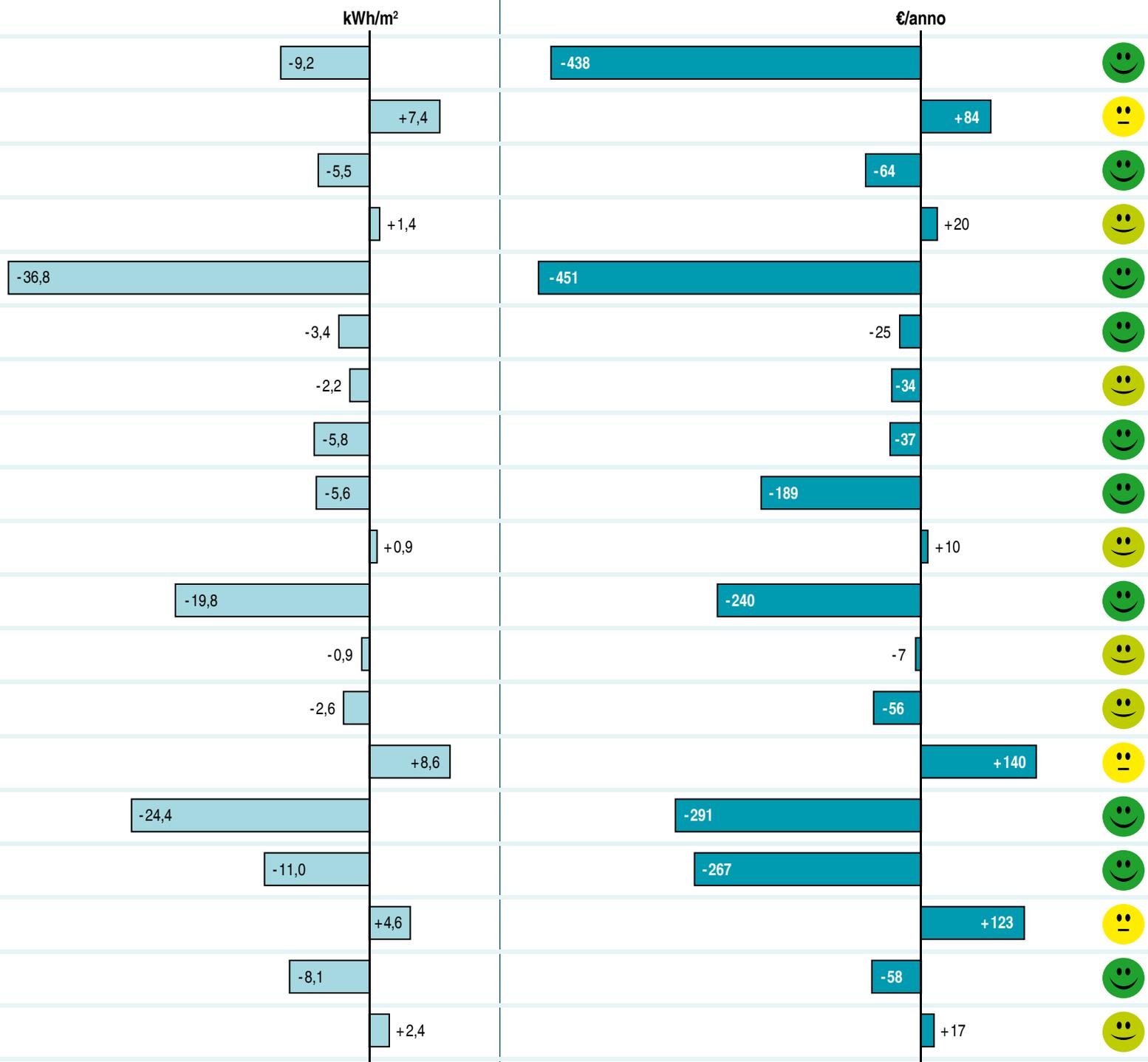


QUADERNI PER L'ENERGIA / VOL.4

**CASACLIMA FVG**  
**DAL CERTIFICATO ENERGETICO**  
**AI CONSUMI REALI**

**PUBBLICAZIONI APE**  
AGENZIA PER L'ENERGIA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

## DIFFERENZE TRA I CONSUMI DEGLI EDIFICI MONITORATI E LE PREVISIONI DI CALCOLO



Differenza tra i consumi reali e le stime di progetto in kWh/m² all'anno: gran parte degli edifici monitorati ha consumato meno rispetto alle previsioni del calcolo della certificazione.

Quantificazione dei risparmi in €/anno tra i consumi monitorati e le stime di progetto (gli importi sono calcolati utilizzando dei costi energetici standard, vedere tabella a pag. 32)

### LEGENDA:

- 😊 consumi più bassi delle previsioni
- 😊 consumi allineati con le previsioni
- 😐 consumi lievemente maggiori
- 😞 consumi molto maggiori

**QUADERNI PER L'ENERGIA / VOL.4**

**CASACLIMA FVG  
DAL CERTIFICATO ENERGETICO  
AI CONSUMI REALI**

**PUBBLICAZIONI APE**  
AGENZIA PER L'ENERGIA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

## INDICE

<b>5</b>	<b>PREFAZIONE</b>
<b>7</b>	<b>LA CERTIFICAZIONE DEGLI EDIFICI</b>
7	Ma cos'è la classe energetica?
9	Energia netta ed energia primaria
10	Il processo edilizio
11	Principali riferimenti normativi
<b>12</b>	<b>COS'È UNA CASA CLIMA</b>
13	CasaClima R
14	La qualità dell'involucro edilizio
16	Pareti
16	Tetto
17	Solaio verso la cantina o il terreno
17	Finestre
18	Ponti termici
18	La tenuta all'aria
19	Il test di tenuta all'aria
19	Aria fresca, non fredda! La buona ventilazione dei locali
20	Il benessere nel periodo estivo
22	Gli impianti ad alta efficienza e le fonti rinnovabili
24	CasaClima FVG: edifici ad energia quasi zero
<b>25</b>	<b>LA CERTIFICAZIONE È COMUNQUE SBAGLIATA</b>
27	Gradi giorno
<b>29</b>	<b>IL MONITORAGGIO</b>
29	La normalizzazione del calcolo
30	Gli indici energetici
31	Risultati
<b>35</b>	<b>EDIFICI CASA CLIMA FVG SOGGETTI A MONITORAGGIO</b>
75	Riepilogo delle caratteristiche degli edifici monitorati
<b>76</b>	<b>MONITORAGGIO: IL METODO DI LAVORO</b>
77	L'indice dei consumi monitorati
79	La normalizzazione del calcolo
<b>80</b>	<b>LA CASA PASSIVA IN FVG</b>
80	Premessa
80	La casa passiva
82	Caratteristiche tecniche
83	Il gruppo IGPassivhaus FVG
<b>84</b>	<b>GLOSSARIO</b>
87	Ringraziamenti

## PREFAZIONE

Quando abbiamo deciso di proporre e di introdurre nella nostra Regione il modello CasaClima, avendo ben evidenti gli obblighi di legge, gli obiettivi dell'UE e l'arretratezza del nostro modo di costruire, sapevamo di spingere molto sull'acceleratore dell'innovazione. Le più che normali resistenze incontrate sulla strada del cambiamento, nel modo di concepire, progettare e realizzare gli edifici, appartengono oramai ad un passato quasi remoto; le Province di Udine e Pordenone, tante Amministrazioni Comunali, molte Imprese e Professionisti e tantissimi Cittadini hanno ben compreso ed accettato la nostra proposta. Questo libretto, realizzato in forma semplice, è dedicato e indirizzato a loro, a conferma della bontà delle loro scelte; infatti, spesso, soprattutto in amministrazione pubblica, si preferisce non scegliere principalmente per due motivi: primo perché la scelta consapevole prevede uno sforzo di approfondimento, di conoscenza e di ponderazione, secondo perché comunque qualsiasi decisione prevede l'assunzione di un rischio. Non è ancora tempo di bilanci, ma oggi posso affermare con grande soddisfazione che quella di CasaClima è stata un'ottima scelta, e quindi rivolgo un grande ringraziamento a tutti coloro che hanno contribuito ai risultati raggiunti. I fabbisogni energetici degli edifici monitorati sono in linea con quelli stimati dalla procedura di calcolo CasaClima. Nella maggioranza dei casi, quando i fabbisogni si discostano dalle stime del certificato è perché i consumi sono più bassi delle previsioni, come si vede nel riepilogo del risvolto di copertina. Il Friuli Venezia Giulia ha saputo ancora una volta distinguersi in un percorso di qualità, ora ci serve un ultimo sforzo, un ultimo passo che deve essere fatto dalla nostra Regione.

dott. Loreto Mestroni  
Presidente APE





## LA CERTIFICAZIONE DEGLI EDIFICI

La certificazione energetica in Italia è stata introdotta nel 1991 e ripresa dal decreto legislativo 192 del 2005, ma è entrata in vigore appena nel 2009 con l'approvazione dei previsti regolamenti attuativi.

L'obiettivo della normativa, sia italiana che europea, è che tutti gli edifici siano gradualmente dotati di un Attestato di Prestazione Energetica (APE). Tale attestato ha il compito di informare l'utente sul comportamento energetico dell'edificio, così da privilegiare nelle compravendite, nelle locazioni e nelle ristrutturazioni quegli alloggi o quegli interventi maggiormente orientati all'efficienza energetica.

L'attestato è basato su una stima dei fabbisogni energetici eseguita da un tecnico certificatore sulla base di un calcolo. Per limitare il più possibile le differenze che possono emergere tra i consumi reali ed i valori riportati nell'attestato energetico è importante che i calcoli siano eseguiti in modo accurato, ma è altrettanto importante assicurare alla costruzione un livello di qualità il più alto possibile.

Inoltre, bisogna fare attenzione perché alle questioni termiche si legano spesso problematiche relative alla gestione dell'umidità, che non vengono considerate nell'Attestato di Prestazione Energetica e che invece – in caso di intervento – devono essere verificate fin dalla fase di progetto.

Per questi motivi si sono sviluppati, già a partire dagli anni Novanta, alcuni protocolli di certificazione fortemente improntati alla qualità costruttiva e, nel contempo, indirizzati ai massimi livelli di risparmio energetico. Questi protocolli, tra cui CasaClima e Passivhaus, hanno un approccio parzialmente diverso da quello del decreto nazionale pertanto non sempre è possibile confrontare i risultati e le classi energetiche. Per esempio, siccome sono utilizzati indicatori energetici diversi, la classe A di un Attestato di Prestazione Energetica non coincide con la classe A di CasaClima.

### MA COS'È LA CLASSE ENERGETICA?

La classe energetica rappresenta un livello di fabbisogno entro cui si colloca la prestazione dell'edificio, calcolata in condizioni standard.

Oggi le buone pratiche costruttive consentono di realizzare edifici con livelli di efficienza pari alle classi B e A di CasaClima, cioè con un fabbisogno termico annuo per riscaldamento inferiore ai 50 chilowattora (kWh) per metro quadro di superficie abitabile, e rendono possibile costruire anche in classe CasaClima Oro o Passivhaus, cioè con fabbisogni inferiori ai 15 kWh per metro quadro.

In base a questi fabbisogni (che di fatto corrispondono già alla definizione di “edificio a energia quasi zero”) gli edifici vengono talvolta definiti case da “5 litri” o da “3 litri”, addirittura da “1 litro”, perché per ottenere 10 kWh si consuma circa 1 mc di metano o 1 litro di gasolio. Questo significa che una casa da 3 litri o da 3 mc per metro quadro, se ha una superficie di 100 mq si riscalda tutto l’inverno (in condizioni standard) con una quantità di metano di circa 300 mc. Perfino meno se vi è un contributo dalle fonti rinnovabili.

Anche un buon intervento di ristrutturazione può portare a risultati simili, con notevoli vantaggi sul bilancio economico familiare. Teniamo presente che un edificio tradizionale, non coibentato, è generalmente caratterizzato da fabbisogni termici di 180-250 kWh per metro quadro di superficie abitabile, cioè più di 1800-2500 mc di gas o litri di gasolio per un edificio da 100 mq. Il confronto è presto fatto: il potenziale di risparmio di una riqualificazione è molto elevato.

Abbiamo fatto riferimento a CasaClima perché c’è un rapporto diretto tra classe energetica e fabbisogni. Le classi riportate nell’Attestato di Prestazione Energetica invece sono differenti, perché sono calcolate in percentuale rispetto a dei parametri variabili e sono espresse in termini di energia primaria.

Infatti, c’è classe energetica e classe energetica: i sistemi di certificazione sono molti, e non tutti classificano l’efficienza energetica allo stesso modo. CasaClima mette sempre in primo piano la qualità dell’edificio. Per garantire ciò, si avvale di una procedura uniforme e rigorosa e di un metodo di classificazione basato in modo univoco sul fabbisogno energetico dell’edificio. Esistono altri approcci, come quello previsto dalle direttive nazionali e dalla certificazione regionale VEA, che definiscono la classe energetica in modo relativo, mettendo in relazione il fabbisogno di energia con la forma dell’edificio. Così facendo accade che a parità di fabbisogno energetico un edificio possa ricadere in classe A, B, C o D solo in virtù della diversa forma. Può succedere anche che un edificio in classe A consumi più di un edificio in classe B, e sia stato così classificato



Scuola primaria a Villa Vicentina, CasaClima A (premio Miglior CasaClima 2012).



Convitto “Bachmann” di Tarvisio certificato CasaClima Oro (premio Miglior CasaClima 2013).



Uno dei più grandi edifici per uffici certificati CasaClima A (Pordenone, foto di Lucio Scian).

perché la forma dell’edificio ha consentito di innalzare le soglie di fabbisogno energetico. Una CasaClima A, invece, richiede sempre meno energia di una CasaClima B.

## ENERGIA NETTA ED ENERGIA PRIMARIA

L’energia che usiamo in qualità di clienti finali arriva nelle nostre case a seguito di un flusso che può essere più o meno articolato. Per esempio, l’energia termica prodotta dal nostro pannello solare segue un flusso abbastanza breve: il sole riscalda l’acqua all’interno dei collettori, l’acqua riscaldata trasporta l’energia fino al bollitore (una piccola parte dell’energia viene persa nel tragitto) e nel bollitore il calore viene trasferito all’acqua proveniente dall’acquedotto e quindi portato ai rubinetti (anche in questo tragitto una parte dell’energia termica viene persa). Esistono anche flussi energetici più complessi, come quello dell’energia elettrica che, in Italia, viene prodotta principalmente da centrali a gas. Il gas deve essere estratto e per le operazioni di estrazione, stoccaggio e trasporto serve ulteriore energia. Sia nei gasdotti che nelle centrali termoelettriche si verificano perdite di energia, così come viene persa una certa quantità di energia elettrica dagli elettrodotti, dagli allacciamenti e dalle cabine di trasformazione. Alla fine, per usare un chilowattora di energia elettrica nella nostra casa preleviamo dal pianeta una quantità di energia “primaria”, sotto forma di combustibili, equivalente a 2 o 3 kWh. Il concetto di energia primaria rappresenta quindi la quantità totale di energia che usiamo e quantifica il nostro impatto energetico sull’ambiente. È però un numero che non coincide con l’energia che entra nella nostra casa e che, per esempio, misuriamo sul contatore.

Ci sono tre modi per definire l’energia utilizzata:

- l’energia utile o energia netta, che esprime i nostri fabbisogni ed è l’energia che usiamo in una forma utile (calore per il riscaldamento o per l’acqua calda, illuminazione, lavoro delle apparecchiature domestiche, ecc.);
- l’energia fornita, cioè quella che entra nella nostra casa e che gli impianti (caldaia, lampadine, elettrodomestici, ecc.) trasformano in energia utile; l’energia fornita è sempre maggiore dell’energia utile perché la trasformazione dell’energia comporta delle perdite, la cui entità dipende dal rendimento dell’impianto;
- l’energia primaria, ovvero l’energia utilizzata da tutto



CasaClima A (Cassacco).

il sistema, dalla fonte al cliente finale; numericamente, l'energia primaria può essere anche inferiore all'energia fornita, perché l'energia proveniente dalle fonti rinnovabili non comporta prelievo di risorse fossili e quindi non viene conteggiata (o solo in parte) nell'energia primaria.

Gli indicatori principali che leggiamo sull'Attestato di Prestazione Energetica sono espressi in energia primaria, pertanto ci fanno capire l'impatto del nostro edificio in termini di energia ed emissioni in atmosfera, ma non sempre si possono associare direttamente ad una stima dei consumi. Per concludere, ribadiamo che l'obiettivo dell'Attestato di Prestazione Energetica è di confrontare il comportamento energetico di diversi alloggi o edifici, oppure di diverse soluzioni per la riqualificazione energetica, e non deve essere confuso con un documento di riepilogo dei consumi energetici.

