

Una residenza vicino a Madrid è il risultato costruito di un progetto pilota che ha coniugato in sé i paradigmi di un approccio consapevole e i principi dell'architettura bioclimatica facendo ricorso a componenti edilizi standard

# Dialogo con il sole

Testo di Federica Gasparetto

Foto di Miguel de Guzman



«Il problema della casa non è posto. Le attuali realizzazioni dell'architettura non rispondono ai nostri bisogni. **PONIAMO IL PROBLEMA. Una casa: un riparo contro il caldo, il freddo, la pioggia, i ladri, gli indiscreti. Un ricettacolo di luce e di sole, un certo numero di stanze destinate alla cucina, al lavoro, alla vita intima**»

*Le Corbusier*

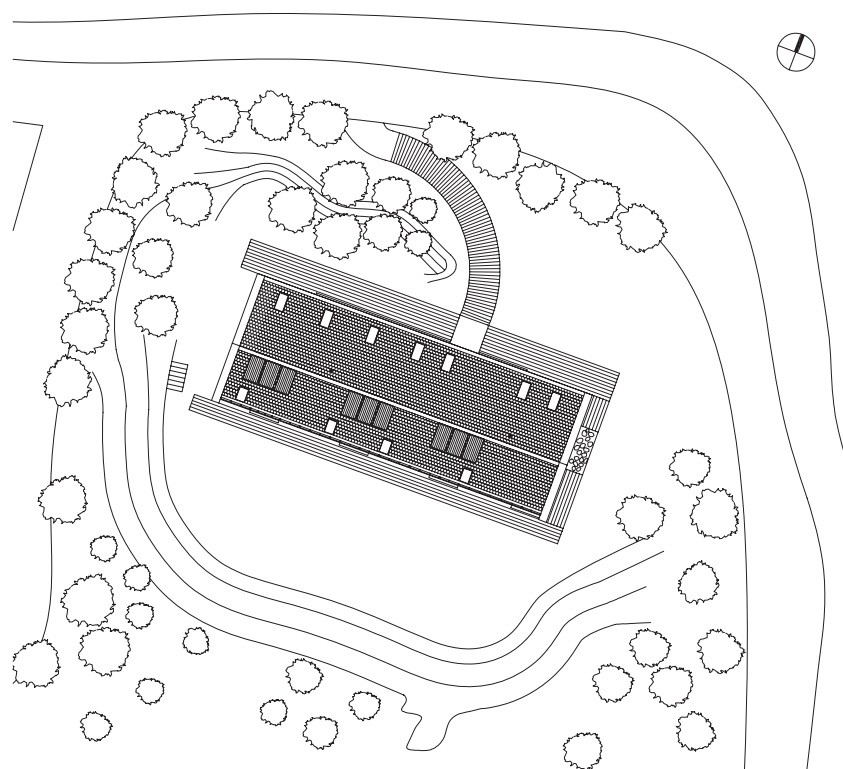
La *vivienda* realizzata dalla società *Fujy Arquitectura por naturaleza* e progettata dall'architetto Luca Lancini, è situata a nord di un parco naturale nei pressi di El Escorial, un paese a circa 40 km da Madrid. Nel 2001 la società ha deciso di promuovere un progetto sperimentale per una casa unifamiliare isolata, basato essenzialmente sui principi dell'architettura bioclimatica e della costruzione sostenibile standardizzata, che servisse da modello per residenze future. In tutto il processo edilizio, infatti, dalla scelta di prodotti certificati alle modalità costruttive all'uso e al possibile riciclo o riutilizzo di materiali e componenti, il progetto pilota ha perseguito scelte legate alla riduzione dell'impatto ambientale e del consumo energetico derivato da fonti non rinnovabili. Il risultato è una residenza in cui gli aspetti architettonico-formali non prescindono da una realizzazione economicamente sostenibile, con il quasi esclusivo utilizzo di elementi tecnologici standard.

Il terreno di circa 1000 m<sup>2</sup> che ospita la costruzione è in pendenza secondo la direzione nord-sud e di conformazione rocciosa e irregolare. Per evitare onerosi sbancamenti e la conseguente costruzione di parte del lato esposto a nord controterra, il solaio del piano terreno poggia su setti di mattoni orientati da nord a sud a interasse di circa 1 m; in direzione est-ovest sono stati previsti alcuni passaggi per permettere la manutenzione delle installazioni a pavimento, cui si accede direttamente dall'esterno. È stato, inoltre, necessario un riempimento di terra lungo il lato sud, che lentamente degrada verso il parco.

L'edificio, di due piani, è a pianta regolare di forma rettangolare e si sviluppa secondo l'asse est-ovest con più del 65% delle facciate esposte verso nord e sud. Ciò permette il massimo del controllo della radiazione solare e lo sfruttamento della ventilazione per convezione naturale.

**LOCALIZZAZIONE:**  
**EL ESCORIAL, MADRID, SPAGNA**  
**PROGETTO:**  
**LUCA LANCINI**  
**IMPRESA DI COSTRUZIONI:**  
**REFAR S.L. MADRID**  
**PROGETTO STRUTTURE:**  
**LUCA LANCINI**  
**IMPIANTO ELETTRICO:**  
**IBENER INGENIERIA, MADRID**  
**INIZIO PROGETTO:**  
**APRILE 2004**  
**FINE LAVORI:**  
**GIUGNO 2005**

**SUPERFICIE NETTA:**  
**300 M<sup>2</sup>**  
**SUPERFICIE LORDA**  
**COMPRESI I TERRAZZI:**  
**340 M<sup>2</sup>**  
**SUPERFICIE TERRENO:**  
**1390 M<sup>2</sup>**  
**COSTO COMPLESSIVO**  
**(ESCLUSO IL TERRENO):**  
**400 MILA EURO**  
**COSTO A M<sup>2</sup>:**  
**1200 EURO**



L'adozione dei principi della progettazione bioclimatica ha comportato la scelta del progettista di trattare ogni singolo fronte in modo differente: la facciata esposta a sud è trasparente per sfruttare al massimo l'apporto gratuito dell'energia solare, ma è protetta da filtri selettivi; la facciata nord è essenzialmente chiusa, ma con selezionate aperture di piccola dimensione per garantire la ventilazione naturale degli ambienti; il prospetto est è articolato con aperture dotate di sistemi di schermatura mobili e vetrocamera selettivi colorati che controllano il livello luminoso negli ambienti; il prospetto ovest è quasi completamente chiuso.

