



# AlpHouse. Riqualficare edifici in montagna: efficienza energetica e sviluppo locale

*Il progetto AlpHouse affronta il tema della ristrutturazione degli edifici tradizionali montani, mostrando come la forma dell'edificio e le strutture degli insediamenti possano essere riqualficate trovando un compromesso accettabile tra conservazione e miglioramento dell'efficienza energetica, con un'attenzione particolare alle risorse locali, siano esse materiali locali, tecniche specifiche oppure professionalità.*

di

**Gianmaria Origgi,**

*ingegnere edile-architetto, ha curato le analisi territoriali ed energetiche nell'ambito del progetto AlpHouse*

**Alessandra Gelmini,**

*ingegnere civile e certificatore energetico, si occupa di progetti di ricerca europei*

**Claudia Del Barba,**

*si occupa di comunicazione e marketing nell'ambito della progettazione europea*

**A**lpHouse è un progetto cofinanziato dal Programma di cooperazione dell'Unione Europea Spazio Alpino, in collaborazione con il Gruppo di Lavoro dei Paesi Alpini (ArgeAlp). Iniziato nel settembre 2009, è guidato dalla Camera di Commercio e dell'Artigianato di Monaco e dell'Alta Baviera, coinvolge Germania, Austria, Svizzera, Italia e Francia ed ha come obiettivo lo sviluppo di un nuovo concetto di qualità per il recupero degli edifici presenti sul territorio alpino. Il progetto affronta, infatti, il tema della ristrutturazione degli edifici tradizionali montani, mostrando come la forma dell'edificio e le strutture degli insediamenti possano essere riqualficate trovando un compromesso accettabile tra conservazione e miglioramento dell'efficienza energetica, con un'attenzione particolare alle risorse locali, siano esse materiali locali, tecniche specifiche oppure professionalità.

Tutti i partner di progetto hanno individuato, per lo svolgimento delle attività di ricerca, un'area pilota di interesse, dalla quale poi scendere di scala con l'identificazione di uno o più villaggi pilota e, infine, di edifici oggetto di analisi.

A seconda delle differenti competenze dei partner e delle diversità delle regioni coinvolte sono state scelte aree, comuni ed edifici molto diversi tra loro. Le regioni italiane partner di progetto, Lombardia (rappresentata da ERSAF), Veneto e Valle d'Aosta, hanno individuato rispettivamente la Comunità Montana Valtellina di Sondrio, la Provincia di Belluno e l'intera Regione Valle d'Aosta. I partner hanno, quindi, analizzato svariati edifici accomunati dall'essere tradizionali ed alpini ma caratterizzati da profonde differenze per quanto riguarda i materiali e le tecniche costruttive, il periodo di costruzione e le funzioni. Mentre Valle d'Aosta e Veneto si sono orientati su edifici privati quali baite o fienili tradizionali, la cui origine è legata ad usi agricoli del territorio, ERSAF ha deciso di analizzare alcune tra le tipologie di edifici storici che ricorrono frequentemente nelle proprietà della pubblica amministrazione: un palazzo nobiliare del '600, ora adibito ad uffici, una scuola del primo '900 e un edificio, attualmente non utilizzato, risalente al '500. Le questioni poste sono chiaramente legate alle funzioni affidate a tali edifici ed all'evidenza che si tratti spesso di strutture altamente energivore, in parte perché gestite non correttamente, in parte perché adattate a funzioni che non sono quelle originali. Dall'analisi di tanti differenti edifici un fattore comune è però emerso a confermare il fatto che esiste, pur tra molteplici diversità, un filo rosso che unisce le costruzioni tradizionali in montagna, siano esse prestigiosi palazzi o semplici fienili: l'architettura spontanea o vernacolare.

Nelle regioni dell'arco alpino l'architettura si è sviluppata, durante i secoli, attraverso un'attenta gestione delle risorse presenti sul territorio ed in presenza di condizioni ambientali particolarmente ostili, dimostrando una grande capacità di adattamento alle condizioni peculiari derivanti dal clima, dalla morfologia del paesaggio, dai limiti costruttivi, con scelte esecutive che, a partire dalla scala dell'insediamento sino al semplice dettaglio costruttivo, testimoniano di un sapiente adattamento a vincoli naturali e strutturali. Attraverso le generazioni, l'uso delle risorse locali ha portato all'ideazione di soluzioni tecniche che hanno permesso di soddisfare le necessità primarie dettate dalla quotidianità e di risolvere problemi specifici nell'ottica di uno sviluppo sostenibile e di un uso attento delle risorse.

