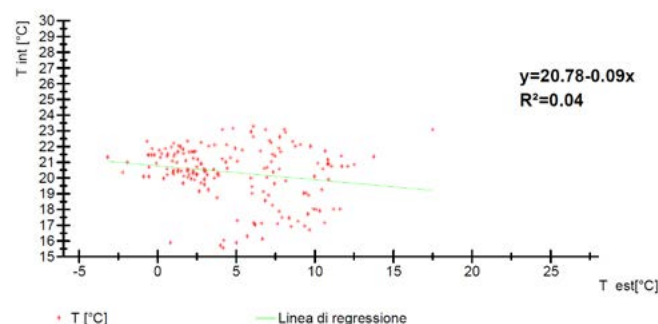


Figura 33: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.b ultimo piano

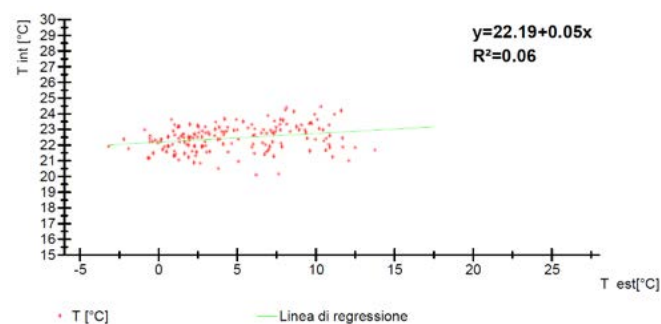


Figura 34: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.c piano terra

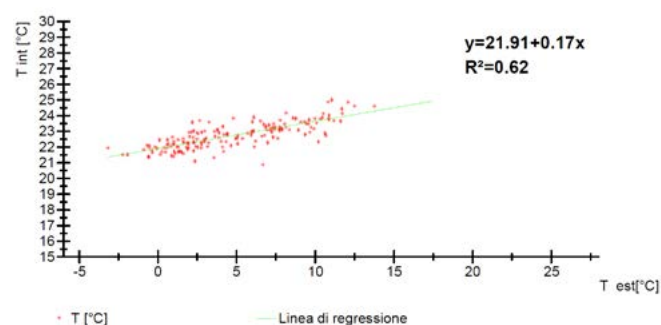


Figura 35: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.c ultimo piano

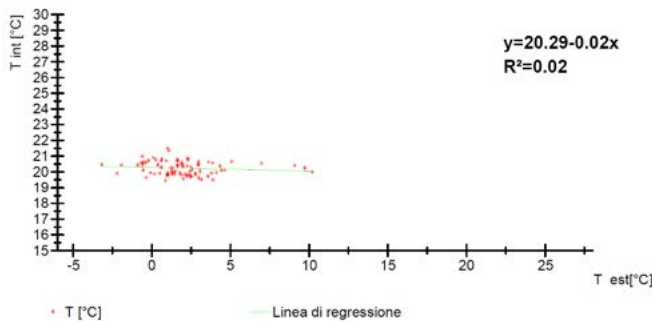


Figura 36: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA7 piano terra

Gli appartamenti monitorati, ad eccezione dell'EA2 ultimo piano, non presentano una correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna.

5.4.2 Periodo estivo

Secondo le raccomandazioni del Passivhaus Institute di Darmstadt riferite alla Germania, gli edifici devono essere costruiti in modo da limitare al 10% dell'anno (876 ore in totale) il tempo in cui la temperatura negli ambienti interni supera i 25°C. Adattando la raccomandazione per l'Italia, la temperatura soglia è fissata a 26°C (setpoint di un ipotetico impianto di climatizzazione).

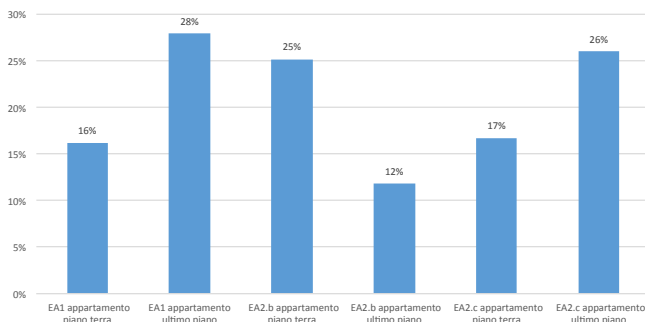


Figura 37: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna misurata è sopra a 26°C 3su base annua

Tutti gli appartamenti monitorati presentano una percentuale di tempo con temperatura sopra soglia maggiore del 10%. I casi più problematici sono tre. L'appartamento EA2.b al piano terra è un appartamento densamente popolato; questo contribuisce in modo significativo agli apporti di calore interni e, di conseguenza, l'appartamento è soggetto al surriscaldamento. L'appartamento EA2.c all'ultimo piano, invece, presenta un particolare architettonico che a nostro avviso potrebbe essere la causa delle elevate temperature estive. Esso infatti è l'unico appartamento monitorato che presenta una superficie vetrata sulla copertura non adeguatamente schermata e che potrebbe provocare un effetto serra.



Figura 38: Particolare dell'appartamento ultimo piano EA2.c

L'affollamento dell'appartamento EA1 ultimo piano non è stato verificato empiricamente, tuttavia l'appartamento presenta dei livelli di CO₂ molto simili all'appartamento EA2.b piano terra. Si sospetta, pertanto, che anche in questo caso la causa del surriscaldamento estivo sia la densità abitativa molto elevata. Infine, escludendo il caso dell'appartamento all'ultimo piano dell'EA2.b per un problema tecnico di misurazione (è disponibile solo la seconda parte del periodo estivo), si nota che gli appartamenti agli ultimi piani sono più soggetti al surriscaldamento rispetto agli appartamenti a piano terra. Inoltre, analizzando i profili di apertura/chiusura finestre, sembrerebbe opportuno utilizzare maggiormente la ventilazione notturna e limitare il più possibile l'apertura delle finestre durante le ore più calde della giornata.

Come per il caso invernale, si è cercato di analizzare la correlazione tra temperatura interna e la temperatura esterna anche per il caso estivo.

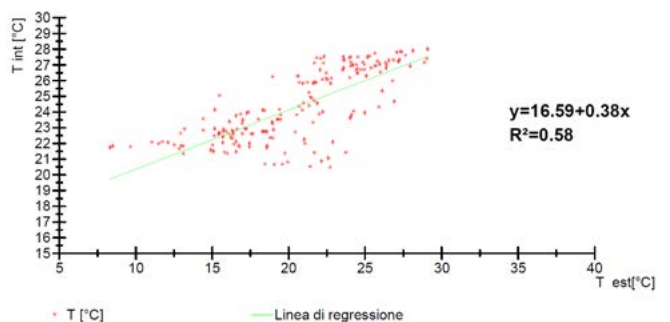


Figura 39: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA1 piano terra

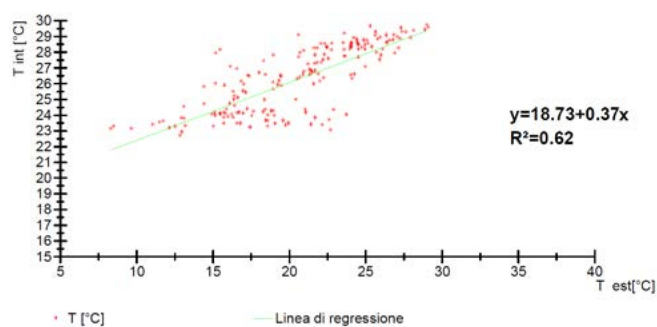


Figura 40: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA1 ultimo piano

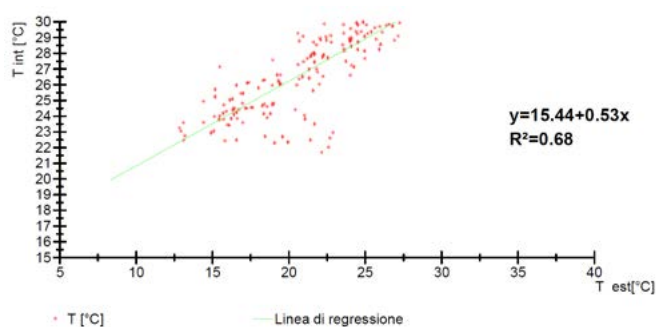


Figura 44: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.c ultimo piano

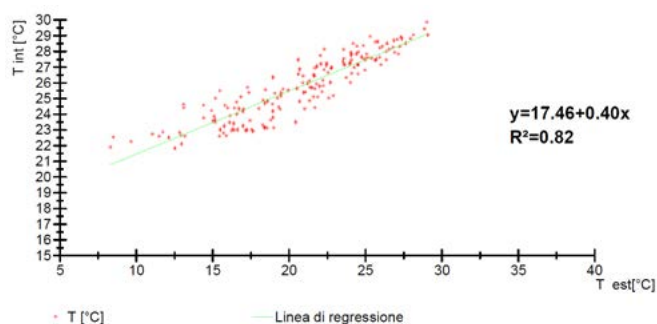


Figura 41: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.b piano terra

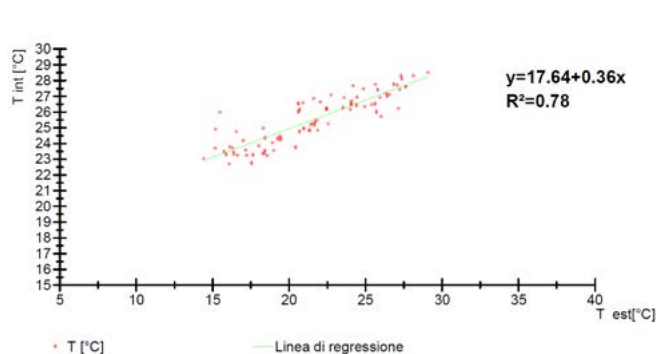


Figura 45: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA7 piano terra

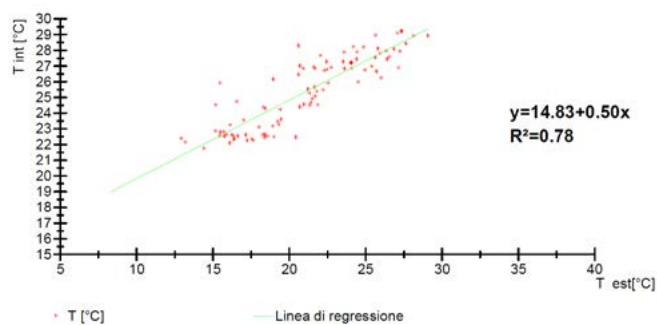


Figura 42: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.b ultimo piano

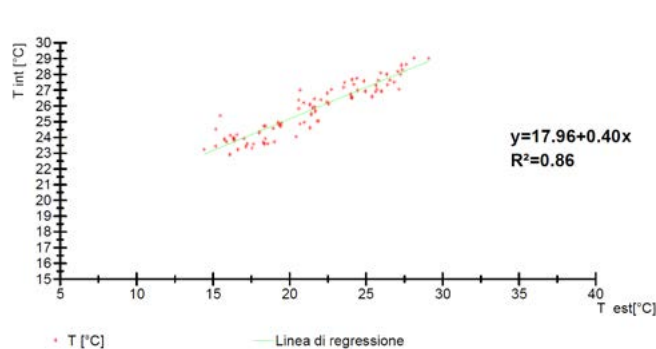


Figura 46: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA7 ultimo piano

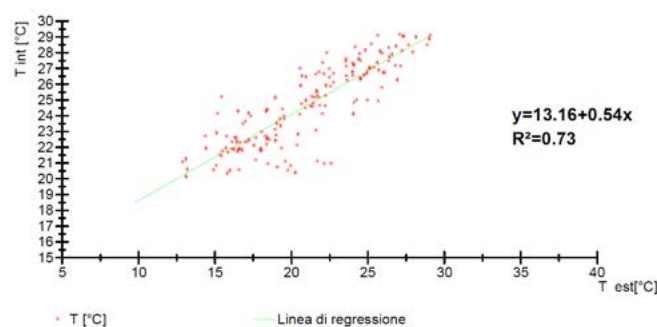


Figura 43: Correlazione tra temperatura interna e temperatura esterna per l'edificio EA2.c piano terra

Si può notare come la retta di correlazione degli appartamenti nell'edificio EA1 e gli appartamenti dell'edificio EA7 abbia una pendenza di circa 0,40, mentre per la retta di correlazione degli appartamenti del castello EA2 la pendenza è di circa 0,50. Il castello EA2, pertanto, è più sensibile alle variazioni di temperatura esterna rispetto ai castelli EA1 e EA7, dotati probabilmente di maggiore massa termica.

6

Conclusioni

Il progetto ha evidenziato come per sette dei nove complessi edilizi presenti nel quartiere Casanova i consumi di energia per il riscaldamento misurati siano maggiori rispetto a quelli previsti in fase di pianificazione. Le differenze, contenute nel caso di edifici più semplici, esplodono all'aumentare della complessità impiantistica, fino a misurare un +167% nel caso peggiore. Questo studio ha individuato probabili cause sia tecniche sia comportamentali per tale scostamento. Il consumo totale dell'edificio, infatti, è dato dalla iterazione tra involucro edilizio, tipologia e manutenzione degli impianti tecnologici e comportamento dell'utente. Le cause principali sembrano collegate alla regolazione degli impianti e all'iterazione tra uomo ed edificio: utilizzo e manutenzione spesso non risultano corretti. Nello specifico si sono individuate alte temperature indoor invernali, circuiti di riscaldamento in funzione quando non necessario, ricorso alla ventilazione naturale al posto della ventilazione meccanica. Le cause tecniche individuate invece riguardano alcune probabili perdite di distribuzione e l'infiltrazione d'aria dovuta ai fori di ventilazione sui muri esterni per presenza di piani cottura a gas metano.

L'approccio con cui il Comune di Bolzano ha gestito il processo di realizzazione del quartiere Casanova lo rende sicuramente un caso esemplare. Nell'arco dei primi sei mesi, il gruppo di progettazione urbanistica ha svolto sei workshop con la partecipazione diretta dei rappresentanti politici e tecnici del Comune, degli enti di fornitura dei servizi, dei rappresentanti di IPES e delle cooperative e del consiglio di circoscrizione di quartiere. Secondo questo studio, un punto debole in questo processo potrebbe essere la discontinuità di questo approccio positivo. Dopo aver redatto il piano urbanistico, infatti, il Comune ha lasciato una sostanziale libertà al concreto sviluppo architettonico e tecnologico dei singoli interventi ai progettisti incaricati da IPES e dalle cooperative.

Al fine di garantire che il proprietario o l'acquirente del sistema edilizio e dei suoi sistemi impiantistici abbiano le prestazioni promesse e che vengano mantenute nel tempo, occorre applicare una procedura di "Continuous commissioning" al quartiere, ovvero un processo continuo di verifica e ottimizzazione energetica e ambientale del funzionamento energetico dell'edificio che risolva problemi operativi e di gestione.

Le fasi di Continuous commissioning suggerite sono:

1. raccolta informazioni, schemi impianti, progetti ecc...,
2. monitoraggio dettagliato impianti e connessione alle centraline di contabilizzazione del calore,
3. elaborazione dati,
4. azioni di ottimizzazione energetica e training per gli utenti.

In questo modo sarà possibile determinare l'incidenza sui consumi di energia di ogni causa individuata e intraprendere delle azioni correttive sia a livello tecnico sia a livello comportamentale per inquilini e manutentori.

7

Allegati

7.1 Scheda castello EA1



Figura 47: Castello EA1

Indice termico blocco a	38 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	34 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	31 kWh/m ² a
Indice termico blocco d	29 kWh/m ² a
Committente	IPES
Progettazione architettonica	Arch. Siegfried Delueg
Progettazione termotecnica	Energytech Ingegneri S.r.l.
Cubatura	51840 m ³
Numero appartamenti	159
Numero abitanti	521 (valore indicativo)

Tabella 11: Dati tecnici del castello EA1

7.1.1 Descrizione architettonica

Il concetto urbanistico di Fritz van Dongen è stato volutamente sottolineato dalla mancanza di sbalzi e sporgenze nei quattro corpi progettati a forma sculturale. Oltre a questo le facciate della “buccia esterna” del castello, con una scelta differenziata nei materiali e con una colorazione policroma, si staccano chiaramente dalle facciate interne a “pelle tagliata”.

Il cortile interno sopraelevato di 130 cm è il centro dell'intero complesso; qui nascono la comunicazione e i rapporti di vicinato. Scale e rampe portano a questo livello interno. Dal cortile interno

si accede a tutti i vani scala. Due accessi a cielo libero conducono dal cortile attraverso un “patio” intagliato ai due piani interrati dei garage.

L'allestimento del cortile interno prevede uno spazio verde, ampio e senza funzioni specifiche. Nello spazio verde è integrato un parco giochi per bambini.

Le pareti esterne del castello sono eseguite in cemento armato per consentire una sospensione solida per i prefabbricati in cemento. Le pareti esterne del cortile e le pareti divisorie degli alloggi sono eseguite in mattoni.

7.1.2 Descrizione termotecnica

La cessione del calore di riscaldamento avviene mediante pannelli radianti a pavimento. A partire da un collettore di distribuzione sottotraccia parte almeno un circuito di riscaldamento a pavimento per singolo vano.

La produzione d'acqua calda sanitaria avviene principalmente con un impianto a pannelli solari posato sul tetto del blocco a. Sono utilizzati collettori solari tubolari sotto vuoto che caricano un sistema di quattro boiler. Il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria avviene in modo istantaneo mediante due scambiatori di calore in serie.

L'eventuale riscaldamento dell'acqua calda sanitaria mediante il teleriscaldamento avviene mediante uno dei quattro accumulatori di calore a stratificazione.

L'acqua piovana che cade sul tetto dell'edificio è raccolta e utilizzata per l'irrigazione del giardino. L'acqua piovana dai pluviali con

tubi interrati in PVC è convogliata attraverso filtri d'acqua piovana in un serbatoio d'accumulo con una capacità di 20.000 litri per ogni blocco d'abitazioni.

7.1.3 Impianto di monitoraggio installato

Il sistema di monitoraggio del Castello EA1 comprende sia sensori per la misura di flussi energetici sia sensori di comfort termico interno agli ambienti.

In aggiunta ai dati riguardanti consumi elettrici e di calore forniti dai gestori delle rete un sistema di monitoraggio è stato installato.

Questo comprende i dati di calore fornito dal teleriscaldamento e l'energia elettrica fornita dal gestore della rete elettrica. Inoltre, i sensori installati hanno permesso l'analisi dell'energia elettrica consumata, temperatura, umidità e concentrazione di anidride carbonica di due alloggi. Essendo anche il comportamento delle persone che vivono negli appartamenti un fattore decisivo per il consumo energetico, sono stati installati anche dei sensori per misurare lo stato di apertura delle finestre nei due alloggi selezionati. In Figura 48. il layout del sistema di monitoraggio installato, con l'indicazione dei punti di misura.

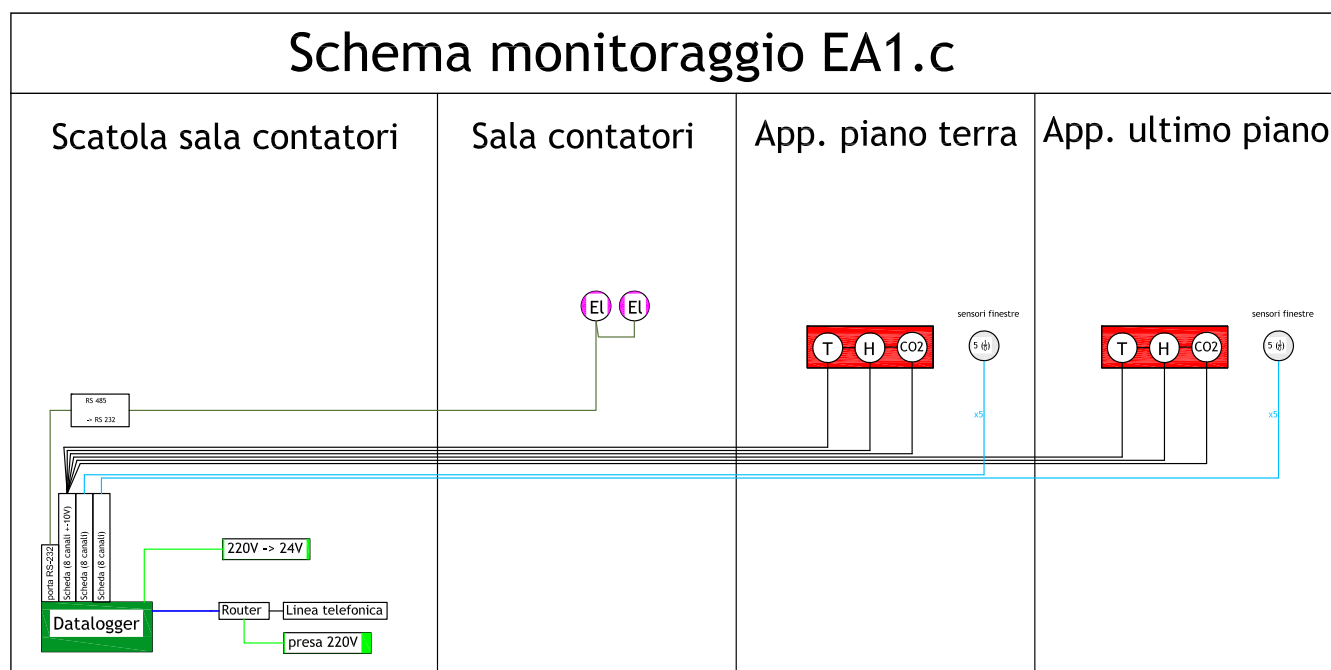
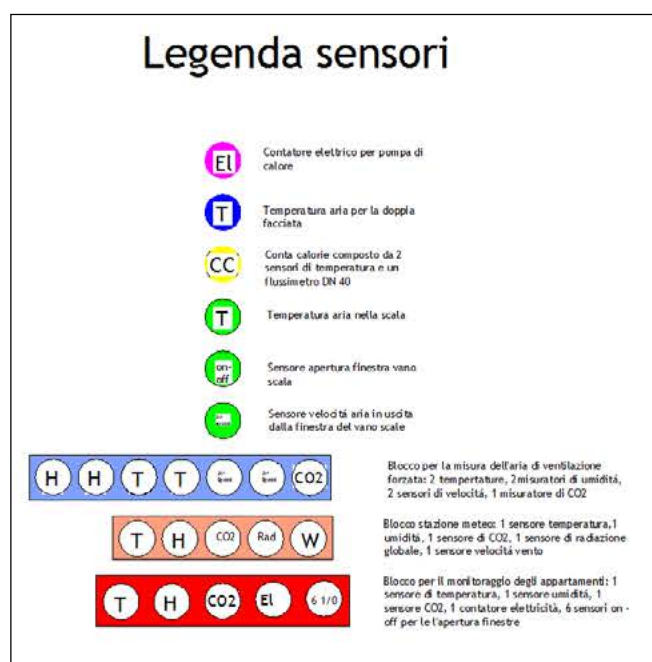