## IL PROCESSO EDILIZIO

Le verifiche energetiche e la certificazione rientrano tra gli adempimenti tecnici e amministrativi essenziali nelle varie autorizzazioni edilizie. I diversi tipi di intervento, per esempio manutenzione straordinaria, ristrutturazione, ampliamento o nuova costruzione, possono essere soggetti a iter edilizi differenti, che vanno dalla semplice comunicazione di inizio lavori alla SCIA (segnalazione certificata di inizio attività), fino al permesso di costruire. Anche le verifiche energetiche variano in funzione del tipo di intervento, o della categoria dell'edificio, ma sarà sempre opportuno rivolgersi ad un tecnico che controlli la qualità energetica delle scelte architettoniche, edilizie ed impiantistiche.

Spesso, il tema energetico è trattato come una questione prettamente matematica: i conti tornano, quindi tutto è a posto! Invece, il calcolo è una conseguenza sia delle scelte progettuali, sia delle modalità di realizzazione delle opere. La coerenza delle caratteristiche dei materiali tra progetto e cantiere, nonché la qualità di installazione dei materiali stessi, sono elementi essenziali per garantire l'affidabilità dei calcoli energetici (tra cui la certificazione).

Di conseguenza, l'attenzione al tema dell'energia non può esaurirsi con i calcoli. Degli aspetti energetici deve occuparsi il team di progettazione, le imprese e anche il direttore dei lavori. In molti cantieri il direttore dei lavori è poco presente, se non addirittura assente, ma è una figura molto importante



CasaClima A (Pordenone).

## PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

Le prime norme italiane finalizzate al contenimento dei consumi vennero emanate a seguito della crisi energetica degli anni '70. Dopo quasi vent'anni, l'argomento è stato ripreso, aggiornato e strutturato nella Legge 10 del 1991 e nei relativi decreti attuativi, che hanno introdotto la necessità di una relazione tecnica di progetto per la stima delle prestazioni energetiche e, addirittura, la certificazione degli edifici. Per l'applicazione della certificazione, però, si è dovuto aspettare fino all'attuale generazione di norme energetiche che fanno capo al decreto legislativo 192 del 2005, emanato per ottemperare alle disposizioni europee previste dalla Direttiva 2002/91/CE per dar seguito al Protocollo di Kyoto. A livello europeo la Direttiva è stata sostituita dalla 2010/31/UE ed integrata dalla 2012/27/UE, mentre il decreto nazionale è stato oggetto nel frattempo di numerose modifiche e integrazioni, in particolare per opera del decreto legislativo 311 del 2006 e dal recente decreto-legge 63 del 2013 convertito in legge il 3 agosto 2013 (Legge 90). Il testo descrive principalmente i campi di applicazione della norma, ovvero

per quali edifici e per quali interventi si rende obbligatoria la verifica energetica o la certificazione, mentre per i dettagli attuativi si rimanda a quattro decreti:

- il D.P.R. 59 del 2009 che raccoglie i requisiti minimi a cui devono rispondere gli edifici in tema di efficienza energetica;
- il D.M. 26 giugno 2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici";
- il D.P.R. 74 del 2013 sul controllo e manutenzione degli impianti termici;
- il D.P.R.75 del 2013 che descrive la figura del certificatore energetico.

Ci sono altre leggi che trattano il tema dell'efficienza energetica; in particolare, per il settore edilizio va ricordato anche il decreto legislativo 28 del 2011 che fissa gli obblighi minimi per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili. Attualmente, si attendono ulteriori revisioni dei decreti attuativi e delle norme tecniche. In particolare, a breve dovrebbe essere aggiornato l'Attestato di Prestazione Energetica, dovrebbero essere definiti i requisiti tecnici dell'edificio a energia quasi zero e dovrebbe essere integrato il regolamento sull'ottimizzazione dei costi degli interventi per l'efficienza energetica.

per la verifica dei prodotti, per valutare se sono coerenti con le previsioni del progetto e se vengono posati a regola d'arte; alla fine dei lavori è chiamato a sottoscrivere la conformità delle opere eseguite. Anche il tecnico abilitato alla certificazione energetica si avvale della dichiarazione di conformità del direttore lavori per rilasciare l'Attestato di Prestazione Energetica.

Il processo edilizio deve quindi comprendere un progetto dettagliato anche dal punto di vista energetico, una direzione lavori scrupolosa, una presenza in cantiere di maestranze competenti e, possibilmente, adeguati collaudi della qualità delle opere e delle installazioni. L'obiettivo primo della certificazione CasaClima è quello di stimolare tutti questi aspetti del processo edilizio.

## COS'È UNA CASA CLIMA

Una CasaClima è un edificio con ottime prestazioni energetiche, che permette di risparmiare sui costi di riscaldamento e raffrescamento e che garantisce il comfort al suo interno; il suo ridotto fabbisogno energetico inoltre contribuisce concretamente alla tutela del clima e dell'ambiente. Una CasaClima è caratterizzata da un involucro edilizio ben isolato, a tenuta all'aria e senza ponti termici. Di uguale importanza è il massimo sfruttamento possibile dell'energia rinnovabile. Infine, una CasaClima si contraddistingue per un'impiantistica innovativa. Tutte queste caratteristiche rendono la vita in una CasaClima particolarmente confortevole e piacevole.

In base al grado di efficienza energetica si distinguono tre classi di edifici: CasaClima Oro, con fabbisogno termico inferiore a 10 kWh/m<sup>2</sup>a; CasaClima A se è inferiore a 30 kWh/m<sup>2</sup>a e CasaClima B se non supera i 50 kWh/m<sup>2</sup>a. CasaClima è sinonimo di qualità e trasparenza. La valutazione energetica dell'edificio secondo il protocollo di certificazione CasaClima effettuata in Friuli Venezia Giulia da parte di APE, ente terzo e non coinvolto nel processo edilizio, rappresenta una garanzia per i committenti e per gli utenti. La valutazione energetica è il risultato di un duplice controllo: un primo esame dell'edificio avviene in fase progettuale a cui seguono gli accertamenti in cantiere. Al termine dei lavori, superate positivamente tutte le verifiche di qualità richieste, compreso il test di tenuta all'aria (vedere box a pag. 19), viene rilasciato il certificato CasaClima. Il certificato CasaClima informa in modo chiaro e trasparente sulle prestazioni energetiche e la sostenibilità ambientale dell'edificio. I dati riportati nel certificato CasaClima riguardano l'efficienza termica dell'involucro, che esprime principalmente la qualità energetica dell'involucro edilizio, determinante per minimizzare lo spreco di energia, l'efficienza energetica complessiva, che esprime la valutazione complessiva delle caratteristiche dell'involucro e dei sistemi impiantistici ed è rappresentata dal fabbisogno di energia primaria e dalle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente, e la sostenibilità ambientale, che esprime l'ecocompatibilità dei materiali e dei sistemi impiegati e viene valutata mediante la certificazione CasaClima<sup>nature</sup> o CasaClima<sup>Più</sup>.

Per valorizzare l'edificio viene consegnata, oltre al certificato, anche la targhetta CasaClima. Solo gli edifici che superano



CasaClima A<sup>Più</sup> (Forni di Sopra).

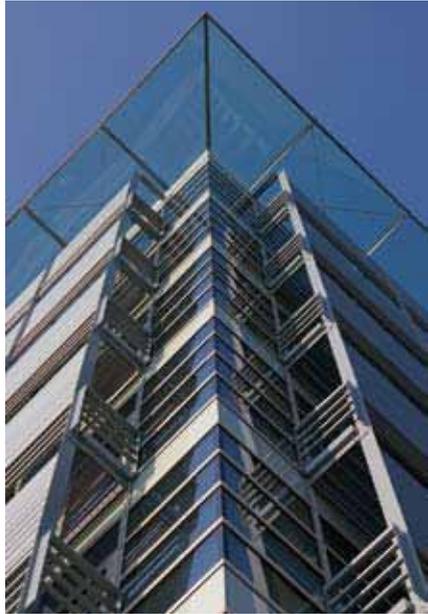
tutte le verifiche in fase di progetto e di cantiere e garantiscono il rispetto degli standard di qualità CasaClima ricevono questo riconoscimento. La targhetta è simbolo di comfort e di efficienza energetica, e contribuisce ad aumentare il valore dell'immobile. Collocata all'ingresso dell'abitazione, la targhetta CasaClima continua a dialogare con gli abitanti e incide positivamente sui loro comportamenti.

La targhetta ed il marchio CasaClima possono essere utilizzati solo in seguito alle verifiche dei requisiti di qualità effettuati sul progetto e in cantiere da parte di APE. Il logo, soggetto a specifiche e restrittive regole di utilizzo, è corredato da un codice specifico per ogni edificio certificato e assicura che l'edificio è stato sottoposto ai necessari controlli di qualità. Più di dieci anni di esperienza e una qualità reale e verificabile hanno attribuito al marchio CasaClima attendibilità e credibilità. Purtroppo si verificano a volte utilizzi impropri delle classi energetiche e del termine "CasaClima": un edificio è realmente CasaClima solo in presenza del marchio.

La qualità è rappresentata anche dal certificato CasaClima, che non è mai frutto di un'autodichiarazione. Al contrario, vengono effettuati da parte di APE, in qualità di ente indipendente, un controllo della documentazione progettuale e un successivo accertamento delle lavorazioni in cantiere. Non è richiesto l'utilizzo di materiali o impianti specifici, viene solamente verificato il rispetto delle prestazioni termiche e dei requisiti di qualità, per assicurare, oltre al risparmio energetico, il comfort abitativo, la tenuta all'aria e l'assenza di ponti termici, per evitare nel tempo la formazione di muffe e possibili danni alle strutture. Lo scopo del percorso di verifica è di coinvolgere tutti i soggetti che prendono parte al processo edilizio: i committenti, i progettisti, i fornitori e i costruttori. Lo scambio di opinioni e il confronto consentono di correggere o migliorare "in tempo reale" dettagli o soluzioni costruttive, qualora non rispondano adeguatamente ai requisiti di qualità. È importante che le verifiche siano continue e abbiano inizio sin dalle fasi progettuali, perché i controlli effettuati al termine dei lavori possono solamente constatare eventuali carenze o difetti, difficilmente rimediabili se non – generalmente – mediante interventi invasivi e onerosi.

## CASA CLIMA R

Nel 2013, in ambito CasaClima è stato studiato un apposito protocollo per le riqualificazioni, più flessibile rispetto a quello



Edificio direzionale CasaClima A (Tavagnacco).

per i nuovi edifici perché in grado di rispondere a specifiche esigenze, come ad esempio vincoli di carattere architettonico, urbanistico, paesaggistico, storico o monumentale, oppure limitazioni legate a motivi igienico-sanitari, alle distanze minime o all'adiacenza con altre proprietà.

Il protocollo si chiama CasaClima R ed è finalizzato a ridurre i consumi energetici degli edifici esistenti, a garantire salubrità e miglior comfort agli abitanti e a risolvere le problematiche in atto o che si potrebbero verificare come conseguenza dell'intervento stesso. Dare valore all'edificio attraverso il risanamento significa infatti innanzitutto riuscire a sfruttarne appieno il potenziale di miglioramento, evitando allo stesso tempo di compromettere altre qualità.

CasaClima R è inoltre un'opportunità anche per tutti quei proprietari di appartamento che, seppur impossibilitati ad intervenire sull'intero edificio per gli ostacoli posti dalla struttura o dagli altri condomini, intendono tuttavia riqualificare la propria residenza nel segno dell'efficienza energetica e della qualità costruttiva. La riqualificazione oggetto della certificazione CasaClima R può infatti riguardare sia interi edifici sia singole unità abitative.

## LA QUALITÀ DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Ogni giorno nelle nostre case molta dell'energia impiegata viene sprecata, soprattutto quella utilizzata per il riscaldamento. Questo perché gran parte dei nostri edifici non sono in grado di trattenere adeguatamente il calore al proprio interno. Se cerchiamo di riempire un secchio bucato, dovremo utilizzare molta acqua, che verrà persa attraverso i fori mano a mano che la versiamo: quindi la prima cosa da fare è tappare i buchi. Allo stesso modo, parte dell'energia immessa nelle nostre case viene dispersa attraverso tutti gli elementi che delimitano l'edificio verso l'esterno, cioè pareti perimetrali, tetto, solai, serramenti, che non sono sufficientemente isolati.

Un involucro termicamente ben isolato permette di ridurre le spese per il riscaldamento d'inverno e per il raffrescamento d'estate. Inoltre, porta ad un aumento del comfort abitativo, della durabilità e del valore dell'immobile.

Isolare vuol dire anche curare la tenuta all'aria e al vento, che sono decisive per comfort e risparmio: no a fessure o crepe che lasciano fluire l'aria calda e umida verso l'esterno e che possono causare la dannosa condensa interstiziale, e no

a spifferi che permettono l'ingresso indesiderato di aria fredda. Attenzione, spifferi e fessure non servono a far "respirare" la casa! Piuttosto, deve essere valutata la corretta gestione dell'umidità attraverso la scelta di materiali con un livello adeguato di traspirabilità al vapore e con l'aerazione dei locali che si può fare aprendo le finestre o con specifici impianti di ventilazione. Negli interventi quindi non si può parlare esclusivamente di coibentazione termica, ma anche di prestazioni estive, traspirabilità e igroscopicità, temi che vanno risolti fin dalla progettazione, con verifiche, simulazioni, analisi dei ponti termici, ecc.

Nelle nuove costruzioni è generalmente più facile raggiungere i risultati migliori, ma anche i vecchi edifici possono migliorare le prestazioni energetiche grazie ad una riqualificazione a regola d'arte. Ristrutturare correttamente porta a ridurre la propria bolletta energetica, aumentare il comfort in casa e contribuire attivamente alla tutela del clima. Per avvicinarsi in modo corretto alla ristrutturazione energetica, è opportuno appoggiarsi ad un tecnico che studi una soluzione "su misura" partendo da un'analisi dell'esistente e dei dati di consumo, fornendo poi un ventaglio di ipotesi alternative tra cui scegliere con la sua consulenza.

Alcuni degli aspetti che rendono energeticamente efficiente un edificio possono essere considerati solo nel caso di nuove costruzioni: una localizzazione dell'immobile che eviti posizioni troppo ombreggiate o esposte ai venti freddi invernali è senz'altro più vantaggiosa. Allo stesso modo, un buon orientamento rispetto al sole riduce i consumi, specialmente se si sceglie una forma allungata con soggiorno e camere da letto sul lato sud e stanze di servizio a nord, dove limitare le finestre per ridurre le perdite. Anche la forma dell'edificio influisce: quanto più è compatta, tanto minori saranno le dispersioni. Per diminuire il flusso di calore attraverso gli elementi dell'involucro edilizio è necessario rivestirli con materiali termoisolanti. In commercio ne troviamo di diversi tipi, con diverso peso specifico, con una struttura di tipo fibroso oppure a celle chiuse, prodotti con materie prime di origine fossile o minerale o vegetale; questa varietà di soluzioni ci consente di scegliere l'abbinamento più favorevole dell'isolante con gli altri materiali della costruzione, con le esigenze di posa e di utilizzo. Lo spessore dell'isolante delle pareti determina la trasmittanza termica (identificata con "U") che indica la capacità degli elementi costruttivi di trattenere il calore; l'unità di misura è  $W/m^2K$  e più piccolo è il valore, migliore è l'isolamento.



CasaClima A (Tavagnacco).



CasaClima A (Fiume Veneto).



## PARETI

Lo strato isolante viene generalmente collocato sul lato esterno delle pareti, dove va protetto con un sottile intonaco come nei sistemi “a cappotto” o con una controparete. Questa posizione consente di prevenire buona parte dei possibili fenomeni di condensa nelle murature.

Quando non è possibile isolare dall'esterno, il progetto dell'isolamento interno deve essere accompagnato da opportune verifiche sui flussi d'aria e di vapore attraverso la parete, affinché siano evitati problemi di degrado dovuti a condense interstiziali.

Infatti, nel caso di una coibentazione interna la struttura retrostante rimane fredda e la superficie dietro all'isolante raggiunge temperature sufficientemente basse da rendere possibili fenomeni di condensa; il vapore acqueo che viene normalmente prodotto e accumulato negli ambienti domestici e che fuoriesce dall'edificio principalmente ricambiando l'aria, migra verso l'esterno anche attraverso spifferi dovuti a eventuali imperfezioni costruttive o attraverso le strutture stesse (in funzione del grado di permeabilità al vapore dei materiali di cui sono costituite). Se il vapore, nel suo percorso verso l'esterno, incontra una superficie sufficientemente fredda può condensare, trasformandosi in acqua che, accumulandosi, può compromettere le prestazioni dei materiali o, addirittura, danneggiarli. In alternativa, è possibile posizionare l'isolante in intercapedine. In particolare nelle ristrutturazioni, se è presente un'intercapedine, può essere valutata l'ipotesi di riempirla con materiali sfusi da insufflare (per esempio i fiocchi di cellulosa).