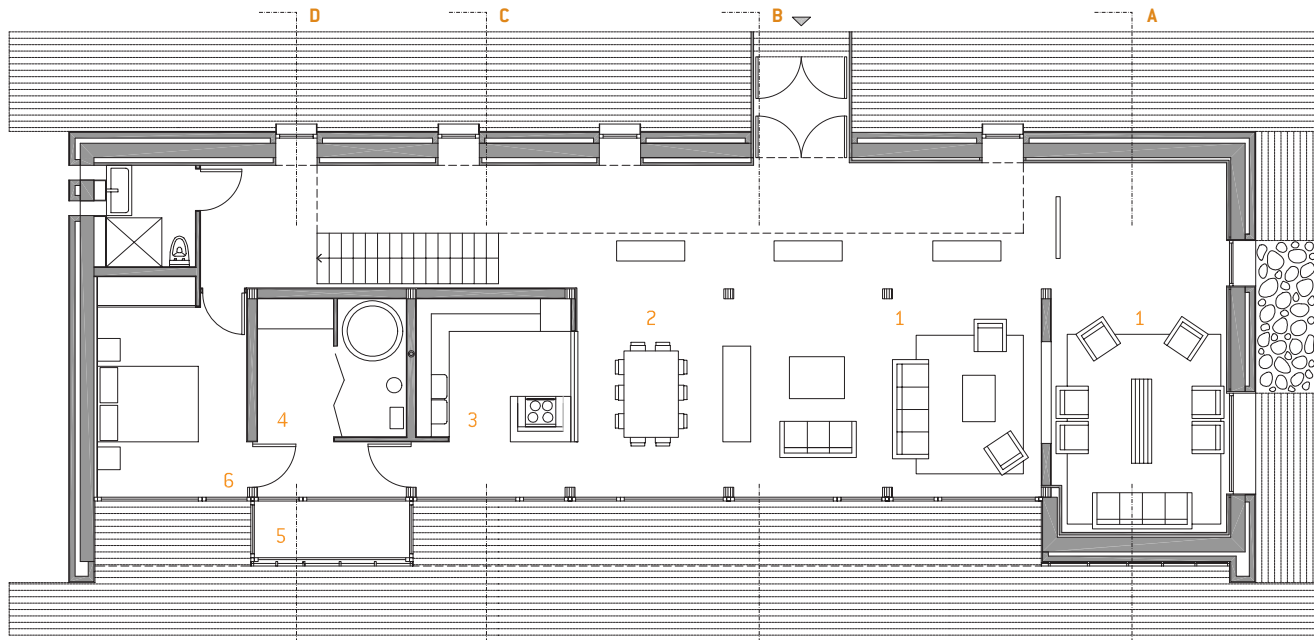
La pianta si sviluppa su due livelli. Al piano terreno, al quale si accede per mezzo di una passerella di doghe di legno che elimina possibili barriere architettoniche generate dall'irregolarità del sito, si trovano la zona giorno, una zona di servizio con la lavanderia e un'asciugatrice solare, e una zona notte

per gli ospiti. Il primo piano ospita, invece, la zona notte con due camere da letto e una *suite* con un'ampia terrazza coperta, pensata come un piccolo appartamento indipendente in un'ottica di riduzione dei consumi energetici in caso di soggiorni di breve durata da parte dei proprietari. Tutte le camere al piano superiore affacciano direttamente a sud e il loro rapporto con l'esterno è mediato da un giardino d'inverno e una piccola loggia privati.

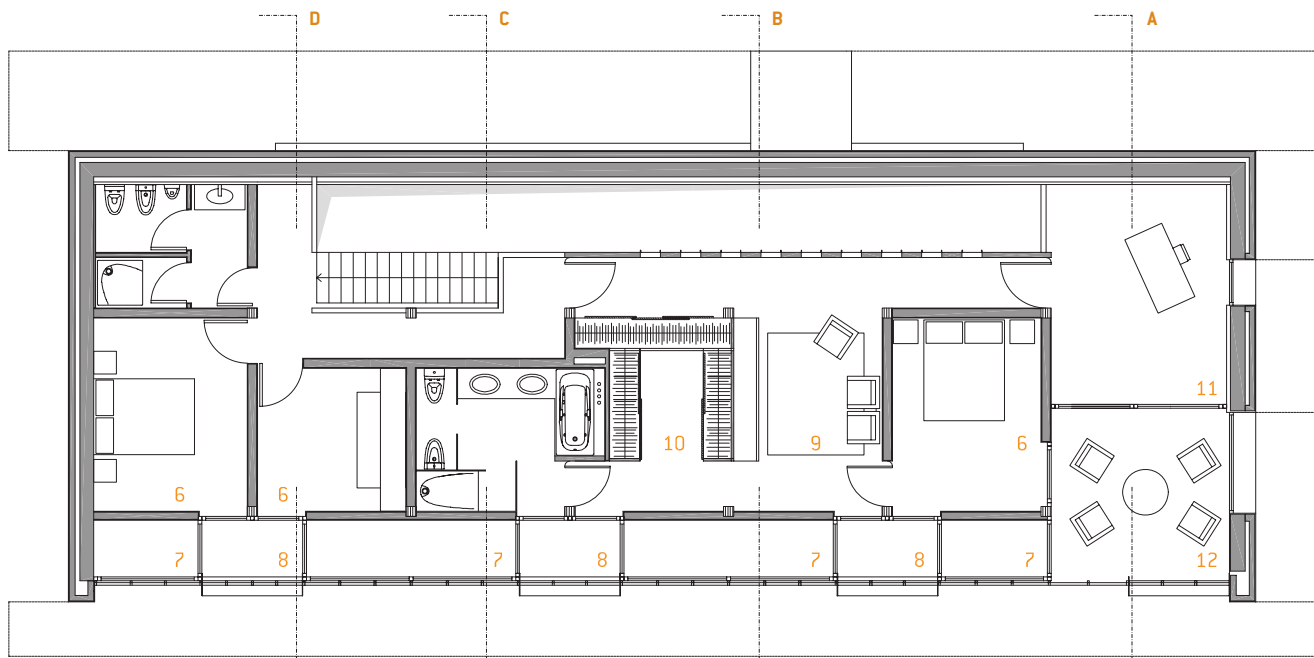
Particolare attenzione è stata posta al rapporto esterno-interno. Una pedana flottante di legno gira intorno all'edificio trasformandosi, lungo il lato sud, in un'estensione dello spazio interno. La facciata sud a piano terra è arretrata di circa un metro rispetto al filo del piano superiore e ciò ha permesso la quasi totale apertura del fronte verso il parco senza pregiudicare il *comfort* interno, in quanto l'ingresso dei raggi solari, durante la stagione estiva, è schermato dallo sbalzo del piano superiore.