Figura 48: Schema dell'impianto di monitoraggio montato nell'edificio EA1.c



7.1.4 Analisi energia elettrica

Castello EA1

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2134
Consumo elettrico condominiale	854
Consumo elettrico totale	2988

Tabella 12: Consumo elettrico per appartamento castello EA1

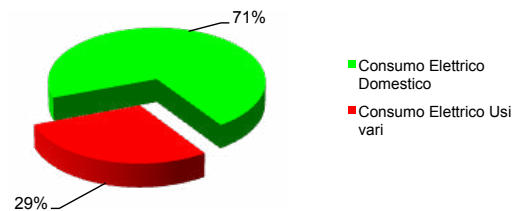


Figura 49: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

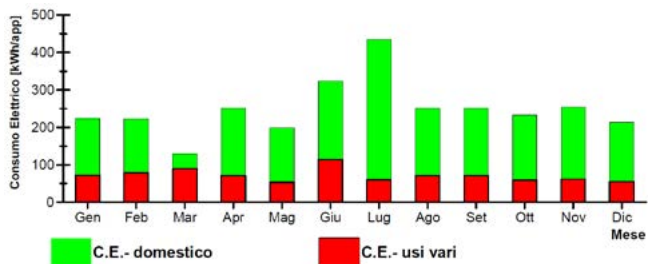


Figura 50: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

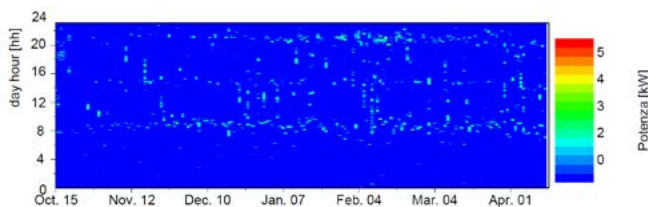


Figura 51: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento a piano terra durante il semestre invernale

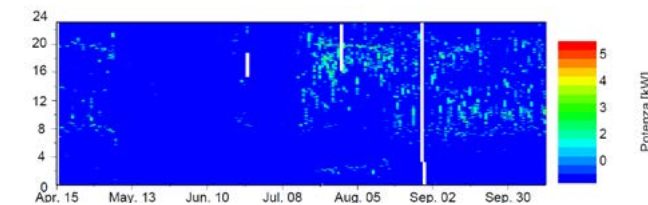


Figura 52: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento a piano terra durante il semestre estivo

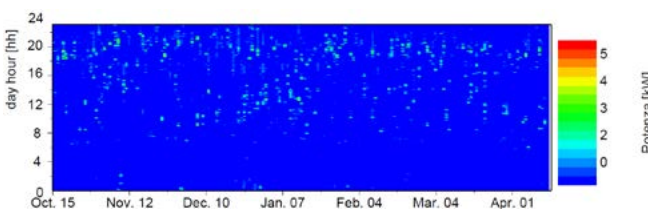


Figura 53: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento all'ultimo piano durante il semestre invernale

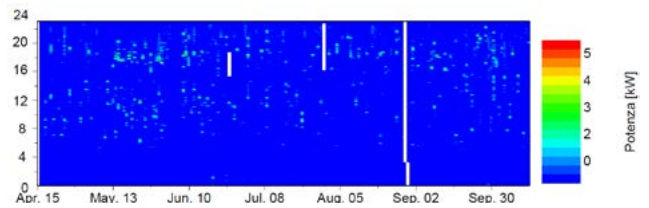


Figura 54: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento all'ultimo piano durante il semestre estivo

7.1.5 Acqua calda sanitaria

Per l'anno 2012 i consumi di calore per acqua calda sanitaria relativa al castello EA1 non sono confrontabili con i consumi calcolati tramite le UNITS 11300 dal momento che gli inquilini sono entrati nelle abitazioni a scaglioni durante il 2012. Il castello è stato assegnato per metà a marzo 2012 mentre gli altri alloggi sono stati assegnati durante l'estate. Il consumo di calore per acqua calda sanitaria dell'anno 2013 è in linea con quello calcolato dalla normativa.

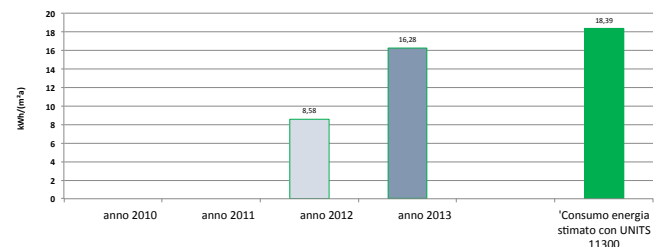


Figura 55: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA1

7.1.6 Riscaldamento

7.1.6.1 Consumi normalizzati

Come per il calcolo del consumo per acqua calda sanitaria i dati di consumo energetico per il riscaldamento misurati per la stagione 2011/2012 non sono confrontabili con il consumo calcolato per la certificazione CasaClima poiché tale consumo si ottiene dal consumo totale a cui è sottratto il valore di consumo di acqua calda sanitaria. Per le stagioni 2012/2013 e 2013/2014 il consumo è confrontabile con il consumo calcolato con CasaClima.

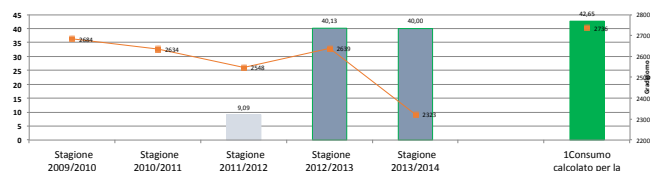


Figura 56: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA1 in relazione ai gradigiorno

7.1.6.2 Firma energetica

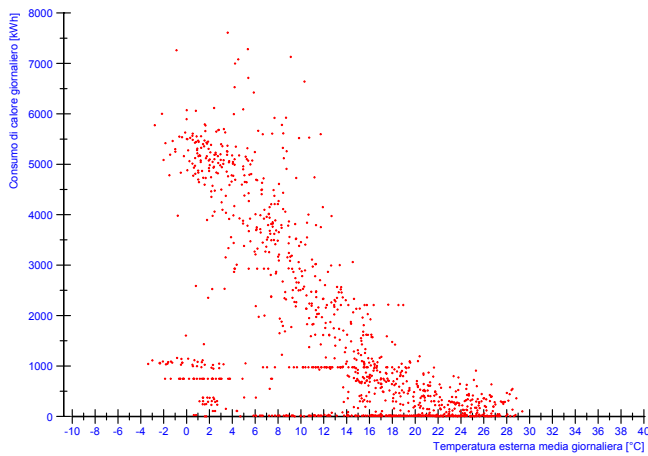


Figura 57: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

Le due linee di tendenza non sono così visibili come negli altri castelli perché durante l'inverno 2011/2012 il castello è stato assegnato in diversi scaglioni creando di fatto più firme energetiche.

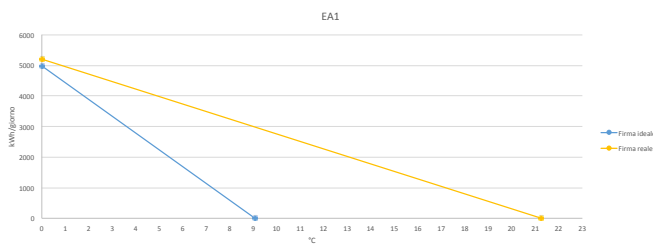


Figura 58: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

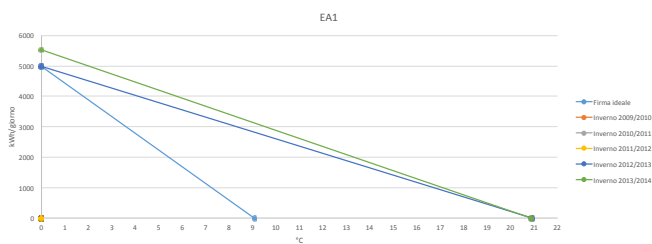


Figura 59: Consumo energetico di energia termica per il riscaldamento giornaliero in funzione della temperatura media esterna giornaliera divisa per stagioni

La firma dell'inverno 2013/2014 appare più alta rispetto alla stagione precedente segno che la gestione e il comportamento degli inquilini sta leggermente peggiorando.

7.1.7 Comfort

7.1.7.1 Andamento delle temperature invernali e comfort termoigrometrico

7.1.7.1.1 Appartamento piano terra



Figura 60: Temperatura media durante il periodo di riscaldamento appartamento piano terra

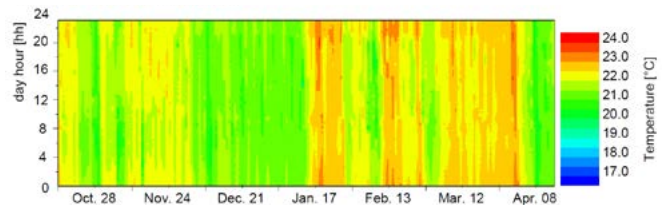


Figura 61: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento piano terra

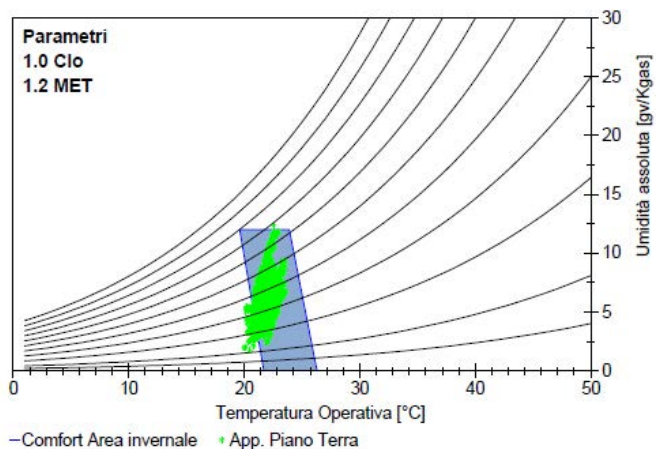


Figura 62: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità (Standard ASHRAE 55-2004), nel periodo di riscaldamento appartamento piano terra

Il grafico mostra come il comfort termoigrometrico sia quasi sempre rispettato in modo ottimale durante l'inverno.

7.1.7.1.2 Appartamento ultimo piano



Figura 63: Temperatura media durante il periodo di riscaldamento appartamento ultimo piano

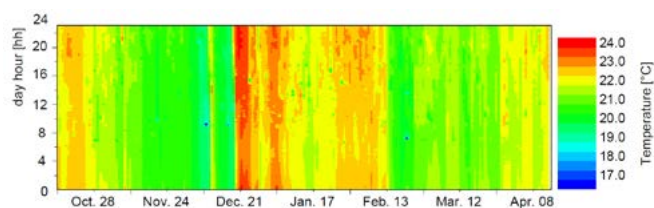


Figura 64: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento ultimo piano

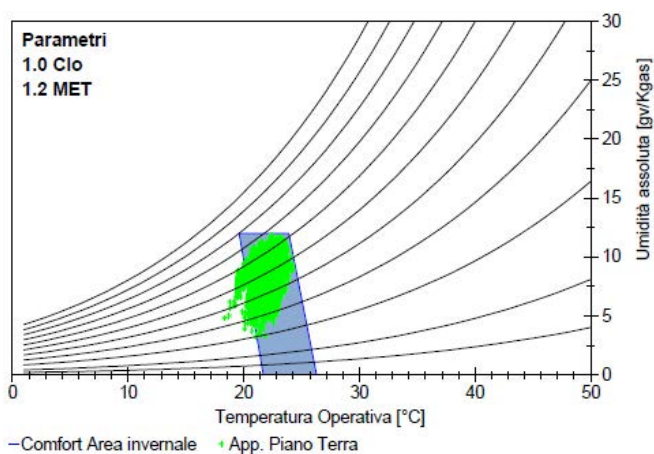


Figura 65: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità (Standard ASHRAE), nel periodo di riscaldamento appartamento ultimo piano

Il grafico mostra come il comfort termoigrometrico sia quasi sempre rispettato in modo ottimale durante l'inverno.

7.1.7.2 Andamento delle temperature estive e comfort termoigrometrico

7.1.7.2.1 Appartamento piano terra



Figura 66: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna è maggiore di 26°C appartamento piano terra

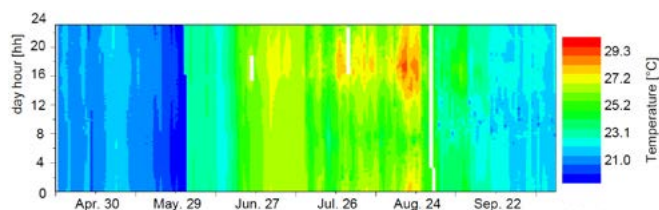


Figura 67: Carpet plot. Profilo temperatura interna appartamento piano terra

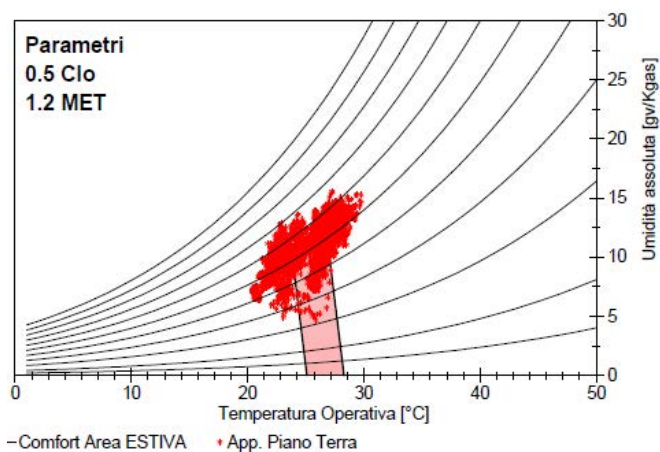


Figura 68: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento appartamento piano terra

7.1.7.2.2 Appartamento ultimo piano



Figura 69: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna è maggiore di 26°C appartamento ultimo piano

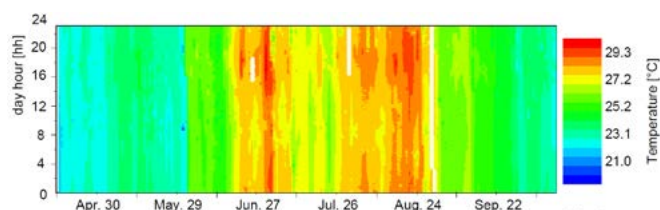


Figura 70: Carpet plot. Profilo temperatura interna dell'appartamento ultimo piano

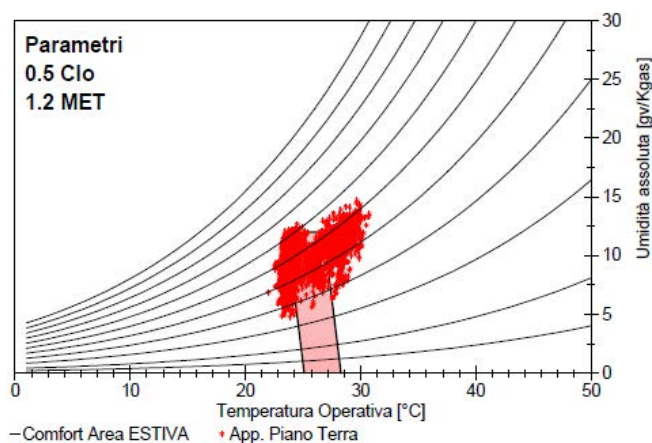


Figura 71: Condizioni (non riscaldamento) dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per l'appartamento ultimo piano dell'edificio EA1.c (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento appartamento ultimo piano

7.1.8 Qualità dell'aria

7.1.8.1 Periodo di riscaldamento

7.1.8.1.1 Appartamento piano terra

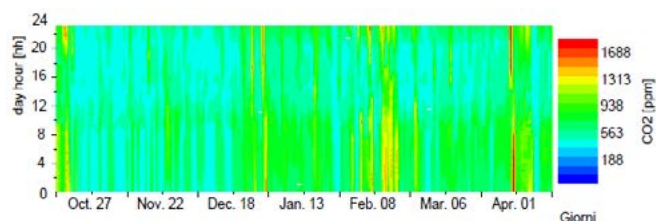


Figura 72: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di riscaldamento appartamento piano terra

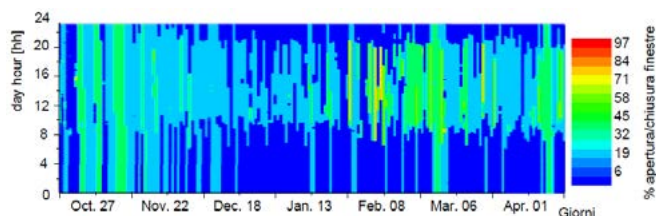


Figura 73: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento piano terra durante la stagione di riscaldamento. (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto)

7.1.8.1.2 Appartamento ultimo piano

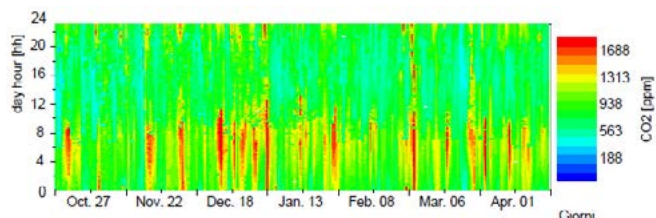


Figura 74: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di riscaldamento nell'appartamento ultimo piano

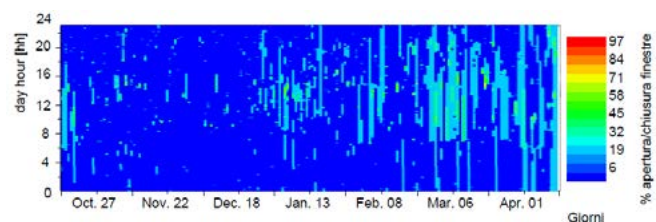


Figura 75: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento ultimo piano durante la stagione di riscaldamento. (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto)

7.1.8.2 Periodo estivo

7.1.8.2.1 Appartamento piano terra

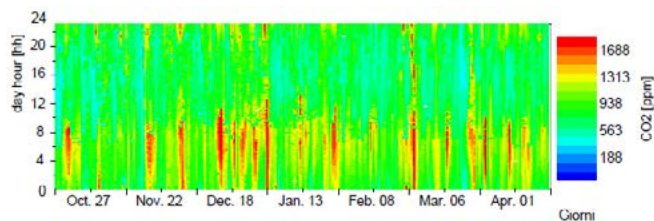


Figura 76: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di NON riscaldamento nell'appartamento piano terra

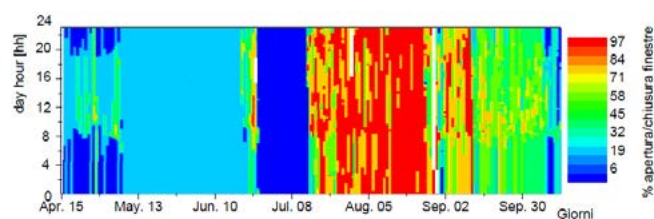


Figura 77: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento piano terra durante la stagione di NON riscaldamento. (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto)

7.1.8.2.2 Appartamento ultimo piano

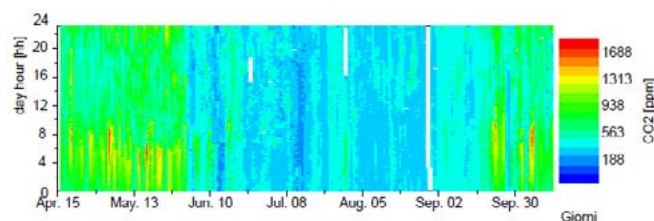


Figura 78: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di NON riscaldamento nell'appartamento ultimo piano

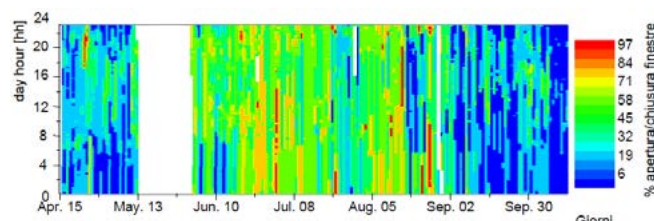


Figura 79: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento ultimo piano durante la stagione di NON riscaldamento. (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto)

7.2 Scheda castello EA2



Figura 80: Castello EA2

Indice termico blocco a	35 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	28 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	38 kWh/m ² a
Indice termico blocco d	29 kWh/m ² a
Committente	IPES
Progettazione architettonica	cdm Architetti Associati Edoardo Cappuccio Giuseppe Donato Tomaso Macchi Cassia
Progettazione termotecnica	Ing. Marina Bolzan
Cubatura	42880 m ³
Numero appartamenti	136
Numero abitanti	423 (valore indicativo)

Tabella 13: Dati tecnici del castello EA2

7.2.1 Descrizione architettonica

Il progetto del castello non viene letto più come una serie di edifici appoggiati sopra a una piastra, attorno alla corte centrale, ma come un unico grande “elemento architettonico” nel quale si andranno a effettuare operazioni di “sottrazione”.

Questa interpretazione porta a considerare di natura diversa tutte

le superfici esterne rispetto alle superfici interne scoperte dalle operazioni di sottrazione dal volume originario. Architettonicamente questa caratteristica viene espressa nel progetto con soluzioni di apertura differenti per i prospetti interni, affacciati verso lo spazio della corte rispetto ai prospetti esterni, sottolineando la diversa natura e valenza dell'affaccio.

La volontà di accentuare l'unitarietà dell'intervento porta all'individuazione di un unico registro compositivo di facciata all'interno del quale si introdurranno le diverse aperture. L'introduzione, nel registro di facciata, di grandi logge verso la corte interna, consente di ottenere un efficace sistema di schermatura solare. A partire dalla scelta di considerare l'isolato come un “pezzo scavato”, la successiva riflessione si concentra sull'opportunità di avere un unico piano di collimazione delle coperture.