## TETTO

In caso di sottotetti abitati con copertura a falde si può posare l'isolamento fra le travi, oppure al di sopra di esse, facendo attenzione ai materiali impiegati affinché offrano anche una buona protezione dal surriscaldamento estivo.

Se c'è una soffitta, invece, l'isolante può essere posato in modo semplice ed economico direttamente sul pavimento, cercando di rivestire tutte le strutture che potrebbero rappresentare dei ponti termici.

## SOLAIO VERSO LA CANTINA O IL TERRENO

La percezione di freddo dal pavimento che separa la casa dal terreno, dalla cantina o dalle autorimesse può essere molto fastidiosa, oltre al fatto che anche da questo solaio, se non è isolato, si disperde energia.

Nelle ristrutturazioni, vi si può porre rimedio applicando uno strato isolante sul lato inferiore del solaio, sfruttando il piano interrato se presente. Se il solaio invece è contro terra, l'intervento è più complicato perché bisogna metter mano ai pavimenti e le altezze interne delle stanze possono rappresentare un vincolo operativo (esistono materiali molto isolanti per l'utilizzo in spessori ridotti, ma sono più costosi); ove possibile, l'isolante va preferibilmente posato tra la struttura portante e il massetto in cui passano gli impianti.

## FINESTRE

Così come per le pareti, anche le temperature superficiali delle finestre, in particolare dei vetri, devono garantire un adeguato livello di comfort e dispersioni termiche il più possibile basse: la parte termicamente più “debole” dell'edificio è spesso rappresentata dalle finestre, lo si può notare facilmente in molte case osservando i vetri freddi appannati. Le superfici vetrate ci consentono di sfruttare gli apporti di energia solare, ma allo stesso tempo vanno contenute il più possibile le perdite di calore. Le finestre di ultima generazione hanno tutte doppi o tripli vetri, generalmente trattati per migliorare ulteriormente le prestazioni: nei vetri basso-emissivi, una patina metallica invisibile ad occhio nudo riflette la radiazione termica verso l'interno della stanza, contenendo le dispersioni.

Anche le finestre ed i relativi componenti (vetro, telaio, cassonetti degli avvolgibili) si valutano attraverso la trasmittanza termica “U” e i prodotti migliori oggi consentono prestazioni eccellenti con valori di trasmittanza del vetro  $U_g$  inferiori a  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  e trasmittanza dell'intera finestra  $U_w$  inferiore a  $0,85$ . Ma non basta preoccuparsi delle caratteristiche dei singoli elementi: affinché la prestazione generale sia elevata deve essere curata la posa in opera ed il dettaglio di collegamento tra il telaio, il muro e gli eventuali accessori (cassonetti, scuri, veneziane, zanzariere, ecc.).



## PONTI TERMICI

I ponti termici sono parti dell'involucro edilizio in cui c'è una discontinuità nella geometria (angoli, spigoli, oggetti come poggiatesta, terrazze, ecc.) o una differenza di materiali, in particolare quelli isolanti. Per esempio, sono potenziali ponti termici i punti di connessione tra le pareti e i solai, o tra le pareti e i telai delle finestre, i davanzali e le soglie. I ponti termici comprendono anche gli angoli delle stanze, i pilastri di calcestruzzo armato, i cordoli delle solette delle terrazze, o ancora i punti in cui le pareti sono più sottili, come le nicchie per l'alloggiamento dei termosifoni.

I ponti termici possono comportare un aumento localizzato delle dispersioni di calore. Questo determina sulle superfici interne temperature significativamente più basse rispetto alle zone adiacenti e può causare condensa o muffe e compromettere il comfort interno.

L'assenza di ponti termici è un requisito indispensabile per garantire la massima qualità dell'edificio. Dal punto di vista tecnico, il ponte termico viene misurato con il valore  $\Psi$  che, nelle case passive, deve essere inferiore a 0,01 W/mK.

In una CasaClima deve essere comunque verificato che la temperatura superficiale interna in prossimità dei ponti termici sia superiore a 17°C. Il progetto deve quindi individuare i ponti termici e le strategie per isolarli adeguatamente, in modo da ridurre al minimo i possibili effetti negativi.

## LA TENUTA ALL'ARIA

Le imperfezioni costruttive e la mancata ermeticità nei giunti, le fessure tra i diversi materiali e tra gli elementi della struttura, generano flussi d'aria tra ambiente interno ed esterno e di conseguenza perdite di calore. Se è presente un impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore, la scarsa ermeticità dell'involucro può ridurre significativamente le capacità di recuperare il calore della macchina di ventilazione. L'aria che attraversa le strutture, inoltre, è carica del vapore prodotto normalmente all'interno dell'edificio: il vapore trasportato dagli "spifferi", attraversando l'involucro si raffredda e può condensare all'interno delle strutture. Particolari concentrazioni di umidità e depositi di condensa nelle pareti, nei tetti e nei solai, possono annullare le proprietà isolanti dei materiali e, nel tempo, danneggiare le strutture.



## IL TEST DI TENUTA ALL'ARIA

Il test di tenuta all'aria (blower door test) serve per misurare il livello di ermeticità dell'edificio e l'efficacia delle soluzioni tecniche adottate per evitare spifferi e flussi di aria incontrollati.

L'ermeticità è importante non solo per il risparmio energetico, ma anche per salvaguardare l'edificio dal possibile degrado dovuto a infiltrazioni di aria umida nelle strutture.

Il test viene effettuato con una macchina che mette in pressione o in depressione i locali dell'edificio ad una pressione di riferimento di 50 Pascal; il livello di ermeticità è dato dal valore  $n_{50}$  che indica i ricambi d'aria per ora a quella determinata pressione. Per la certificazione di qualità CasaClima è generalmente

richiesto un valore inferiore a 1,5 per la classe B, che scende a 1 e a 0,6 rispettivamente per le classi A e Oro.

Durante l'esecuzione del test è possibile anche risalire ai difetti costruttivi e capirne l'entità.



## ARIA FRESCA, NON FREDDA! LA BUONA VENTILAZIONE DEI LOCALI

In tutti gli edifici, una regolare aerazione dei locali è sempre necessaria sia per il ricambio d'aria, sia per smaltire l'umidità in eccesso.

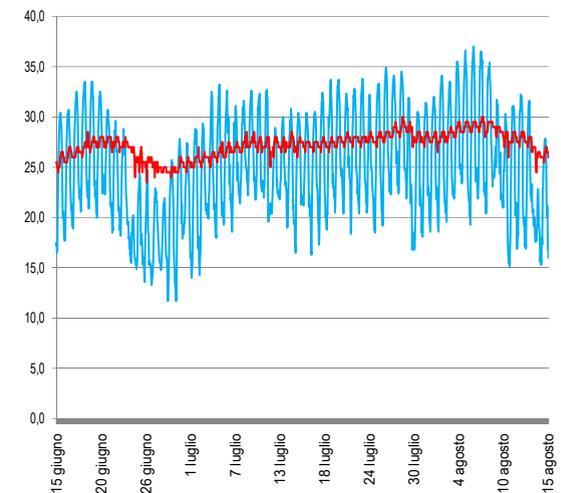
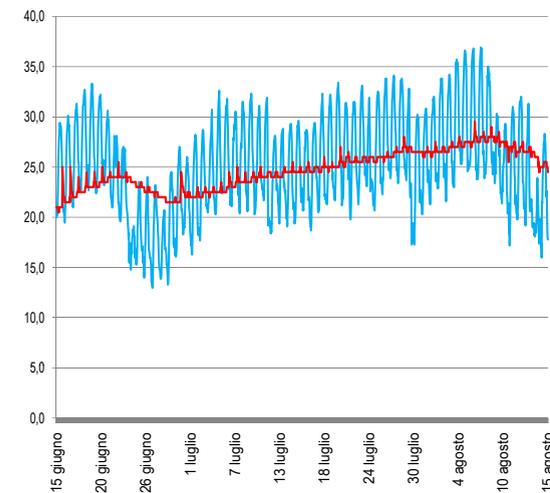
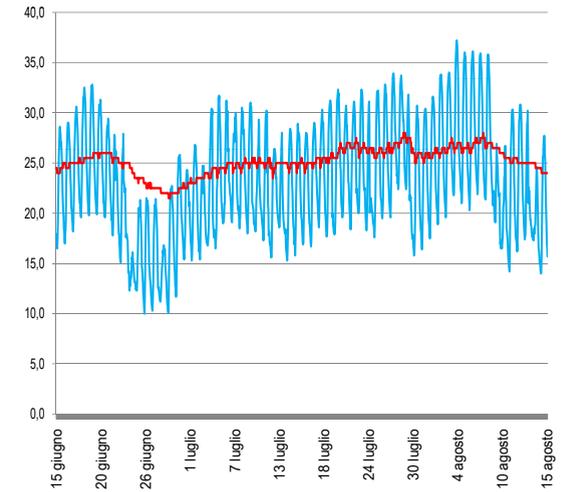
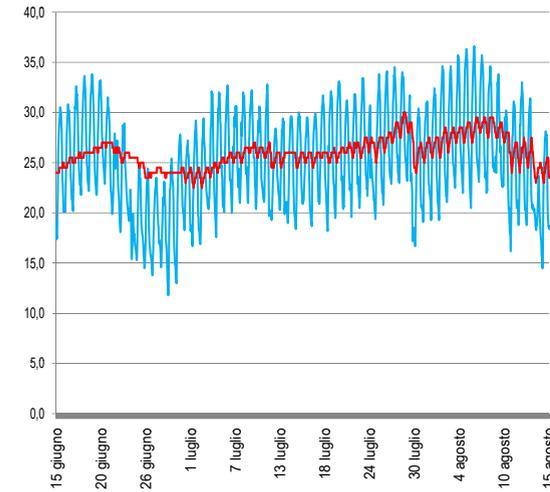
A questo scopo è indispensabile aprire regolarmente le finestre, anche se d'inverno questa operazione comporta l'ingresso di aria fredda e va ad incidere sui consumi per il riscaldamento. Il modo migliore per arieggiare è quello di spalancare tutte le finestre contemporaneamente per pochi minuti: l'aria si rinnova rapidamente e non si raffreddano tanto le strutture così, una volta richiuse le finestre, i caloriferi scaldano velocemente la casa. Lasciare le finestre parzialmente aperte per lungo tempo, invece, è meno efficiente perché così facendo si raffreddano anche le pareti delle stanze e ci vorrà molta più energia per riscaldarle nuovamente. Negli edifici in cui è installato un sistema di ventilazione controllata, il ricambio d'aria è continuo e senza perdite significative di calore. L'impianto preleva l'aria dall'esterno e la immette nei locali solo dopo averla preriscaldata sfruttando il calore dell'aria esausta in espulsione. Questi impianti

sono generalmente dotati di filtri per l'aria in ingresso, sono silenziosi e consumano pochissima energia. Consentono però una ventilazione confortevole, a bassa velocità, senza correnti d'aria, senza immissione di aria fredda e nel contempo favoriscono la continua fuoriuscita del vapore prodotto nell'appartamento. La ventilazione controllata, quindi, assicura un ricambio d'aria completo senza la necessità di aprire le finestre: il calore rimane all'interno mentre rumori e fattori inquinanti (come smog, cattivi odori, pollini) sono confinati all'esterno dell'edificio.

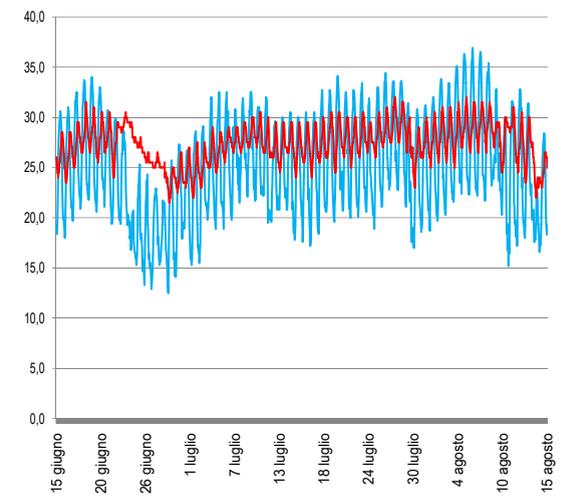
## IL BENESSERE NEL PERIODO ESTIVO

Una corretta esposizione al sole dell'edificio ed una distribuzione delle superfici vetrate che privilegi ampie aperture verso sud sono fattori che consentono di sfruttare al meglio gli apporti di energia solare, riducendo i fabbisogni termici invernali. Ma gli stessi fattori che d'inverno assicurano un vantaggio, devono essere progettati e controllati in modo da non diventare fonti di surriscaldamento nel periodo estivo. Il comfort estivo, che deriva anche dall'isolamento dell'involucro, dipende in buona misura dalla capacità di protezione dal caldo. In tal senso, gli accorgimenti da adottare sono:

- predisporre sistemi fissi o mobili per l'ombreggiamento delle finestre esposte a radiazione diretta, per limitare gli apporti di energia solare (ad esempio scuretti, veneziane, tende esterne, ma anche sporgenze o alberature a foglia caduca);
- ridurre le superfici vetrate esposte a est e ovest, che sono le più difficili da ombreggiare (se non oscurando e rinunciando quindi anche alla luce naturale);
- evitare o ridurre al minimo le finestre da tetto, che captano molta più energia rispetto alle finestre verticali e che sono difficili da schermare esternamente;
- prediligere, soprattutto in copertura, materiali isolanti e da costruzione pesanti e ad alta inerzia termica, in grado di ridurre l'effetto negativo dei picchi di calore;
- prevedere un'adeguata ventilazione, specialmente nelle ore notturne per agevolare lo smaltimento del calore accumulato durante il giorno.



*I quattro grafici sopra riportano l'andamento delle temperature interne (linea rossa) ed esterne (linea blu) nel periodo estivo di quattro edifici tra quelli monitorati. Si vede come, a fronte di picchi della temperatura esterna che superano i 36°C, l'edificio risponde contenendo gli sbalzi di temperatura interna e mantenendo le temperature massime su valori prossimi a quelli di comfort (27-28°C) sfiorando solo in alcuni giorni i 30°C, a dimostrazione che edifici di questo tipo assicurano non solo il benessere invernale ma anche quello estivo. Si confronti invece l'andamento del grafico a lato, che riguarda un edificio standard e che presenta oscillazioni di temperatura ben più accentuate con picchi interni che frequentemente raggiungono i 31-32°C. Si precisa che negli edifici considerati in questo esempio non è presente alcun impianto di raffrescamento.*





## GLI IMPIANTI AD ALTA EFFICIENZA E LE FONTI RINNOVABILI

Un edificio a ridotto fabbisogno energetico, garantito dall'elevato potere isolante dell'involucro, permette di ottimizzare anche le tecnologie impiantistiche ed impiegare in modo più efficiente le fonti energetiche rinnovabili. Questo vale sia per le nuove costruzioni che per i vecchi edifici: prima di sostituire una caldaia obsoleta, infatti, conviene isolare l'involucro, col vantaggio di poter poi scegliere un nuovo impianto più efficiente e correttamente dimensionato. Un edificio molto isolato, cosiddetto "passivo", permette persino di rinunciare all'impianto di riscaldamento. La fonte energetica per la produzione di calore può essere scelta tra gas e gasolio (fonti fossili, inquinanti e soggette ad una costante crescita di prezzo) oppure tra le fonti rinnovabili, quali biomassa, geotermia, energia solare. Per una caldaia a metano o gasolio, lo standard odierno prevede caldaie a bassa temperatura, in grado di modulare la potenza erogata sul fabbisogno effettivo con un rendimento che oscilla tra l'85 e il 92%. I modelli a condensazione hanno prestazioni ancora migliori, tra il 95 e il 107%, perché il calore presente nei fumi come vapore acqueo non viene espulso, ma recuperato e riutilizzato dal sistema, aumentandone così il rendimento. Una caldaia a condensazione viene sfruttata adeguatamente solo se abbinata ad un sistema di emissione e regolazione del calore a bassa temperatura, ad esempio quello associato al riscaldamento a pavimento, mentre perde parte del rendimento se è installata in un edificio non isolato e dotato di termosifoni in acciaio o alluminio, che necessitano di elevate temperature di mandata. Le alternative alle fonti energetiche di origine fossile sono offerte dalle caldaie a biomassa, dalle pompe di calore e dai pannelli solari. Il decreto legislativo 28 del 2011 ha stabilito che gli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti si debbano dotare di impianti per la produzione di energia che utilizzino almeno in parte le fonti rinnovabili. La percentuale di rinnovabili, inizialmente fissata al 20% del fabbisogno termico complessivo, è passata al 35% per tutte le autorizzazioni edilizie successive al 1° gennaio 2014 e dal 2017 salirà al 50%. Riscaldare con la biomassa (legna o pellet) significa adottare



*Scuola materna comunale CasaClima A (San Vito al Tagliamento).*



*Condominio con 4 appartamenti ristrutturato e certificato CasaClima B (Basiliano).*

un comportamento neutrale per quanto riguarda le emissioni di anidride carbonica perché la CO<sub>2</sub> emessa è pari a quella assorbita dalla pianta durante la sua crescita. Ciò è vero soprattutto quando si utilizza legname locale, che non è stato trasportato per grandi distanze e quindi con ulteriori dispendi energetici.