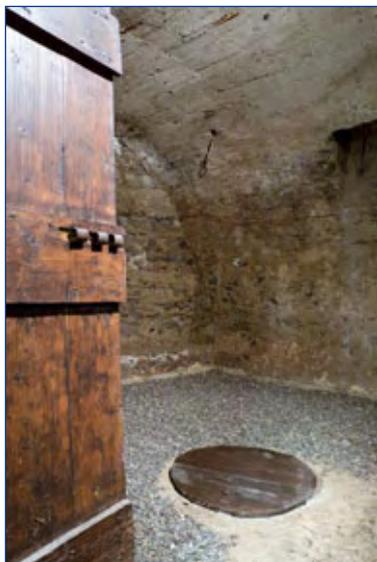
Gli insediamenti e le costruzioni tradizionali alpine sono l'accurato prodotto di una saggezza vernacolare che, oggi più che mai, può insegnare a valorizzare le peculiarità che caratterizzano le regioni dell'area alpina, andando nella direzione di uno sviluppo sostenibile e di un utilizzo attento delle risorse. Comprendere a fondo i temi di tale saggezza costruttiva permette di recuperarla, evitando che vada perduta e nel contempo di riutilizzarla, adattandola all'attuale contesto. Il binomio architettura tradizionale ed efficienza energetica risulta di particolare interesse nello Spazio Alpino e, in modo sorprendente, i due temi non si escludono a vicenda ma appaiono profondamente complementari. Il progetto cerca pertanto di analizzare e valorizzare la saggezza propria di un patrimonio culturale sviluppatosi lungo secoli, verificando la possibilità di ridurre i consumi energetici e contribuendo alla conservazione e allo sviluppo del-

l'architettura alpina, salvaguardandone il principio della sostenibilità, con l'adattamento agli usi attuali.

Esempi di architettura spontanea si trovano nei centri storici dove la struttura insediativa garantisce il risparmio energetico di abitazioni per le quali le dispersioni del vicino diventano apporti gratuiti. Nell'abitato di Chiuro e Ponte in Valtellina (in provincia di Sondrio) la necessità di affrontare eventi meteorici con trasporto solido dal versante e conseguente presenza di acqua e fango per le strade ha portato all'invenzione di un sistema intelligente di canalizzazione delle acque attraverso strette strade dedicate temporaneamente al ruscellamento e sistemi di paratie mobili che consentivano o meno il passaggio delle acque e, infine, a sistemi di protezione delle abitazioni e degli ingressi ancora visibili oggi.



Dal punto di vista strutturale, poi, la relativa povertà di materiali quali la pietra e il legno, con caratteristiche meccaniche non certo confrontabili con quelli oggi disponibili, ha portato allo sfruttamento oculato delle peculiarità dei materiali stessi: la pietra svolge, quindi, egregiamente il proprio compito di "resistente a compressione", mentre laddove serve un elemento resistente a trazione (o flessione) interviene il legno, utilizzato in qualche caso in sostituzione delle più usuali catene tiranti di ferro. La vita di ogni giorno è a volte quella che ha portato ad escogitare soluzioni intelligenti per soddisfare i bisogni. Se riflettiamo sul fatto che solo recentemente l'uomo ha trovato il modo di sfruttare le energie rinnovabili e di costruire case passive, diventa ancora più importante, per esempio, riflettere sullo schema, adottato nel passato, in cui l'abitazione veniva spesso posizionata sopra la stalla, utilizzando il calore prodotto dagli animali come in un primordiale riscaldamento a pavimento. Se pensiamo che solamente da pochi anni disponiamo di efficienti frigoriferi, proviamo, allora, a osservare la "buca nevaia" posta in una delle cantine del Palazzo Quadrio a Chiuro: lì la neve calata in inverno si conservava, intatta, anche nella stagione calda, sfruttando la situazione climatica di un locale interrato e fresco. Una soluzione questa ingegnosa, che derivava naturalmente da una stretta convivenza con la natura e dalla istintiva conoscenza delle "regole" della stessa.



Gli aspetti di valore dell'architettura spontanea sono di conseguenza al centro di un vasto patrimonio culturale locale che AlpHouse supporta con l'obiettivo di promuovere l'attrattività e la competitività delle regioni dello Spazio Alpino, contribuendo ad aumentare il valore d'uso del loro patrimonio edilizio, a preservare l'intelligenza insita nella struttura degli insediamenti riducendo lo sviluppo urbano incontrollato, a sostenere le filiere a scala regionale con l'utilizzo di materiali e fonti di energia locali e a creare un'economia a piccola scala grazie all'innovazione delle imprese locali.

Il progetto AlpHouse ha, infine, un respiro transazionale nelle scelte metodologiche adottate. Lo sviluppo di una procedura comune, applicabile a tutto lo Spazio Alpino, per la raccolta di dati geografici, climatici, sociali, economici, energetici e architettonici è uno dei principali obiettivi raggiunti e permette di organizzare in uno schema comune le caratteristiche specifiche di ogni regione rendendoli disponibili e applicabili a scala transazionale, grazie alle offerte di qualificazione e formazione degli operatori elaborate dal progetto stesso.

AlpHouse intende, infatti, fornire alle imprese le competenze necessarie a realizzare riqualificazioni edilizie con un'alta qualità tecnica, architettonica ed ecologica, prendendo allo stesso tempo in considerazione i costi ed il servizio fornito al committente, così che le imprese locali possano capitalizzare la propria formazione sulle peculiarità dell'architettura tradizionale ed incrementare le loro conoscenze nell'ambito dell'innovazione in campo energetico.

### La fase conoscitiva

Durante il progetto AlpHouse, la fase conoscitiva dell'architettura tradizionale ha avuto inizio con un'attività di analisi volta a orientare gli interventi di riqualificazione sul patrimonio edilizio tradizionale alpino.

L'analisi a livello regionale dell'area pilota Comunità Montana Valtellina di Sondrio (comprendente 21 comuni), basata sulla raccolta e rielaborazione di dati e informazioni legate ai caratteri climatologici, fisici, demografici, economici, urbanistici e infrastrutturali, ha consentito di approfondire aspetti generali che hanno fortemente influenzato le caratteristiche del patrimonio edilizio esistente e le relative prestazioni energetiche.