**Planimetria generale**  
**Scala 1:500**

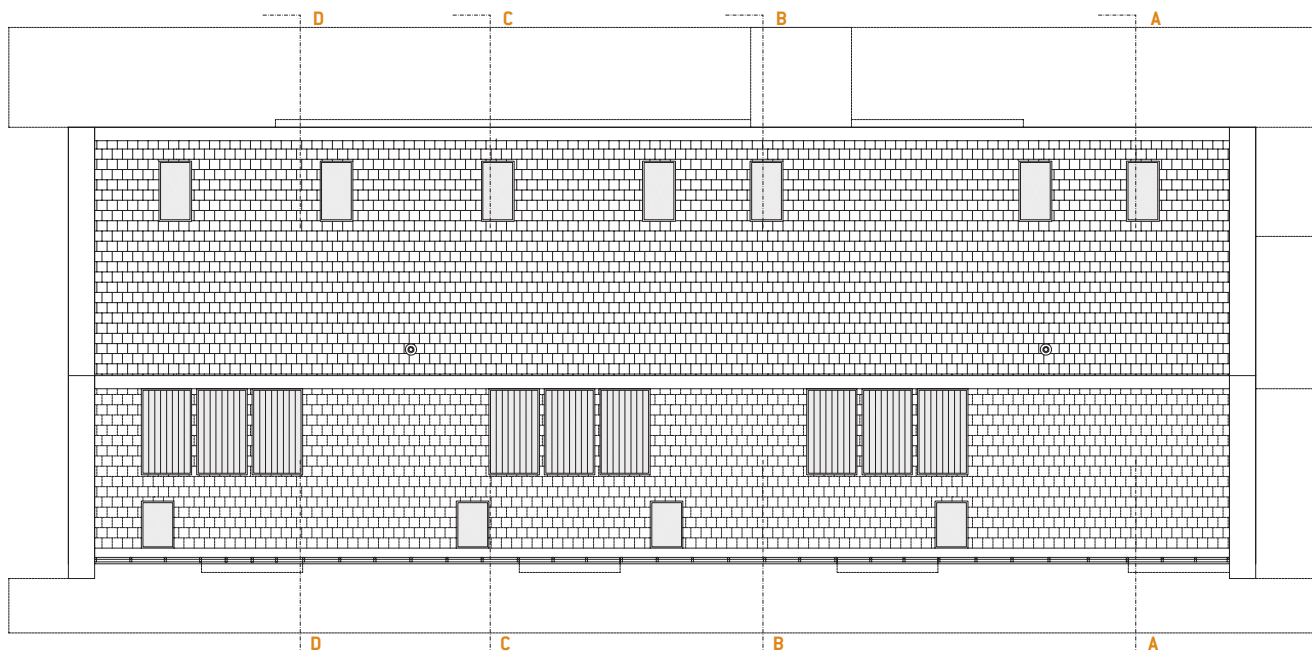
**Vista della zona giorno**  
**al piano terreno**



Pianta piano terra. Scala 1:150



Pianta piano primo. Scala 1:150



Pianta copertura. Scala 1:150



Vista del fronte nord

In linea con le scelte promosse, la struttura portante è di legno certificato PEFC. Il marchio attesta che la forma di gestione del bosco di provenienza risponde a determinati requisiti di “sostenibilità”, cioè non compromette, con l'uso del legno, la sua capacità rigenerativa. Travi e pilastri sono costruiti in lame di legno d'abete dello spessore di 4,2 cm, incollate e fissate longitudinalmente con il sistema di unione a spiga appuntita.

I tamponamenti esterni sono costituiti da mattoni termoacustici argillosi di spessore non costante lungo il perimetro, per garantire a tutto l'edificio un buon isolamento sia termico per inerzia sia acustico: 14 cm in corrispondenza dei giardini d'inverno, 27 cm lungo il fronte cieco a ovest e 29 cm lungo la parete esposta a nord. L'isolamento della copertura, rivestita di lastre di ardesia, materiale naturale tradizionale che si sposa con il paesaggio circostante, è formato da pannelli di fibra di legno proveniente da resti di falegnameria, riciclabili e compostabili.

Oltre all'uso di materiali fortemente isolanti, il progettista è ricorso a infissi ad alte prestazioni per un isolamento selettivo, ha realizzato giardini d'inverno per il guadagno solare e ha previsto la posa in opera di pannelli solari termici integrati in copertura per la produzione di acqua calda sanitaria.

L'isolamento selettivo è garantito dai serramenti di alluminio a taglio termico integrati a un sistema di persiane avvolgibili, costituite da lastre liberamente orien-

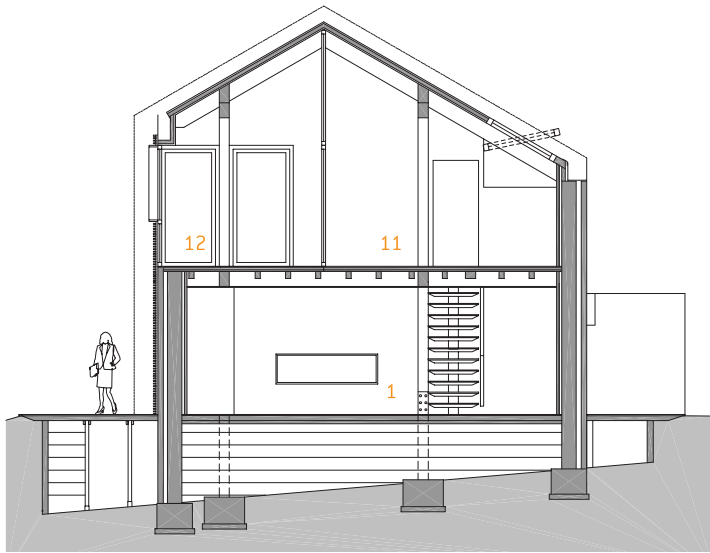
tabili di alluminio estruso, con una doppia parete che costituisce una piccola camera d'aria. Il tipo di vetrocamera è stato scelto in funzione dell'orientamento per garantire adeguati livelli di isolamento non rinunciando al massimo sfruttamento dell'illuminazione naturale, i valori della trasmittanza termica  $U$  variano infatti da 2,6 a 5,7  $W/m^2K$ .

Lungo la parete esposta a sud è stato, poi, realizzato un sistema di schermatura a lame di alluminio orizzontali che, montate a interassi differenti in rapporto alle prestazioni da ottenere nello spazio interno adiacente, caratterizza l'intero prospetto. Davanti alla porzione di muratura cieca del piano terreno, le lame sono fitte e utilizzate come elemento di finitura; poste a protezione delle vetrate dei giardini d'inverno, hanno interasse maggiore per permettere l'entrata della radiazione solare; quando assolvono la funzione di parapetto delle logge al primo piano hanno, infine, un interasse intermedio fra i due.