Le pompe di calore sono macchine in grado di produrre l'acqua calda per il riscaldamento sfruttando il calore contenuto nell'aria esterna (pompe di calore ad aria) oppure nell'acqua di falda o nel terreno (pompe geotermiche). Poiché la temperatura della fonte di calore esterna – aria, acqua o terreno – è più bassa rispetto alla temperatura che deve raggiungere l'acqua dell'impianto, è necessario un apporto di energia elettrica, motivo per cui spesso il sistema a pompa di calore viene completato con un impianto fotovoltaico. L'efficienza della pompa di calore è espressa dall'indice COP ed è data dal rapporto tra l'energia termica fornita e l'energia elettrica utilizzata: ad esempio, un COP pari a 3 indica che per ogni unità di energia elettrica consumata si producono 3 unità di energia termica. Quindi, più questo valore è alto, migliore sarà la resa dell'impianto.

L'energia del sole può essere sfruttata sia attraverso il fotovoltaico per la produzione di energia elettrica (destinata agli impianti, come visto sopra, ma anche ai consumi di illuminazione e elettrodomestici), sia attraverso il solare termico per riscaldare l'acqua che viene utilizzata per gli usi domestici e sanitari, o per integrare il riscaldamento. Un'altra strategia conveniente è quella degli impianti centralizzati. Il riscaldamento centralizzato nei condomini è stato spesso demonizzato come fonte di elevate spese condominiali: oggi invece, grazie alla contabilizzazione del calore nei singoli alloggi ed alle valvole termostatiche per gestire le temperatura in modo separato nelle varie stanze, la bolletta viene divisa equamente rispetto ai consumi individuali, evitando anche gli sprechi. Inoltre, una caldaia centralizzata consente di ridurre i costi di gestione, controllo e manutenzione dell'impianto.

Su scale debitamente diverse, si tratta dello stesso vantaggio dato dal teleriscaldamento, che prevede un'unica grande centrale a servizio di più edifici: per centri abitati con distanze contenute tra le singole abitazioni, rappresenta un buon sistema per il riscaldamento e la produzione di acqua calda.

## CASA CLIMA FVG: EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO

Una casa che consuma molta energia è anche fonte di grandi emissioni di gas climalteranti, mentre un edificio “a energia quasi zero” è anche un edificio “a emissioni quasi zero”.

I più alti livelli di efficienza si ottengono combinando il risparmio energetico alle fonti rinnovabili. Una volta minimizzate le esigenze di energia termica attraverso una corretta definizione della forma, dell'orientamento e dell'isolamento dell'edificio, il bassissimo fabbisogno energetico residuo può essere coperto da fonti energetiche rinnovabili. L'impatto ambientale è così ridotto ai minimi termini.

Gli edifici a energia quasi zero in Friuli Venezia Giulia non sono una novità. Infatti sono molti i progettisti e le imprese della regione che hanno costruito edifici certificati CasaClima che, per le loro caratteristiche, possono essere considerati a tutti gli effetti edifici a energia quasi zero. Anzi, diverse CasaClima del Friuli Venezia Giulia già producono più energia di quanta ne consumano. Dei 430 cantieri CasaClima della regione avviati dal 2007, sono più di 200 quelli conclusi e certificati e, tra questi, il 20% sono edifici a zero emissioni e un ulteriore 10% contiene le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> sotto i 5 kg/m<sup>2</sup> all'anno.

Un panorama che pone il Friuli Venezia Giulia tra le regioni con i più alti risultati in tema di risparmio energetico nel settore delle nuove costruzioni.

Ma CasaClima non è solo una pura questione di fabbisogni energetici. Con le tre categorie CasaClima (B, A e Oro) identifichiamo i tre possibili modelli di edificio a energia quasi zero. Una CasaClima B si costruisce con livelli di isolamento termico non molto diversi dai valori di riferimento della normativa attuale e, quindi, con extracosti praticamente nulli. I valori di tenuta all'aria previsti sono eventualmente compatibili

con la presenza di stufe, caminetti o con il foro del gas della cucina, anche se è sempre meglio evitare prese d'aria direttamente collegate con l'esterno. Il comportamento e i tempi di risposta dell'edificio non si discostano troppo da quelli tradizionali, quindi l'impianto di riscaldamento può essere scelto con ampia flessibilità spaziando dalle configurazioni più tradizionali ad altre maggiormente innovative. La CasaClima A richiede spessori di isolamento maggiori, dai 16 ai 20 cm o più, e solitamente – ma non sempre – serramenti con triplo vetro. La presenza della ventilazione meccanica con il recupero del calore richiede un livello di ermeticità dell'edificio elevato, quindi non sarà possibile prevedere la cucina a gas se questa richiede il foro di ventilazione, mentre l'eventuale scelta di stufe e caminetti dovrà orientarsi verso prodotti con tenuta all'aria garantita. I tempi di risposta dell'edificio si allungano rispetto agli edifici tradizionali, quindi nella scelta dell'impianto dovranno essere valutati con cura il dimensionamento e l'inerzia dei terminali di emissione per agevolare un controllo ottimale delle temperature interne. L'alta efficienza dell'involucro edilizio permette di installare ed integrare in modo altrettanto efficiente gli impianti di climatizzazione, sia invernale che estiva, di tipo innovativo.

La CasaClima Oro è di fatto una casa passiva, con requisiti di coibentazione, di isolamento dei ponti termici e di tenuta all'aria ancora più stringenti. Generalmente, l'efficienza del recupero di calore della ventilazione meccanica viene maggiorata con sistemi di pre-riscaldamento e post-riscaldamento, che consentono di eliminare i sistemi convenzionali di distribuzione del calore nelle stanze. Gli impianti possono così essere semplificati – compensando i maggiori costi dell'isolamento – e possono sfruttare al massimo la produzione locale di energia da fonti rinnovabili.



## LA CERTIFICAZIONE È COMUNQUE SBAGLIATA

Il titolo, anche se in modo provocatorio, allude alla differenza che c'è tra gli indici energetici del certificato e i consumi reali di un edificio. Piccola o grande che sia, questa differenza c'è sempre.

Le cause di questa divergenza nei numeri sono molteplici e dipendono da vari fattori.

Il primo motivo va ricercato nel sistema di calcolo degli indici del certificato energetico. La normativa attuale prevede che si possano utilizzare quattro livelli di semplificazione del calcolo e che lo stesso possa essere effettuato con una trentina di software disponibili in commercio. È difficile pensare che questa così ampia disponibilità di strumenti possa agevolare l'uniformità dei risultati, tant'è che la norma stessa consente un errore, in più o in meno, del 5%.

Inoltre, a seconda dei casi, i calcoli richiedono una quantità di valori in ingresso più o meno elevata. Se i dati di input sono troppo pochi il risultato non potrà essere accurato, ma anche se i dati sono troppi si rischia di amplificare gli errori: generalmente se i dati richiesti sono tanti possono presentarsi maggiori difficoltà nel reperirli ed il tecnico potrebbe essere più esposto all'uso di parametri inesatti. Bisogna sempre tener presente che oltre alla parte tecnica c'è anche quella economica: l'impegno del tecnico deve essere proporzionato per assicurare sufficiente accuratezza dei risultati ma anche sufficiente accessibilità ai costi della certificazione energetica. Un altro fattore che può differenziare i consumi rispetto agli indici energetici è rappresentato dalle difformità tra progetto, relazione tecnica, opere eseguite e Attestato di Prestazione Energetica. I soggetti coinvolti sono molti – i progettisti architettonici e impiantistici, le imprese e le maestranze, il direttore lavori, il tecnico certificatore – e altrettante le possibilità di errore. Le più frequenti sono quelle tra progetto e cantiere e possono essere dovute a svariati motivi: indicazioni di progetto mancanti o insufficienti, varianti non concordate o non condivise; diverse modalità di posa e installazione, scarsa qualità delle opere, errata fornitura di materiali e prodotti. In questo caso, il ruolo del direttore dei lavori è fondamentale per ridurre le difformità e, comunque,

un buon metodo per tenere traccia delle opere è avere una fotodocumentazione dei lavori e raccogliere i documenti che obbligatoriamente devono accompagnare i prodotti in cantiere, per esempio la marcatura CE o la dichiarazione di prestazione così come previsto dal Regolamento europeo n. 305 del 2011 sui prodotti da costruzione. La procedura per la certificazione di qualità CasaClima è stata impostata, fin dall'inizio, proprio con l'obiettivo di minimizzare le differenze viste finora ed eventuali altri errori o sviste che talvolta vengono commessi. Esistono però ulteriori elementi che contribuiscono a rendere difficoltosa la comparazione diretta tra gli indici del certificato

CAUSA DELLA DIFFERENZA TRA ENERGIA CALCOLATA E MISURATA	RESPONSABILITÀ	CASA CLIMA
Tipo di calcolo e livello di approssimazione	Procedure e metodologie di calcolo	x
Tipo di indicatore utilizzato (energia netta, energia primaria, energia fornita sotto forma di combustibile)	Procedure e metodologie di calcolo	
Imputazione errata dei dati geometrici dell'edificio	Progettista / Certificatore	x
Computazione errata dei materiali nel calcolo	Progettista / Certificatore	x
Materiali impiegati in cantiere diversi dai materiali progettati	Direttore Lavori	x
Presenza di ponti termici nella costruzione	Progettista / Direttore Lavori / Impresa	x
Grado di ermeticità dell'edificio	Progettista / Direttore Lavori / Impresa	x
Frequenza dei ricambi d'aria nelle stanze	Utente	
Frequenza e modo di utilizzo dei sistemi di ombreggiamento/oscuramento	Utente	
Irraggiamento solare diverso rispetto a quello standard	Condizioni climatiche	
Temperature esterne dell'aria diverse rispetto a quelle standard	Condizioni climatiche	
Temperature interne dell'aria diverse rispetto a quelle standard	Utente	
Necessità di aumento delle temperature interne dell'aria a causa di temperature radianti troppo basse	Assenza o discontinuità dell'isolamento termico	x
Tempi di accensione dell'impianto	Utente	
Modalità di utilizzo dell'edificio (tempi di occupazione, numero di persone presenti, apparecchiature in funzione)	Utente	

La tabella riassume i principali fattori di divergenza tra gli indici dei certificati energetici e i consumi degli edifici così come utilizzati. La colonna CasaClima indica i parametri per i quali le differenze possono essere minimizzate grazie alle verifiche di qualità della procedura CasaClima.

## GRADI GIORNO

Il valore di Gradi giorno è un indice che fa capire quanto freddo fa in una determinata località. I Gradi giorno si ricavano sommando, per ogni giorno del periodo di riscaldamento, il numero

corrispondente alla differenza in gradi tra la temperatura media esterna e la temperatura degli ambienti riscaldati. Nella nostra Regione, la località più fredda è Sauris con 4437 Gradi giorno e la più calda è Trieste con 2102 Gradi giorno.

energetico e i valori reali di consumo, e dipendono da due fattori: le condizioni climatiche e le abitudini dell'utente. La certificazione energetica ha lo scopo di poter confrontare le prestazioni di edifici diversi, quindi gli indici vengono calcolati a parità di condizioni interne ed esterne: sono basati su una serie di parametri che descrivono un utente tipo con abitudini standard e un anno tipo con condizioni climatiche standard. Le condizioni reali possono differenziarsi da quelle standard per molti motivi: numero di persone che abitano la casa, tempi e modi di occupazione e utilizzo, tempi di accensione degli impianti e degli elettrodomestici, impostazione delle temperature interne di riscaldamento e raffrescamento, frequenza dei ricambi d'aria nelle stanze, modalità di ombreggiamento invernale ed estivo, andamento delle temperature esterne, dell'umidità, della nuvolosità e, conseguentemente, dell'irraggiamento solare. Il grafico che segue (fig. 1) evidenzia le differenze di temperatura e irraggiamento solare tra l'anno standard utilizzato nei calcoli CasaClima e il periodo effettivamente monitorato. Si nota che nella stagione invernale e primaverile

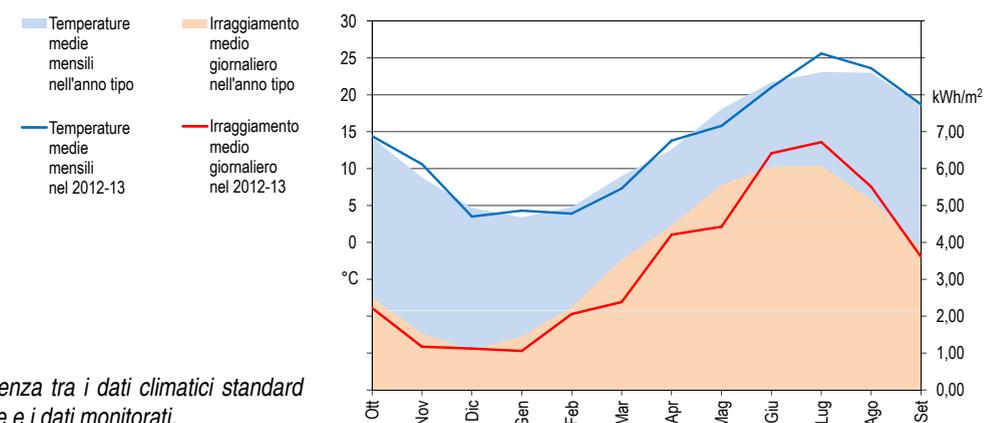


Fig. 1. Differenza tra i dati climatici standard riferiti a Udine e i dati monitorati.

le temperature medie sono simili mentre i valori di irraggiamento registrati sono più bassi, invece nella stagione estiva sono significativamente più alti sia i valori medi di temperatura che quelli di irraggiamento.

In generale, analizzando i dati invernali di irraggiamento solare relativi alle località degli edifici riportati in questa pubblicazione, emerge una riduzione dei valori registrati rispetto a quelli standard (fig. 2). Il confronto dei Gradi giorno (fig. 3) restituisce una variabilità più elevata, perché oltre a cambiare le temperature esterne, variano anche le temperature interne legate alle esigenze di comfort dei singoli utenti.

In conclusione, visto l'elevato numero di cause – o concause – che possono indurre ad una variazione dei consumi, possiamo aggiungere che non solo è complicato confrontare i consumi con gli indici energetici, ma è anche difficile individuare il motivo della variazione senza un'indagine approfondita.

Fig. 2. Confronto tra i valori di irraggiamento solare complessivo della stagione di riscaldamento nelle località monitorate. Le colonne gialle riportano i valori utilizzati nei calcoli dei certificati CasaClima, mentre le colonne rosse indicano i valori registrati nei giorni del periodo di monitoraggio.

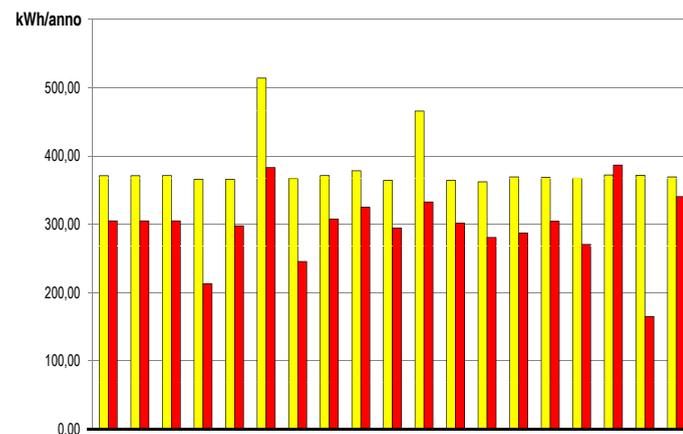
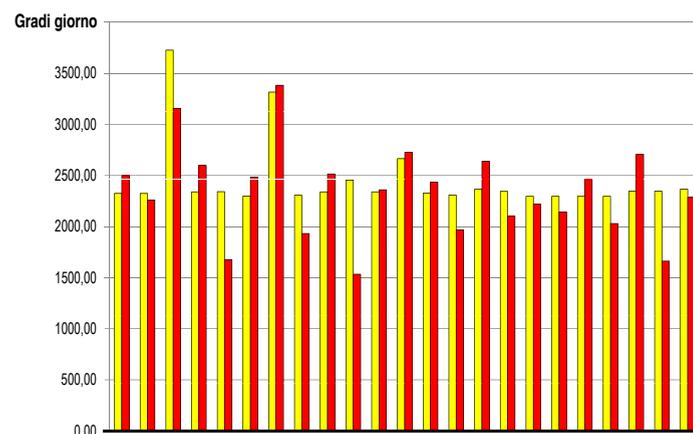


Fig. 3. Confronto tra i Gradi giorno standard di calcolo (colonne gialle) e i Gradi giorno registrati nel monitoraggio (colonne rosse). Il valore dipende dalle temperature esterne, da quelle interne e dai giorni effettivi di riscaldamento.