Il progetto prevede, in relazione alle diverse altezze e in rapporto all'esposizione solare, l'insieme dei piani di copertura risolti come il quinto prospetto degli edifici. In quest'ottica si usa lo stesso materiale di rivestimento delle facciate con l'inserimento di elementi architettonici quali terrazzi e aree di tetto giardino intese come “finestre verdi”.

7.2.2 Descrizione termotecnica

Gli edifici sono stati studiati per contenere prevalentemente i consumi energetici nel periodo invernale; sono stati adottati elevati livelli di isolamento con spessori di lana di roccia pari a 12-15 cm nell'edificio

B e pari a 8-10 cm negli edifici A-C-D. Le vetrate hanno coefficiente di trasmissione termica del vetro pari a $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ e coefficiente di trasmissione termica del telaio pari a $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ e sono generose a sud mentre sono di dimensione contenuta a nord. Il riscaldamento degli ambienti è realizzato con pannelli radianti a pavimento.

Le strutture quali solette piene in calcestruzzo e murature esterne in laterizio porizzato di elevato spessore (30 cm) hanno un'elevata massa termica; in tal modo nel periodo invernale è possibile l'accumulo della radiazione solare durante il giorno con cessione del calore all'ambiente durante la notte. Nel periodo estivo l'elevata massa termica permette di attenuare e ritardare l'emissione di calore evitando i picchi di temperatura. Infine sono state adottate facciate ventilate per diminuire la temperatura superficiale delle pareti nel periodo estivo.

Per la produzione di acqua calda sanitaria sono previsti collettori solari del tipo a tubi sottovuoto (circa 100 m^2), posti sulla copertura dell'edificio B (il più grande e più alto).

I pannelli sono collegati a due serbatoi di accumulo ad elevata stratificazione; un terzo serbatoio è invece alimentato dall'impianto di

riscaldamento; l'acqua sanitaria è prodotta attraverso scambiatori di calore, mediante l'acqua proveniente dai tre serbatoi, con precedenza ai serbatoi collegati ai pannelli solari. La produzione istantanea di acqua sanitaria permette di evitare il pericolo di formazione della legionella.

Infine, sulla copertura dell'edificio B sono anche installati circa 270 m^2 di pannelli fotovoltaici.

7.2.3 Impianto di monitoraggio installato

Il sistema di monitoraggio del castello EA2 si compone di un notevole numero di punti misura: sono monitorati i parametri di qualità dell'aria in quattro appartamenti, e misurata la temperatura all'interno della facciata dell'edificio. Infine sono misurati i parametri meteorologici sul tetto dell'edificio grazie all'installazione di una centralina meteorologica. In Figura 81 e Figura 82 il layout del sistema di monitoraggio installato, con l'indicazione dei punti di misura.

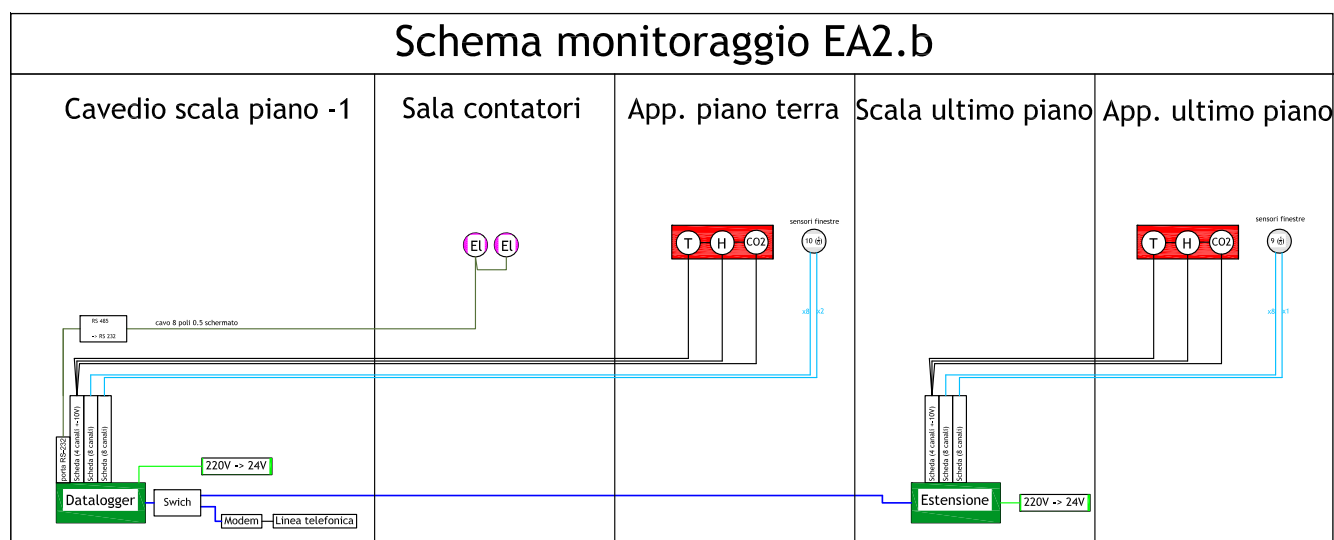


Figura 81: Schema dell'impianto di monitoraggio montato nell'edificio EA2.b

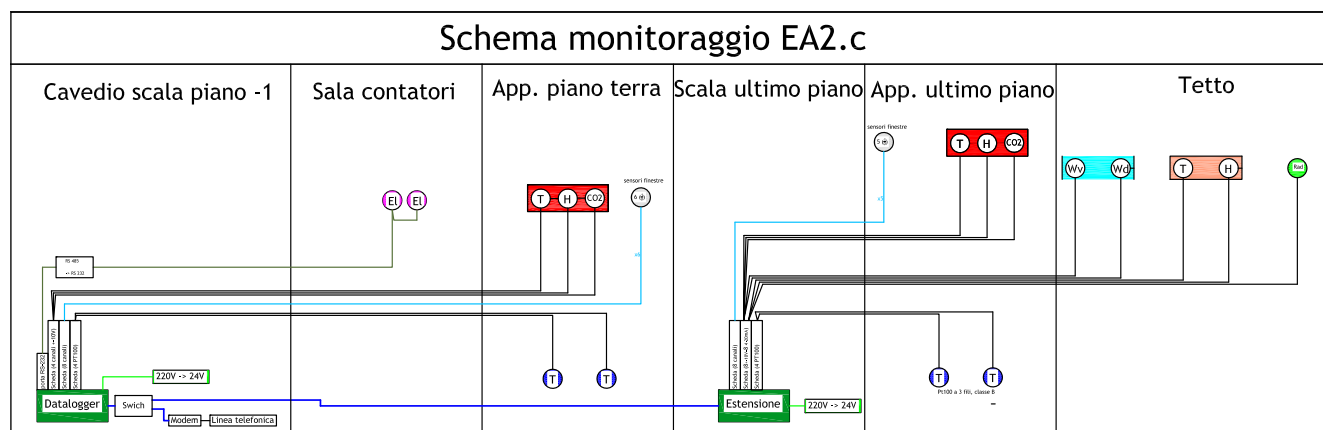
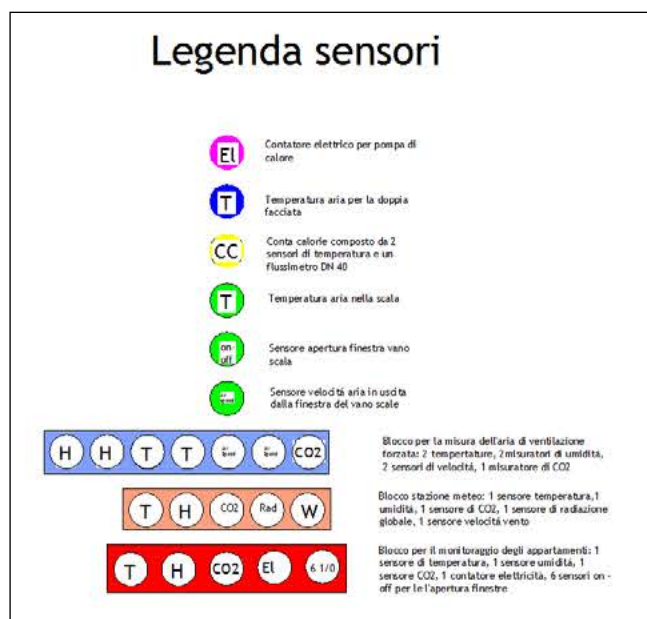


Figura 82: Schema dell'impianto di monitoraggio montato nell'edificio EA2.c



7.2.4 Analisi energia elettrica

Castello EA2

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	1992
Consumo elettrico condominiale	947
Consumo elettrico totale	2939

Tabella 14: Consumo elettrico per appartamento castello EA2

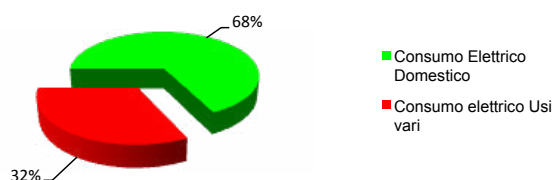


Figura 83: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale nel castello EA2

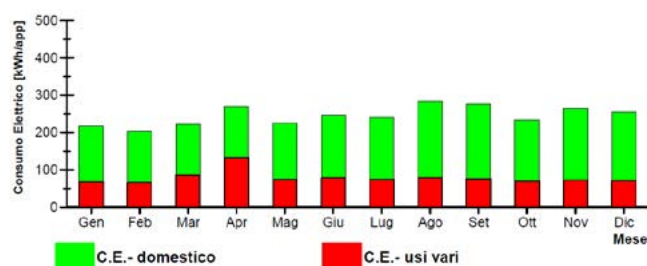


Figura 84: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento nel castello EA2

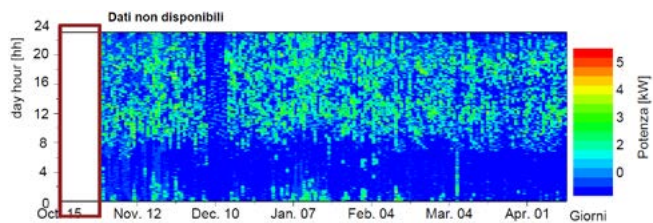


Figura 85: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento a piano terra dell'edificio EA2.b durante il semestre invernale

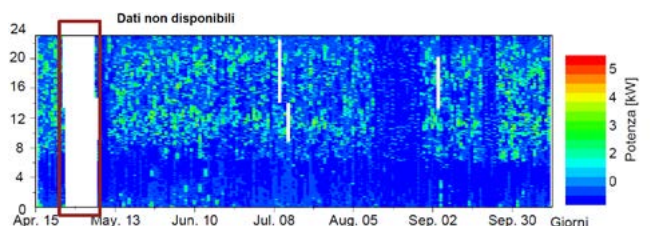


Figura 86: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento a piano terra dell'edificio EA2.b durante il semestre estivo

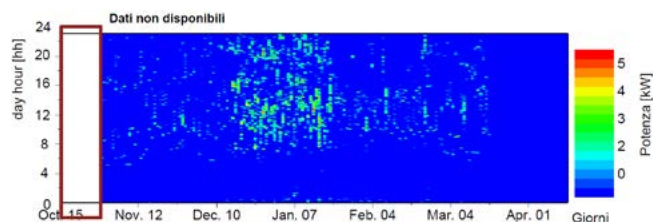


Figura 87: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b durante il semestre invernale

La Figura 88 mostra un cambiamento improvviso dei consumi dell'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b avvenuto da giugno. Questo improvviso cambiamento è probabilmente legato a una minore occupazione dell'appartamento stesso.

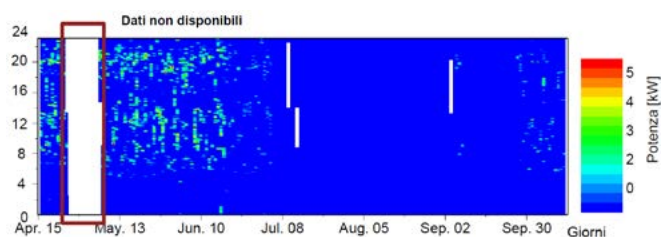


Figura 88: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b durante il semestre estivo

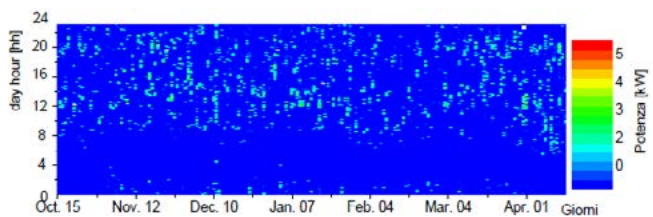


Figura 89: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento a piano terra dell'edificio EA2.c durante il semestre invernale

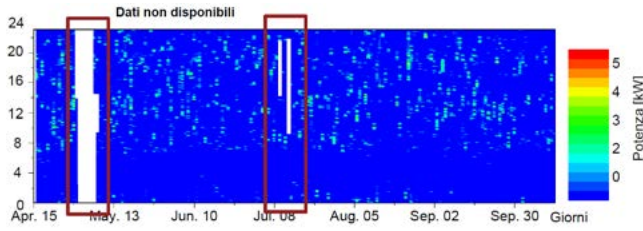


Figura 90: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento a piano terra dell'edificio EA2.c durante il semestre estivo

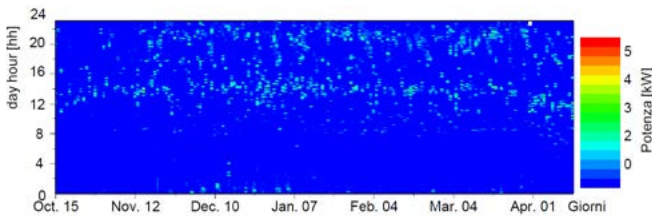


Figura 91: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.c durante il semestre invernale

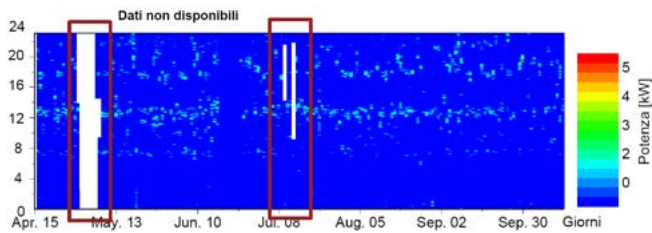


Figura 92: Carpet Plot della potenza elettrica impegnata nell'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.c durante il semestre estivo

7.2.5 Acqua calda sanitaria

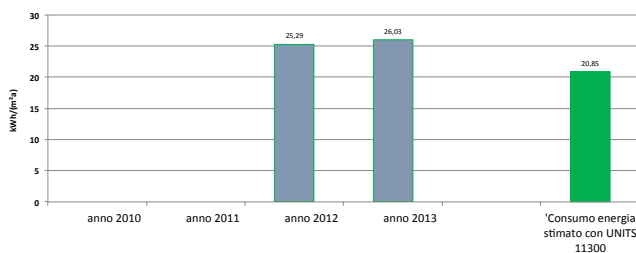


Figura 93: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA2

Il consumo di calore per acqua calda sanitaria è leggermente superiore a quello calcolato dalla normativa.

7.2.6 Riscaldamento

7.2.6.1 Consumi normalizzati

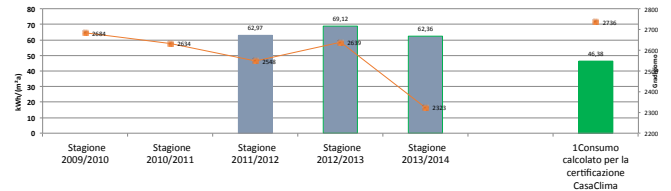


Figura 94: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA2 in relazione ai gradigiorni

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 40%.

7.2.6.2 Firma energetica

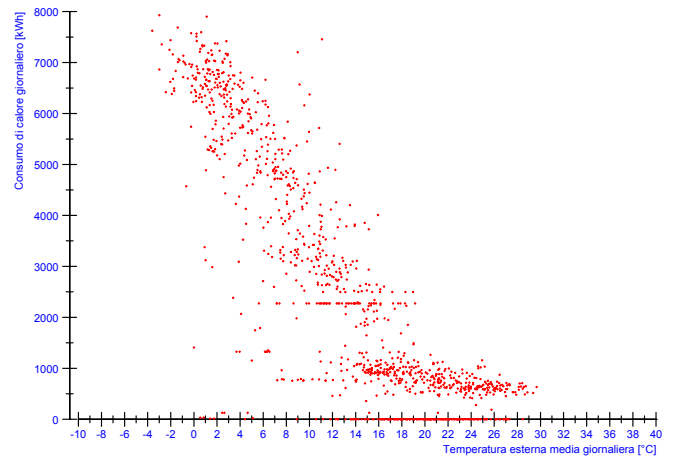


Figura 95: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

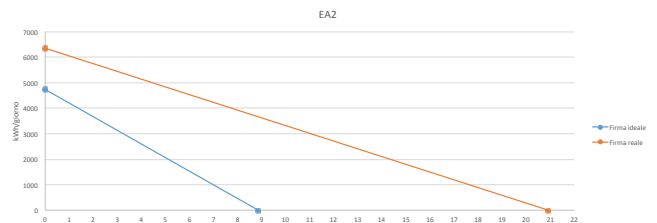


Figura 96: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano sistematicamente dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

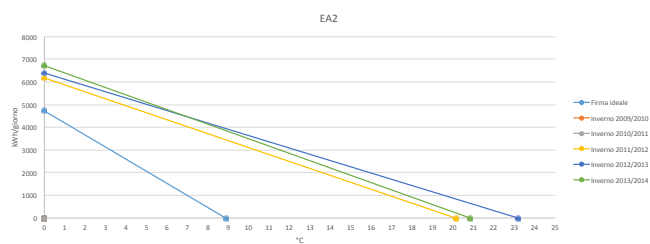


Figura 97: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

Le curve mostrano come sia stata la prima stagione (inverno 2011/2012) quella in cui l'edificio si è comportato meglio. Probabilmente nei due inverni successivi la gestione dell'edificio e il comportamento degli inquilini sono leggermente peggiorati.

7.2.7 Comfort

7.2.7.1 Andamento delle temperature invernali e comfort termoigrometrico

7.2.7.1.1 Appartamento piano terra EA2.b



Figura 98: Temperatura media durante il periodo di riscaldamento appartamento piano terra EA2.b

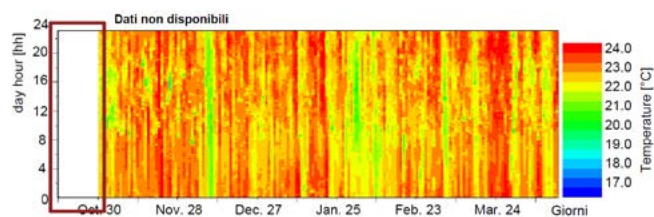


Figura 99: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento

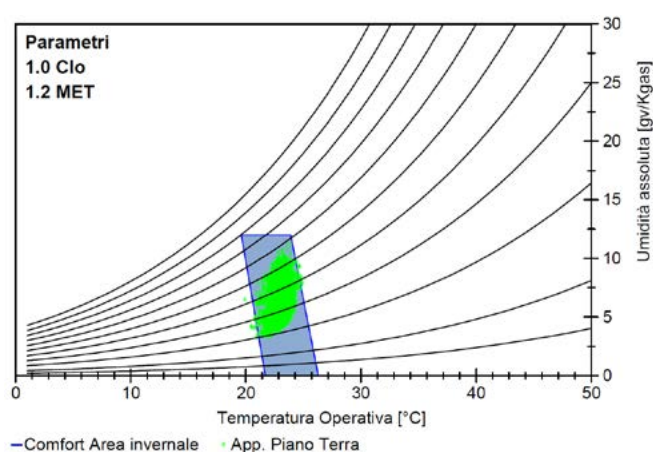


Figura 100: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità (Standard ASHRAE 55-2004), nel periodo di riscaldamento appartamento piano terra EA2.b

Il grafico mostra come il comfort termoigrometrico sia quasi sempre rispettato in modo ottimale durante l'inverno.

7.2.7.1.2 Appartamento ultimo piano EA2.b



Figura 101: Temperatura media durante il periodo di riscaldamento appartamento ultimo piano EA2.b

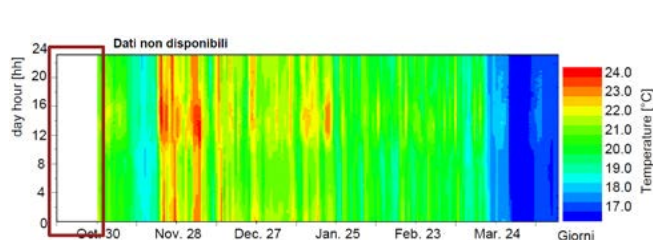


Figura 102: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento ultimo piano EA2.b

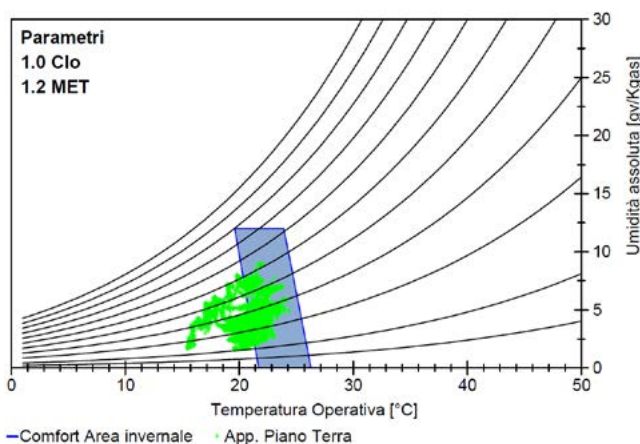


Figura 103: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità (Standard ASHRAE), nel periodo di riscaldamento appartamento ultimo piano EA2.b

Il grafico mostra come il comfort termoigrometrico non è sempre rispettato durante il periodo invernale. Probabilmente l'appartamento è occupato solamente per poche ore al giorno con una temperatura di setback di 15,0°C.