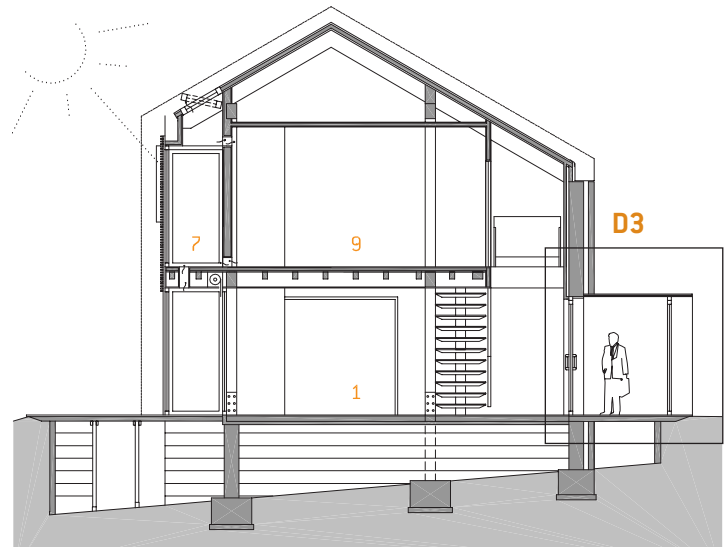
Di supporto al sistema di controllo luminoso passivo, l'architetto ha realizzato un sistema di illuminazione artificiale efficiente: in aggiunta a corpi illuminanti fluorescenti a basso consumo, sono stati installati sensori rivelatori di presenza nelle zone di passaggio e nei vani di servizio e sistemi elettronici che modulano l'illuminazione secondo le ore di uso previste per il singolo ambiente.

I giardini d'inverno, costruiti al primo piano lungo il fronte esposto a sud, rappresentano il mezzo principale

1. soggiorno
2. pranzo
3. cucina
4. lavanderia
5. asciugatrice solare
6. camera da letto
7. giardino d'inverno
8. loggia
9. salottino
10. guardaroba
11. studio
12. terrazzo coperto



Sezione trasversale AA. Scala 1:150



Sezione trasversale BB. Scala 1:150

Vista del fronte est  
 Nell'altra pagina, vista del fronte sud

di utilizzo passivo dell'energia solare con il preriscaldamento degli ambienti limitrofi per convezione naturale. Sfruttando l'inerzia termica del mattone termoacustico della parete interna, i giardini contribuiscono al fabbisogno termico complessivo della casa per circa il 20%. Previsti per ogni camera da letto, oltre che come sistema di accumulo di calore, essi funzionano come spazio tampone, attenuando le dispersioni termiche dell'involucro, e come spazio di mediazione tra il microclima interno e l'ambiente esterno. Ad aumentarne l'efficacia energetica subentra un sistema di ventilazione meccanica controllata che regola l'apertura e la chiusura di 4 prese d'aria, 2 per il riscaldamento invernale e 2 per il raffrescamento estivo. Così concepite, le serre sono sfruttabili come prolungamento della camera nella maggior parte dell'anno.

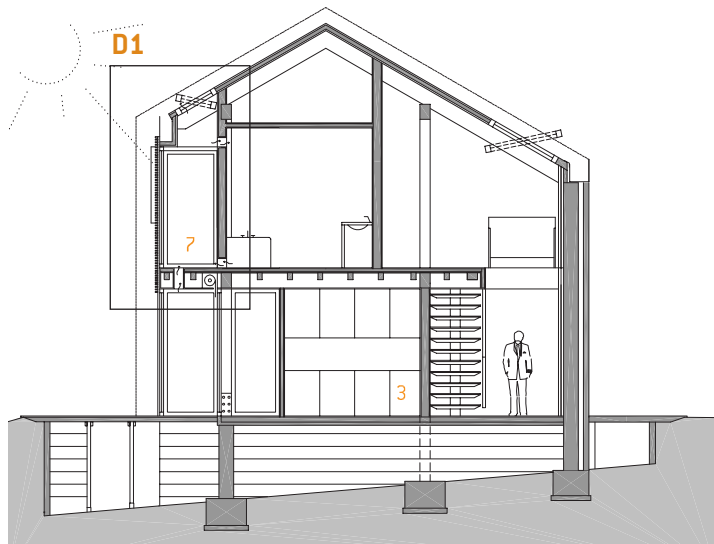
Con lo stesso principio funziona l'asciugatrice solare al piano terreno, collocata esternamente alla lavanderia. Il vetrocamera isolante adottato ha, però, la caratteristica di essere opaco per evitare che il sole rovini i tessuti e il sistema di ventilazione meccanica controlla il livello di umidità dell'ambiente.

A integrazione dei sistemi passivi di sfruttamento dell'energia solare è presente un sistema attivo di climatizzazione a pavimento radiante, sia per il riscaldamento sia per il raffrescamento, che entra in funzione quando i sistemi di rilevazione delle condizioni interne di comfort lo ritengono necessario. Il sistema è controllato da una caldaia elettronica a condensazione ad alto rendimento alimentata a gas propano.

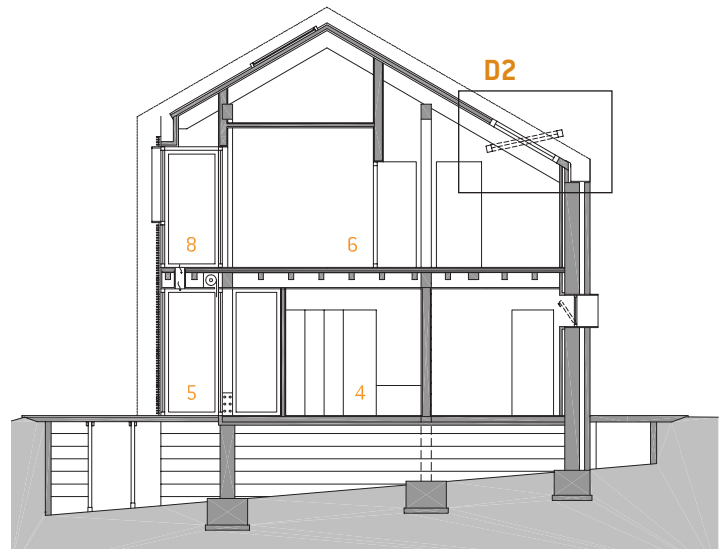
La produzione di acqua calda sanitaria è affidata a 9 pannelli solari termici integrati in copertura e orientati a sud, con un rendimento energetico medio annuale previsto dello 0,69%.