## IL MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio qui descritta ha riguardato venti edifici CasaClima, con l'obiettivo di verificare quanto le stime sui fabbisogni energetici effettuate in fase di progetto si discostano dal comportamento reale dell'edificio in uso.

La classe CasaClima è basata sul fabbisogno termico per riscaldamento, pertanto abbiamo raccolto i dati di consumo dei vari edifici per confrontarli con i rispettivi indici energetici riportati nel certificato.

Nel capitolo precedente abbiamo visto che possono essere tante le ragioni di una possibile divergenza tra gli indici del certificato e i consumi. Pertanto, per valutare correttamente i consumi con il certificato bisogna indagare le differenze tra le condizioni reali, le previsioni di progetto e le condizioni standard di calcolo.

Le verifiche di qualità della procedura CasaClima consentono di ridurre al minimo alcune delle variabili quali le differenze di approccio ai calcoli da parte dei vari progettisti, gli eventuali errori operativi, le difformità tra calcolo, progetto e cantiere, il livello di qualità delle opere. Altre di queste variabili possono invece essere monitorate ed il calcolo può essere rifatto utilizzando i dati effettivamente registrati al posto di quelli standard. Si ottiene quindi un indice, che abbiamo definito *EP normalizzato*, in cui l'influenza delle variabili è ridotta al minimo: i consumi, se l'edificio risponde alle aspettative, dovrebbero essere simili a questo indice.

## LA NORMALIZZAZIONE DEL CALCOLO

Il confronto tra i consumi degli edifici ed i rispettivi indici energetici necessita quindi di due elaborazioni preliminari, una sui consumi ed una sugli indici (il processo è schematizzato nella figura riportata all'interno della copertina, in fondo al libro).

Dal dato di consumo – ottenuto dalle letture periodiche del contatore o dai riepiloghi delle bollette e trasformato in chilowattora in base al potere calorifico del combustibile – abbiamo stimato e sottratto la quantità di energia dovuta agli usi diversi dal riscaldamento (acqua calda sanitaria, usi

## GLI INDICI ENERGETICI

Per poter confrontare le prestazioni energetiche di edifici diversi si utilizzano gli indici energetici, cioè dei parametri che rappresentano i fabbisogni energetici o i consumi dell'edificio e che sono generalmente espressi in termini di energia utilizzata per ogni metro quadro di superficie abitabile (in certi casi per metro cubo di volume riscaldato).

Gli indici possono comprendere uno o più fabbisogni energetici e un numero variabile di elementi dell'edificio e dell'impianto; inoltre possono essere misurati o calcolati in diversi modi. Pertanto si possono confrontare solamente indici di uguale categoria o appartenenti allo stesso sistema.

Dal punto di vista dei fabbisogni, la normativa italiana introduce una serie di indici di prestazione energetica denominati EP che illustrano i vari aspetti dell'edificio:

- $EP_{i,inv}$  e  $EP_{e,inv}$  sono espressi in energia netta e rispecchiano le caratteristiche dell'involucro edilizio, ovvero l'energia di cui l'involucro necessita nel periodo invernale ed estivo rispettivamente per le esigenze di riscaldamento e raffrescamento;
- $EP_i$  e  $EP_e$  sono invece espressi in energia primaria e rappresentano l'energia contenuta nei combustibili che il sistema impiantistico utilizza per coprire i fabbisogni di energia netta, rispettivamente per riscaldamento e raffrescamento;
- $EP_{acs}$  è espresso in energia primaria ed indica l'energia necessaria per soddisfare le esigenze

- di acqua calda per gli usi domestici e sanitari;
- $EP_{ill}$  è espresso in energia primaria ed indica i fabbisogni energetici per illuminazione;
- $EP_{gl}$  è espresso in energia primaria, quale somma di  $EP_i$ ,  $EP_e$ ,  $EP_{acs}$  e  $EP_{ill}$ .

I valori in energia primaria, comprendendo le perdite di sistema (dovute per esempio all'estrazione, alla trasformazione, al trasporto dei combustibili), possono essere diversi dai valori di energia fornita e sono calcolati applicando un fattore di conversione. Ad esempio, il rendimento medio del sistema nazionale di produzione dell'energia elettrica fa sì che per ogni chilowattora di corrente elettrica siano utilizzati in totale 2,18 kWh di energia primaria. Questo significa che un fabbisogno elettrico che in bolletta sarebbe di 1 kWh<sub>el</sub> sul certificato risulta pari a 2,18 kWh. L'indice termico CasaClima è l'equivalente dell' $EP_{i,inv}$ , ma i criteri di calcolo, sebbene molto simili, non sono identici: per esempio i dati climatici utilizzati da CasaClima si avvalgono di archivi diversi (più aggiornati) rispetto a quelli del decreto nazionale. Inoltre, la procedura CasaClima prevede che all'indice termico corrisponda sempre un elevato livello di qualità dell'edificio (assenza di ponti termici, elevata tenuta all'aria, ecc.), cosa che non è garantita dagli altri indici energetici.

In questa pubblicazione abbiamo evidenziato tre indici energetici:

- l'indice termico CasaClima, che è il valore che è riportato sul certificato e che determina la classe CasaClima;
- l'indice EP normalizzato;
- l'indice di consumo monitorato.

cottura, ecc.). A questo è stato aggiunto l'eventuale contributo delle fonti rinnovabili che non è compreso nella misura del contatore o nella bolletta. Il valore ottenuto, diviso per la superficie riscaldata, rappresenta l'*indice di consumo monitorato*.

Nel contempo, abbiamo elaborato ed aggiornato l'*indice termico CasaClima*, applicando i dati specifici della località in cui si trova l'edificio e registrati nel periodo di monitoraggio: temperature esterne e dati di irraggiamento solare, temperature interne, giorni di riscaldamento e Gradi giorno. Si è così definito l'*indice termico normalizzato dell'involucro*, da cui si ottiene l'*indice EP normalizzato* aggiungendo le perdite di calore del sistema impiantistico. Il grafico che segue (fig. 4) mette a confronto gli indici termici CasaClima e gli EP normalizzati che riguardano gli edifici monitorati.

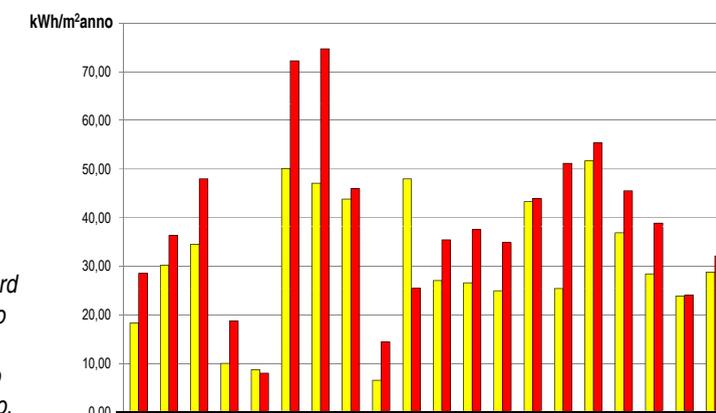


Fig. 4. Confronto tra l'indice termico CasaClima calcolato in condizioni standard (colonne gialle) e l'indice EP normalizzato (colonne rosse) che tiene conto dei dati climatici monitorati, delle condizioni d'uso e del rendimento del sistema impiantistico.

## I RISULTATI

I risultati dell'indagine sono molto soddisfacenti: dalla comparazione dell'indice EP normalizzato con l'indice di consumo monitorato emerge che i consumi degli edifici CasaClima soggetti al monitoraggio sono in linea con le aspettative (fig. 5). In generale, i valori registrati sono molto vicini (leggermente più bassi o leggermente più alti) ai valori calcolati in fase di certificazione CasaClima. Alcuni edifici presentano consumi nettamente inferiori alle stime di calcolo, mentre non si verifica nessun caso di consumi nettamente superiori.

Questi risultati convalidano la qualità della procedura di certificazione CasaClima e la capacità della stessa

di controllare in modo adeguato le variabili progettuali e costruttive: in questo caso, una classe A è effettivamente una classe A!

Costruire una CasaClima significa dunque avere la garanzia del risparmio energetico, anche dal punto di vista dei costi. A tal proposito, nei grafici che seguono (fig. 6 e 7) abbiamo riportato i costi per il riscaldamento desunti dai consumi del periodo di monitoraggio. Per confrontare in modo omogeneo i vari casi studio, i costi sono riportati per metro quadro di superficie riscaldata e sono calcolati utilizzando prezzi standard per i diversi combustibili. Non sono state utilizzate direttamente le bollette energetiche per evitare difformità legate ai diversi contratti di fornitura. I prezzi standard sono:

Metano	0,086	€/kWh
GPL	0,243	€/kWh
Gasolio	0,140	€/kWh
Legna	0,047	€/kWh
Pellet	0,071	€/kWh
Corrente elettrica	0,190	€/kWh <sub>el</sub>

Si nota che negli edifici monitorati i costi per riscaldamento sono sempre inferiori a 5 €/m<sup>2</sup>. Ricollegandoci a quanto detto nel primo capitolo, una CasaClima B – casa da “5 litri” – dovrebbe avere un fabbisogno annuo massimo di 50 kWh/m<sup>2</sup> che equivalgono a circa 5 mc di gas per metro quadro. Considerando il prezzo del gas sopra riportato e la maggiorazione del fabbisogno dovuta alle perdite di impianto, ai 50 kWh/m<sup>2</sup> corrispondono circa 5 €/m<sup>2</sup>, pertanto anche da questo punto di vista le aspettative sono state mantenute.

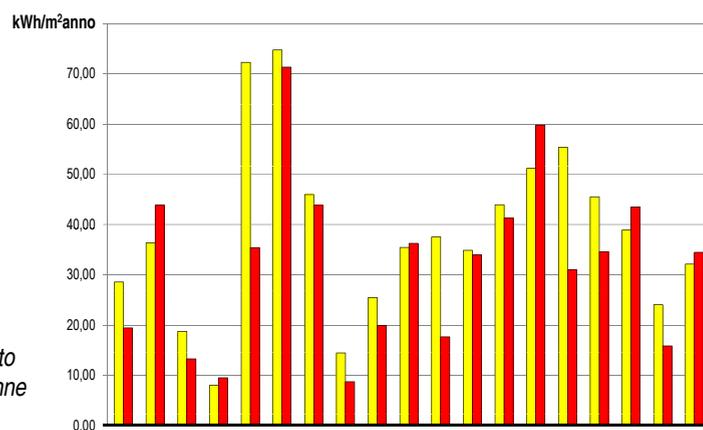


Fig. 5. Confronto tra l'indice EP normalizzato (colonne gialle) e i consumi monitorati (colonne rosse).

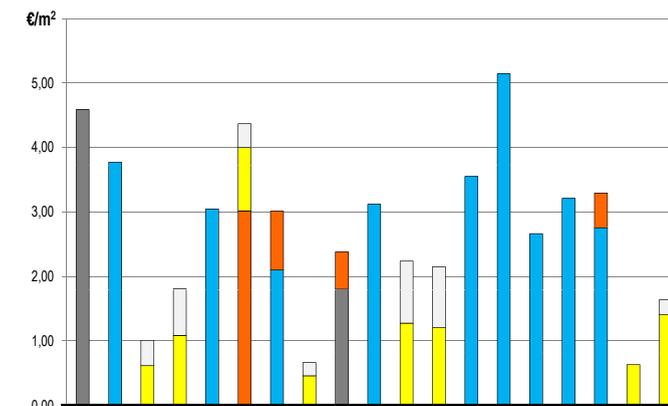


Fig. 6. Costi annui per riscaldamento a metro quadro di superficie riscaldata. I colori si riferiscono al tipo di combustibile utilizzato, a cui sono applicati i prezzi standard riportati nel testo. Legenda dei combustibili: grigio scuro = GPL, azzurro = metano, arancio = legna, giallo = corrente elettrica, bianco = elettricità autoprodotta da fotovoltaico.

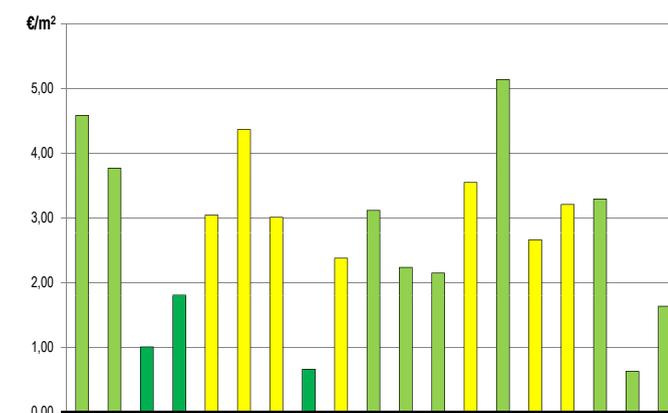


Fig. 7. Costi annui per riscaldamento a metro quadro di superficie riscaldata. I colori si riferiscono alla classe CasaClima: giallo = CasaClima B, verde chiaro = CasaClima A, verde scuro = CasaClima Oro.

**EDIFICI CASA CLIMA FVG  
SOGGETTI A MONITORAGGIO**



## CASA CLIMA A A CORDENONS

Committente:  
**fam. Rizzetto**  
 Progetto architettonico:  
**geom. S. Bot**  
 Progetto CasaClima:  
**geom. S. Bot, arch. G. Marcolin**



Ubicazione: **Cordenons (PN)**  
 Quota: **44 m slm**  
 Gradi giorno: **2496**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in lana di roccia

**Finestre:** pvc con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:**  
 riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;

impianto radiante a pavimento

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
<b>Classe CasaClima</b>	<b>A</b>
Indice termico CasaClima	18 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>EP normalizzato</b>	<b>28,6 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>Consumi monitorati</b>	<b>19,4 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-9,2 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA B Più «SA DI LEGNO» A SOSTASIO

Committente:  
**fam. Giacometti**  
Progetto architettonico:  
**ing. S. Giacometti**  
Progetto impiantistico:  
**ing. S. Tacus**  
Progetto CasaClima:  
**ing. S. Giacometti**



Ubicazione: **Sostasio di Prato Carnico (UD)**  
Quota: **674 m slm**  
Gradi giorno: **3529**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** struttura in legno a telaio con isolamento in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** legno con doppio vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** no  
**Impiantistica:**  
riscaldamento con cucina a legna;  
impianto fotovoltaico da 4 kW<sub>p</sub>  
**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	B Più
Indice termico CasaClima	43 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	74,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	71,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	-3,4 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA ORO A PORDENONE

Committente:  
**fam. Canton**  
Progetto architettonico:  
**arch. C. Sesso**  
Progetto impiantistico:  
**p.i. M. Goffredo**  
Progetto CasaClima:  
**arch. C. Sesso**



Ubicazione: **Pordenone**  
Quota: **24 m slm**  
Gradi giorno: **2459**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento in lana di roccia e controparete esterna

**Tetto:** struttura in calcestruzzo armato con isolamento in lana di roccia

**Finestre:** legno-alluminio con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:**

impianto di riscaldamento non presente e integrazione termica sulla ventilazione meccanica;  
impianto fotovoltaico da 4,8 kW<sub>p</sub>

**Impianto di raffrescamento:** sì

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	ORO
Indice termico CasaClima	7 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	14,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	8,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	-5,8 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA A A SESTO AL REGHENA

Committente:  
**fam. Pontarolo**  
 Progetto architettonico:  
**arch. F. Solari, ing. V. Pontarolo**  
 Progetto impiantistico:  
**p.i. A. Battiston**  
 Progetto CasaClima:  
**arch. A. Da Canal**



Ubicazione: **Sesto al Reghena (PN)**  
 Quota: **13 m slm**  
 Gradi giorno: **2661**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** struttura in calcestruzzo armato con blocchi cassero isolanti in EPS tipo Climablock  
**Tetto:** struttura in calcestruzzo armato con isolamento in EPS  
**Finestre:** serramenti in pvc con triplo vetro ed oscuramento esterno con veneziane metalliche regolabili con gestione domotica  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impiantistica:** riscaldamento con caldaia a gas; impianto radiante a parete; caminetto  
**Impianto di raffrescamento:** split con controllo e regolazione domotica (l'accensione avviene in concomitanza del surplus di produzione fotovoltaica per azzerare i costi di raffrescamento)

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A
Indice termico CasaClima	28 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	38,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	43,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	+4,6 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA B A BAGNARIA ARSA

Committente:  
fam. Firman - Peressutti  
Progetto architettonico:  
arch. L. Peressutti  
Progetto CasaClima:  
arch. L. Peressutti



Ubicazione: **Bagnaria Arsa (UD)**  
Quota: **20 m slm**  
Gradi giorno: **2222**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in sughero