È stato possibile riconoscere nel tessuto edilizio storico, che caratterizza quest'area della Valtellina, la presenza di edifici rurali, testimonianza di una eredità contadina ancora parzialmente radicata, di architetture medievali, di palazzi nobiliari e canoniche, di alcuni esempi di edilizia pubblica del periodo compreso tra il 1500 e il 1700 e di fabbricati novecenteschi che riassumono tutti i caratteri tipici dell'architettura lombarda dei primi anni del '900, oltre che di edifici costruiti a partire dal dopo guerra sino ai giorni nostri. La valutazione della qualità energetica degli edifici, basata sui dati riferiti alle certificazioni energetiche raccolti da CESTEC tra il 2007 e il 2009, ha mostrato come la maggior parte dei fabbricati certificati (44%) in Provincia di Sondrio siano in classe G mentre solo il 3% si trovi in classe B: si evidenzia, quindi, a fronte di una generalizzata qualità scadente dal punto di vista delle prestazioni energetiche, la necessità di riqualificazione di gran parte del patrimonio edilizio della Provincia di Sondrio e così anche della Comunità Montana Valtellina di Sondrio. Parallelamente, risulta importante incentivare l'installazione di impianti per lo sfruttamento delle energie rinnovabili attualmente poco diffusi sul territorio, come è possibile dedurre visitando il sito del GSE o sfogliando il documento di inquadramento del sistema energetico del Piano Energetico della Provincia di Sondrio. In un tale contesto le imprese di costruzione potrebbero giocare un ruolo fondamentale in un periodo caratterizzato da una crisi economica del settore, sottolineata anche dai rilevamenti effettuati dalla Camera di Commercio di Sondrio.

All'analisi regionale ha fatto seguito l'esame di tre comuni dell'area pilota: sono stati selezionati i comuni di Chiesa in Valmalenco, di Chiuro e di Ponte in Valtellina. La raccolta dati ha riguardato tutte le informazioni relative ai caratteri climatologici, fisici, demografici, economici, urbanistici e architettonici dei comuni pilota e la successiva elab-

borazione delle stesse. Lo studio degli strumenti urbanistici vigenti, del periodo di costruzione e dei caratteri architettonici degli edifici, così come del loro stato di conservazione, ha fornito tutti gli elementi indispensabili per avviare una riflessione sulle modalità con cui affrontare la tematica della ristrutturazione e riqualificazione del patrimonio edilizio esistente. Il tessuto edilizio dei centri storici di Chiesa in Valmalenco e di Ponte in Valtellina è risultato complessivamente in buone condizioni di conservazione dal punto di vista di strutture, facciate e coperture, mentre il nucleo di antica formazione di Chiuro ha dimostrato di essere in uno stato in prevalenza mediocre. Dal punto di vista delle prestazioni energetiche, la quasi totalità degli edifici dei tre comuni ha evidenziato involucri edilizi (finestre, pareti, orizzontamenti e coperture) di scarsa qualità.

### Edificio pilota: analisi

L'ultima fase di analisi ha riguardato la valutazione delle prestazioni energetiche di tre edifici, siti nei paesi pilota e la formulazione di proposte di riqualificazione energetica e funzionale degli stessi. La progettazione di queste ha dovuto necessariamente tenere in considerazione i criteri di qualità enunciati nell'ambito del Progetto AlpHouse:

- La conservazione e lo sviluppo del patrimonio culturale dello Spazio Alpino rappresentato dall'architettura vernacolare, dalle strutture tradizionali, dai materiali regionali e dalle tecniche costruttive locali;
- L'ottimizzazione dell'efficienza energetica e dei costi del ciclo di vita di edifici e insediamenti, raggiunta applicando le tecnologie attuali e le conoscenze specifiche delle condizioni locali e degli aspetti ecologici del costruire.

Le tipologie di edifici prese in considerazione per questo studio hanno valore storico, ambientale e culturale e costituiscono un campione che ben rappresenta il tessuto edilizio storico che caratterizza la Comunità Montana Valtellina di Sondrio. Si tratta della scuola materna di Ponte in Valtellina, fabbricato che presenta tutti i caratteri dell'architettura dei primi del '900 e che, costruito e donato alla comunità per essere sede della scuola materna, mantiene tuttora tale funzione, del Palazzo Quadrio di Chiuro sede locale di ERSAF, che possiede le peculiarità osservabili in altri edifici nobiliari presenti in Valtellina, della Casa della Santina di Chiesa in Valmalenco, che si distingue per il suo sapore rurale e per il quale attualmente il comune è alla ricerca di una nuova funzione.