Inoltre, sono stati previsti un sistema di raccolta delle acque meteoriche che, accumulate in cisterne collocate al di sotto del piano terreno, vengono trattate con filtri meccanici e, quindi, utilizzate per usi non potabili, e un sistema di depurazione delle acque reflue a scopo irriguo.





Sezione trasversale CC. Scala 1:150



Sezione trasversale DD. Scala 1:150

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| 1. soggiorno           | 7. giardino d'inverno |
| 2. pranzo              | 8. loggia             |
| 3. cucina              | 9. salottino          |
| 4. lavanderia          | 10. guardaroba        |
| 5. asciugatrice solare | 11. studio            |
| 6. camera da letto     | 12. terrazzo coperto  |



### Serre ventilate per il *comfort estivo*

Al primo piano, lungo la facciata esposta a sud, sono state costruite quattro serre di dimensioni differenti in rapporto alla metratura dello spazio interno di riferimento, intervallate da tre logge, uno spazio coperto, ma aperto alla vista del paesaggio circostante.

Si tratta di serre a guadagno isolato, dove il trasferimento di aria calda agli ambienti adiacenti avviene attraverso scambi convettivi mediante l'apertura di apposite prese d'aria collocate nella parete interna. Quest'ultima è composta di uno strato di mattoni termoacustici argillosi dello spessore di 14 cm, una controparete interna di cartongesso con aggiunta di fibra di cellulosa proveniente da carta riciclata, una camera d'aria e uno strato di finitura interno di pannelli di legno rivestiti, e svolge la funzione di massa di accu-

mulo termico sufficiente ad assorbire la radiazione solare e a smorzare le fluttuazioni di temperatura interne.

Le superfici trasparenti sono costituite da infissi di alluminio a taglio termico e da vetrocamera stratificati di sicurezza caratterizzati da prestazioni di isolamento evolute. Il doppio strato è costituito da una lastra di vetro esterna ad alto potere isolante (vetro basso emissivo) e una interna laminata di sicurezza con interposto uno strato di PVB dello spessore di 0,38 mm. La combinazione così ottenuta permette di ridurre fino al 70% le dispersioni termiche invernali e fino al 40% gli apporti calorifici estivi. Infine, le vetrate sono protette da un sistema di schermatura orizzontale fisso formato da lame di alluminio estruso di 50x13 mm. Le lame sono agganciate per mezzo di montanti verticali di alluminio 40x40 mm posti ogni 1200 mm, hanno un interasse di



Vista del fronte sud

30 mm e sono orientate in modo da non ostacolare l'ingresso della radiazione solare nei periodi invernali e da evitare il surriscaldamento e fenomeni di abbagliamento nelle stagioni estive.

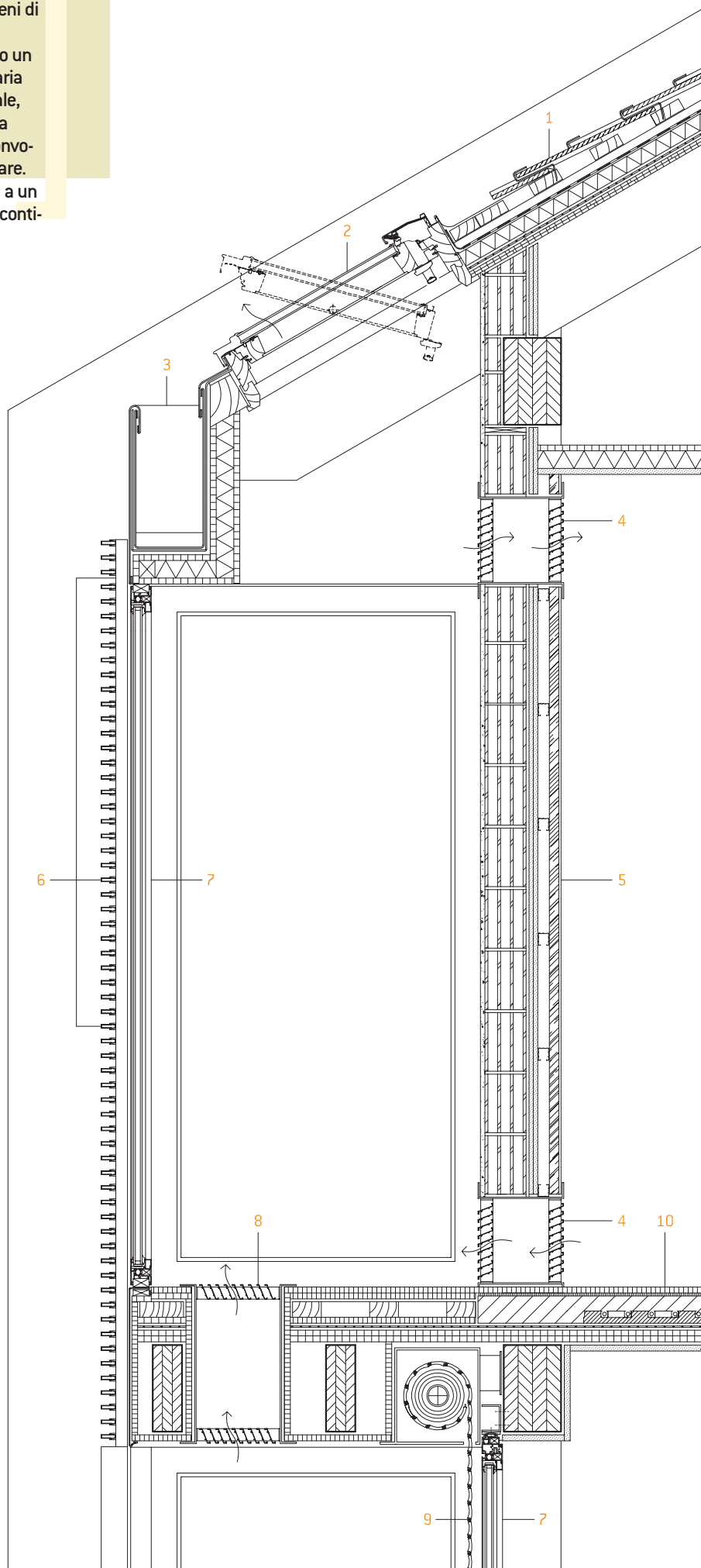
Per aumentare l'efficacia dei giardini d'inverno, l'architetto ha realizzato un sistema di ventilazione meccanica che regola l'apertura delle prese d'aria delle serre in relazione alla temperatura interna. Nella stagione invernale, mediante griglie metalliche ad apertura regolabile poste alla base e alla sommità della parete di accumulo, l'aria, preriscaldata nella serra, è convogliata nelle camere da letto attivando un sistema di ventilazione circolare. Nella stagione estiva, invece, grazie a una grata apribile a pavimento e a un piccolo lucernario in copertura, si crea una corrente d'aria ascendente continua che concorre a evitare il surriscaldamento degli ambienti interni.