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** legno con doppio vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** no

**Impiantistica:**

riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;

impianto radiante a pavimento e radiatori

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	<b>B</b>
Indice termico CasaClima	50 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	<b>55,4 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Consumi monitorati	<b>31,0 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-24,4 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA B CON 4 APPARTAMENTI A PASSONS

Committente:  
**Impresa Specogna Costruzioni**  
Progetto architettonico:  
**arch. G. Lerussi**  
Progetto CasaClima:  
**Energetica Studio Associato**



Ubicazione: **Pasian di Prato fraz. Passons (UD)**  
Quota: **105 m slm**  
Gradi giorno: **2333**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in calcestruzzo armato  
con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura delle falde in legno e isolamento  
del solaio verso sottotetto con lana di vetro  
**Finestre:** legno con doppio vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impiantistica:**  
riscaldamento con caldaia a gas;  
impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
<b>Classe CasaClima</b>	<b>B</b>
Indice termico CasaClima	37 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>EP normalizzato</b>	<b>45,5 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>Consumi monitorati</b>	<b>34,6 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-11,0 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA A A SAN VITO AL TORRE

Committente:  
**fam. Birri**  
Progetto architettonico:  
**geom. P. Gon**  
Progetto impiantistico:  
**ing. P. Virgolini**  
Progetto CasaClima:  
**geom. P. Gon**



Ubicazione: **San Vito al Torre (UD)**  
Quota: **24 m slm**  
Gradi giorno: **2278**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** pvc con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:**  
riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;

impianto radiante a pavimento

**Impianto di raffrescamento:** sì

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A
Indice termico CasaClima	26 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	35,4 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	36,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	+0,9 kWh/m <sup>2</sup> a





**CASA CLIMA A Più**  
A SANTA MARIA LA LONGA

*Committente:*  
**fam. Muzzo - Marioni**  
*Progetto architettonico:*  
**arch. M. Ferrari**  
*Progetto impiantistico:*  
**ing. A. Macola**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. M. Ferrari, ing. A. Macola, geom. M. Zamaro**



Ubicazione: **Santa Maria La Longa (UD)**  
Quota: **39 m slm**  
Gradi giorno: **2234**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno

**Pareti:** pannelli di legno a tavole incrociate e isolamento a cappotto in lana di roccia

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** legno con doppio vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:** riscaldamento con pompa di calore geotermica;

impianto radiante a pavimento;

impianto fotovoltaico da 3,6 kW<sub>p</sub>

**Impianto di raffrescamento:** sì

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A Più
Indice termico CasaClima	24 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	34,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	34,0 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	-0,9 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA ORO A PORDENONE

Committente:  
**fratelli Mariuz**  
 Progetto architettonico:  
**arch. F. Toneguzzo, arch. G. Zordan**  
 Progetto impiantistico:  
**ing. B. Cassan**  
 Progetto CasaClima:  
**ing. B. Cassan**



Ubicazione: **Pordenone**  
 Quota: **24 m slm**  
 Gradi giorno: **2459**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura armata in laterizio con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura con travetti in legno TGI e isolamento mediante insufflaggio di fiocchi di cellulosa  
**Finestre:** legno con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impiantistica:**  
 impianto di riscaldamento non presente:  
 batteria per l'integrazione termica sulla ventilazione meccanica;  
 impianto solare termico e fotovoltaico da 9,5 kW<sub>p</sub>  
**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
<b>Classe CasaClima</b>	<b>ORO</b>
Indice termico CasaClima	10 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>EP normalizzato</b>	<b>18,8 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>Consumi monitorati</b>	<b>13,3 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-5,5 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA A Più A TOLMEZZO

Committente:  
**fam. Gressani**  
Progetto architettonico:  
**p.i. M. Gressani**  
Progetto impiantistico:  
**p.i. A. Zoldan**  
Progetto CasaClima:  
**CP Ingegneria**



Ubicazione: **Tolmezzo (UD)**

Quota: **323 m slm**

Gradi giorno: **3036**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno

**Pareti:** pannelli di legno a tavole incrociate  
e isolamento a cappotto in lana di roccia

**Tetto:** struttura in legno con isolamento  
in lana di roccia

**Finestre:** legno con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:**  
riscaldamento con pompa di calore ad aria;

impianto radiante a parete;  
impianto fotovoltaico da 2,8 kW<sub>p</sub>

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A Più
Indice termico CasaClima	27 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	37,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	17,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	-19,8 kWh/m <sup>2</sup> a





**CASA CLIMA B**  
**RISTRUTTURAZIONE**  
**A SAN GIOVANNI AL NATISONE**

*Committente:*  
**fam. Miele - Agnolin**  
*Progetto architettonico:*  
**arch. M. Ferrari**  
*Progetto impiantistico:*  
**ing. A. Macola**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. M. Ferrari, ing. A. Macola**



Ubicazione: **San Giovanni al Natisone (UD)**  
 Quota: **66 m slm**  
 Gradi giorno: **2281**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura e sasso  
**Pareti:** muratura in pietra e laterizio con isolamento interno in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** legno con doppio vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impiantistica:** riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici; impianto radiante a pavimento e termosifoni  
**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
<b>Classe CasaClima</b>	<b>B</b>
Indice termico CasaClima	43 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>EP normalizzato</b>	<b>43,9 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>Consumi monitorati</b>	<b>41,3 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-2,6 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA A A PLAINO

Committente:  
**fam. Mazzilis**  
 Progetto architettonico:  
**arch. R. Minen**  
 Progetto impiantistico:  
**p.i. R. Dri**  
 Progetto CasaClima:  
**Energetica Studio Associato, arch. R. Minen**



Ubicazione: **Pagnacco fraz. Plaino (UD)**  
 Quota: **170 m slm**  
 Gradi giorno: **2416**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** struttura in calcestruzzo armato e laterizio con isolamento in intercapedine in XPS  
**Tetto:** struttura in laterocemento con isolamento in XPS  
**Finestre:** legno con doppio vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impiantistica:**  
 riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;  
 impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A
Indice termico CasaClima	24 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	51,2 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	59,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	+8,6 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA A A PAGNACCO

Committente:  
**Gabriella Cusina**  
 Progetto architettonico:  
**geom. O. Spagnut**  
 Progetto impiantistico:  
**L'Altra Energia srl**  
 Progetto CasaClima:  
**geom. P. Gon**



Ubicazione: **Pagnacco (UD)**

Quota: **170 m slm**

Gradi giorno: **2416**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** alluminio con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:** riscaldamento con pompa di calore geotermica; impianto radiante a pavimento;

impianto fotovoltaico da 5,4 + 4,1 kW<sub>p</sub>

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A
Indice termico CasaClima	28 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	32,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	34,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	+2,4 kWh/m <sup>2</sup> a





**CASA CLIMA A Più**  
A RIVIGNANO

Committente:  
**fam. Bottò**  
Progetto CasaClima:  
**Energetica Studio Associato**



Ubicazione: **Rivignano (UD)**  
Quota: **13 m slm**  
Gradi giorno: **2413**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in blocchi termoisolanti  
in calcestruzzo cellulare autoclavato

**Tetto:** struttura in legno con isolamento  
in fibra di legno

**Finestre:** legno con doppio vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:**  
riscaldamento con pompa di calore ad acqua;  
impianto radiante a pavimento;  
impianto solare termico e fotovoltaico da 3 kW<sub>p</sub>

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A Più
Indice termico CasaClima	30 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	24,0 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	15,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	-8,1 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA B A MORUZZO

Committente:  
**fam. Belligoi**  
Progetto architettonico:  
**p.i. R. Chiavon**  
Progetto CasaClima:  
**geom. P. Gon**



Ubicazione: **Moruzzo (UD)**  
Quota: **263 m slm**  
Gradi giorno: **2589**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** legno con doppio vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** no

**Impiantistica:**  
riscaldamento con caldaia a gas;  
impianto radiante a pavimento;  
caminetto

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	<b>B</b>
Indice termico CasaClima	44 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	<b>25,5 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Consumi monitorati	<b>19,9 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-5,6 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA B A PRADAMANO

Committente:  
**fam. Mossenta**  
Progetto architettonico:  
**arch. F. Florissi, arch. G. Spaziani**  
Progetto impiantistico:  
**ing. A. Bernardis**  
Progetto CasaClima:  
**arch. F. Florissi, arch. G. Spaziani**



Ubicazione: **Pradamano (UD)**  
Quota: **88 m slm**  
Gradi giorno: **2278**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** pannelli di legno a tavole incrociate con isolamento a cappotto in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** no  
**Impiantistica:**  
riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;  
impianto radiante a pavimento;  
impianto fotovoltaico da 3 kW<sub>p</sub>  
**Impianto di raffrescamento:** sì

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	<b>B</b>
Indice termico CasaClima	50 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	<b>72,2 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Consumi monitorati	<b>35,4 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-36,8 kWh/m<sup>2</sup>a</b>





## CASA CLIMA A A CORDENONS

Committente:  
**fam. Tonello**  
Progetto architettonico:  
**geom. S. Bot**  
Progetto impiantistico:  
**ing. A. Lucchese**  
Progetto CasaClima:  
**geom. S. Bot**



Ubicazione: **Cordenons (PN)**  
Quota: **44 m slm**  
Gradi giorno: **2496**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** pvc con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì

**Impiantistica:**  
riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;

impianto radiante a pavimento

**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	A
Indice termico CasaClima	30 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	36,4 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	43,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	+7,4 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA ORO A JALMICCO

Committente:  
**sig. C. Tosini**  
 Progetto architettonico:  
**geom. P. Gon**  
 Progetto impiantistico:  
**ing. P. Virgolini**  
 Progetto CasaClima:  
**geom. P. Gon**



Ubicazione: **Palmanova fraz. Jalmicco (UD)**  
 Quota: **27 m slm**  
 Gradi giorno: **2438**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS con grafite  
**Tetto:** struttura delle falde in legno e isolamento del solaio verso sottotetto  
**Finestre:** pvc-alluminio e triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impiantistica:**  
 impianto di riscaldamento non presente;  
 integrazione termica con strisce elettriche radianti;  
 impianto solare termico e fotovoltaico da 3 kW<sub>p</sub>  
**Impianto di raffrescamento:** no

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	ORO
Indice termico CasaClima	8 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	8,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Consumi monitorati	9,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Differenza:	+1,4 kWh/m <sup>2</sup> a





## CASA CLIMA B A TRIESTE

Committente:  
**fam. Castellani**  
 Progetto architettonico:  
**p.i. R. Chiavon**  
 Progetto impiantistico:  
**ing. N. Bertoli**  
 Progetto CasaClima:  
**geom. P. Gon**



Ubicazione: **San Dorligo della Valle (TS)**  
 Quota: **106 m slm**  
 Gradi giorno: **2282**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** pvc con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** no

**Impiantistica:**  
 riscaldamento con caldaia a gas;  
 impianto radiante a pavimento;  
 stufa a legna

**Impianto di raffrescamento:** sì

Indici energetici per riscaldamento	
Classe CasaClima	<b>B</b>
Indice termico CasaClima	31 kWh/m <sup>2</sup> a
EP normalizzato	<b>46,0 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Consumi monitorati	<b>43,8 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Differenza:	<b>-2,2 kWh/m<sup>2</sup>a</b>



## RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE DEGLI EDIFICI MONITORATI

	Comune	classe CasaClima	numero di unità abitative	ristrutturazione	PARETI						FINESTRE						TETTO		IMPIANTO DI RISCALDAMENTO						ALTRI IMPIANTI				DATI MONITORAGGIO			
					muratura in laterizio	altri tipi di muratura (sasso o blocchi)	calcestruzzo armato	legno XLAM	legno a telaio	doppio vetro	triplo vetro	telaio in pvc	telaio in legno	telaio legno-alluminio o pvc-alluminio	telaio in alluminio	laterocemento	legno	termosifoni	radiante a pavimento	radiante a parete	radiante a soffitto	caldaia	pompa di calore	termocucina	senza impianto convenzionale	ventilazione meccanica	solare termico	fotovoltaico	impianto raffrescamento	indice termico CasaClima	EP normalizzato	consumi monitorati
1	Cordenons	A	1		x						x	x										x	x			18	28,6	19,4	kWh/m <sup>2</sup> a			
2	Prato Carnico	B <sup>Più</sup>	1						x	x			x							x				x		43	74,7	71,3	kWh/m <sup>2</sup> a			
3	Pordenone	ORO	1		x						x			x							x	x		x	x	7	14,5	8,7	kWh/m <sup>2</sup> a			
4	Sesto al Reghena	A	1			x					x	x			x			x				x				28	38,9	43,5	kWh/m <sup>2</sup> a			
5	Bagnaria Arsa	B	1		x					x			x		x			x					x			50	55,4	31,0	kWh/m <sup>2</sup> a			
6	Pasian di Prato	B	4			x				x			x		x			x				x				37	45,5	34,6	kWh/m <sup>2</sup> a			
7	San Vito al Torre	A	1		x						x	x					x					x	x		x	26	35,4	36,3	kWh/m <sup>2</sup> a			
8	Santa Maria la Longa	A <sup>Più</sup>	1						x	x			x		x				x			x		x		24	34,9	34,0	kWh/m <sup>2</sup> a			
9	Pordenone	ORO	3		x						x		x								x	x	x	x		10	18,8	13,3	kWh/m <sup>2</sup> a			
10	Tolmezzo	A <sup>Più</sup>	1						x		x		x			x		x				x		x		27	37,5	17,7	kWh/m <sup>2</sup> a			
11	San Giovanni al Natisone	B	1	x		x				x			x		x			x				x	x			43	43,9	41,3	kWh/m <sup>2</sup> a			
12	Pagnacco	A	1			x				x			x		x			x				x	x			24	51,2	59,8	kWh/m <sup>2</sup> a			
13	Pagnacco	A	1		x						x							x				x		x		28	32,1	34,5	kWh/m <sup>2</sup> a			
14	Rivignano	A <sup>Più</sup>	1			x				x			x						x			x	x	x		30	24,0	15,9	kWh/m <sup>2</sup> a			
15	Moruzzo	B	1		x					x			x					x								44	25,5	19,9	kWh/m <sup>2</sup> a			
16	Pradamano	B	1						x		x				x			x					x	x	x	50	72,2	35,4	kWh/m <sup>2</sup> a			
17	Cordenons	A	1		x						x	x					x					x	x			30	36,4	43,8	kWh/m <sup>2</sup> a			
18	Palmanova	ORO	1		x						x										x	x	x	x		8	8,1	9,5	kWh/m <sup>2</sup> a			
19	San Dorligo della Valle	B	1		x						x	x						x							x	31	46,0	43,8	kWh/m <sup>2</sup> a			



## MONITORAGGIO: IL METODO DI LAVORO

Lo scopo di questa campagna di monitoraggio degli edifici CasaClima del Friuli Venezia Giulia era quello di verificare il livello di rispondenza tra il calcolo della certificazione ed i consumi reali. Questo perché il grado di utilità della certificazione è proporzionale all'affidabilità della stessa, anche in relazione al fatto che la certificazione non è solamente uno dei passaggi del processo edilizio ma, sempre più spesso, è utilizzata come strumento di valutazione economica del rapporto costi/benefici degli interventi.

Possiamo considerare, quindi, la certificazione CasaClima affidabile? La risposta è affermativa: da questa ricerca è emerso che, esclusa l'influenza delle variabili climatiche, i consumi sono mediamente in linea con le previsioni.

Sono stati sottoposti al monitoraggio venti edifici residenziali con caratteristiche diverse tra loro. Come si può vedere nella tabella riepilogativa riportata nelle pagine precedenti, ci sono edifici in muratura ed edifici in legno, edifici in classe B, A e Oro, edifici con impianti alimentati dalla caldaia a gas o dalla pompa di calore, addirittura edifici senza impianto convenzionale di riscaldamento.

La varietà delle caratteristiche ha comportato anche una certa differenza nella fonte dei dati di consumo:

- per gli edifici con caldaia sono stati rilevati i dati dei contatori del gas metano da parte degli inquilini, con cadenza mensile o quindicinale; generalmente i consumi del gas comprendevano anche l'acqua calda sanitaria e, anche se non in tutti i casi, i consumi per gli usi cottura; un'ulteriore differenza tra i vari casi studio è dovuta alla presenza di eventuali pannelli solari termici;
- per gli edifici riscaldati con il GPL è stata fatta una lettura periodica del contatore del serbatoio da parte degli inquilini;
- nei casi di riscaldamento o integrazione del riscaldamento a legna, è stata presa in considerazione la quantità di legna che gli inquilini hanno comunicato di aver utilizzato;
- per gli edifici con pompa di calore sono stati rilevati, utilizzando i contatori ed i riepiloghi delle bollette, i consumi della corrente elettrica nonché i dati di produzione ed immissione in rete dell'energia prodotta dal fotovoltaico.