In questa sede ci limiteremo a descrivere i risultati della ricerca svolta sull'edificio sede di ERSAF a Chiuro. Collocato nel centro storico del paese, storicamente parte di un più ampio complesso abitativo, nasce nel XVI secolo come palazzo nobiliare, diventa in seguito casa di un ricco commerciante, quindi locanda ed ora ospita uffici. Prima di entrare nel merito del lavoro di analisi, è necessario comprendere l'edificio attraverso una breve descrizione, operazione che ha costituito il primo step dell'attività di valutazione energetica. Il nucleo di antica formazione nel quale si trova l'edificio è caratterizzato da un tessuto urba-



no originale e da schemi urbanistici di singolare suggestione. Il palazzo si sviluppa su quattro piani e presenta una distribuzione planimetrica molto articolata. Entrando nell'edificio si accede ad un loggiato formato da colonne di pietra, che costituisce un punto di snodo significativo, dal quale è possibile accedere ai diversi piani e alle diverse aree dell'edificio. Il piano collocato sotto il livello della strada, raggiungibile attraversando la corte interna, è occupato dalle cantine e dai locali tecnologici tra cui la centrale termica e la centralina elettrica, tutti locali attualmente non riscaldati. Al piano terra sono collocati spazi con funzioni di rappresentanza ed esposizione, una cucina professionale didattica e sale di degustazione. Alcune sale del piano terra sono affrescate con dipinti risalenti alla fine del '700.

Al piano primo, accessibile attraverso una scala esterna ed una balconata di legno, sono collocati gli uffici, il centro di documentazione sulla tipicità montana, una sala conferenze. All'ultimo piano (sottotetto) sono presenti una sala conferenze ed un ufficio. L'aspetto e la destinazione d'uso attuali sono il risultato degli interventi di restauro cui l'edificio venne sottoposto tra il 2003 e il 2007, dopo che un



incendio intorno al 1970 distrusse il palazzo quasi completamente.

L'edificio, nonostante presenti volumi e linee semplici, è contraddistinto da una forte articolazione spaziale, con molti pieni e vuoti che collaborano ad arricchirlo.

È fondamentale studiare attentamente i prospetti che aiutano a comprenderne meglio il comportamento energetico:

- Prospetto nord-ovest: è parte di una facciata continua che coinvolge oltre all'edificio in questione altre proprietà. Si sviluppa lungo via Roma, una strada molto stretta, poco luminosa e con una leggera pendenza. Il prospetto risulta avere linee molto semplici. L'accesso al piano terreno dell'edificio è consentito da un portone e da un portoncino sormontato da un'apertura finestrata caratterizzata da un'inferriata. Il piano primo e il piano secondo sono illuminati ciascuno da tre finestre. La falda di copertura mostra le tipiche lastre dette "piode";
- Prospetto sud-est: il prospetto verso Via Torre esibisce, a livello del piano seminterrato, una apertura ad arco che permette di accedere al cortile interno dell'edificio. [qui #Prospetto via Torre#] La facciata massiccia, definita da linee regolari che generano una forma squadrata, presenta cinque finestre di dimensioni medie, tre al piano terra e due al primo piano. Si può osservare, inoltre, il loggiato che si apre all'ultimo piano. Il prospetto in esame appare molto articolato soprattutto grazie al gioco di compenetrazione tra il blocco su Via Torre e quello centrale;
- Prospetto nord-est: la facciata dell'ala laterale su Via Torre è caratterizzata da linee regolari che formano il classico disegno a capanna. Spiccano nel prospetto due aperture a livello del seminterrato, due finestre, di cui una murata, al piano terreno e una portafinestra con il loggiato al primo piano. Il corpo edilizio che affaccia su Via Roma mostra anch'esso la tipica forma a capanna ed è caratterizzato da una apertura finestrata al primo piano di dimensioni ridotte. Il corpo centrale, confinante con l'altra proprietà, si sviluppa su quattro livelli. Il piano



seminterrato è caratterizzato da un portico ad archi sorretto da colonne con capitelli di pietra locale. Il piano terreno presenta un loggiato anch'esso sorretto da colonne di pietra. Il prospetto a questo livello è caratterizzato da tre finestre di grandi dimensioni e da due portoni. Il motivo del loggiato è riproposto anche al piano successivo dove è utilizzata una struttura di travi e pilastri e parapetto di legno. In facciata si osservano due finestre di grandi dimensioni e una porta d'accesso alla sala riunioni e ai servizi igienici. Il prospetto si conclude con la copertura a falde realizzata con lastre di serpentino;

- Prospetto sulla corte interna del corpo edilizio che insiste su via Roma: questa facciata risulta essere molto articolata e ricca di pieni e vuoti. È possibile notare immediatamente le rampe della scala che collega i piani. Il piano seminterrato è caratterizzato da arcate sorrette da colonne di pietra con capitello e presenta una porta di accesso alle cantine. Al piano terra si osserva il corridoio coperto di accesso all'edificio da via Roma.
- Prospetto sulla corte interna del corpo edilizio che insiste su via Torre: al piano seminterrato vi è l'accesso alla corte interna da via Torre ed è possibile osservare il portico sorretto da colonne. Il piano successivo mostra una apertura nella parete che definisce il loggiato e una porta che conduce alla zona cucina. Il primo piano possiede una parete priva di finestre che nasconde il loggiato e una portafinestra di accesso agli uffici.

La documentazione a disposizione ed altre informazioni raccolte durante numerosi sopralluoghi hanno permesso di stabilire che la struttura portante verticale dell'edificio è

costituita da murature di pietra locale e laterizio pieno caratterizzate da diversi spessori, in funzione degli elementi costruttivi, che variano da un valore minimo di 35 cm fino a 90 cm, con la conseguente disomogeneità di materiali e spessore in diversi punti di una stessa parete. Le pareti sono finite con intonaci a base di calce e cemento e intonaci isolanti, questi ultimi adottati nei recenti lavori di ristrutturazione per migliorare le prestazioni energetiche dell'involucro. All'interno del fabbricato si sono potute osservare due tipologie di orizzontamenti, alcune con strut-

tura di pietra ed altre, come anche la copertura a falde, sostenute da strutture lignee. Diverse porzioni del fabbricato sono state ricostruite, durante i lavori di ristrutturazione, utilizzando laterizi forati e localmente calcestruzzo armato.