Sezione verticale del giardino d'inverno. Scala 1:20

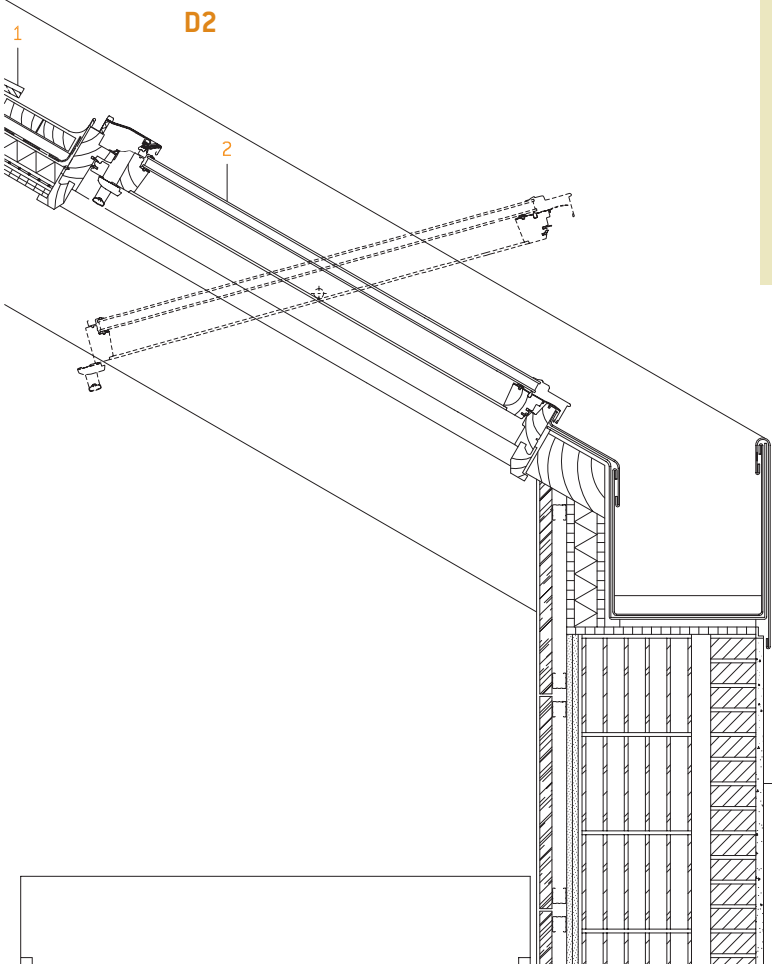
- |  |  |
|--|--|
| <b>1. stratificazione copertura:</b>   | sp. 30 mm  |
| - tegole di ardesia  | - intonaco, sp. 10 mm  |
| - listelli di legno d'abete 40x110 mm  | <b>6. sistema di schermatura solare:</b>   |
| - camera d'aria, sp. 30 mm   | - lame di alluminio estruso  |
| - guaina impermeabilizzante  | 50x13 mm   |
| - isolante termico di fibra di legno, sp. 50 mm                                  | - montanti verticali di alluminio  |
| - barriera al vapore   | 40x40 mm   |
| - doppio assito di legno di abete, sp. 10+10 mm                                  | <b>7. serramento:</b>  |
| <b>2. lucernario apribile a bilico:</b>  | - infisso di alluminio a taglio termico  |
| - telaio di legno di pino con triplo strato di vernice acrilica                  | - vetrocamera stratificato basso emissivo di sicurezza                           |
| - vetrocamera basso emissivo   | <b>8. grata di alluminio estruso a pavimento ad apertura regolabile</b>          |
| <b>3. canale di gronda</b>   | <b>9. persiana avvolgibile a lastre orientabili di alluminio estruso</b>         |
| <b>4. griglie di alluminio estruso a lame orizzontali ad apertura regolabile</b> | <b>10. stratificazione solaio piano primo:</b>                                   |
| <b>5. stratificazione parete d'accumulo (dall'esterno):</b>                      | - parquet di legno di pino incollato, sp. 20 mm                                  |
| - intonaco, sp. 15 mm  | - massetto di livellamento di calcestruzzo, sp. 50 mm                            |
| - forato termoacustico argilloso, sp. 140 mm                                     | - pannello preformato di polistirolo compresso porta tubi per pavimento radiante |
| - doppia lastra di cartongesso con aggiunta di fibra di cellulosa, sp. 15+15 mm  | - foglio isolante di polietilene   |
| - camera d'aria, sp. 40 mm   | - doppio assito di legno di abete, sp. 20+20 mm                                  |
| - pannello di legno rivestito agganciato con guide di alluminio,                 | - lastra di cartongesso con aggiunta di fibra di cellulosa, sp. 20 mm            |



Sistema di schermatura solare a lame di alluminio



D2



## Ingresso d'acciaio e pareti termoacustiche

La parete esposta a nord, progettata per evitare perdite di calore, si presenta essenzialmente omogenea, con aperture limitate nel numero e di dimensioni ridotte. La struttura muraria è formata da mattoni termoacustici argillosi dello spessore di 29 cm, che garantiscono sia un buon isolamento termico, con un valore di trasmittanza pari a  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ , sia un buon rendimento acustico. La stratificazione è completata da una camera d'aria dello spessore di 4 cm e da uno strato esterno di mattoni pieni a composizione silicio-calcareo intonacati dello spessore di 12 cm.

La finitura interna è di impiallacciato di legno trattato, ancorato a pannelli di cartongesso con aggiunta di fibra di cellulosa proveniente da carta riciclata mediante guide di alluminio. L'apertura di piccole finestre con infisso di

Sezione verticale della parete nord.  
Scala 1:20

### 1. stratificazione copertura:

- tegole di ardesia
- listelli di legno d'abete 40x110 mm
- camera d'aria, sp. 30 mm
- guaina impermeabilizzante
- isolante termico di fibra di legno, sp. 50 mm
- barriera al vapore
- doppio assito di legno di abete, sp. 10+10 mm

### 2. lucernario apribile a bilico:

- telaio di legno di pino con triplo strato di vernice acrilica
- vetrocamera basso emissivo

### 3. stratificazione parete perimetrale (dall'esterno):

- intonaco, sp. 15 mm
- mattone pieno a composizione silicio-calcareo, sp. 120 mm
- camera d'aria, sp. 50 mm
- forato termoacustico argilloso, sp. 290 mm
- doppia lastra di cartongesso con aggiunta di fibra di cellulosa, sp. 15+15 mm
- camera d'aria, sp. 40 mm
- pannello di legno rivestito agganciato con guide di alluminio, sp. 30 mm
- intonaco, sp. 10 mm