Per completezza e per avere un ulteriore ausilio nella stima dei consumi di energia per acqua calda sanitaria, in tutti i casi studio sono stati rilevati anche i consumi di acqua potabile e – nei pochi casi in cui è stato installato un contacalorie dedicato – l'energia consumata per l'acqua calda.

Inoltre, nel corso degli incontri con gli inquilini sono state raccolte alcune informazioni sulle modalità d'uso della casa, come per esempio i tempi di occupazione degli appartamenti, le abitudini, i periodi di ferie prolungati, i tempi di accensione degli impianti in estate ed in inverno, ecc.

Dei venti edifici monitorati ne è stato escluso solo uno, perché non è stato possibile avere la registrazione dei consumi di combustibile in modo sufficientemente dettagliato.

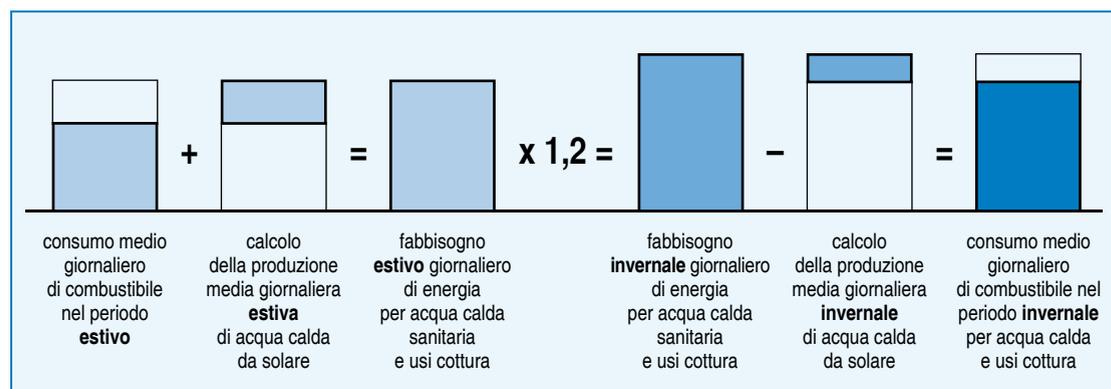
## L'INDICE DEI CONSUMI MONITORATI

Una volta raccolti i dati, la prima operazione effettuata è stata lo scorporo dei consumi per acqua calda sanitaria e cottura dal dato di consumo registrato. In linea generale, fatte salve le differenze dovute alle specificità dei singoli casi studio, la procedura seguita è la seguente:

- analisi dei consumi nel periodo estivo finalizzata a stimare i fabbisogni invernali per acqua calda sanitaria e/o cottura cibi; nei casi di impianto a pompa di calore, a meno che la stessa non sia allacciata ad un contatore dedicato, l'analisi dei consumi estivi comprende anche gli altri usi elettrici quali l'illuminazione, gli elettrodomestici, la ventilazione meccanica, ecc.;
- stima della produzione di energia termica da solare, laddove presente, distinguendo la produzione estiva da quella invernale con l'ausilio delle curve fornite dal software ProCasaClima2013, attualizzate in base ai valori di irraggiamento solare monitorati;
- l'energia imputata al solare è stata sommata ai consumi di combustibile, così da ottenere il fabbisogno totale di energia fornita all'edificio quale somma dei contributi rinnovabili e non rinnovabili;
- nel caso di edifici con pompa di calore e fotovoltaico, alla corrente elettrica prelevata dalla rete è stata aggiunta la quota di energia fotovoltaica autoconsumata, quale differenza tra l'energia prodotta dall'impianto e la parte immessa in rete;



- i fabbisogni estivi così ottenuti sono stati elaborati per stimare i consumi invernali non imputabili al riscaldamento, applicando gli opportuni fattori di destagionalizzazione. In particolare, è stato individuato un fattore medio pari a 1,20 che rispecchia l'aumento dei consumi invernali di acqua calda sanitaria rispetto a quelli estivi. Questo fattore è stato elaborato dall'unione di tre fonti: un'analisi di calcolo dei fabbisogni estivi ed invernali considerando le diverse temperature dell'acqua, il recupero di alcuni parametri individuati in letteratura scientifica, l'elaborazione dei dati degli edifici provvisti di contacalorie specifico per l'acqua calda sanitaria. Il fattore 1,20 è stato definito in via prudenziale prediligendo un minimo sottodimensionamento dello stesso, che può portare ad un lieve e proporzionale aumento dei fabbisogni per riscaldamento, mantenendo però l'errore in favore di sicurezza ai fini del confronto finale. La figura riportata sotto schematizza le operazioni di quantificazione dei consumi di acqua calda sanitaria del periodo invernale;
- scorporo dei consumi non imputabili al riscaldamento dalla quantità totale di combustibile e definizione, in base alla superficie riscaldata dell'edificio, dell'indice di consumo monitorato.



Riepilogo schematico della modalità di valutazione dei consumi di acqua calda sanitaria e usi cottura.

La stima dell'energia consumata per gli usi diversi dal riscaldamento, e quindi l'indice di consumo, potrebbero presentare delle imprecisioni dato che nessuno degli impianti esaminati, salvo un paio di eccezioni, era munito di contacalorie specifico per i fabbisogni di riscaldamento.



Le elaborazioni effettuate hanno sempre privilegiato gli scenari più cautelativi, pertanto l'effetto di eventuali errori è quello di un incremento dell'indice di consumo. Quindi, la correzione degli errori mediante rilievi strumentali più precisi porterebbe ad un'ulteriore riduzione degli indici di consumo.

## LA NORMALIZZAZIONE DEL CALCOLO

Per quanto riguarda le condizioni climatiche e le condizioni di utilizzo dell'edificio sono stati recuperati i seguenti dati:

- temperature interne, misurate mediante un termometro datalogger con cadenza di mezz'ora; le temperature interne indicano come vengono utilizzati l'edificio e l'impianto ai fini del riscaldamento;
- temperature esterne e dati di irraggiamento solare dell'anno di riferimento, ricavati dalle centraline di rilevamento dell'OSMER (uno dei criteri di selezione degli edifici monitorati è stata la vicinanza alle stazioni meteo) con cadenza oraria (esclusi due edifici per i quali sono state utilizzate direttamente le temperature medie giornaliere).

Dall'elaborazione di questi dati si sono definiti:

- il numero effettivo di giorni di riscaldamento e, quindi, il periodo reale di riscaldamento;
- i Gradi giorno effettivi, quale differenza delle temperature interne ed esterne monitorate;
- l'irraggiamento solare stagionale relativo al periodo di riscaldamento.

È stato così possibile normalizzare il calcolo originario della certificazione rispetto a tali valori, rappresentativi delle condizioni reali del periodo di monitoraggio che è stato effettuato, per gran parte degli edifici, dall'autunno 2012 all'estate 2013.

Questa operazione ha permesso di passare dall'indice termico CasaClima all'indice termico normalizzato, e poi all'indice EP normalizzato applicando i fattori di rendimento dell'impianto calcolati secondo le tabelle della norma UNI TS 11300-2. Nel caso delle pompe di calore è stato stimato il COP di funzionamento a seconda del tipo di fonte utilizzata (aria, acqua, geotermia) e delle indicazioni delle norme tecniche oppure, per i due casi studio dotati di contacalorie dedicato, delle prestazioni effettivamente registrate.

## LA CASA PASSIVA IN FVG

### PREMESSA

Tra i documenti che hanno portato alla stesura della Direttiva europea 2010/31/UE, troviamo la Risoluzione del Parlamento europeo del 31 gennaio 2008 che auspica l'adozione di "un requisito vincolante in base al quale tutti gli edifici nuovi che necessitano di un sistema di riscaldamento e/o raffreddamento dovrebbero rispettare le norme relative alle abitazioni passive". Nella versione definitiva della Direttiva, il riferimento diretto alla casa passiva è stato tradotto nel concetto di "edificio a energia quasi zero", spesso indicato con NZEB, acronimo di "nearly zero-energy building".

Tecniche e tecnologie consentono già di costruire e ristrutturare case a bassissimo fabbisogno energetico, tra cui ci sono i cosiddetti edifici "passivi" che sono in grado di sfruttare al meglio, attraverso la propria configurazione, sia l'energia solare sia l'energia prodotta all'interno (dalla presenza di persone, elettrodomestici ecc.) assicurando un elevato comfort invernale ed estivo senza apporti significativi di energia da parte degli impianti. È proprio per la notevole riduzione del ruolo "attivo" degli impianti di climatizzazione che nasce il concetto di casa passiva.

Il tema della casa passiva è stato approfondito e codificato a partire dalla fine degli anni Ottanta a Darmstadt, in Germania, dove i professori Wolfgang Feist e Bo Adamson hanno costruito la prima Passivhaus (1991) e fondato il Passivhaus Institut.

Oggi, Passivhaus è uno standard internazionale in grado di soddisfare i requisiti di risparmio energetico e benessere abitativo in tutti i tipi di edifici, pubblici e privati, residenziali e non, nuovi e ristrutturati. Attualmente, rappresenta il concetto più evoluto dell'edilizia energeticamente sostenibile.

Sono centinaia, nel mondo, le Passivhaus che sono state sottoposte ad attività di monitoraggio, dimostrando che l'efficienza energetica progettata corrisponde ai consumi effettivi.

### LA CASA PASSIVA

Risparmio energetico e benessere sono argomenti strettamente collegati tra loro. Una casa passiva garantisce ai suoi abitanti un elevato livello di comfort e ridotti consumi



Pordenone. Ricostruzione di un edificio residenziale certificato Passivhaus (progetto energetico ing. B. Cassan).



Pordenone. Negozio biopassivo Ciclotime (progetto arch. M. Biscontin, foto Elio e Stefano Ciol).

di energia, grazie ad una serie di accorgimenti tecnici individuati da una progettazione attenta al dettaglio e concretizzati attraverso una realizzazione in cantiere precisa e scrupolosa. L'elevato grado di isolamento termico, l'assenza di ponti termici, l'accurata progettazione di orientamento e dimensione delle finestre, assieme alla pressoché totale ermeticità dell'involucro, rappresentano i principi cardine per la progettazione di un edificio passivo, che ne rendono possibile il riscaldamento e il raffrescamento con il solo impianto di ventilazione controllata.

Progettare una casa passiva significa studiare soluzioni edilizie ed impiantistiche sempre più performanti e innovative. Non vuol dire dover vincolare il progetto ad una precisa modalità costruttiva, ma rispondere ad un insieme di requisiti prestazionali orientati al raggiungimento della massima efficienza energetica, requisiti che possono essere applicati a tutte le tipologie costruttive ed in tutti i contesti climatici. La casa passiva, quindi, può essere in muratura o in legno, con materiali da costruzione tradizionali o innovativi, con isolanti di origine naturale o sintetica, ecc. In tutti i casi, l'obiettivo principale è assicurare agli abitanti il massimo grado di comfort interno.

Le scelte tecniche ed impiantistiche, seppur evolute, non comportano edifici complicati: non serve un manuale di istruzioni per abitare in una casa passiva! Al contrario, gli inquilini non devono preoccuparsi del riscaldamento o di arieggiare in quanto il benessere è garantito dalle caratteristiche stesse della casa.

Nelle case passive, riducendo i fabbisogni si tagliano anche i consumi ed il risparmio energetico si traduce in risparmio economico per la famiglia. Uno degli aspetti più interessanti di questo tipo di edifici è l'abbattimento dei costi di gestione: il fabbisogno energetico può arrivare a meno del 10% rispetto agli edifici tradizionali. Le eventuali spese aggiuntive che vengono affrontate per la costruzione si ripagano grazie al risparmio conseguito giorno dopo giorno, e il valore dell'immobile dura nel tempo.

**Oggi, visto che sappiamo già – grazie alla Direttiva europea 2010/31/UE – quale sarà lo standard costruttivo nei prossimi decenni, avrebbe poco senso costruire edifici con caratteristiche differenti e prestazioni scarse.**



Udine. Ristrutturazione e ampliamento in certificazione Passivhaus (progetto geom. P. Paviotti).



Pordenone. Nuovo edificio bifamiliare passivo (progetto arch. C. Sesso).

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Il Passivhaus Institut ha individuato una serie di parametri che definiscono la casa passiva e che vengono verificati con specifici strumenti informatici. Le verifiche progettuali sono indispensabili per prevedere il comportamento termoigrometrico dell'edificio e il livello di comfort (soprattutto estivo), nonché per dimensionare accuratamente l'impianto di climatizzazione. In particolare, il calcolo dei fabbisogni viene effettuato con il programma PHPP e, qualora tutti i valori rispettino le prestazioni limite, l'edificio può essere certificato Passivhaus.

I requisiti generali che definiscono una casa passiva sono:

- un fabbisogno energetico annuo per riscaldamento inferiore a 15 kWh/m<sup>2</sup> o in alternativa un carico termico per riscaldamento inferiore a 10 W/m<sup>2</sup>;
- una percentuale di ore di surriscaldamento nel periodo estivo inferiore al 10% e, se è richiesto un impianto per la climatizzazione estiva, un fabbisogno annuo per raffrescamento inferiore ai 15 kWh/m<sup>2</sup>;
- un livello di tenuta all'aria dell'edificio n50 misurato con il blower door test inferiore a 0,6 1/h.
- un fabbisogno annuo di energia primaria totale per acqua calda sanitaria, riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e usi elettrici inferiore a 120 kWh/m<sup>2</sup>.

Dire che il fabbisogno annuo per riscaldamento non supera i 15 kWh/m<sup>2</sup> significa che, se l'edificio fosse alimentato da una caldaia, il consumo di combustibile sarebbe ridotto a circa 1,5 mc di metano (o 1,5 litri di gasolio) per ogni metro quadro di superficie riscaldata. Una bella differenza, rispetto alla media degli altri edifici che, anche se di recente costruzione e rispondenti ai limiti di legge, sono progettati per richiedere una quantità di energia equivalente almeno a 6-8 mc di gas per metro quadro.

Per capire meglio questi numeri, si può immaginare che una stanza di 20 metri quadri in una casa passiva potrebbe essere riscaldata con solo 10 candele accese, oppure grazie al calore corporeo di 4 persone.

Per poter arrivare a questi risultati, tutti gli elementi dell'edificio devono essere progettati e realizzati in modo impeccabile, a partire dal rispetto dei principi della bioclimatica.

La casa passiva deve sfruttare tutta l'energia possibile d'inverno (energia del sole e delle attività che si svolgono all'interno della casa) e deve sprecarne il meno possibile (eccellente isolamento termico e recupero di calore nella ventilazione). Il concetto è che se il calore rimane all'interno dell'edificio non sono necessari sistemi di riscaldamento attivo.

Anche nel periodo estivo deve essere sfruttato al massimo il comportamento passivo dell'edificio, attraverso forme e strutture che siano protette dal surriscaldamento diurno con efficaci sistemi di ombreggiamento e che, favorite da un'adeguata ventilazione, siano in grado di raffrescarsi naturalmente nelle ore notturne.

## IL GRUPPO IGPASSIVHAUS FVG

La realizzazione di una casa passiva presuppone adeguate competenze progettuali, elevata attenzione ai dettagli, accuratezza nell'esecuzione e garanzia di professionalità da parte di consulenti, progettisti, tecnici, imprese e maestranze.

L'IGP FVG (Gruppo di interesse Passivhaus del Friuli Venezia Giulia), nato in seno ad APE nel 2012, vuole contribuire a livello territoriale a diffondere questo sapere e a promuovere i necessari criteri di qualità, cercando di perseguire nello specifico i seguenti obiettivi:

- diffondere informazioni e know-how;
- garantire competenze e qualità negli interventi edilizi;
- sviluppare strategie per una rapida diffusione dello standard costruttivo Passivhaus in Friuli Venezia Giulia;
- creare una rete di comunicazione e collaborazione fra i tecnici e le ditte attive nel settore e, attraverso il contributo dei membri, essere un riferimento tecnico in grado di offrire consulenze professionali e strategiche sugli aspetti degli standard costruttivi ad altissima efficienza energetica come Passivhaus e CasaClima.

Il Gruppo e i suoi membri sono affiliati ufficialmente ad iPHA (International Passivhaus Association) e a ZEPHIR (riferimento per l'Italia del PHI - Passivhaus Institut).



Palmanova (UD). Nuovo edificio unifamiliare in certificazione Passivhaus (progetto geom. P. Gon e ing. P. Virgolini).



Ragogna (UD). Nuovo edificio unifamiliare passivo (progetto ing. S. e F. Fistarol).

## GLOSSARIO

### Blocchi cassero

I blocchi cassero sono elementi per la costruzione modulari e cavi, prodotti con materiale termoisolante (per esempio polistirene espanso o lana di legno mineralizzata), al cui interno viene realizzato il getto di calcestruzzo armato direttamente in opera. Nella parete così realizzata, la struttura portante è rivestita da uno strato isolante sia sul lato interno che su quello esterno.