Quanto appena descritto costituisce il punto di partenza per lo studio delle performance energetiche di un edificio storico che presenti caratteristiche di pregio, soprattutto quando vi è la necessità di progettare interventi di riqua-

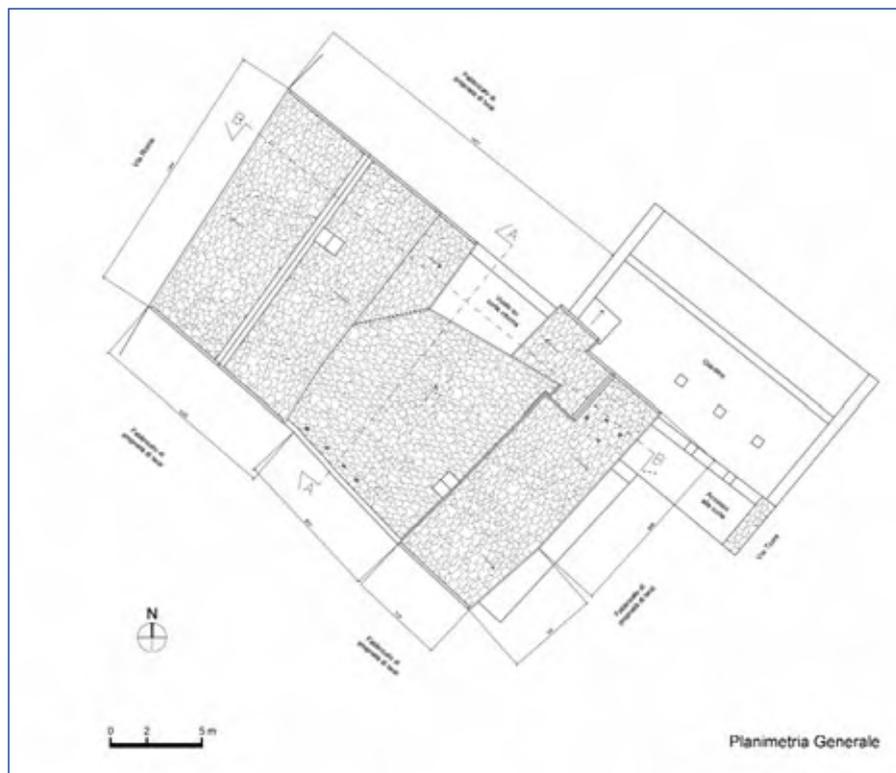
lificazione finalizzati ad un riutilizzo dello stesso, che siano attenti non solo alle peculiarità architettoniche, storiche, artistiche ma si preoccupino anche di ridurre l'impatto sull'ambiente in termini, ad esempio, di emissioni di anidride carbonica in atmosfera.

L'analisi energetica si è basata su tutte le riflessioni introdotte in precedenza ed è proseguita con l'esame dell'orientamento dell'edificio, che svolge un ruolo determinante nel comportamento dell'edificio poiché fornisce informazioni preziose sugli apporti energetici gratuiti. Si è osservato un allineamento dell'edificio, per quanto riguarda la dimensione maggiore, lungo l'asse nord-ovest e un orientamento della corte interna verso nord-est, configurazione non ideale per sfruttare appieno gli apporti solari gratuiti, molto importanti nella stagione invernale.

Altro aspetto da considerare, strettamente collegato con il precedente e complementare, è lo sviluppo delle aperture finestrate e il loro posizionamento. Una verifica effettuata sulle superfici trasparenti ha evidenziato che circa il 35% della superficie totale finestrata caratterizza il prospetto rivolto a sud-est dell'edificio, mentre le facciate orientate a nord-ovest e nord-est accolgono circa il 64% dell'intera superficie finestrata dell'edificio. Lo studio dell'ombreggiamento dell'edificio, dovuto ad aggetti orizzontali, verticali, alle montagne e ad altri edifici attigui ha evidenziato una sensibile riduzione della quantità dei guadagni solari di cui potrebbe beneficiare l'edificio, già ridotta a causa dell'orientamento e della posizione delle aperture.

Il passo successivo della ricerca ha visto la valutazione della superficie lorda disperdente dell'edificio e del volume lordo dello stesso, dati che hanno fornito le prime indicazioni utili sul possibile comportamento energetico dell'edificio. È stata calcolata una superficie disperdente di 1.260,99