### 4. volume d'ingresso composto da doppia lamiera di acciaio corten, sp. 10 mm, con interposto pannello isolante di sughero, sp. 40 mm

### 5. doppia porta ingresso:

- infisso di alluminio a taglio termico
- vetrocamera blindato di sicurezza 6-12-6

### 6. lame ondulate di acciaio corten, sp. 3,5 mm, agganciate alla parte fissa del serramento

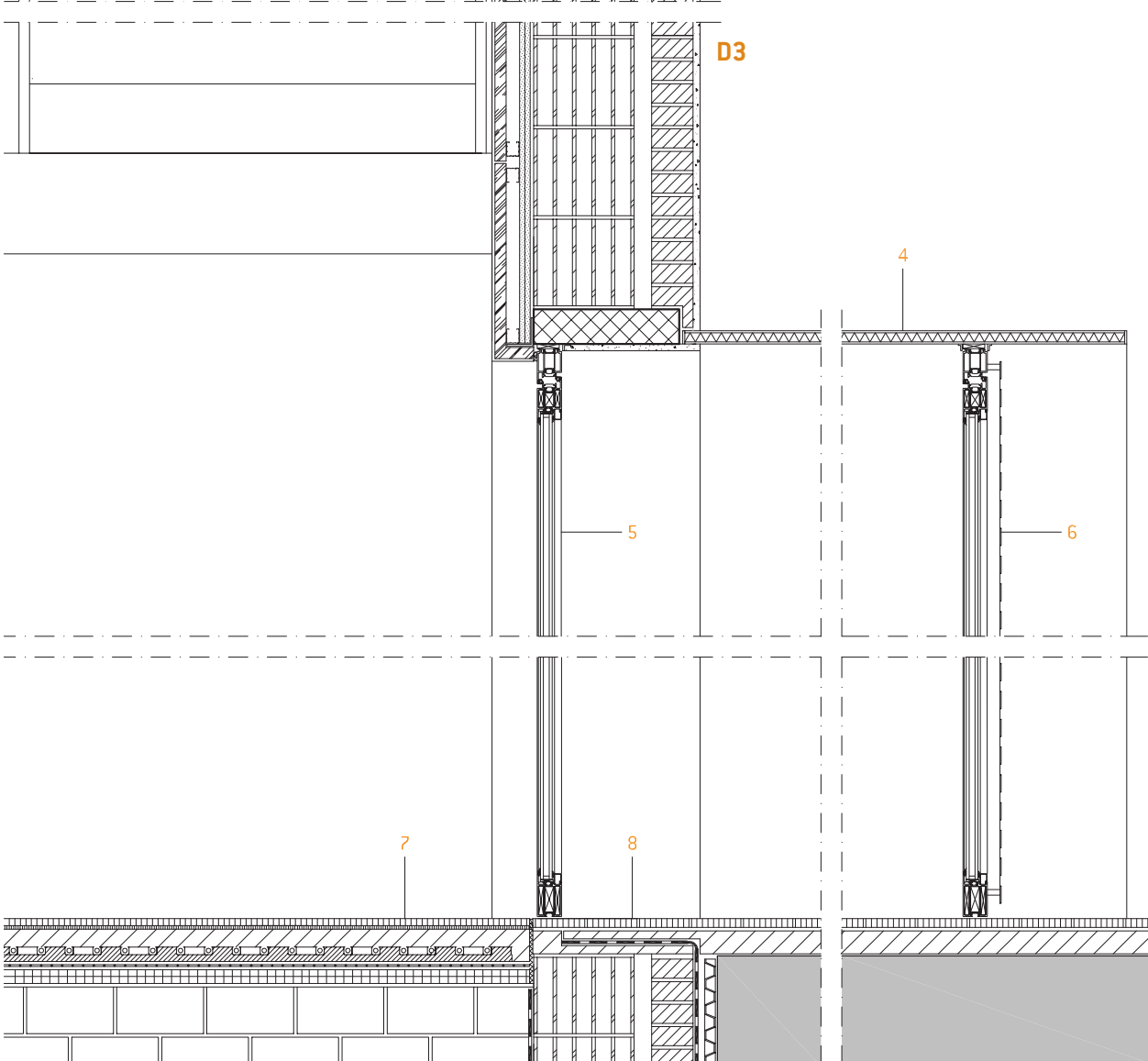
### 7. stratificazione solaio piano terra:

- parquet di legno di pino incollato, sp. 20 mm
- massetto di livellamento di calcestruzzo, sp. 50 mm
- pannello preformato di polistirolo compresso porta tubi per pavimento radiante
- foglio isolante di polietilene
- doppio assito di legno di abete, sp. 20+20 mm
- vespaio aerato

- doppio assito di legno di abete, sp. 20+20 mm
- vespaio aerato

### 8. passerella di doghe di legno su strato di livellamento di calcestruzzo

D3



alluminio lungo il prospetto, all'altezza del piano terra, e di alcuni lucernari con infisso di legno in copertura, entrambi con vetrocamera isolante, permettono la ventilazione per convezione naturale. La pianta dell'edificio è, infatti, strutturata in modo che il piano superiore affacci al piano terreno lungo il lato nord. Così la doppia altezza creata permette alle finestre di affacciare direttamente sull'intero spazio giorno a piano terra e, tramite apposite aperture, indirettamente sulla zona notte al piano superiore, garantendo una ventilazione naturale efficace.

L'unico elemento che segna la facciata a nord è l'ingresso principale, che appare come un parallelepipedo monolitico d'acciaio corten penetrante nell'edificio. Interamente realizzata a mano su disegno dell'architetto Luca Lancini, questa sorta di scatola è composta di una doppia pelle di acciaio

corten con interposto un pannello isolante di sughero dello spessore di 4 cm, per evitare un eccessivo surriscaldamento della struttura nonostante l'orientamento favorevole. Il materiale, ossidandosi sotto l'effetto degli agenti atmosferici, cambia aspetto col passare del tempo a indicare l'età della costruzione. L'ingresso è costituito da una doppia porta con infisso di alluminio a taglio termico e vetrocamera blindato di sicurezza. Alla porta verso l'esterno sono state giustapposte a distanza ravvicinata lame di acciaio corten leggermente ondulate, che ostacolano la vista dell'interno salvaguardando la *privacy* e lasciando al tempo stesso filtrare la luce.

La doppia entrata ha lo scopo di ridurre al minimo la dispersione del calore durante le stagioni più fredde e crea anche un piccolo spazio protetto intermedio fra l'esterno e l'interno dell'abitazione.