### Calcestruzzo cellulare autoclavato (blocchi)

Sul mercato sono disponibili diversi tipi di blocchi da costruzione che possono essere usati in alternativa al laterizio. I blocchi in calcestruzzo cellulare autoclavato vengono prodotti con un impasto a base di sabbia, calce e cemento, che presenta una elevata porosità che conferisce al sistema un più alto potere termoisolante.

### Cappotto

Il *cappotto* è il sistema di isolamento termico realizzato sullo strato esterno delle pareti degli edifici. È composto da uno strato di pannelli isolanti fissati alla muratura mediante colle e tasselli, rifinito all'esterno con una rasatura rinforzata di circa mezzo centimetro. Il tipo di collante e rasante, nonché le caratteristiche e il numero dei fissaggi meccanici ed eventuali prodotti accessori, dipendono dal materiale isolante impiegato. Per garantire la massima qualità e durabilità del sistema a cappotto, è necessario che tutte le lavorazioni siano eseguite a regola d'arte, secondo le indicazioni tecniche di riferimento (come le linee guida ETAG 004 approvate a livello comunitario).

### CasaClima<sup>Più</sup> e CasaClima<sup>nature</sup>

Oltre alla classe CasaClima basata sulla qualità energetica, all'edificio può anche essere assegnata la certificazione CasaClima<sup>Più</sup>. Una CasaClima<sup>Più</sup>,

sia essa in classe B, A o Oro, è un edificio virtuoso anche dal punto di vista della sostenibilità, con particolare riferimento ai materiali impiegati che non devono essere dannosi per la salute o per l'ambiente.

Attualmente la certificazione CasaClima<sup>Più</sup> è stata sostituita dal marchio CasaClima<sup>nature</sup>.

### Cellulosa (fiocchi)

La cellulosa per isolamento deriva principalmente dal riciclo della carta; è commercializzata in pannelli oppure sfusa sotto forma di fiocchi. I fiocchi, confezionati in sacchi o in balle, possono essere insufflati in opera direttamente nelle intercapedini delle strutture (pareti, coperture, ecc.) con l'ausilio di un'apposita attrezzatura.

### Chilowattora (kWh)

Unità di misura dell'energia, può essere riferita sia all'energia elettrica (corrente) che all'energia termica (calore).

Un elettrodomestico della potenza di 1 kW, ad esempio un forno elettrico, utilizzato alla massima potenza per un'ora, consuma 1 kWh di energia elettrica (1 kW x 1 h = 1 kWh).

L'energia può anche essere misurata in Joule (1 kWh = 3.600.000 J).

Ma quanto è un chilowattora?

È l'energia che serve per:

- guardare la televisione per 35 ore
- usare un frigorifero da 300 litri per 2 giorni
- cuocere 1 torta in forno
- effettuare 1 lavaggio completo in lavatrice
- pulire casa con l'aspirapolvere 2 volte per 30 minuti
- percorrere 2 km in automobile
- tenere accesa per 90 ore una lampadina a basso consumo da 11 watt
- usare il computer per 50 ore

### Conduttività (o conducibilità) termica $\lambda$

Misura l'attitudine di un materiale omogeneo a trasmettere il calore. La conduttività  $\lambda$  (lambda)

è il valore caratteristico che serve per valutare le proprietà termoisolanti dei materiali. L'unità di misura utilizzata è il W/mK.

### COP

Vedere la voce *Pompa di calore*.

### Datalogger

Il datalogger è un dispositivo capace di registrare dei dati, per esempio la temperatura. Per le misure di questa campagna di monitoraggio sono stati usati dei termometri datalogger a batteria muniti di presa usb per il collegamento diretto al computer e l'archiviazione dei dati mediante uno specifico software.

### Energia netta

Vedere paragrafo a pag. 9.

### Energia primaria

È l'energia misurata alla fonte, comprensiva sia dell'energia che utilizziamo sia della quota di energia necessaria per le operazioni di estrazione, stoccaggio, trasporto, trasformazione e consegna del combustibile. Per quantificare i fabbisogni in energia primaria, si applicano degli specifici fattori moltiplicativi ai valori di energia fornita. Vedere anche paragrafo a pag. 9 e box a pag. 30.

### EP normalizzato

In questa pubblicazione è stato indicato come EP normalizzato l'indice di prestazione energetica ottenuto attraverso un calcolo che è basato sui dati climatici interni ed esterni propri dell'edificio e del periodo di riferimento, anziché quelli standard previsti dalle procedure di certificazione. Vedere anche il box a pag. 30.

### EPS

Vedere la voce *Polistirene espanso*.

### Fattore solare g dei vetri

Esprime il rapporto in percentuale tra la quantità di energia solare trasmessa attraverso il vetro e la quantità totale di energia incidente sul vetro stesso.

### Fibra di legno

Materiale isolante prodotto in pannelli composti da fibre provenienti dai residui della lavorazione del legno. Sono disponibili con diverse densità in funzione della quantità di aria contenuta nei pannelli stessi.

### Geotermia

Vedere la voce *Pompa di calore*.

### Gradi giorno

Vedere box a pag. 27.

### Indice termico CasaClima

È un parametro che indica la prestazione energetica dell'involucro edilizio ed è ottenuto secondo le indicazioni del protocollo CasaClima. Descrive la quantità di energia che deve essere fornita all'edificio nel periodo di riscaldamento per mantenere all'interno la temperatura di comfort (20°C). Il calcolo dell'indice termico è finalizzato a rendere confrontabile il comportamento di edifici diversi tra loro, pertanto viene calcolato in modo standard ed espresso in kWh/m<sup>2</sup> (quantità di energia richiesta per ogni metro quadro di superficie abitabile riscaldata). Vedere anche il box a pag. 30.

### Inerzia termica

È la capacità delle strutture dell'edificio di accumulare il calore e rilasciarlo più o meno lentamente. Nei periodi estivi, le strutture ad alta inerzia funzionano come volano termico e consentono di disperdere il calore accumulato di giorno sfruttando il fresco delle ore notturne. L'inerzia termica si può quantificare attraverso i parametri di attenuazione e sfasamento:

- l'attenuazione indica la capacità della parete di attenuare l'effetto dei picchi di calore esterni;
- lo sfasamento indica il tempo dopo il quale il picco di temperatura esterna si fa sentire sul lato interno.

### Isolamento a cappotto

Vedere la voce *Cappotto*.

## Legno (pannelli a tavole incrociate e strutture a telaio)

Le tecniche costruttive principali per realizzare gli edifici in legno sono due: con struttura a telaio o con pannelli a tavole incrociate.

I pannelli a tavole incrociate, chiamati anche crosslam o Xlam, sono composti da almeno tre strati di tavole di legno di conifera, fra di loro incrociate e incollate (o talvolta collegate tramite spinotti).

I pannelli vengono prefabbricati in stabilimento secondo le indicazioni di progetto, già predisposti con le aperture per le finestre, le porte e i vani scala; una volta trasportati in cantiere, vengono messi in posizione con l'ausilio di una gru e collegati tra di loro mediante staffe e angolari metallici.

Anche le strutture a telaio possono essere preassemblate in fabbrica, ma possono anche essere costruite in opera. In entrambi i casi, queste strutture sono caratterizzate da un insieme di montanti e traversi in legno massiccio, racchiusi sui due lati da pannelli di irrigidimento (pannelli di legno OSB o compensato, fibrogesso o fibrocemento, ecc.). L'intercapedine che ne risulta è riempita con materiale isolante.

Una particolare struttura in legno può essere realizzata utilizzando, al posto delle travi in legno massiccio, i travetti tipo TGI. Sono travi in legno composte, costituite da un'anima verticale sottile che può essere realizzata con un pannello tipo OSB, e da due rinforzi strutturali massicci alle estremità che creano una sezione cosiddetta a *doppio T* che consente di coniugare pesi ridotti, resistenza strutturale e riduzione delle disomogeneità termiche.

## Lana di roccia e lana di vetro

La lana di roccia e la lana di vetro sono materiali isolanti disponibili in materassini o pannelli più o meno rigidi, composti da fibre ricavate tramite fusione da rocce eruttive o da sabbie di quarzo e vetro. I leganti e gli additivi conferiscono ai pannelli un colore verde-marrone (lana di roccia) o giallo (lana di vetro).

## Muratura armata

È un sistema costruttivo alternativo alle tradizionali strutture composte da travi e pilastri in calcestruzzo armato. Il sistema è basato sulla muratura portante in laterizio ed è definito muratura armata poiché la resistenza della parete viene rinforzata mediante l'utilizzo di barre metalliche e getti di calcestruzzo armato diffusi, sfruttando i letti di malta e le cavità dei blocchi in laterizio.

## Normalizzazione

Adeguamento delle procedure di calcolo dalle condizioni medie a quelle reali o viceversa.

## Pannelli di legno a tavole incrociate

Vedere la voce *Legno*.

## Polistirene espanso (EPS e XPS)

Più comunemente chiamato polistirolo, il polistirene espanso sinterizzato (EPS) è prodotto da un processo chimico che utilizza benzolo e etilene che, a loro volta, derivano dal petrolio e dal metano. È commercializzato in pannelli generalmente bianchi oppure grigi se additivati con polvere di grafite per migliorarne le proprietà termoisolanti.

Da non confondere con l'EPS, il polistirene espanso estruso (XPS) viene prodotto dal polistirolo per fusione in combinazione con un gas espandente. Rispetto all'EPS, il materiale risulta più rigido e omogeneo, è molto resistente a compressione e non assorbe l'acqua. È commercializzato generalmente in colori pastello (azzurro, verde, rosa, giallo, ecc.).

## Pompa di calore

Le pompe di calore sono macchine in grado di produrre l'acqua calda sfruttando il calore contenuto nell'aria esterna (pompe di calore ad aria), nell'acqua o nel terreno (pompe di calore geotermiche).

Poiché la temperatura della fonte di calore – aria,

acqua o terreno – è più bassa della temperatura che deve raggiungere l'acqua dell'impianto, è necessario consumare una certa quantità di energia elettrica. L'efficienza della pompa di calore, espressa dall'indice COP, è data dal rapporto tra l'energia termica fornita e l'energia elettrica utilizzata.

D'estate il ciclo può essere invertito in modo che la pompa di calore prelevi il calore dall'aria all'interno dell'edificio per trasferirlo all'esterno, così da raffrescare gli ambienti.

## Ponti termici

Vedere paragrafo a pag.18.

## Potere calorifico

Indica la quantità di energia termica che viene liberata dalla combustione di una quantità unitaria (1 chilogrammo, 1 metro cubo, 1 litro, ecc.) del combustibile utilizzato per la produzione di calore.

## Progetto CasaClima

Nelle schede descrittive degli edifici, alla voce *Progetto CasaClima* è indicato il professionista che ha redatto la documentazione per la certificazione CasaClima, predisponendo il calcolo termico, la progettazione delle soluzioni di isolamento termico e i dettagli costruttivi finalizzati alla riduzione dei ponti termici dell'edificio.

## Tenuta all'aria

Vedere paragrafo a pag. 18.

## Travetti in legno TGI

Vedere la voce *Legno*.

## Trasmittanza termica U

È il valore caratteristico che serve per valutare l'isolamento termico di un elemento della costruzione. Rappresenta il flusso termico che attraversa un elemento dell'edificio (in regime stazionario) nell'unità di tempo e con una differenza

di 1 grado di temperatura tra interno ed esterno. L'unità di misura utilizzata è il  $W/m^2K$ .

La trasmittanza termica dei serramenti viene indicata con  $U_w$ , mentre i valori relativi al vetro e al telaio sono indicati rispettivamente con  $U_g$  e  $U_f$ .

## Ventilazione con recupero di calore

Vedere paragrafo sulla ventilazione a pag. 19.

## XPS

Vedere *Polistirene espanso*.

## RINGRAZIAMENTI

*Ringraziamo tutte le famiglie che hanno gentilmente collaborato nelle varie fasi dell'attività di monitoraggio, rendendosi disponibili ad effettuare le rilevazioni, comunicandoci le letture ed acconsentendo alla divulgazione dei dati raccolti. Ringraziamo inoltre le aziende ed i professionisti che hanno dato il loro contributo nella raccolta dei dati.*

*In particolare L'Altra Energia Srl, Domus Gaia Srl, Specogna Costruzioni Srl, Pontarolo Engineering Spa, ed i progettisti geom. Stefano Bot, ing. Barbara Cassan, arch. Massimo Ferrari, arch. Federico Florissi, ing. Jean Marie Garofoli, ing. Samuele Giacometti, geom. Paolo Gon, ing. Paolo Lisetto, ing. Andrea Macola, geom. Paolo Paviotti, arch. Chiara Sesso, arch. Giorgio Spaziani, ing. Pierangelo Virgolini. Infine, ma non per importanza, ringraziamo l'OSMER - Osservatorio Meteorologico Regionale per la preziosa collaborazione nella raccolta dei dati climatici.*

**Edito da:**

*Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia*

**Progetto e coordinamento:**

*Matteo Mazzolini*

**Contenuti:**

*Fabio Dandri, Sara Ursella*

**Grafica e layout:**

*Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia*

**Crediti fotografici:**

*Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia  
Samuele Giacometti pag. 38-39*



*Questa pubblicazione è stata realizzata nell'ambito del progetto "ALP Eco Companies and Building", cofinanziato dal Fondo europeo per lo sviluppo regionale all'interno del programma Interreg IV Italia-Austria dell'Unione Europea.*

*Luglio 2014*

**Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia**

*via Santa Lucia, 19 - 33013 Gemona del Friuli (UD)*

*tel. 0432 980 322 - [www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it)*



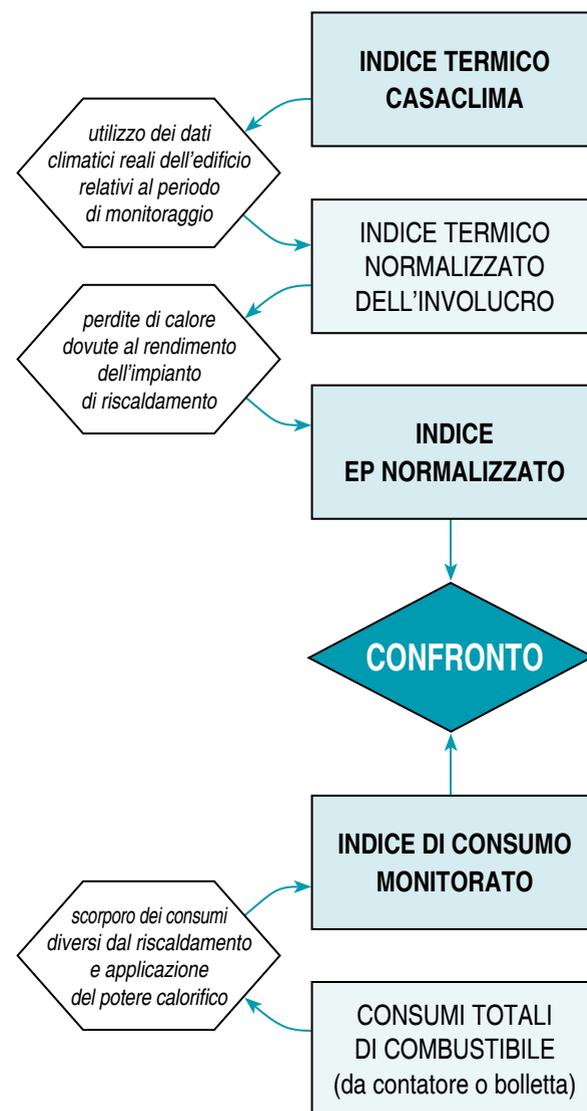
*Stampato su carta certificata EU Ecolabel riciclata al 100%*

## COMPARAZIONE DEGLI INDICI ENERGETICI

*Sono diversi i parametri energetici riportati in questa pubblicazione. Lo schema a lato indica la correlazione tra i diversi indici e quali valori vanno confrontati per capire la divergenza tra i consumi e le stime di calcolo.*

## POTERE CALORIFICO DEI COMBUSTIBILI

*Al fine di garantire la comparazione dei risultati, i consumi riportati in questa pubblicazione sono espressi in chilowattora (kWh) e tengono conto del potere calorifico dei diversi combustibili, così come indicato nella tabella a lato.*



Metano	9,593	kWh/Smc
GPL	7,226	kWh/l
Gasolio	9,9	kWh/l
Legna	4	kWh/kg
Pellet	5	kWh/kg
Fattore energia primaria per la corrente elettrica	2,18	kWh/kWh <sub>el</sub>



# APE

**Agenzia Per l'Energia  
del Friuli Venezia Giulia**  
[www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it)



Publicazione realizzata nell'ambito del progetto  
“ALP Eco Companies and Building”  
cofinanziato dal Fondo europeo per lo sviluppo  
regionale all'interno del programma  
Interreg IV Italia-Austria dell'Unione Europea