evidenziato quattro zone termiche in funzione delle diverse destinazioni d'uso degli ambienti ed in relazione alle differenti tipologie dei sottosistemi impiantistici. Il generatore di calore attualmente presente è una caldaia a condensazione alimentata da gas metano, installata in un locale tecnico esterno all'involucro riscaldato e utilizzata solo per la produzione di calore finalizzato al riscaldamento degli ambienti, con potenza al focolare a carico massimo di 60 kW e utile al carico massimo di 58,9 kW. Sono stati installati, invece, due scaldacqua elettrici, posti nei servizi igienici, con capacità di accumulo rispettivamente di 75 l e 15 l e di potenza pari a 1200 W, per la produzione di acqua calda sanitaria. In centrale termica è stata riscontrata la presenza di collettori di mandata e di ritorno dai quali si diramano quattro principali distribuzioni "A", "B", "C" e "D" che servono nell'ordine la sala conferenze al primo piano e gli ambienti del secondo piano, i restanti locali del primo piano, i terminali del piano terra e i servizi igienici, posti al piano terra e al primo piano. Le pompe A, B, D, associate alle rispettive distribuzioni, hanno potenza elettrica di assorbimento pari a 200 W, mentre la pompa C una potenza pari a 99 W. I terminali di emissione del calore in ambiente sono stati quantificati in 16 ventilconvettori con potenza termica di emissione variabile tra 1920 e 2930 W e in 7 termosifoni di dimensioni differenti, con potenze di emissione pari a 315 W, 615 W e 702 W.

L'analisi delle prestazioni energetiche dell'edificio, effettuata con il software per la progettazione di case passive Passive House Planning Package - PHPP 2007it (scelta operata dal partnerariato AlpHouse e finalizzata a che tutti i partner realizzassero analisi con il medesimo strumento in modo da ottenere risultati comparabili), ha fornito un indice energetico primario relativo al riscaldamento degli ambienti, alla produzione di acqua calda sanitaria e alla corrente elettrica assorbita dagli ausiliari pari a 294 kWh/(mqa), con un quantitativo di emissioni di CO<sub>2</sub> totali di 68,6 kg (mqa).

mq e un volume pari a 2.317,57 mc, con un conseguente rapporto S/V di 0,54 [m<sup>-1</sup>].

Mediante lo studio delle caratteristiche termofisiche dell'involucro edilizio, supportato dalle informazioni fornite dalle diagnosi energetiche effettuate nel 2010 sul fabbricato, comprendenti analisi termografiche e di dati ambientali registrati da apposita sensoristica, sono stati evidenziati, per quanto riguarda le superfici opache orizzontali e verticali, valori molto variabili di trasmittanza che vengono riportati di seguito:

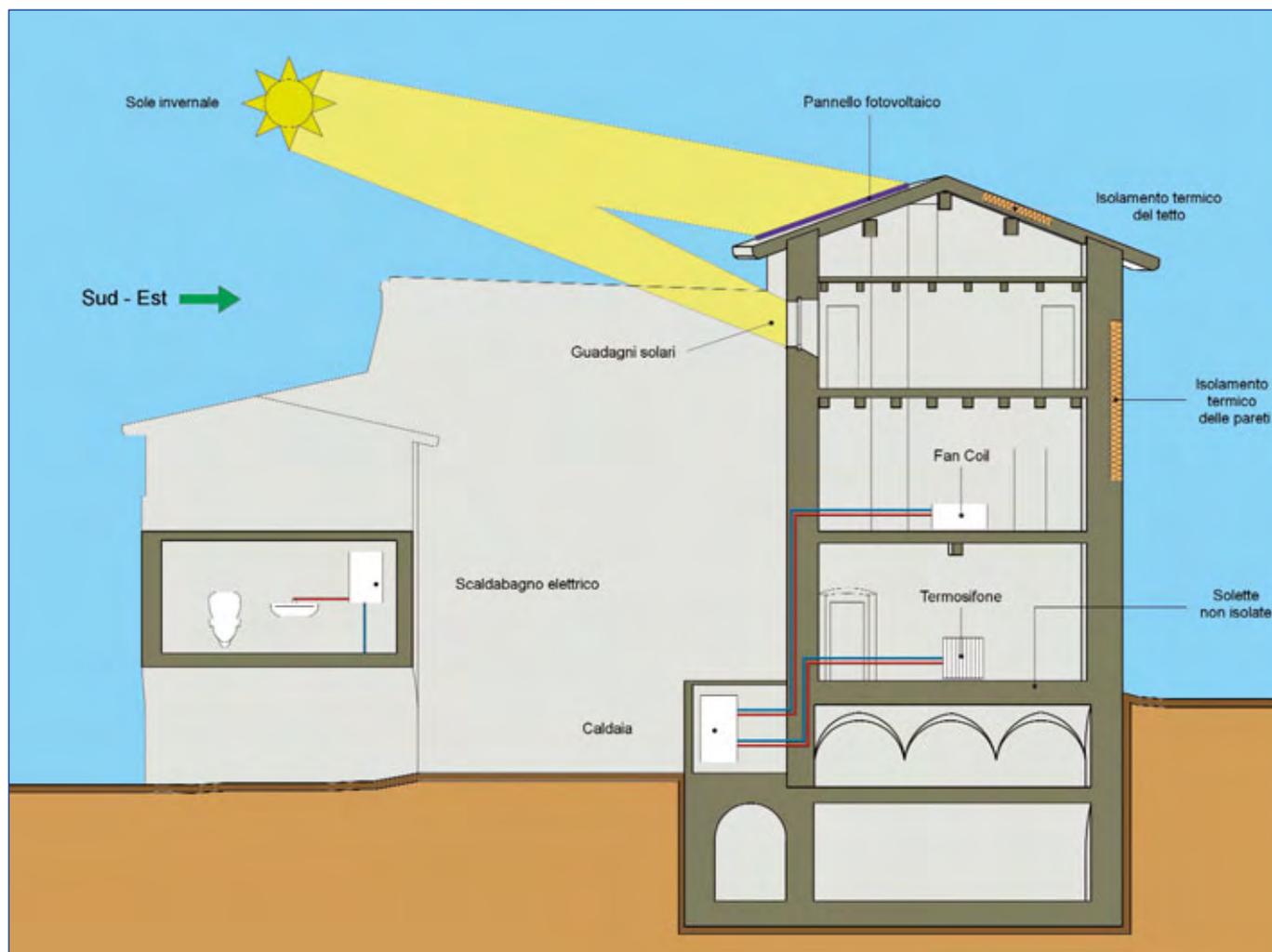
- Trasmittanze delle pareti verso l'ambiente esterno: 0,75÷2,18 W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanze delle pareti contro terra: 1,18÷1,32 W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanze delle pareti verso ambienti non riscaldati: 1,63÷1,86 W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanze delle solette verso la cantina interrata: 1,51 W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanze delle solette verso la cantina non interrata: 1,90 W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanze delle solette verso l'ambiente esterno: 0,71÷2,14 W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanze delle solette verso il sottotetto non riscaldato: 2,59 W/m<sup>2</sup>K