7.2.7.1.3 Appartamento piano terra EA2.c



Figura 104: Temperatura media durante il periodo di riscaldamento appartamento piano terra EA2.c

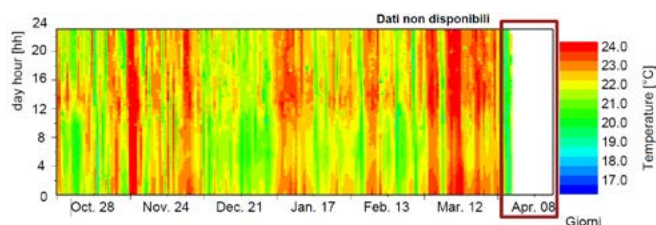


Figura 105: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento piano terra EA2.c

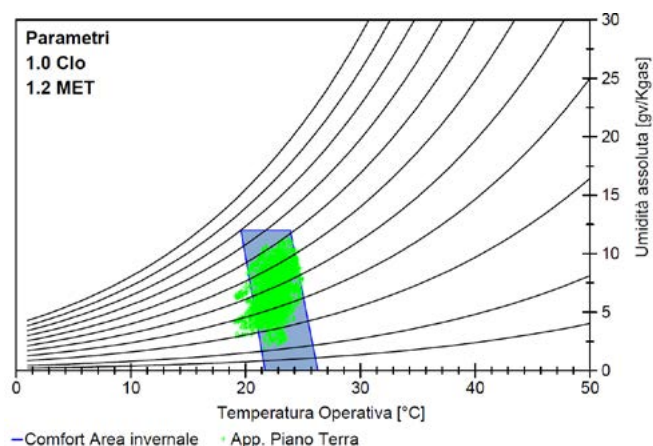


Figura 106: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità (Standard ASHRAE 55-2004), nel periodo di riscaldamento appartamento piano terra EA2.c

Il grafico mostra come il comfort termoigrometrico sia quasi sempre rispettato in modo ottimale durante l'inverno.

7.2.7.1.4 Appartamento ultimo piano EA2.c



Figura 107: Temperatura media durante il periodo di riscaldamento nell'appartamento ultimo piano EA2.c

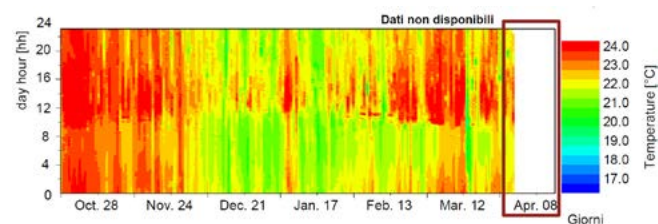


Figura 108: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento ultimo piano EA2.c

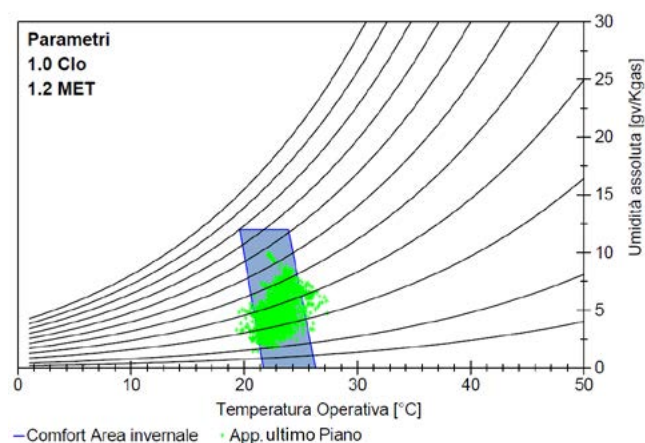


Figura 109: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità (Standard ASHRAE), nel periodo di riscaldamento appartamento ultimo piano EA2.c

Il grafico mostra come il comfort termoigrometrico sia quasi sempre rispettato in modo ottimale durante l'inverno.

7.2.7.2 Andamento delle temperature estive e comfort termoigrometrico

7.2.7.2.1 Appartamento piano terra EA2.b

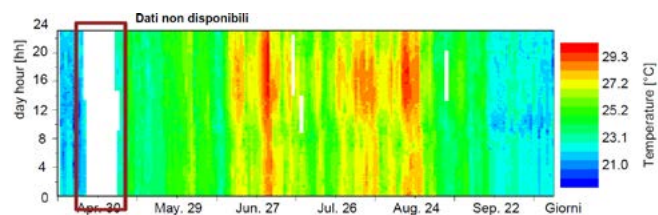


Figura 110: Carpet plot. Profilo temperatura interna nell'appartamento piano terra EA2.b



Figura 111: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna è maggiore di 26°C nell'appartamento piano terra EA2.b

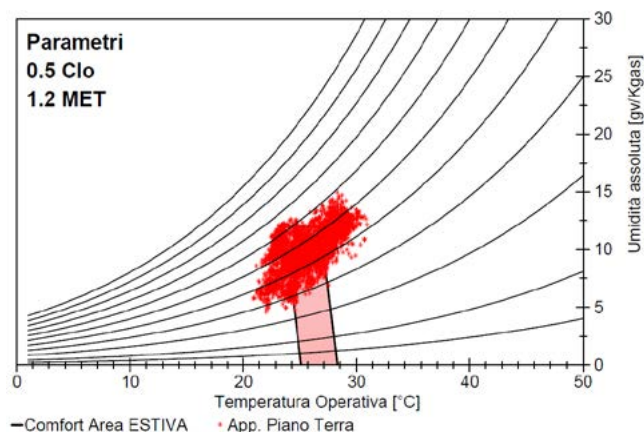


Figura 112: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per appartamento piano terra EA2.b (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento

7.2.7.2.2 Appartamento ultimo piano EA2.b

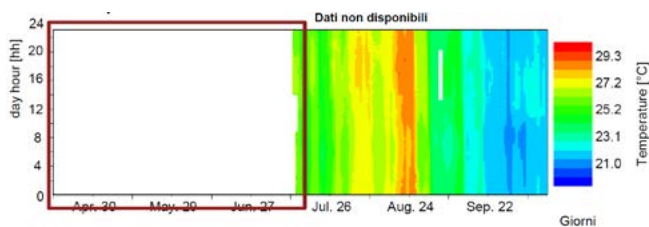


Figura 113: Carpet plot. Profilo temperatura interna appartamento ultimo piano EA2.b



Figura 114: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna è maggiore di 26°C nell'appartamento ultimo piano EA2.b

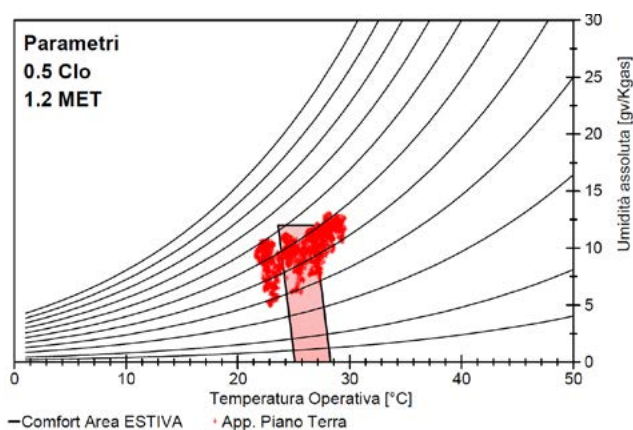


Figura 115: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per appartamento ultimo piano EA2.b (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento

7.2.7.2.3 Appartamento piano terra EA2.c

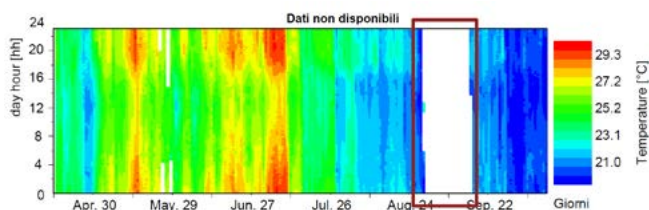


Figura 116: Carpet plot. Profilo temperatura interna nell'appartamento piano terra EA2.c



Figura 117: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna è maggiore di 26°C nell'appartamento piano terra EA2.c

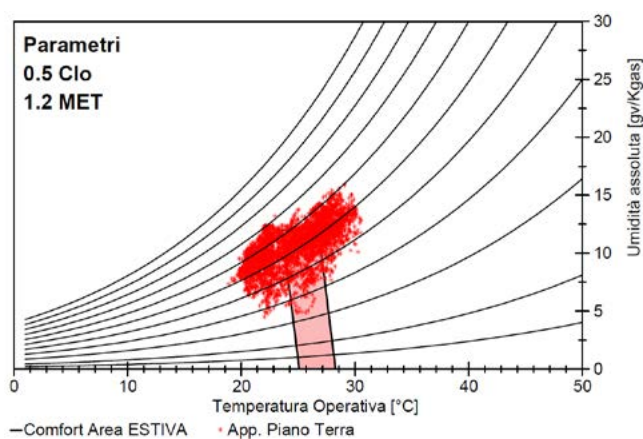


Figura 118: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per appartamento piano terra EA2.c (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento

7.2.7.2.4 Appartamento ultimo piano EA2.c

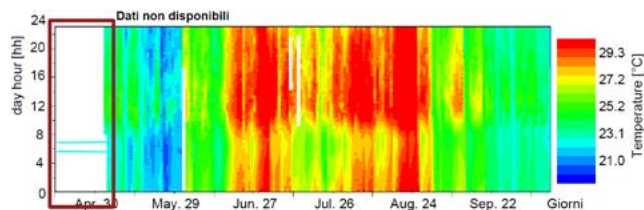


Figura 119: Carpet plot. Profilo temperatura interna nell'appartamento ultimo piano EA2.c



Figura 120: Percentuale di tempo in cui la temperatura interna è maggiore di 26°C nell'appartamento ultimo piano EA2.c

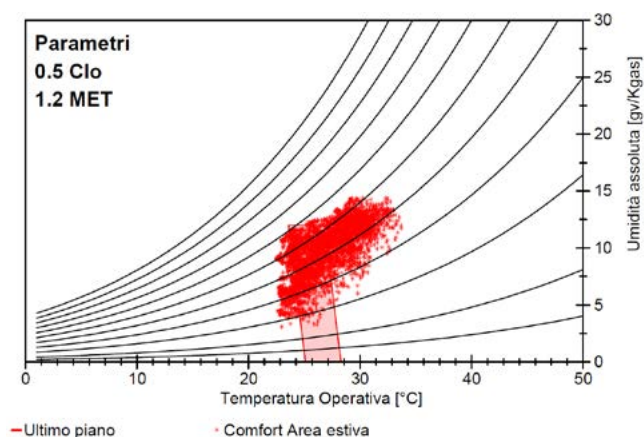


Figura 121: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per l'appartamento ultimo EA2.c (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento

Quest'appartamento presenta una tendenza al surriscaldamento.

7.2.8 Qualità dell'aria

7.2.8.1 Andamento della concentrazione di CO₂ durante il periodo invernale

7.2.8.1.1 Appartamento piano terra EA2.b

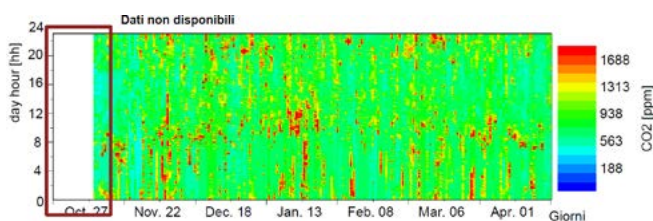


Figura 122: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di riscaldamento, per l'appartamento del piano terra dell'edificio EA2.b

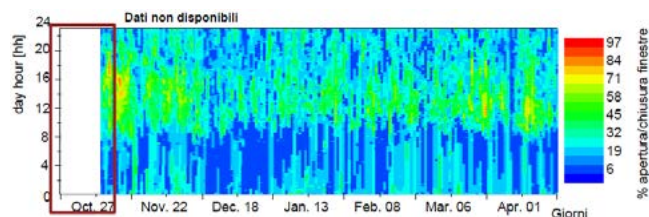


Figura 123: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto), per l'appartamento del piano terra dell'edificio EA2.b

7.2.8.1.2 Appartamento ultimo piano EA2.b

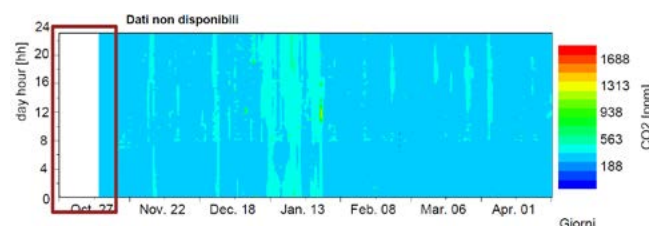


Figura 124: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di riscaldamento, per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b

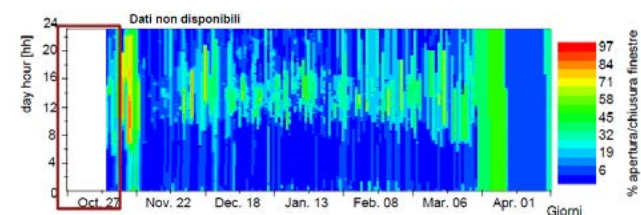


Figura 125: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto), per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b

Per la stagione di non riscaldamento l'andamento della concentrazione di CO₂ dell'aria interna è visualizzato in Figura 126:

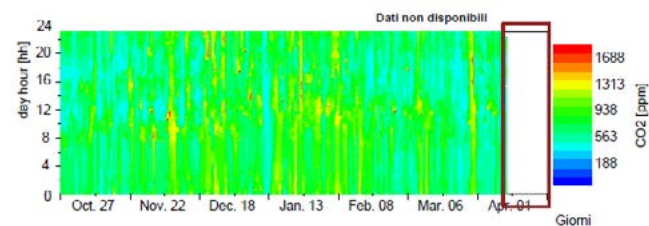


Figura 126: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di riscaldamento, per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b

L'apertura delle finestre durante il periodo di riscaldamento è rappresentata in Figura 127.

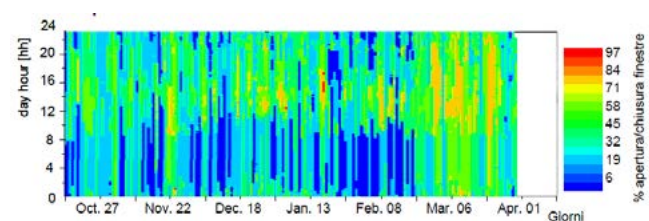


Figura 127: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)=Aperto), per l'appartamento dell'ultimo piano dell'edificio EA2.c

7.2.8.1.3 Appartamento piano terra EA2.c

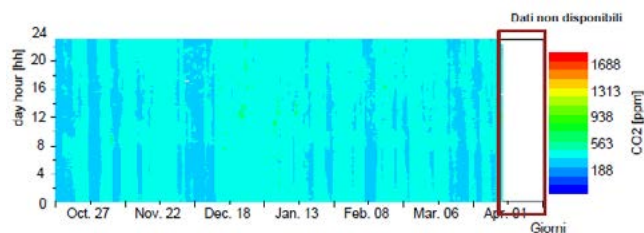


Figura 128: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di riscaldamento, per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.c

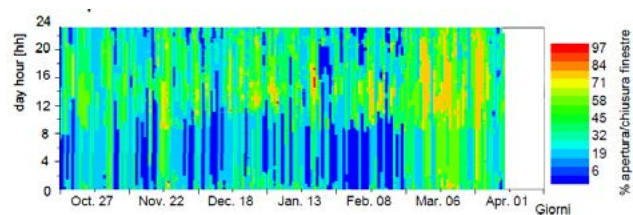


Figura 129: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)= Aperto), per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.c

7.2.8.2.2 Appartamento ultimo piano EA2.b

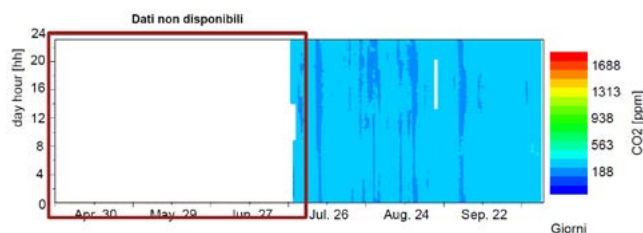


Figura 132: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di NON riscaldamento, per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b

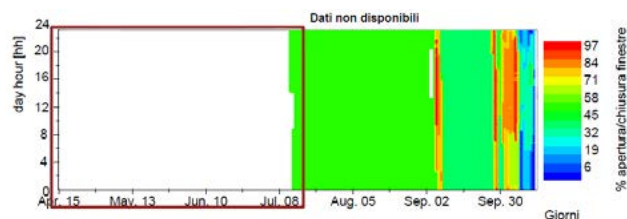


Figura 133: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di NON riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)= Aperto), per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.b

7.2.8.2 Andamento della concentrazione di CO₂ durante il periodo estivo

7.2.8.2.1 Appartamento piano terra EA2.b

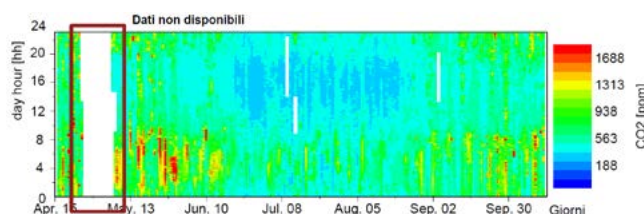


Figura 130: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di NON riscaldamento per l'appartamento del piano terra dell'edificio EA2.b

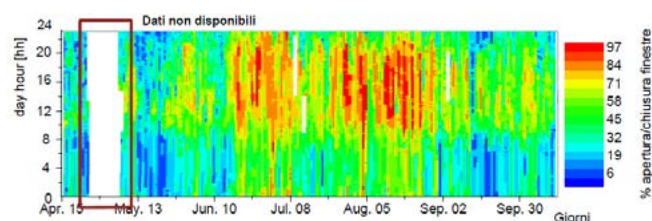


Figura 131: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di NON riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)= Aperto), per l'appartamento del piano terra dell'edificio EA2.b

7.2.8.2.3 Appartamento piano terra EA2.c

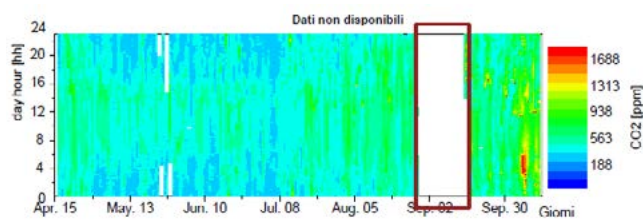


Figura 134: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di NON riscaldamento per l'appartamento del piano terra dell'edificio EA2.c

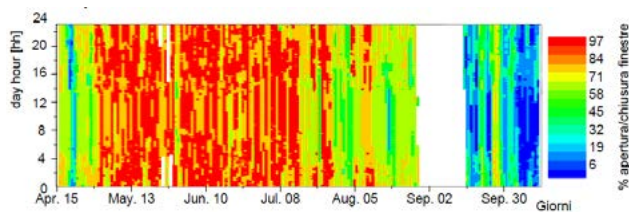


Figura 135: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di NON riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)= Aperto), per l'appartamento del piano terra dell'edificio EA2.c

7.2.8.2.4 Appartamento ultimo piano EA2.c

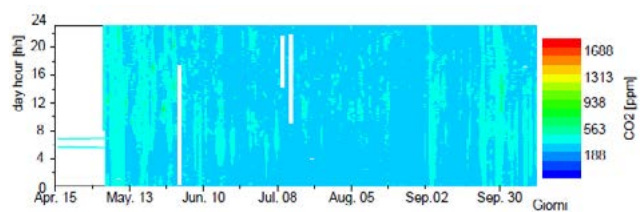


Figura 136: Carpet plot. Concentrazione di CO₂ durante la stagione di NON riscaldamento, per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.c

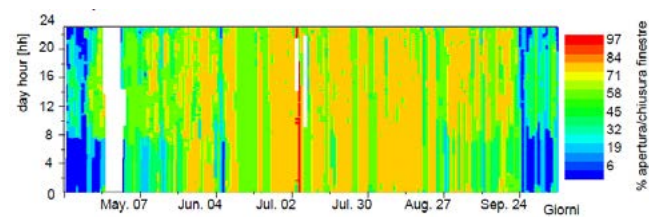


Figura 137: Carpet plot. Media Apertura/Chiusura delle finestre dell'appartamento durante la stagione di NON riscaldamento (0 (%)=Chiuso; 100 (%)= Aperto), per l'appartamento all'ultimo piano dell'edificio EA2.c

7.3 Scheda castello EA3



Figura 138: Castello EA3

Indice termico blocco a	29 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	21 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	34 kWh/m ² a
Indice termico blocco d	31 kWh/m ² a
Committente	Confcooperative
Progettazione architettonica	Arch. Ing. Postal Danilo Arch. Alberto Micheletti
Progettazione termotecnica	Ing. Marina Bolzan
Cubatura	35840 m ³
Numero appartamenti	126
Numero abitanti	353 (valore indicativo)

Tabella 15: Dati tecnici del castello EA3

7.3.1 Descrizione architettonica

La progettazione ha avuto un lungo decorso di verifiche preliminari sull'ottimizzazione tipologica e funzionale dell'impianto residenziale complessivo. I vani scale interni sono vere e proprie macchine termiche e contribuiscono in modo determinante al positivo bilancio energetico. Sono dotate infatti di cupole vetrate in copertura apribili

mediante sensori termici contestualmente a un'analogica superficie di riscontro al piano terra in corrispondenza degli ingressi. In questo modo si programma l'apertura per la ventilazione estiva e la chiusura per il risparmio invernale. In quanto macchine termiche, i vani scala, assimilati a locali tecnici, sono stati detratti dalla cubatura urbanistica fuori terra.

Per i volumi degli ultimi piani si è optato per le coperture piane anziché inclinate in rapporto a un possibile utilizzo a verde estensivo ed alla relativa manutenzione condominiale. I volumi residenziali dell'isolato non presentano sporgenze in aggetto dalla facciata nel rispetto della massima compattezza in funzione energetica, ma solo verande a rientrare aperte e/o chiuse con verificata funzione termica.

Sono state adottate delle colorazioni differenziate per le facciate: scure quelle a nord e chiare le altre, in modo da accentuare la lettura della progettazione in funzione energetica e la percezione immediata di un'architettura unitaria ma nello stesso tempo articolata. Le aperture vetrate sono state differenziate tra le facciate nord e le altre. A sud, est ed ovest le superfici vetrate assumono una dimensione inusuale per la progettazione residenziale, s'ingrandiscono fino a diventare quasi invasive del tradizionale uso della stanza. In questo modo è garantito un bilancio energetico invernale ottimale e si realizza con l'abbassamento delle finestrature fino a 20 cm da pavimento e l'adozione di un parapetto vetrato fisso esterno. A nord invece, per contenere le dispersioni termiche, le superfici vetrate si riducono fino alla dimensione strettamente necessaria ai fini igienico-sanitari. Sono presenti coperture a verde estensivo per il trattenimento e la raccolta controllata dell'acqua meteorica.

7.3.2 Descrizione termotecnica

Il progetto è stato verificato sistematicamente nella sua evoluzione con i parametri tecnico impiantistici necessari a garantirne la certificazione CasaClima A. Anche il contenimento del fabbisogno energetico estivo è stato oggetto di notevole attenzione.

Le murature perimetrali hanno lo spessore di 50 cm, di cui 20 cm d'isolamento termico e facciata ventilata con paramento esterno in argilla cotta, e 30 cm di tamponamenti.

In corrispondenza di tutte le superfici vetrate sono stati adottati dei frangisole, mentre le facciate ventilate sud, est ed ovest garantiscono l'attenuazione del surriscaldamento di facciata.

Gli edifici sono inoltre dotati di un impianto di ventilazione controllata di tipo centralizzato. Per ogni scala è presente un'unità di recupero calore ad alta efficienza (efficienza di targa oltre 80%) posta sulla copertura; per evitare che la ventilazione controllata incrementi, anche se in maniera modesta, il carico termico estivo

delle abitazioni, le unità sono dotate di un piccolo gruppo frigorifero integrato (raffreddato dall'aria di espulsione e quindi funzionante con maggiore efficienza) che permette un certo abbattimento della temperatura e dell'umidità.

7.3.3 Impianto di monitoraggio installato

Il sistema di monitoraggio del castello EA3 si compone di punti misura installati su una macchina di ventilazione centralizzata sul tetto di uno degli edifici. I parametri misurati sono temperatura, umidità e velocità dell'aria all'interno dei canali di ventilazione nonché la concentrazione di CO₂ nel canale di ripresa dell'aria esausta. In Figura 139 il layout del sistema di monitoraggio installato, con l'indicazione dei punti di misura.

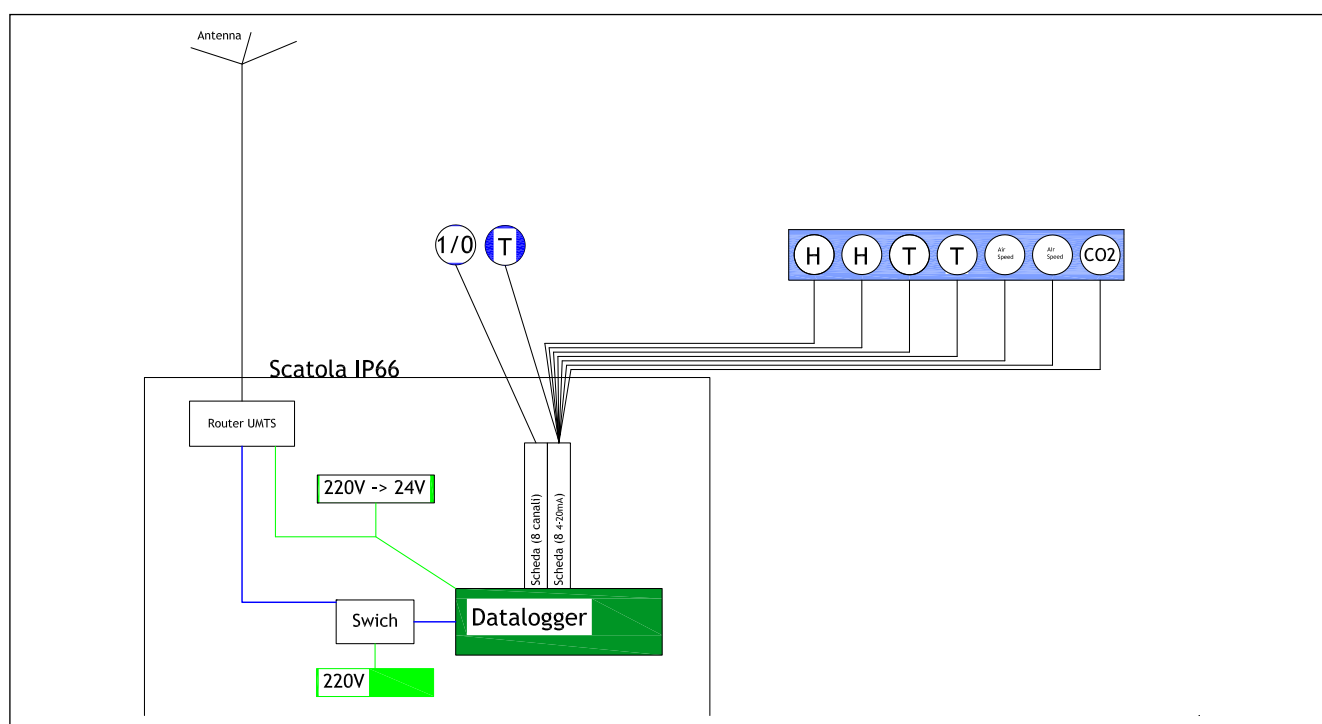


Figura 139: Schema dell'impianto di monitoraggio dell'edificio EA3

Legenda sensori

- Contatore elettrico per pompa di calore
- Temperatura aria per la doppia facciata
- Conta calorie composto da 2 sensori di temperatura e un flussimetro DN 40
- Temperatura aria nella scala
- Sensore apertura finestra vano scala
- Sensore velocità aria in uscita dalla finestra del vano scala



Blocco per la misura dell'aria di ventilazione forzata: 2 temperature, 2 misuratori di umidità, 2 sensori di velocità, 1 misuratore di CO₂



Blocco stazione meteo: 1 sensore temperatura, 1 umidità, 1 sensore di CO₂, 1 sensore di radiazione globale, 1 sensore velocità vento



Blocco per il monitoraggio degli appartamenti: 1 sensore di temperatura, 1 sensore umidità, 1 sensore CO₂, 1 contatore elettricità, 6 sensori on-off per le aperture finestre

7.3.4 Analisi energia elettrica

Castello EA3

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2282
Consumo elettrico condominiale	951
Consumo elettrico totale	3233

Tabella 16: Consumo elettrico per appartamento castello EA3

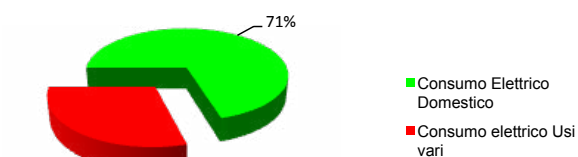


Figura 140: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

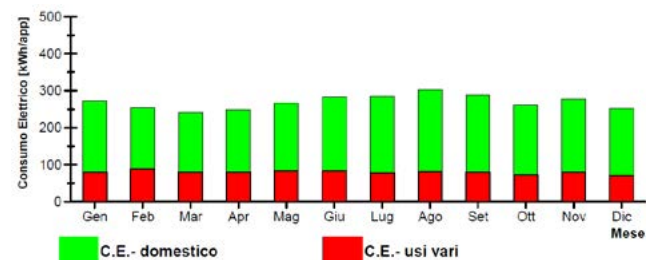


Figura 141: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.3.5 Acqua calda sanitaria

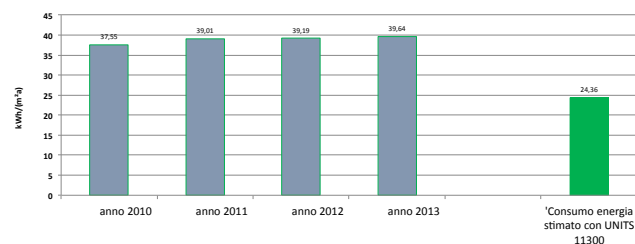


Figura 142: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA3

I dati di consumo di calore per acqua calda sanitaria relativa al castello EA3 sono molto più alti dei dati di consumo calcolati con le norme UNITS 11300. In mancanza di dati dettagliati risulta difficile identificare la causa, tuttavia si ipotizza una perdita di calore nel circuito di distribuzione.

7.3.6 Riscaldamento

7.3.6.1 Consumi normalizzati

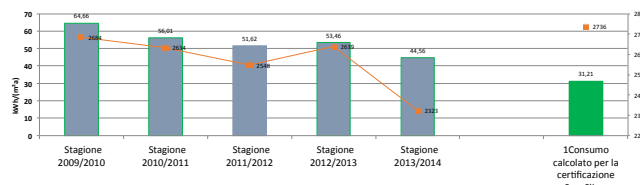


Figura 143: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA3 in relazione ai gradigiorno

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 73%. Data la similitudine con l'acqua calda sanitaria, è probabile che una delle cause sia una perdita di calore nel circuito di distribuzione.

7.3.6.2 Firma energetica

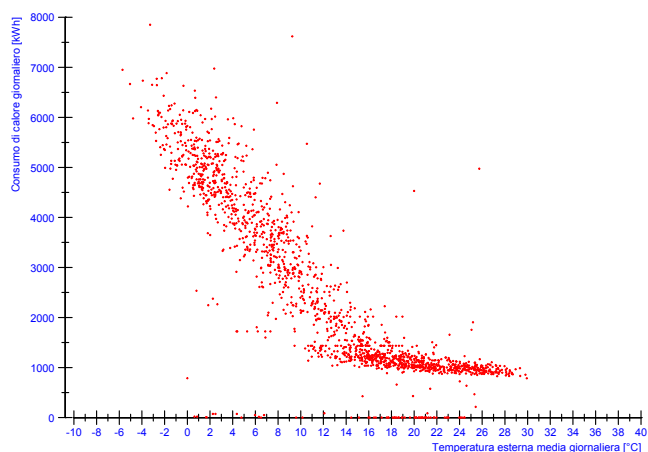


Figura 144: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

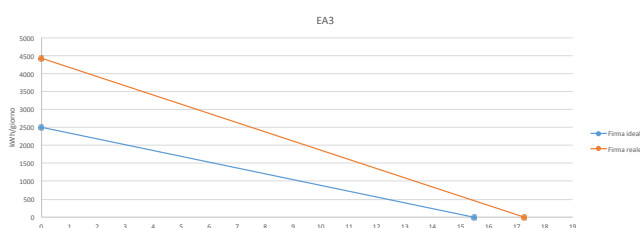


Figura 145: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano sistematicamente dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

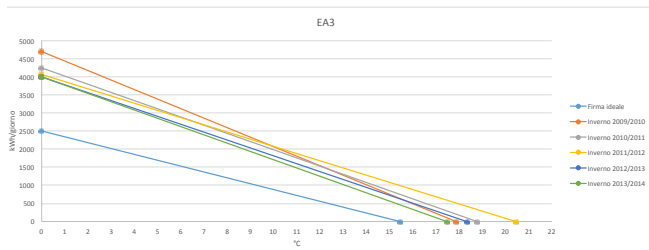


Figura 146: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

La firma energetica ha una tendenza ad abbassarsi col passare delle stagioni, segno che la gestione e il comportamento degli inquilini migliora con il passare del tempo.

7.3.7 Funzionamento impianto di ventilazione

Il sistema di monitoraggio ha permesso l'analisi di funzionamento di una macchina di ventilazione posta sul tetto di un edificio del Castello EA3.

7.3.7.1 Periodo di riscaldamento

Le velocità dell'aria nei canali principali di ventilazione sono solitamente attorno ai 5 m/sec mentre in questo caso sono mediamente circa 1,5 m/sec. Di conseguenza, a nostro avviso, molti inquilini tengono chiusa la ventilazione controllata rompendo di fatto il concetto energetico dell'edificio.

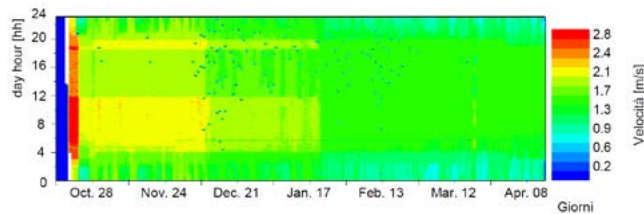


Figura 147: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di mandata durante il periodo di riscaldamento

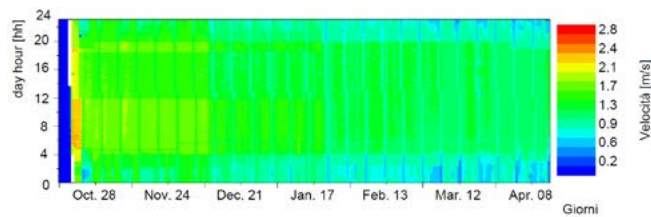


Figura 148: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di ritorno durante il periodo di riscaldamento

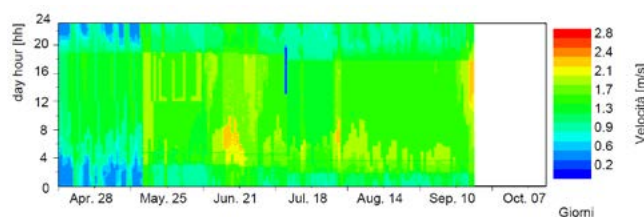


Figura 149: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di mandata durante il periodo di raffreddamento

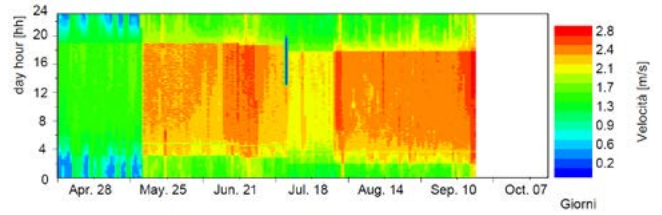


Figura 150: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di ritorno durante il periodo di raffreddamento

Dai profili di temperatura di mandata e di ritorno è stata calcolata l'efficienza di recupero del calore da parte della macchina. Per l'intero periodo di non riscaldamento il recupero medio di calore è stato di circa il 67%.

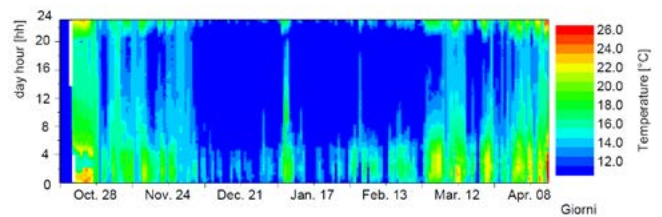


Figura 151: Carpet plot. Temperatura del condotto aria di mandata periodo di riscaldamento

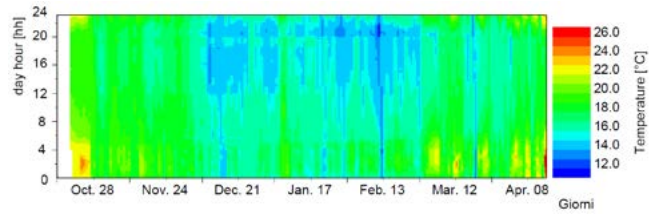


Figura 152: Carpet plot. Temperatura del condotto aria di ritorno periodo di riscaldamento

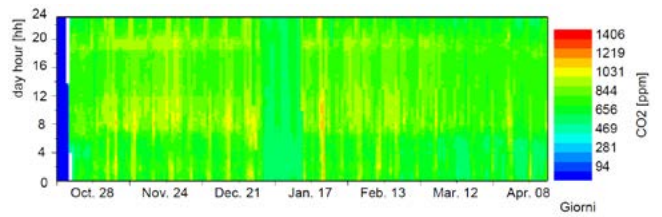


Figura 153: Carpet plot. Profilo CO₂ condotto di ritorno periodo di riscaldamento

7.3.7.2 Periodo di non riscaldamento

I grafici della temperatura di mandata mostrano come durante i periodi più caldi durante le ore diurne la macchina di ventilazione raffreschi l'aria primaria portandola a circa 16°C grazie a un piccolo gruppo frigorifero. Tale funzione permette di smorzare l'ondata di calore diurna all'interno degli appartamenti. Durante la notte le elevatissime temperature di mandata e ritorno suggeriscono che la ventilazione forzata sia chiusa da parte degli inquilini.

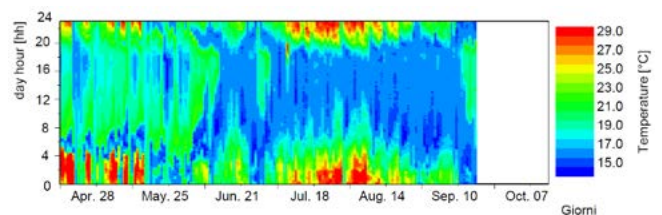


Figura 154: Carpet plot. Temperatura condotto aria di mandata periodo di non riscaldamento

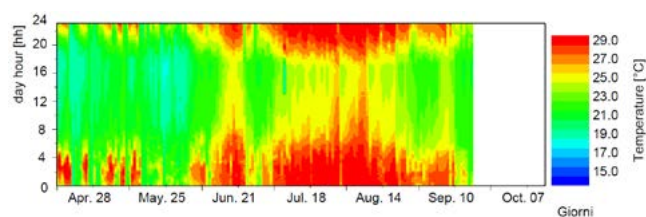


Figura 155: Carpet plot. Temperatura condotto aria di ritorno periodo di non riscaldamento

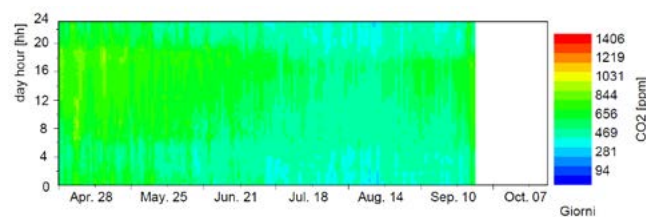


Figura 156: Carpet plot. Profilo CO₂ condotto di ritorno periodo di riscaldamento

7.3.8 Sistema di termoregolazione del vano scala

L'apertura e la chiusura del lucernario sul vano scala è rappresentata in Figura 157 e Figura 158. Appare evidente che il sistema funzioni in maniera corretta poiché risulta chiuso durante il periodo invernale e durante le ore più calde dell'estate, mentre risulta aperto durante le ore notturne estive permettendo un raffrescamento passivo del vano.

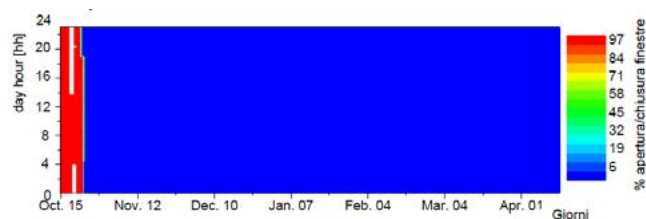


Figura 157: Carpet plot. Apertura/Chiusura del lucernario del vano scala durante la stagione di riscaldamento. (1=Aperto; 0=Chiuso)

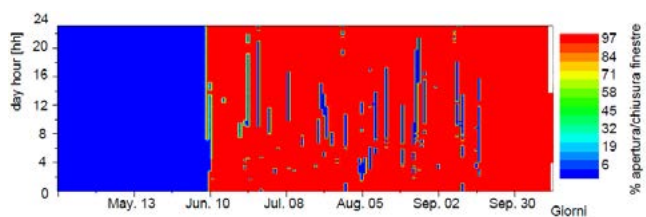


Figura 158: Carpet plot. Apertura/Chiusura del lucernario del vano scala durante la stagione di non riscaldamento. (1=Aperto; 0=Chiuso)

7.4 Scheda castello EA4



Figura 159: Castello EA4

Indice termico blocco a	21 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	22 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	25 kWh/m ² a
Indice termico blocco d	25 kWh/m ² a
Committente	Lega coop bund
Progettazione architettonica	Dr. Arch. Wilfried Moroder Arch. Roberto Palazzi
Progettazione termotecnica	Energytech Ingegneri S.r.l.
Cubatura	42880 m ³
Numero appartamenti	137
Numero abitanti	421 (valore indicativo)

Tabella 17: Dati tecnici del castello EA4

7.4.1 Descrizione architettonica

Il castello si articola in quattro edifici di forma irregolare che caratterizzano l'architettura dell'isolato. La loro fisionomia a effetto degradante come pure la disposizione asimmetrica è in funzione della migliore esposizione eliotermica. Complessivamente sono presenti 137 alloggi ad ognuno dei quali è annessa una cantina e un doppio garage ricavati nei due piani scantinati. Il complesso ha una copertura a verde estensivo e giardini pensili, con recupero attivo dell'acqua piovana, la quale è utilizzata appunto per lo sciacquo dei WC, e l'irrigazione dei giardini.

Il progetto, nell'ottica generale di uno sviluppo ecosostenibile, intende proporre la realizzazione di un edificio ad alta efficienza energetica applicando i concetti di CasaClima integrati con soluzioni che consentano un utilizzo continuo e dinamico delle risorse energetiche disponibili, al fine di ottenere, contestualmente, un maggiore comfort ambientale ed una maggiore efficacia nel minimizzare i costi di gestione. In questo senso, è stata posta particolare attenzione alla progettazione dell'involucro dell'edificio coniugando l'architettura con criteri d'utilizzo razionale di tutte le preziose fonti energetiche disponibili, e, magari rinnovabili, passando dal terreno, al verde, al sole.

7.4.2 Descrizione termotecnica

L'approvvigionamento termico del castello avviene mediante teleriscaldamento. Per il raffrescamento estivo degli ambienti, il preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria d'inverno e il riscaldamento invernale degli ambienti è utilizzata una pompa di calore geotermica, che scambia calore con il terreno mediante la platea di fondazione dell'edificio.

Ogni appartamento è dotato di un proprio impianto di ventilazione controllata con grado di recupero termico che di targa supera il 90%. L'aspirazione dell'aria fresca avviene mediante condotte posate a terreno che porta ad un preriscaldamento dell'aria invernale ed un raffrescamento dell'aria d'estate.

I materiali usati per le coibentazioni sono ecologici e riciclabili: lana di roccia, foamglas (vetro riciclato espanso cellulare), silicati porizzati, ecc.

Nel castello è inoltre presente un sistema di recupero dell'acqua piovana per l'alimentazione dei WC. A tale scopo è presente, oltre ad un sistema di filtrazione degli scarichi acque bianche, anche una rete di distribuzione separata che alimenta, mediante una stazione di pompaggio dotata di autoclave i vasi WC.

Tale rete all'interno della quale circola acqua non potabile destinata ad essere scaricata nella rete pubblica delle acque nere, è dotata di contatori volumetrici di portata, installati, gestiti e contabilizzati dall'ente di erogazione dell'acqua potabile per contabilizzare i dovuti oneri di smaltimento. In caso di mancanza di acqua nei serbatoi di raccolta, il servizio è garantito mediante l'utilizzo diretto di acqua potabile dall'acquedotto.