- Trasmittanza delle strutture di copertura: 0,47÷1,60 W/m<sup>2</sup>K

Per i componenti finestrati, installati durante i lavori di ristrutturazione dell'edificio avvenuti tra il 2003 e il 2007 e costituiti da telaio di legno tenero con vetrocamera (4-12-4) e distanziatore metallico, sono stati stimati valori di trasmittanza della parte trasparente e del telaio rispettivamente di 2,9 W/m<sup>2</sup>K e di 1,9 W/m<sup>2</sup>K e variabili tra 3,04 e 3,11 W/m<sup>2</sup>K per la finestra nel complesso. Il coefficiente di trasmissione solare g è risultato pari a 0,675.

Lo studio dell'involucro edilizio è stato completato con l'individuazione e la valutazione dei ponti termici presenti nell'edificio: i coefficienti di ponte termico lineico  $\Psi$  associati ai diversi ponti termici sono stati valutati utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti.

Passando all'analisi svolta sul sistema impiantistico, è significativo sottolineare che questo è stato rinnovato totalmente durante la ristrutturazione del 2003-2007, andando a sostituire il vecchio sistema di riscaldamento che vedeva l'utilizzo di stufe e camini. Dal punto di vista termico, l'edificio ha



### Edificio pilota: proposta di riqualificazione

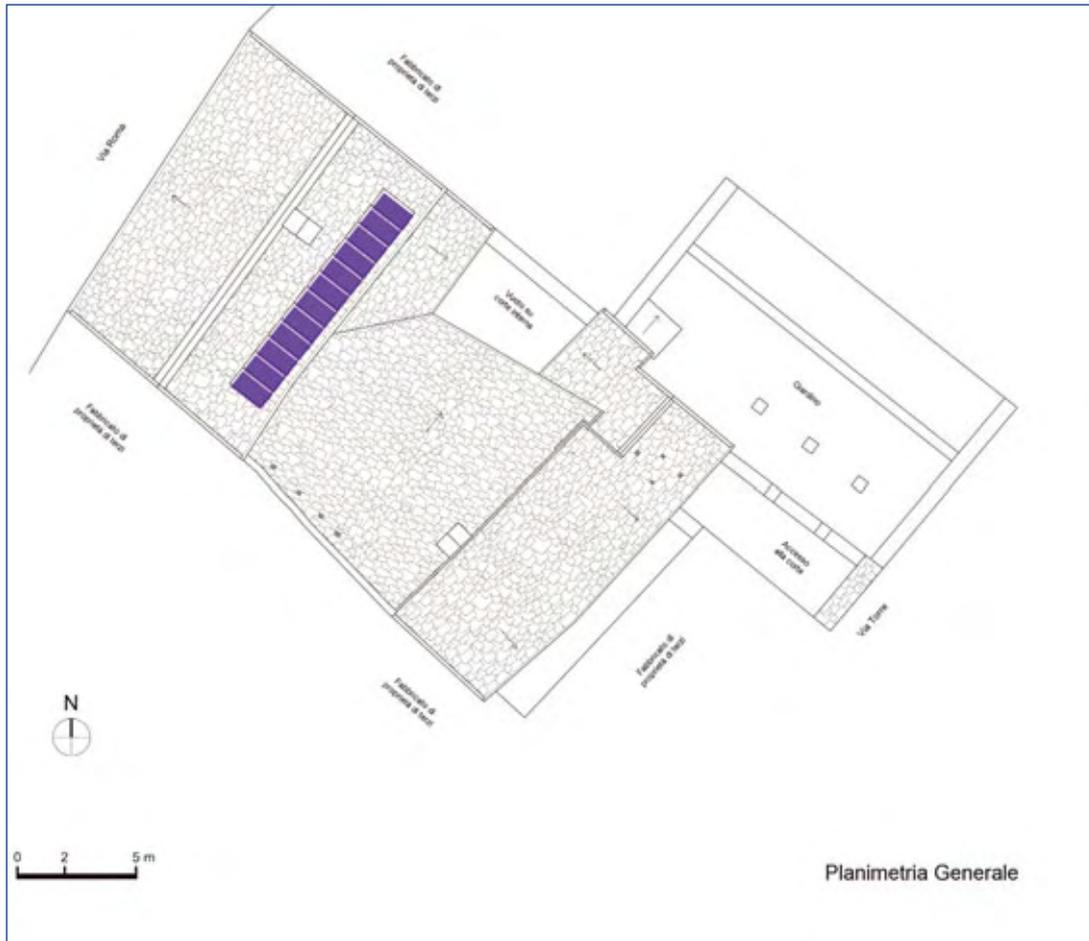
Il progetto di riqualificazione energetica dell'edificio ha dovuto tener conto in prima istanza dei caratteri architettonici ed ambientali dell'edificio al fine di conservarne le caratteristiche morfologiche significative e le peculiarità architettoniche e tipologiche presenti. Allo scopo di trovare contemporaneamente un compromesso tra i vincoli architettonici e un buon livello di prestazioni energetiche è stata ipotizzata una strategia di riqualificazione basata sull'isolamento esterno delle pareti perimetrali attraverso materiali di piccolo spessore e sull'incremento della coibentazione della copertura a falde. In aggiunta a queste misure è stato dimensionato un impianto fotovoltaico, considerando fondamentale lo sfruttamento delle