7.4.3 Analisi energia elettrica

Castello EA4

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2337
Consumo elettrico condominiale	1043
Consumo elettrico totale	3380

Tabella 18: Consumo elettrico per appartamento castello EA4

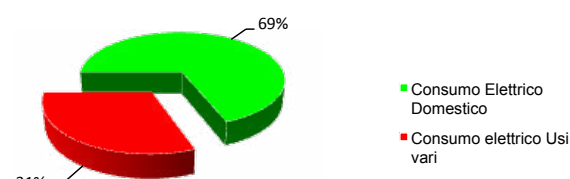


Figura 160: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

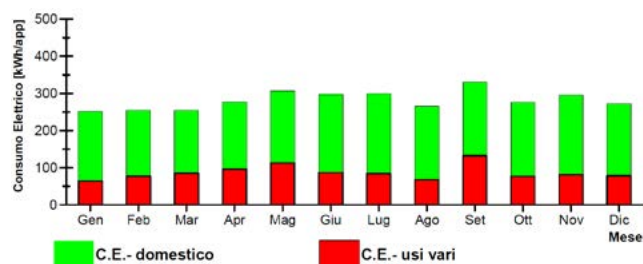


Figura 161: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.4.4 Acqua calda sanitaria

Il consumo di calore per acqua calda sanitaria è in linea con quello calcolato dalla normativa.

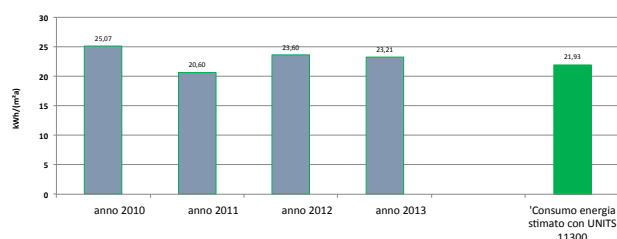


Figura 162: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA4

7.4.5 Riscaldamento

7.4.5.1 Consumi normalizzati

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 150%.

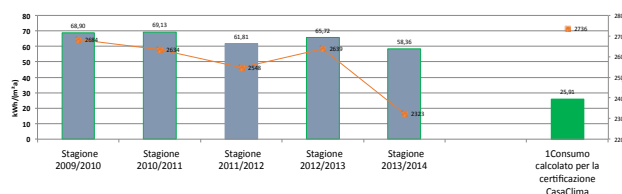


Figura 163: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA4 in relazione ai gradigiorno

7.4.5.2 Firma energetica

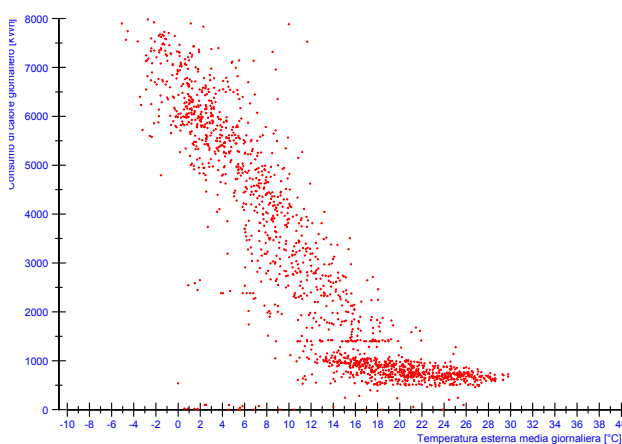


Figura 164: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

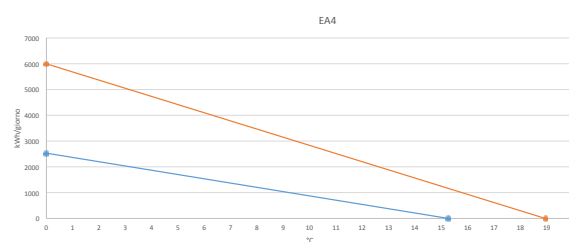


Figura 165: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano sistematicamente dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

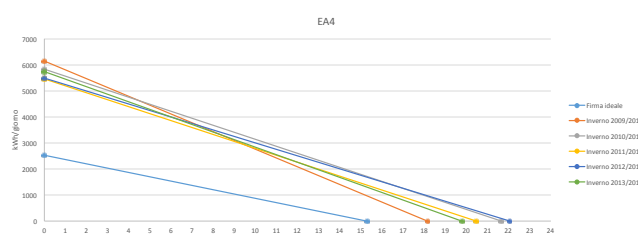


Figura 166: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

7.5 Scheda castello EA5

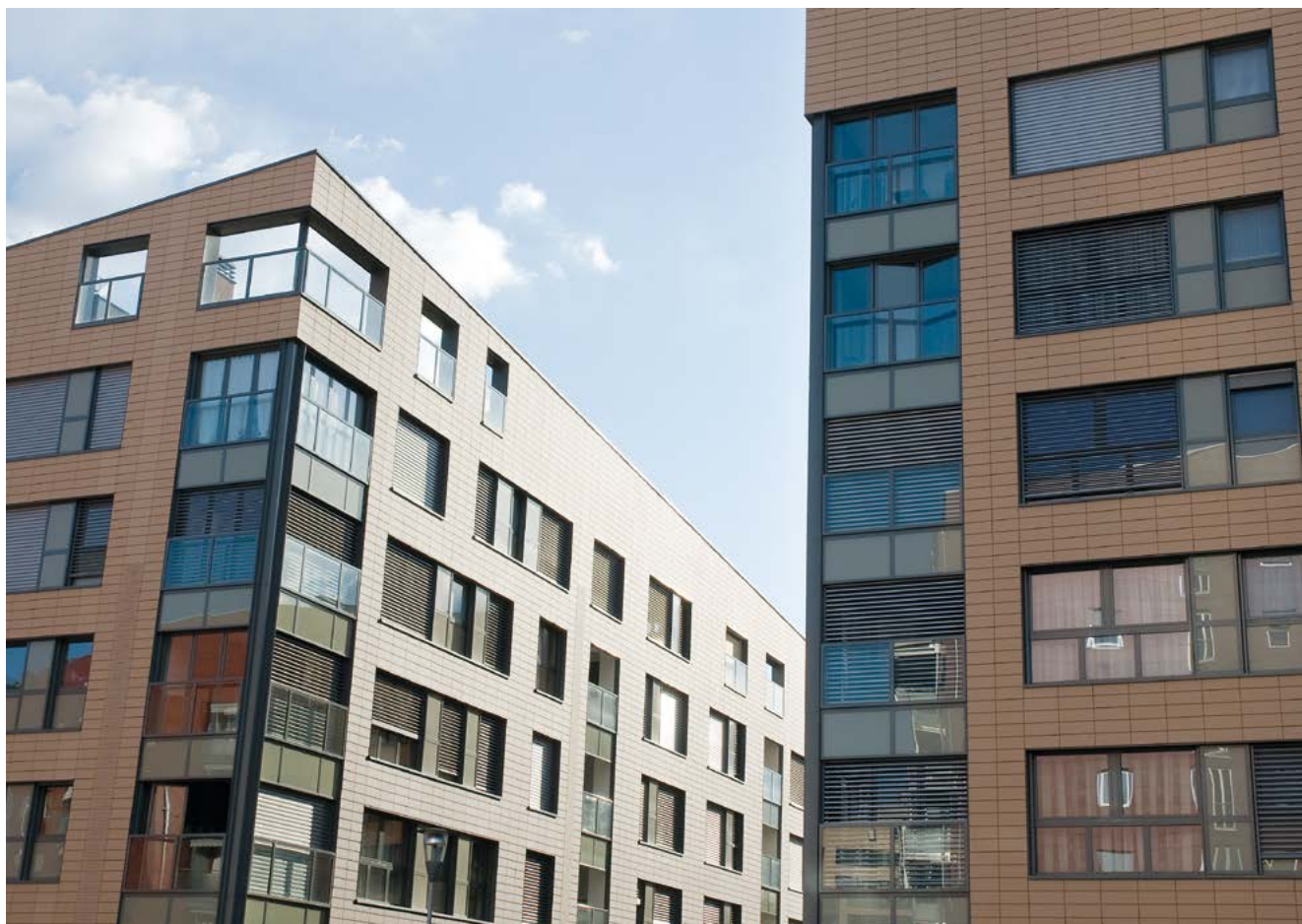


Figura 167: Castello EA5

Indice termico blocco a	29 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	30 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	30 kWh/m ² a
Indice termico blocco d	31 kWh/m ² a
Committente	Confcooperative
Progettazione architettonica	Arch. Ing. Postal Danilo Arch. Alberto Micheletti
Progettazione termotecnica	Ing. Marina Bolzan
Cubatura	35200 m ³
Numero appartamenti	115
Numero abitanti	347 (valore indicativo)

Tabella 19: Dati tecnici del castello EA5

7.5.1 Descrizione architettonica

La progettazione ha avuto un lungo decorso di verifiche preliminari sull'ottimizzazione tipologica e funzionale dell'impianto residenziale complessivo. I vani scale interni sono vere e proprie macchine termiche e contribuiscono in modo determinante al positivo bilancio energetico. Sono dotate infatti di cupole vetrate in copertura apribili mediante sensori termici contestualmente ad un'analoga superficie di riscontro al piano terra in corrispondenza degli ingressi. In questo modo si programma l'apertura per la ventilazione estiva e la chiu-

sura per il risparmio invernale. In quanto macchine termiche, i vani scale, assimilati a locali tecnici, sono stati detratti dalla cubatura urbanistica fuori terra.

Per i volumi degli ultimi piani si è optato per le coperture piane anziché inclinate in rapporto ad un possibile utilizzo a verde estensivo ed alla relativa manutenzione condominiale.

I volumi residenziali dell'isolato non presentano sporgenze in aggetto dalla facciata nel rispetto della massima compattezza in funzione energetica, ma solo verande a rientrare aperte e/o chiuse con verificata funzione termica.

Sono state adottate delle colorazioni differenziate per le facciate: scure quelle a nord e chiare le altre, in modo da accentuare la lettura della progettazione in funzione energetica e la percezione immediata di un'architettura unitaria ma nello stesso tempo articolata.

Le aperture vetrate sono state differenziate tra le facciate nord e le altre. A sud, est ed ovest le superfici vetrate assumono una dimensione inusuale per la progettazione residenziale, s'ingrandiscono fino a diventare quasi invasive del tradizionale uso della stanza. In questo modo viene garantito un bilancio energetico invernale ottimale e si realizza con l'abbassamento delle finestrature fino a 20 cm da pavimento e l'adozione di un parapetto vetrato fisso esterno. A nord invece, per contenere le dispersioni termiche, le superfici vetrate si riducono fino alla dimensione strettamente necessaria ai fini igienico-sanitari.

Sono presenti coperture a verde estensivo per il trattenimento e la raccolta controllata dell'acqua meteorica.

7.5.2 Descrizione termotecnica

Il progetto è stato verificato sistematicamente nella sua evoluzione con i parametri tecnico impiantistici necessari a garantirne la certificazione CasaClima A.

Anche il contenimento del fabbisogno energetico estivo è stato oggetto di notevole attenzione:

Le murature perimetrali hanno lo spessore di 50 cm, di cui 20 cm di isolamento termico e facciata ventilata con paramento esterno in argilla cotta, e 30 cm di tamponamenti.

In corrispondenza di tutte le superfici vetrate sono stati adottati dei frangisole, mentre le facciate ventilate sud, est ed ovest garantiscono l'attenuazione del surriscaldamento di facciata.

Gli edifici sono inoltre dotati di un impianto di ventilazione controllata di tipo centralizzato. Per ogni scala è presente un'unità di recupero calore ad alta efficienza (efficienza di targa oltre 80%) posta sulla copertura; per evitare che la ventilazione controllata

incrementi, anche se in maniera modesta, il carico termico estivo delle abitazioni, le unità sono dotate di un piccolo gruppo frigorifero integrato (raffreddato dall'aria di espulsione e quindi funzionante con maggiore efficienza) che permette un certo abbattimento della temperatura e dell'umidità.

7.5.3 Impianto di monitoraggio installato

Il sistema di monitoraggio del castello EA3 si compone di punti misura installati su una macchina di ventilazione centralizzata sul tetto di uno degli edifici. I parametri misurati sono temperatura, umidità e velocità dell'aria all'interno dei canali di ventilazione nonché la concentrazione di CO₂ nel canale di ripresa dell'aria esausta. In Figura 168 il layout del sistema di monitoraggio installato, con l'indicazione dei punti di misura.

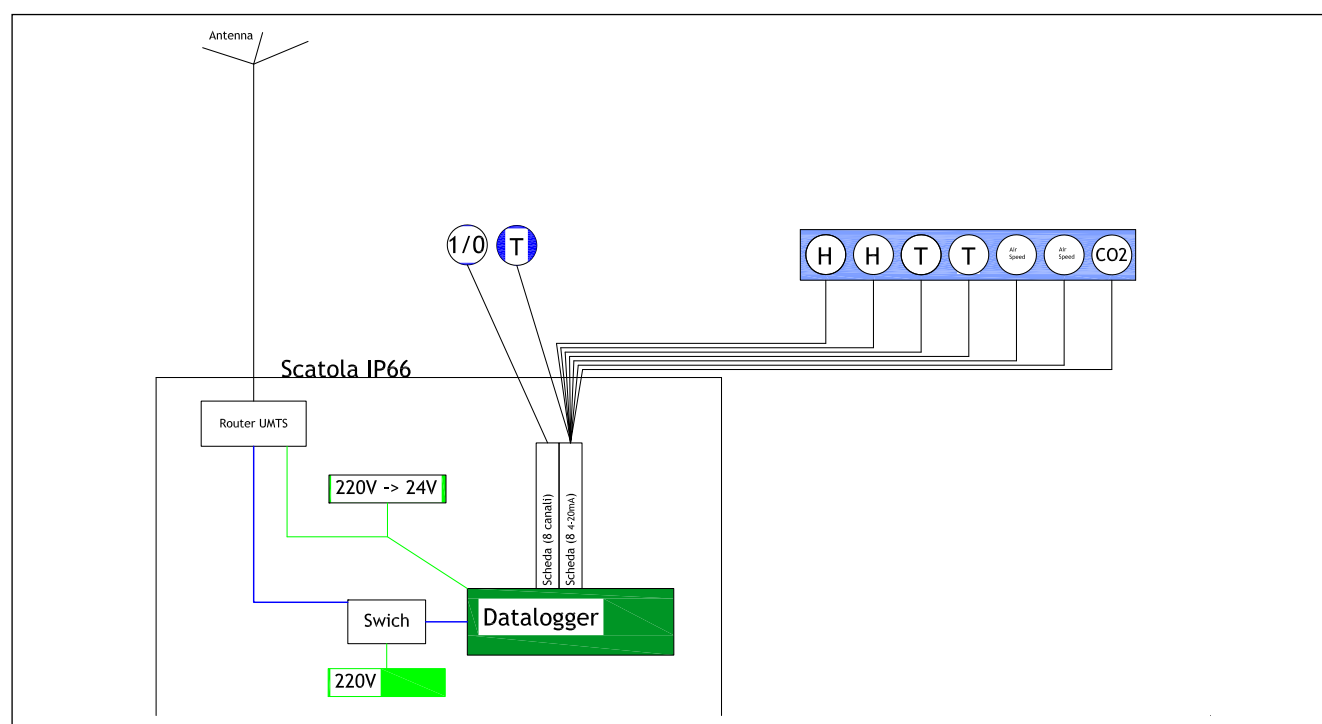


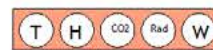
Figura 168: Schema dell'impianto di monitoraggio dell'edificio EA5

Legenda sensori

- EL** Contatore elettrico per pompa di calore
- T** Temperatura aria per la doppia facciata
- CC** Conta calorie composto da 2 sensori di temperatura e un flussimetro DN 40
- T** Temperatura aria nella scala
- on-off** Sensore apertura finestra vano scala
- Sensore velocità aria in uscita dalla finestra del vano scala



Blocco per la misura dell'aria di ventilazione forzata: 2 temperature, 2 misuratori di umidità, 2 sensori di velocità, 1 misuratore di CO₂



Blocco stazione meteo: 1 sensore temperatura, 1 umidità, 1 sensore di CO₂, 1 sensore di radiazione globale, 1 sensore velocità vento



Blocco per il monitoraggio degli appartamenti: 1 sensore di temperatura, 1 sensore umidità, 1 sensore CO₂, 1 contatore elettricità, 6 sensori on-off per le aperture finestre



Figura 169: Lavori di realizzazione del sistema di monitoraggio dell'edificio EA5



Figura 170: Sensori di temperatura, umidità, velocità dell'aria, CO₂ montati in un canale di ventilazione dell'edificio EA5

7.5.4 Analisi energia elettrica

Castello EA5

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2208
Consumo elettrico condominiale	1254
Consumo elettrico totale	3462

Tabella 20: Consumo elettrico per appartamento castello EA5

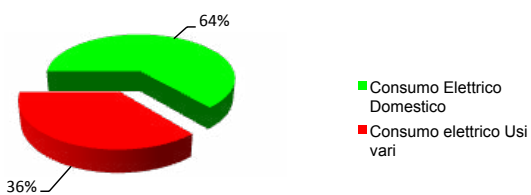


Figura 171: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

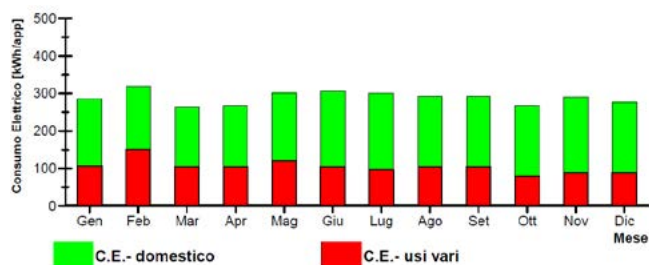


Figura 172: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.5.5 Acqua calda sanitaria

7.5.5.1 Consumi normalizzati

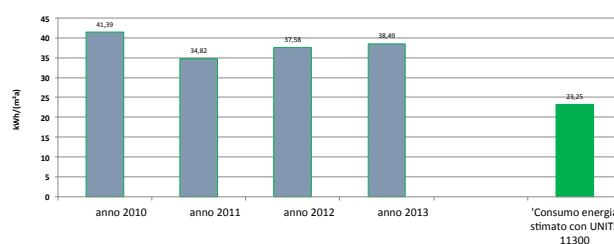


Figura 173: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA5

I dati di consumo di calore per acqua calda sanitaria relativa al castello EA5 sono molto più alti dei dati di consumo calcolato con le norme UNITS 11300. È probabile una perdita di calore nel circuito di distribuzione.

7.5.6 Riscaldamento

7.5.6.1 Consumi normalizzati

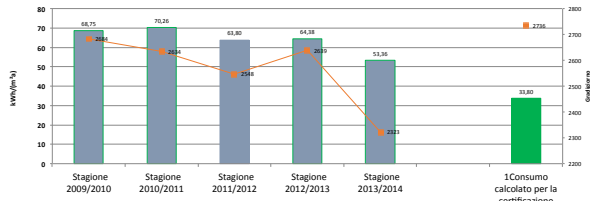


Figura 174: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA5 in relazione ai gradigiorno

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 90%.

7.5.6.2 Firma energetica

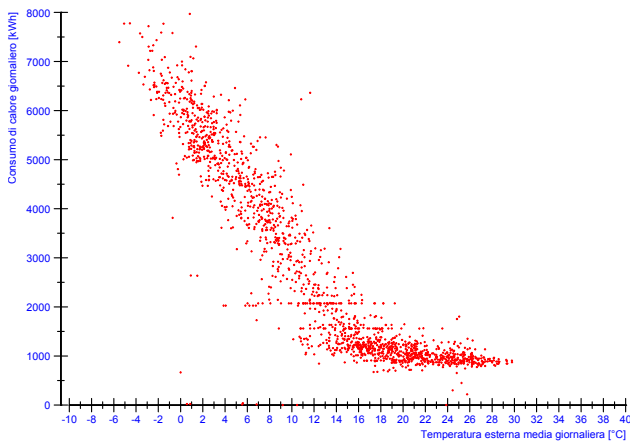


Figura 175: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

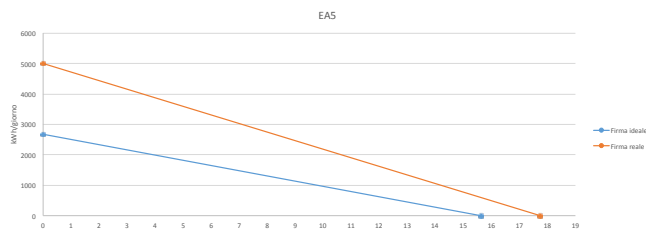


Figura 176: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano sistematicamente dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

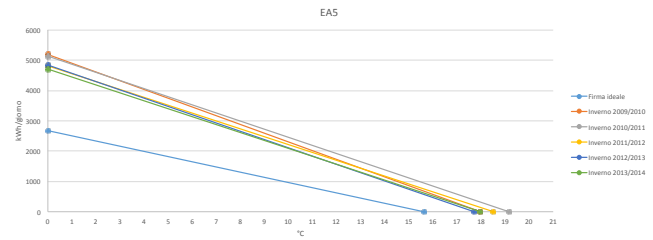


Figura 177: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

Il limite di riscaldamento scende ad ogni stagione, segno che la gestione e il comportamento degli inquilini migliora con il passare del tempo.

7.5.7 Funzionamento impianto di ventilazione

Il sistema di monitoraggio ha permesso l'analisi di funzionamento di una macchina di ventilazione posta sul tetto di un edificio del Castello EA5.

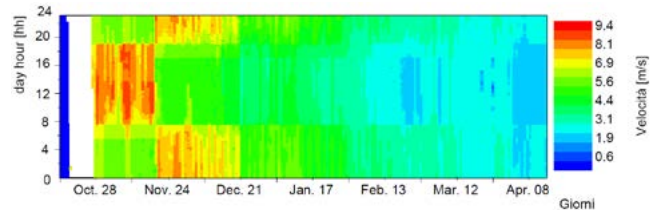


Figura 178: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di mandata durante il periodo di riscaldamento

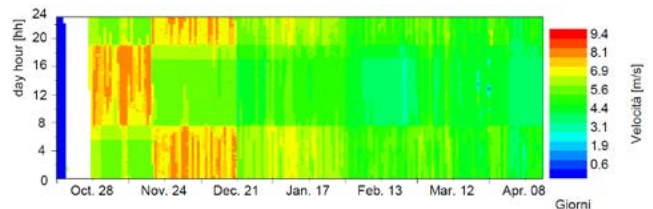


Figura 179: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di ritorno durante il periodo di riscaldamento

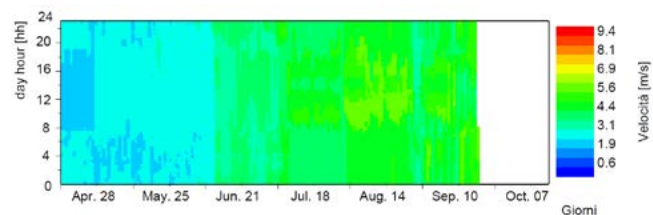


Figura 180: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di mandata durante il periodo di riscaldamento

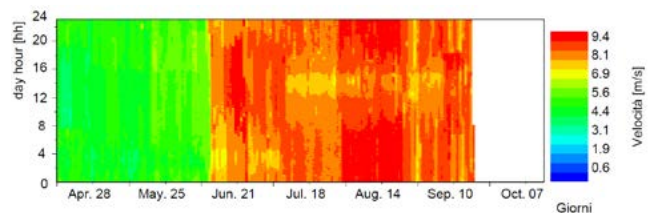


Figura 181: Carpet plot. Velocità dell'aria all'interno del canale principale di ventilazione di ritorno durante il periodo di riscaldamento

A differenza del caso del castello EA3 la ventilazione qui è utilizzata poiché le velocità dell'aria all'interno dei canali sono compatibili con le velocità progettuali. A giugno si nota un cambiamento nella velocità dell'aria dovuto probabilmente al fatto che gli inquilini aprono le finestre facendo diminuire la perdita di carico del circuito di ventilazione.

7.5.7.1 Periodo di riscaldamento

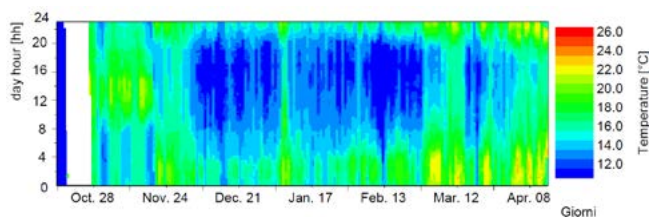


Figura 182: Carpet plot. Temperatura del condotto aria di mandata periodo di riscaldamento

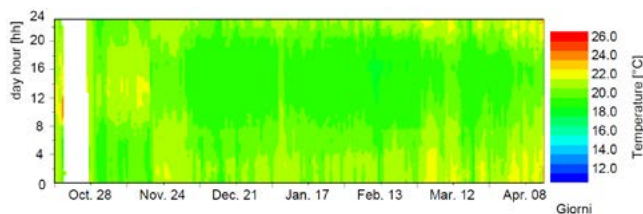


Figura 183: Carpet plot. Temperatura del condotto aria di ritorno periodo di riscaldamento

Dai profili di temperatura di mandata e di ritorno è stata calcolata l'efficienza di recupero del calore da parte della macchina. Per l'interno periodo di non riscaldamento il recupero medio di calore è stato del 69%.

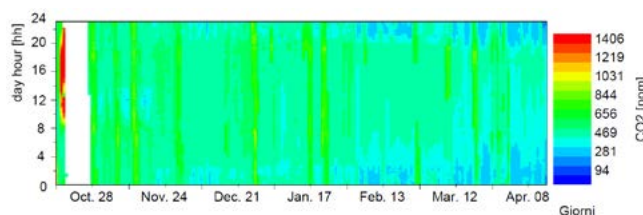


Figura 184: Carpet plot. Profilo CO₂ condotto di ritorno periodo di riscaldamento

7.5.7.2 Periodo di non riscaldamento

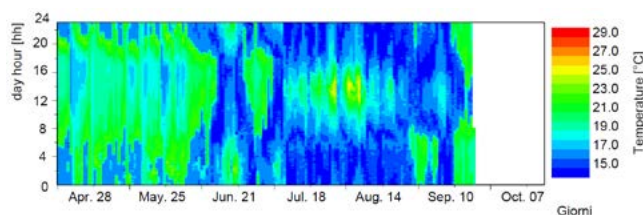


Figura 185: Carpet plot. Temperatura del condotto aria di mandata periodo di non riscaldamento

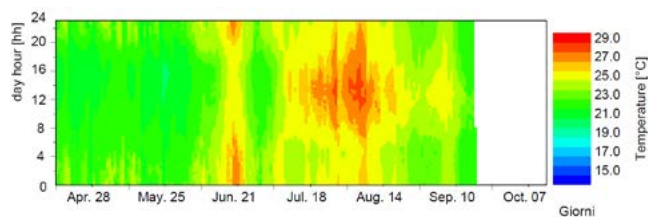


Figura 186: Carpet plot. Temperatura del condotto aria di ritorno periodo di non riscaldamento

I grafici della temperatura di mandata mostrano un uso massiccio del gruppo frigorifero che porta la temperatura a circa 16°C. Il profilo delle temperature a luglio e agosto però, rivela una gestione insolita del gruppo frigorifero poiché risulta spento durante le ore più calde e funziona durante le ore notturne.

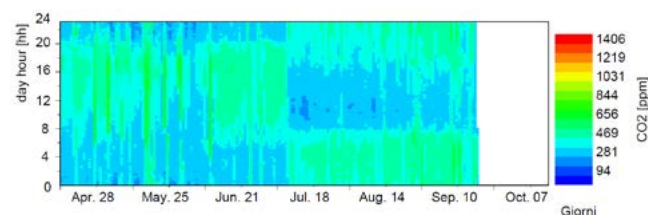


Figura 187: Carpet plot. Profilo CO₂ condotto di ritorno periodo di riscaldamento

7.5.8 Sistema di termoregolazione del vano scala

L'apertura e la chiusura del lucernario sul vano scala è rappresentata in Figura 188 e Figura 189.

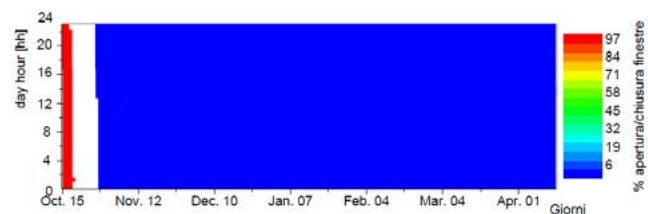


Figura 188: Carpet plot. Apertura/Chiusura del lucernario del vano scala durante la stagione di riscaldamento. (0=Aperto; 1=Chiuso)

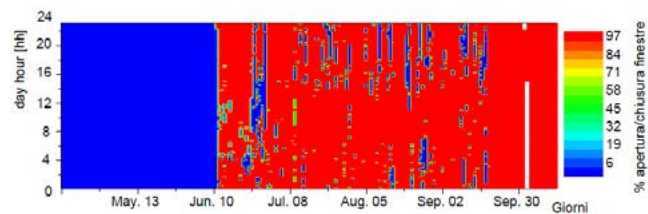


Figura 189: Carpet plot. Apertura/Chiusura del lucernario del vano scala durante la stagione di non riscaldamento. (0=Aperto; 1=Chiuso)

Come per il caso dell'UTA la gestione della ventilazione naturale del vano scala risulta essere un po' strana. Il lucernario è correttamente chiuso in regime invernale ma durante il periodo estivo risulta aperto di giorno durante le ore più calde mentre risulta aperto di notte. Si consiglia di controllare le condizioni di apertura del lucernario.

7.6 Castello EA6



Figura 190: Castello EA6

Indice termico blocco a	32 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	27 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	38 kWh/m ² a
Indice termico blocco d	33 kWh/m ² a
Committente	¾ IPES ¼ Lega coop bund
Progettazione architettonica	Arch. Kerschbaumer Pichler & Partner Dr. Arch. Wilfried Moroder Arch. Roberto Palazzi
Progettazione termotecnica	Studio Thermoplan Energytech Ingegneri S.r.l.
Cubatura	32000 m ³
Numero appartamenti	113
Numero abitanti	315 (valore indicativo)

Tabella 21: Dati tecnici del castello EA6

7.6.1 Descrizione architettonica

L'isolato EA6 è costituito nel suo insieme da quattro edifici, di cui tre sono destinati all'Istituto per l'edilizia sociale e uno alla Lega coop bund.

Gli edifici sono come singoli individui con diverse grandezze, forme e posizioni. L'omogeneo e compatto involucro che si rispecchia

nella facciata perimetrale intonacata unisce i quattro blocchi, dandogli forza e semplicità. Gli edifici sono in relazione tra di loro; questo loro rapporto è caratterizzato dagli elementi architettonici finestra e balcone, tipologicamente omogenei: la finestra ha una sua dimensione, il balcone ha una sua dimensione. La diversità è risaltata dalla disposizione di questi elementi, che danno forma e movimento alle facciate, spezzando quello che è la rigidità e la massa della struttura stessa.

Nonostante l'orientamento differente dei quattro blocchi è stata optata una scelta omogenea anche sull'orientamento degli appartamenti stessi, che si sviluppano principalmente su due lati. Per uno sviluppo chiaro e coerente degli edifici, sia in pianta sia in facciata, è stata concepita una griglia con asse 1,25 m. Per motivi tecnico-climatici non si sono concepite sporgenze o rientranze facenti parte dell'edificio stesso; i balconi sono un ulteriore oggetto della facciata. La zona d'ingresso collega la strada alla corte interna, diventa posto biciclette e carrozzine, ma anche un buon punto di ritrovo e d'incontro.

7.6.2 Descrizione termotecnica

Il riscaldamento degli alloggi avviene tramite un impianto a pannelli radianti a pavimento. Il sistema di posa dei pannelli è stato scelto in modo che la temperatura del pavimento nelle zone di calpestio non superi i 28 °C. La temperatura massima di mandata è di circa 35°C. La regolazione del circuito di riscaldamento avviene tramite la regolazione automatica della temperatura di andata dell'acqua

in funzione della temperatura esterna. Il riscaldamento dei singoli alloggi è comunque gestito, tramite termostato ambiente e valvola di zona, autonomamente con programmazione dei tempi e riduzione notturna.

La produzione dell'acqua calda di consumo avviene tramite due scambiatori collegati in serie e tre serbatoi di accumulo dell'acqua di riscaldamento con una capacità di 4.000 l ciascuno, i quali sono dotati di un sistema brevettato di stratificazione termoidraulica a cinque camere. Un serbatoio è alimentato dalla stazione del teleriscaldamento, mentre gli altri due sono caricati dall'impianto solare. Sulla copertura del corpo "C", infatti, sono installati i pannelli solari ad alto rendimento del tipo tubolare sotto vuoto con una superficie complessiva di 100 m², i quali per mezzo di tubazioni in rame ben isolate sono collegati ai due serbatoi di accumulo tramite uno scambiatore separatore. L'impianto solare è caricato con glicole come antigelo e per un migliore trasporto del calore. La regolazione dell'impianto avviene automaticamente tramite la misurazione dell'irraggiamento solare e delle temperature differenziali.

Per l'irrigazione delle zone verdi comuni è presente una cisterna in cemento armato impermeabile con una capacità utile di 90 m³ per la raccolta delle acque piovane dei tetti.

Il reintegro della cisterna, in mancanza di acqua piovana, avviene tramite l'acquedotto per mezzo di un Set elettronico.

7.6.3 Analisi energia elettrica castello EA6.a-c-d

Castello EA6.a-c-d

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2222
Consumo elettrico condominiale	772
Consumo elettrico totale	2994

Tabella 22: Consumo elettrico per appartamento castello EA6.a-c-d

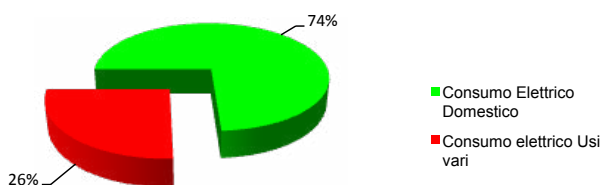


Figura 191: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

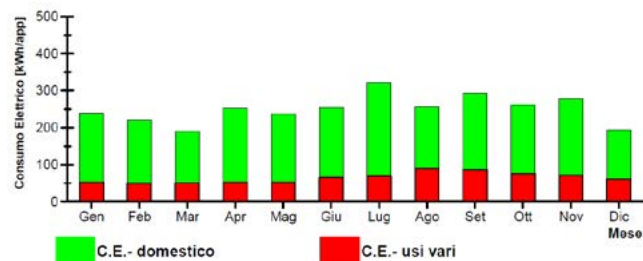


Figura 192: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.6.4 Analisi energia elettrica castello EA6.b

Castello EA6.b

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2712
Consumo elettrico condominiale	1298
Consumo elettrico totale	4010

Tabella 23: Consumo elettrico per appartamento castello EA6.b

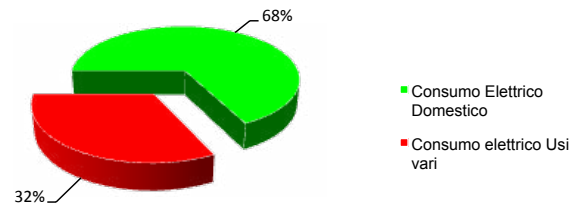


Figura 193: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

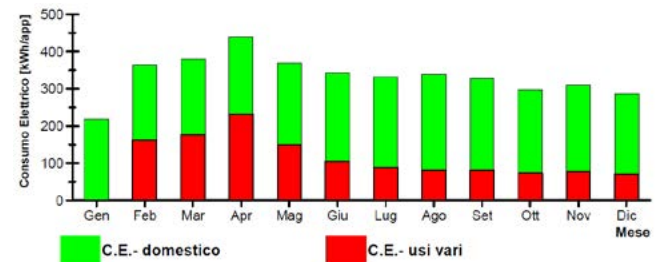


Figura 194: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.6.5 Acqua calda sanitaria

7.6.5.1 Consumi normalizzati EA6.a-c-d

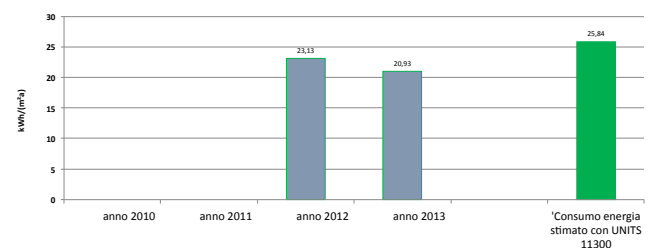


Figura 195: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA6.a-c-d

Il consumo di calore per acqua calda sanitaria è molto basso ed è più basso del consumo calcolato dalla normativa.

7.6.5.2 Consumi normalizzati EA6.b

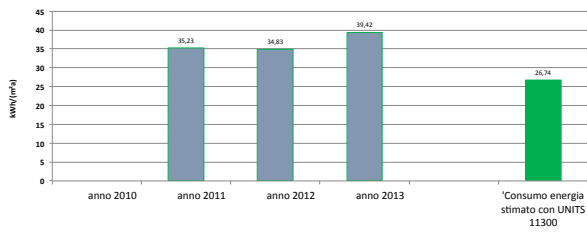


Figura 196: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA6.b

Il consumo di calore per acqua calda sanitaria è più alto del 47% rispetto a quello calcolato dalla normativa.

7.6.6 Riscaldamento EA6.a-c-d

7.6.6.1 Consumi normalizzati

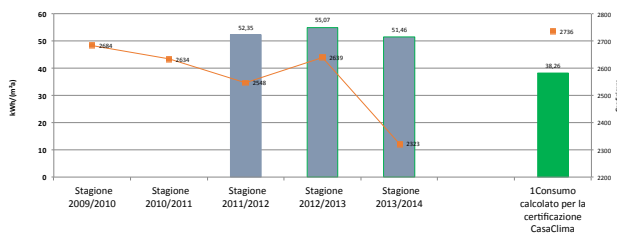


Figura 197 Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA6.a-c-d in relazione ai gradigiorno

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 38%.

7.6.6.2 Firma energetica

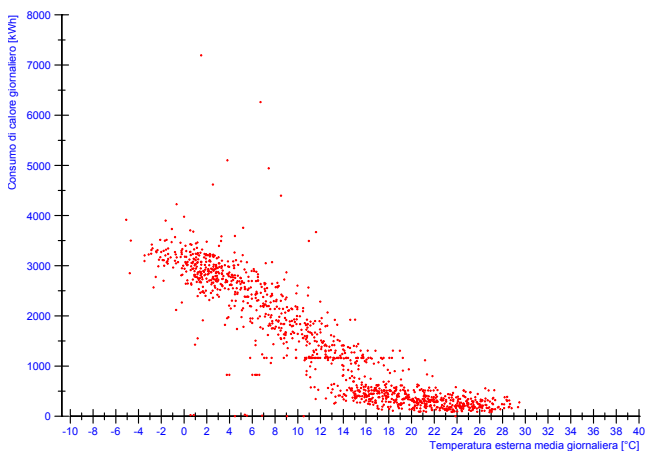


Figura 198: Potenza fornita in funzione della temperatura esterna

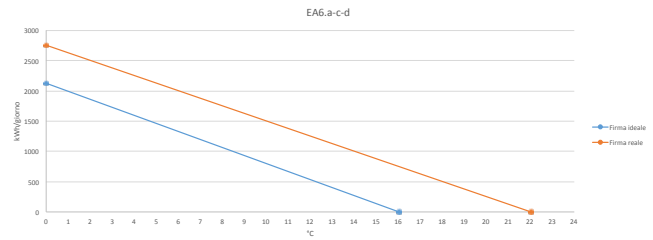


Figura 199: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

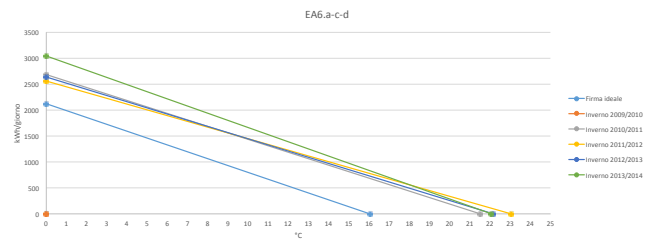


Figura 200: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

La firma energetica resta molto simile per le prime tre stagioni mentre registra un peggioramento durante l'ultima stagione invernale.

7.6.7 Riscaldamento EA6.b

7.6.7.1 Consumi normalizzati

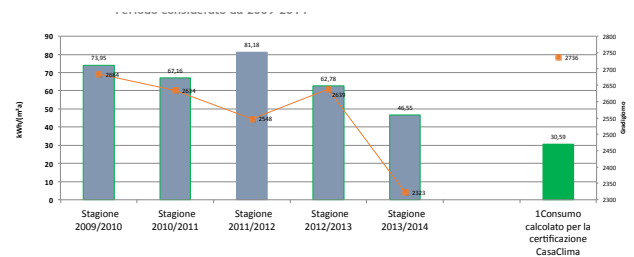


Figura 201: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA6.b in relazione ai gradigiorno

Il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 117%.

7.6.7.2 Firma energetica

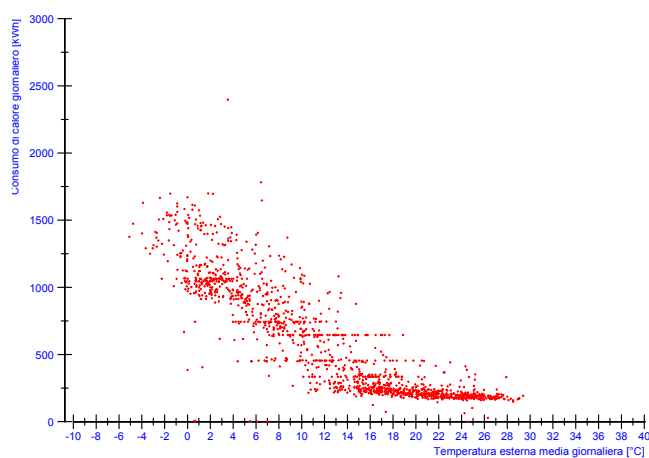


Figura 202: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

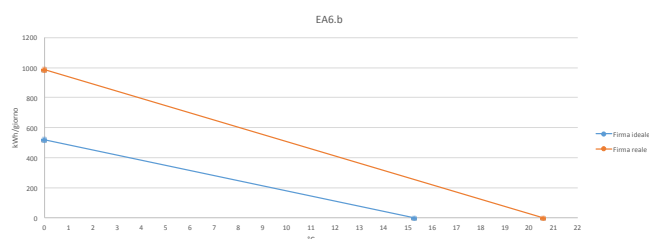


Figura 203: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano sistematicamente dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

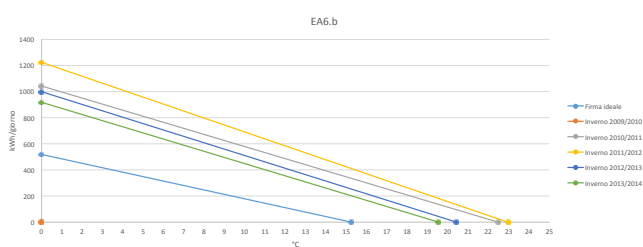


Figura 204: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

La firma energetica evidenzia come la stagione in cui l'edificio si è comportato peggio sia l'inverno 2011/2012. Dalle stagioni successive si assiste ad un progressivo e significativo miglioramento delle prestazioni energetiche. Rimane però ancora lontana la condizione ideale.

7.7 Scheda castello EA7



Figura 205: Castello EA7

Indice termico blocco a	53 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	48 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	46 kWh/m ² a
Committente	Coop. Edil. Castello Coop. Edil. Sigmundskron
Progettazione architettonica	Arch. Christoph Mayr Fingerle
Progettazione termotecnica	EMA Concept
Cubatura	28800 m ³
Numero appartamenti	92
Numero abitanti	284 (valore indicativo)

Tabella 24: Dati tecnici del castello EA7

7.7.1 Descrizione architettonica

Il progetto cerca di tradurre i contenuti del piano urbanistico in un'architettura concreta. L'isolato acquista una compatta e logica configurazione d'insieme, con una propria identità. La relazione tra gli edifici e l'ambiente circostante è architettonicamente accentuata e tematizzata. Il materiale delle facciate è diverso a seconda che le stesse si affaccino all'esterno, calcestruzzo sabbato, o all'interno dell'isolato, calcestruzzo verniciato. Il cortile interno semiprivato si distingue forte dal verde pubblico adiacente. La superficie ruvida delle facciate esterne accentua così l'omogeneità dell'isolato e la superficie liscia delle facciate

sul cortile rafforza il carattere dello stesso conferendogli una gradevole atmosfera abitativa.