risorse energetiche rinnovabili, con l'obiettivo di soddisfare, anche se non nella sua totalità, il fabbisogno di energia elettrica dell'edificio e di ridurre le emissioni di anidride carbonica in atmosfera.

L'isolamento delle strutture opache ha coinvolto unicamente le chiusure verticali a contatto con l'ambiente esterno, escludendo, perciò, gli elementi confinanti con ambienti non riscaldati o con altre abitazioni o luoghi comunque riscaldati ed è stato previsto sulla superficie che affaccia verso l'esterno della stessa. Questa soluzione ha consentito di garantire un isolamento continuo della facciata al fine di limitare i ponti termici esistenti e di ovviare a problemi di messa in opera dei materiali isolanti sulle superfici interne dell'edificio, caratterizzate spesso da irregolarità,

dalla presenza di nicchie, volte e da affreschi. La presenza di elementi lapidei, quali sottofinestre e cornici, ha reso obbligatorio l'utilizzo di materassini isolanti flessibili con spessori ridottissimi, composti di aerogel, una sostanza a base di silice e ottenuta dal gel di silice, aventi un conducibilità termica dichiarata pari a  $0,0135 \text{ W/mqK}$ . Le pareti così modificate non manifestano problemi di condensazione interstiziale e superficiale.

Il pacchetto di copertura è stato rivisto abbinando pannelli isolanti di fibra di legno con un materiale isolante, anch'esso in pannelli, quale il polistirene espanso estruso e creando un'intercapedine debolmente ventilata tra il manto di copertura e i pannelli di lana di legno. Tale soluzione tecnica, con uno sfasamento di 12 ore, è stata scelta sia per garantire il



bisogno di energia primaria dell'edificio relativo al riscaldamento degli ambienti, alla produzione di acqua calda sanitaria e alla corrente elettrica assorbita dagli ausiliari, passando da una richiesta di 294 kWh/(mqa) a un valore di 218 kWh/(mqa). Questo ha consentito, inoltre, di diminuire la quantità di emissioni di anidride carbonica in atmosfera, riducendola di 17 kg/(mqa). Lo sfruttamento dell'energia solare attraverso la tecnologia fotovoltaica ha mostrato di poter far risparmiare 16,4 kWh/(mqa) di energia primaria evitando l'emissione di ulteriori 3,5 kg/(mqa) di anidride carbonica. **I**

comfort ambientale nel periodo invernale sia per contenere l'onda termica in fase estiva ed ottenere i seguenti benefici:

- Una temperatura superficiale mediamente contenuta grazie ad una attenuazione adeguata;
- Il raggiungimento dei più elevati valori di temperatura superficiale interna a causa dell'adeguato sfasamento durante le ore serali quando è possibile raffrescare gli ambienti con aria esterna.

I nuovi valori di trasmittanza ricavati per le pareti esterne e la copertura sono riportati di seguito:

- Trasmittanze delle pareti verso l'ambiente esterno:  $0,28 \pm 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza delle coperture a falde:  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Dal punto di vista impiantistico l'unico intervento previsto ha riguardato la progettazione di un impianto fotovoltaico da 3 kW di picco collegato alla rete, con superficie complessiva di 16,63 mq, caratterizzato da moduli di silicio monocristallino con rendimento pari al 18% e da una potenza nominale di 250 W, per una produzione annua complessiva di energia elettrica di 3657 kWh. I pannelli sono stati disposti sulla falda orientata a sud-est del corpo edilizio che affaccia su via Roma.

L'intervento di riqualificazione energetica ipotizzato garantisce nel complesso un abbattimento di circa il 26% del fab-

Il progetto AlHouse è cofinanziato dal Programma di cooperazione dell'Unione Europea Spazio Alpino.

**AlHouse.eu**  
tradizione | competenza | innovazione



ERSAF

è partner di progetto per la Regione Lombardia.



Maggiori informazioni sul sito

[www.alhouse.eu](http://www.alhouse.eu)

e agli indirizzi:

[alessandra.gelmini@ersaf.lombardia.it](mailto:alessandra.gelmini@ersaf.lombardia.it)

[alessandro.meinardi@ersaf.lombardia.it](mailto:alessandro.meinardi@ersaf.lombardia.it)