Il sistema costruttivo degli edifici è costituito da una struttura di solai sorretti su muri laterali portanti in cemento armato facciavista. Tale soluzione architettonica ha portato la posizione dell'isolante termico all'interno della parete.

Il progetto offre un sistema flessibile delle planimetrie degli appartamenti, dei moduli che raggruppano due abitazioni, con una zona di accesso e un vano commutativo che si aggiunge a scelta ad uno oppure all'altro appartamento e propone vari tipi di moduli con planimetrie flessibili e adattabili ad ogni esigenza.

La disposizione irregolare delle finestre risulta dalle necessità interne e dalle preferenze degli inquilini. Il cortile è caratterizzato da zone verdi condominiali con parco giochi e giardini privati. Questi sono stati progettati quanto più grandi possibili in modo da facilitare e minimizzare la manutenzione delle zone condominiali curate dalle cooperative.

7.7.2 Descrizione termotecnica

Dal punto di vista del contenimento dei fabbisogni questi edifici hanno il controllo automatizzando dell'apertura delle finestre del vano scala e del lucernario posto alla sommità dello stesso in base alle condizioni termiche giornaliere e stagionali. In questo modo in regime invernale si sfrutta l'effetto serra per riscaldare il vano scala, mentre d'estate viene aperto il lucernario, soprattutto di notte, per far fuoriuscire l'aria calda. Le logge hanno anche una funzione termica e sono adiacenti al soggiorno. Nell'estate svolgono la

funzione di balcone ombreggiato. Esiste la possibilità di chiusura tramite elementi scorrevoli in vetro, così d'inverno possono essere utilizzate come giardini d'inverno e fungono in tal modo da "tampone climatico".

Inoltre è presente un tetto verde che, assorbendo il calore, aumenta il comfort nel periodo estivo. Il progetto è stato selezionato per la Biennale di Architettura 2010 Padiglione Italia.

7.7.3 Analisi energia elettrica

Castello EA7

kWh/appartamento/anno

Consumo elettrico domestico	2402
Consumo elettrico condominiale	658
Consumo elettrico totale	2717

Tabella 25: Consumo elettrico per appartamento castello EA7

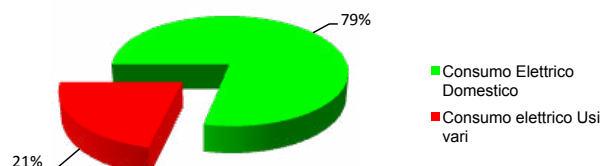


Figura 206: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

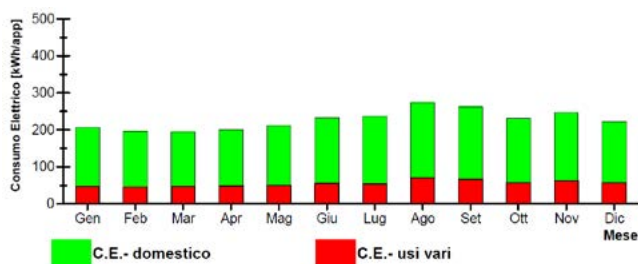


Figura 207: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.7.4 Acqua calda sanitaria

Il consumo di calore per acqua calda sanitaria è in linea con quello calcolato da normativa.

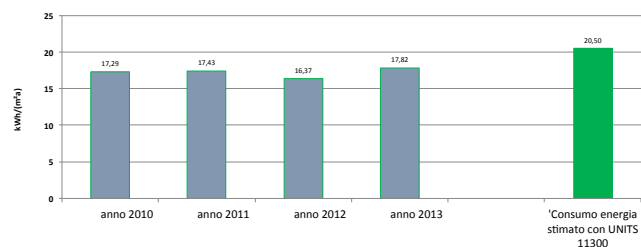


Figura 208: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA7

7.7.5 Riscaldamento

7.7.5.1 Consumi normalizzati

Le prestazioni energetiche invernali del condominio per quanto riguarda il consumo di calore per il riscaldamento invernale sono molto buone, le migliori di tutto il quartiere Casanova. Il consumo di calore per il riscaldamento invernale è addirittura più basso di quanto previsto dal protocollo CasaClima mediamente del 21% riferito ad un inverno standard.

Castello EA7

Consumo di calore per la climatizzazione invernale

Periodo considerato da 2009-2014

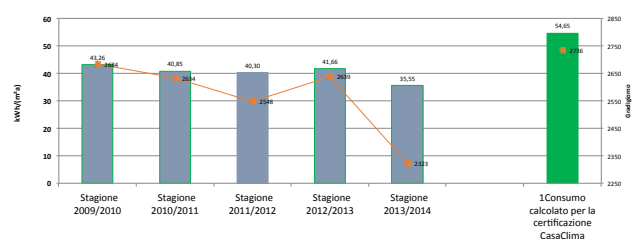


Figura 209: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA7 in relazione ai gradigiorno

Firma energetica

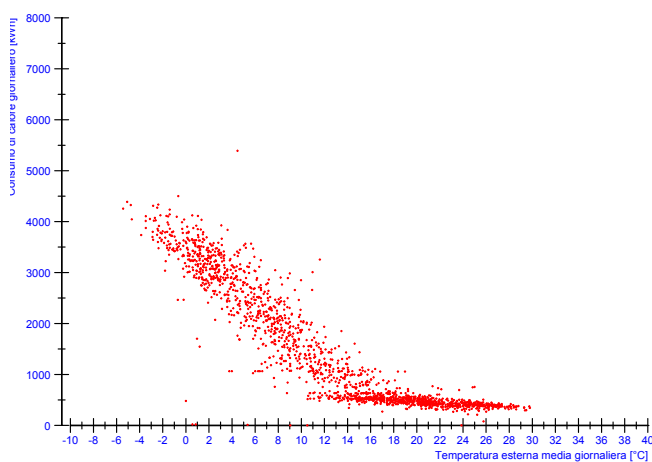


Figura 210: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore sono leggermente più bassi rispetto alla curva ideale calcolata secondo il protocollo CasaClima, segno che l'edificio si è comportato meglio del previsto.

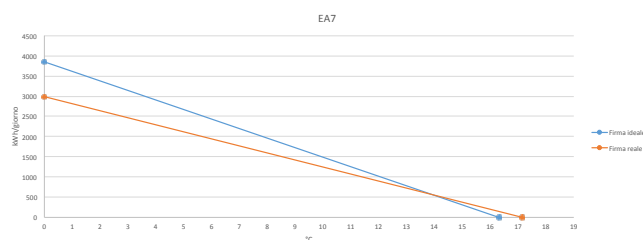


Figura 211: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

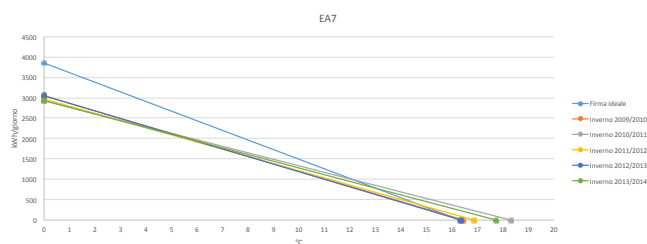


Figura 212: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni

Il grafico mostra che la firma energetica è scesa nelle ultime stagioni rispetto alle prime stagioni segno che la gestione e il comportamento degli inquilini sono migliorati. In generale si nota una notevole accordanza con quanto previsto.

7.7.6 Comfort

7.7.6.1 Andamento delle temperature invernali

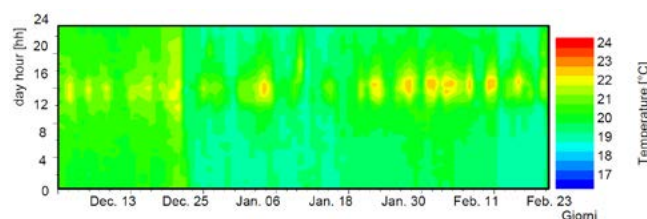


Figura 213: Carpet plot raffigurante la temperatura interna dell'appartamento monitorato al piano terra

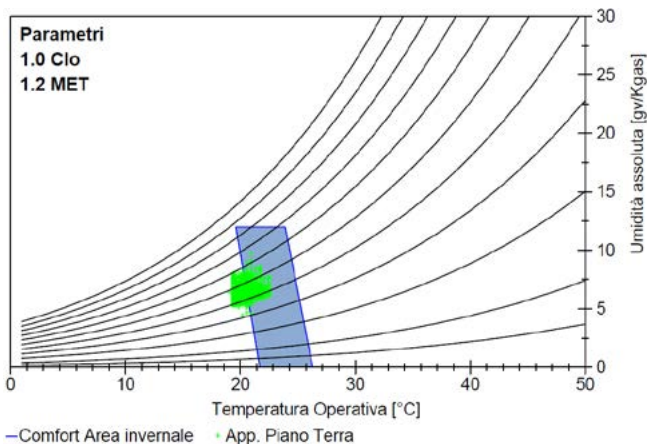


Figura 214: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per l'appartamento al piano terra dell'edificio EA7 (Standard ASHRAE 55-2004), nel periodo di riscaldamento

7.7.6.2 Andamento delle temperature estive

Per la stagione di non riscaldamento sono stati monitorati i mesi di luglio, agosto settembre e i primi giorni di ottobre.

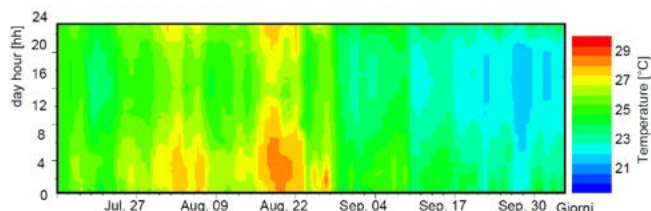


Figura 215: Carpet plot. Profilo temperatura interna dell'appartamento piano terra

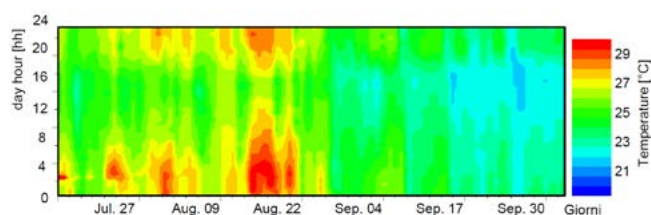


Figura 216: Carpet plot. Profilo temperatura interna dell'appartamento ultimo piano

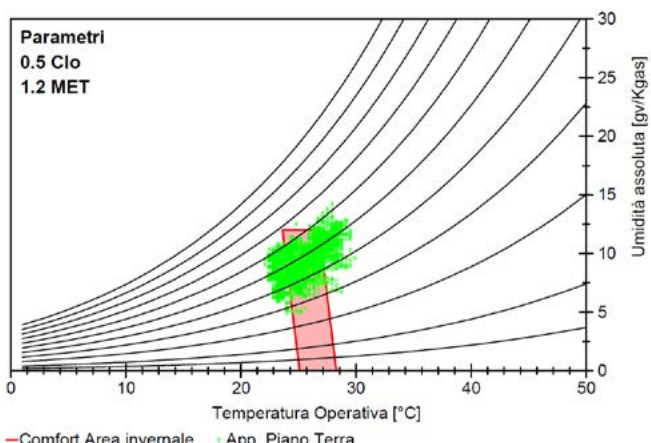


Figura 217: Condizioni dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per l'appartamento al piano terra dell'edificio EA7 (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento

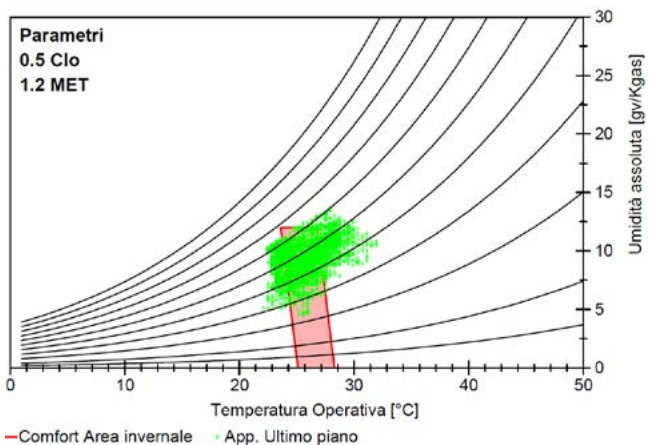


Figura 218: Condizioni (non riscaldamento) dell'aria misurata e campo accettabile di temperature e umidità per l'appartamento ultimo piano dell'edificio EA7 (Standard ASHRAE), nel periodo di non riscaldamento

7.8 Castello EA8



Figura 219: Castello EA8

Indice termico blocco a	34 kWh/m ² a
Indice termico blocco b	39 kWh/m ² a
Indice termico blocco c	39 kWh/m ² a
Committente	IPES
Progettazione architettonica	Laboratorio di Architettura – Architetti associati
Progettazione termotecnica	EMA Concept
Cubatura	27448 m ³
Numero appartamenti	82
Numero abitanti	274 (valore indicativo)

Tabella 26: Dati tecnici del castello EA8

7.8.1 Descrizione architettonica

Il progetto architettonico interpreta il tema del castello, partendo da tre elementi che lo caratterizzano:

Il recinto è l'elemento che caratterizza l'isolato; esso infatti è racchiuso da un imponente muro intonacato in cui il pieno prevale sui vuoti delle aperture e sui rari bowindows in legno di larice (punti di vista privilegiati sul paesaggio), che richiamano elementi propri dei castelli, come le feritoie e le postazioni di vedetta.

La corte è il cuore dell'isolato: da essa si accede ai singoli edifici e su di essa si snodano i percorsi di collegamento con gli spazi pubblici e si affacciano tutti gli alloggi e questa molteplicità di relazioni possibili genera una micro-comunità.

L'involucro esprime il carattere dell'isolato. All'esterno è composto secondo una logica plastica, dove predominano il volume compatto, e la massa. Essa è sottolineata dalle sottili e profonde aperture in doppio ordine, dalle rientranze delle logge e dalla leggerezza dei bowindows in legno. L'involucro interno della corte è composto invece secondo una logica di superficie, ed è costituito da diaframma in legno di larice leggero, permeabile alla vista, alla luce e alle relazioni.

Gli alloggi sono accessibili esclusivamente dalla corte interna e si dividono in otto diverse tipologie, tutte dotate di spazi di vita all'aperto: un giardino privato al piano terra, ampie logge nei piani intermedi e grandi terrazze per gli attici, disposti su due livelli.

La struttura portante è costituita da pilastri e solette piene in cemento armato. Le chiusure verticali esterne sono costituite da muro di laterizio porizzato e cappotto isolante in lana di roccia per uno spessore complessivo di cm 46. Le coperture sono a tetto verde, del tipo intensivo al piano terreno e del tipo estensivo inclinato in copertura, coibentate con fibra di legno.

L'isolato è dotato di un impianto di recupero dell'acqua piovana, raccolta in vasche e riutilizzata per l'irrigazione dei tetti verdi.

7.8.2 Descrizione termotecnica

I parametri di efficienza energetica prevista dal piano urbanistico ("classe A parametrizzata") sono stati raggiunti agendo esclusivamente sull'involucro esterno, senza ricorrere all'adozione di un sistema di ventilazione controllata. L'alto coefficiente di isolamento di pareti ($U = 0,18$) e copertura ($U = 0,15$), e l'utilizzo di finestre

a doppia camera ($U_g=0,9$) limitano il fabbisogno energetico a 40 kWh/m²a per gli edifici più piccoli, e a 30 kWh/m²a per l'edificio più grande.

Nei vani scala è previsto un sistema di regolazione che permette di ridurre la temperatura durante il periodo estivo, trasferendo il calore che si accumula al suo interno verso l'alto, sfruttando il cosiddetto effetto camino, cioè l'espansione di volume dei gas con la temperatura che fa salire l'aria calda verso l'alto.

È prevista l'installazione di un impianto fotovoltaico che erogherà una potenza complessiva di 17 kWp e sarà collegato in parallelo alla rete di distribuzione di energia elettrica e di collettori solari a tubi sottovuoto, girevoli, per una superficie netta totale di assorbimento pari a 85,96 m². L'impianto solare termico è del tipo a circolazione forzata con scambiatore di calore per la trasmissione del calore e l'energia raccolta è immagazzinata in tre serbatoi della capacità di 3000 l ciascuno.

7.8.3 Analisi energia elettrica

Castello EA8	
	kWh/appartamento/anno
Consumo elettrico domestico	2142
Consumo elettrico condominiale	717
Consumo elettrico totale	2859

Tabella 27: Consumo elettrico per appartamento castello EA8

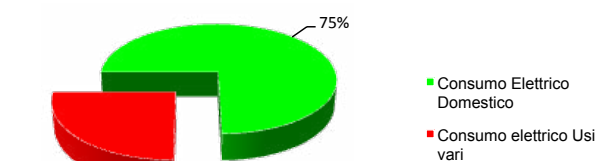


Figura 220: Incidenza del consumo elettrico domestico e il consumo elettrico condominiale

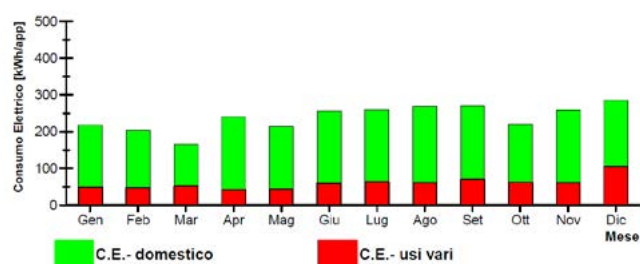


Figura 221: Distribuzione mensile del consumo elettrico medio per appartamento

7.8.4 Acqua calda sanitaria

7.8.4.1 Consumi normalizzati

Il consumo di calore per acqua calda sanitaria è in linea con quello calcolato dalla normativa.

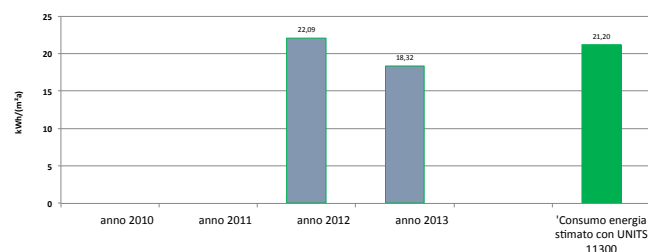


Figura 222: Consumo di calore per acqua calda sanitaria del castello EA8

7.8.5 Riscaldamento

7.8.5.1 Consumi normalizzati

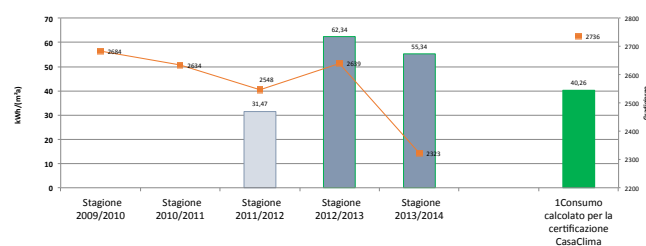


Figura 223: Consumo di calore per il riscaldamento del castello EA8 in relazione ai gradi-giorno

I dati di consumo di calore per il riscaldamento relativo al castello EA8 non sono confrontabili con i dati di consumo calcolati le UNITS 11300 per l'inverno 2011/2012 dal momento che gli inquilini sono entrati nelle abitazioni durante quel periodo. Per le successive due stagioni il consumo di calore per il riscaldamento invernale misurato è superiore a quello calcolato con il protocollo CasaClima mediamente del 40%.

7.8.5.2 Firma energetica

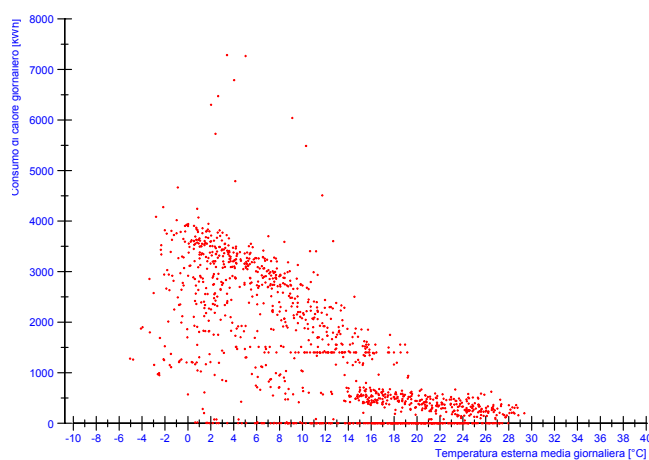


Figura 224: Consumo di calore giornaliero per riscaldamento e acqua calda in funzione della temperatura media giornaliera esterna

I punti che rappresentano il consumo giornaliero di calore si staccano sistematicamente dalla curva di riferimento, mostrando una tendenza dell'edificio a consumare di più.

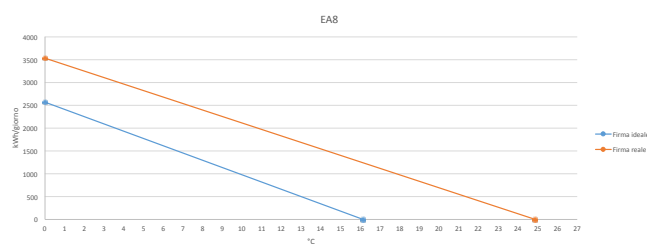


Figura 225: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna

Il limite di riscaldamento è sceso nella seconda stagione rispetto alla prima, segno che la gestione e il comportamento degli inquilini migliora con il passare del tempo.

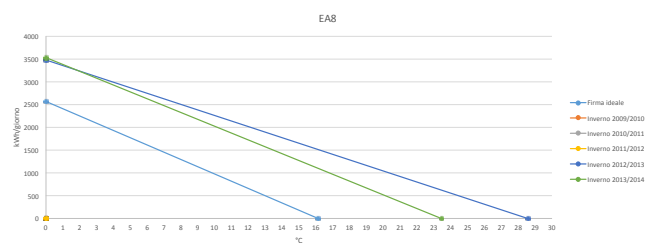


Figura 226: Consumo energetico giornaliero di energia termica per il riscaldamento in funzione della temperatura media esterna divisa per stagioni



AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



Città di Bolzano
Stadt Bozen



EURAC

Viale Druso, 1 · 39100 Bolzano

www.eurac.edu

EURAC Istituto per le Energie Rinnovabili

Via Luis-Zuegg, 11 · 39100 Bolzano

Tel. +39 0471 055 600 · Fax +39 0471 055 699

renewable.energy@eurac.edu