Vista del volume d'ingresso lungo il fronte nord

## Involucro a prova di risparmio energetico

Per ottenere l'ottimizzazione degli impianti utilizzati, la società Fujy si è servita di programmi informatici di simulazione come strumento di verifica delle scelte progettuali adottate.

L'orientamento dell'edificio secondo i principi dell'architettura bioclimatica ha indotto studi sulla tecnologia dell'involucro quali il calcolo dei possibili ombreggiamenti di ogni facciata, la percentuale di superficie opaca rispetto a quella trasparente, la stratificazione delle murature di tamponamento esterne e le prestazioni delle superfici vetrate in funzione del loro scambio termico con l'esterno. Questi studi hanno permesso di valutare sia l'organizzazione degli spazi interni della casa sia l'estensione e il

posizionamento dei sistemi a guadagno solare passivo e attivo previsti per verificarne l'effettivo rendimento energetico medio.

Il sistema di climatizzazione attivo dell'edificio è costituito da collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria e, a integrazione del sistema di riscaldamento, da pavimenti radianti e da una caldaia a condensazione ad alto rendimento.

Il sistema solare termico è composto di 9 collettori piani integrati in copertura, orientati a sud con un'inclinazione di 30 gradi. Questi hanno una superficie di assorbimento complessiva di 12,24 m<sup>2</sup> e prevedono un rendimento energetico medio annuale dello 0,69%.

La caldaia a condensazione alimentata a gas propano ha una potenza di

### Sistemi di sfruttamento dell'energia solare lungo i prospetti sud e nord

1. collettori solari termici (vedi tabella in basso)

2. lucernari per la ventilazione estiva dei giardini d'inverno

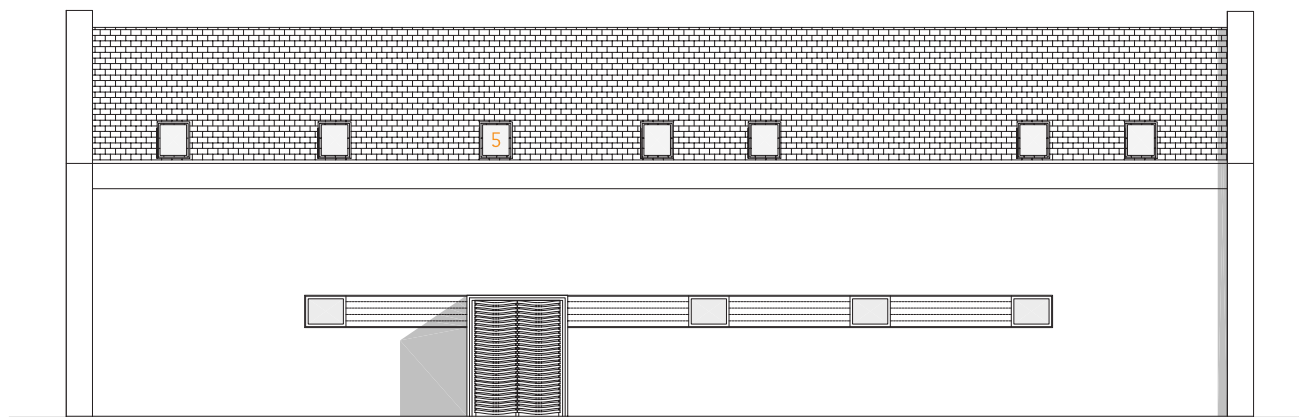
3. giardino d'inverno protetto da un sistema di schermatura solare di lame di alluminio orizzontali; contributo al fabbisogno termico complessivo: ca 20%

4. asciugatrice solare

5. lucernari per la ventilazione naturale dell'unità abitativa



Prospetto sud. Scala 1:150



Prospetto sud. Scala 1:150

#### DATI CLIMATICI

Latitudine: 40,04°  
Longitudine: -3,09°  
Altezza su livello del mare: 600 m  
Temperatura media annuale: 17°C  
Oscillazione (ΔT): +/- 10°C  
Radiazione media annuale: 80 W/m<sup>2</sup>  
Orientamento unità abitativa: nord-sud

Risparmio energetico complessivo: 39%  
Consumo annuo previsto: 7 kWh/m<sup>2</sup>/anno

#### COLLETTORI SOLARI TERMICI PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA A USO SANITARIO

Istallazione: integrazione in copertura a falde  
Orientamento: sud, inclinazione 30 gradi  
Dimensioni collettore: 114x140 cm  
Numero collettori: 9  
Superficie di assorbimento: 1,36 m<sup>2</sup> x 9 = 12,24 m<sup>2</sup>  
Capacità termica: 27,9 KJ/m<sup>2</sup>k  
Capacità serbatoio di accumulo: 200 l

#### CALDAIA A CONDENSAZIONE

Dimensioni: 850x440x360 cm  
Peso: 46 kg  
Potenza utile con temperature fra 30 e 40 °C: 8,6-21,8 kW  
Pressione massima di circuito: 3 bar  
Portata (Δt = 25 °C): 14,4 l/min

22 kW e una bassa emissione di contaminanti, circa il 9% di CO<sub>2</sub> e inferiore a 70 gm/kWh di NOx. Quando i sensori termici ne rilevano la necessità, questa entra in funzione attivando il pavimento radiante, che ha funzione scaldante invernale attraverso l'immissione di acqua a bassa temperatura, circa 30 °C, in parte fornita anche dai collettori, e raffrescante estiva grazie all'uso di un refrigeratore integrato.

Nel sistema di riscaldamento a pavimento radiante lo scambio termico tra il vettore e l'ambiente si realizza in gran parte per irraggiamento, per cui, non utilizzando l'aria quale vettore di trasporto, si eliminano correnti d'aria e sollevamento di polveri. La temperatura che viene a determinarsi nei locali così climatizzati ha valori pressoché

costanti in altezza, garantendo una distribuzione uniforme del calore negli ambienti. Inoltre, l'eliminazione dei radiatori permette una maggiore sfruttabilità dello spazio. Il risparmio complessivo del sistema rispetto a un impianto tradizionale a termosifoni è stato valutato intorno al 20%.

Considerando il consumo energetico complessivo in rapporto ai dati climatici della zona, che si trova a 43 km a nord-ovest da Madrid, nella Sierra de Guadarrama, a 600 m sul livello del mare, con una temperatura media annuale di quasi 17 °C, l'unità abitativa può raggiungere un risparmio energetico pari al 39%, con un consumo annuo previsto di 7 kWh/m<sup>2</sup>anno.



Vista della doppia altezza interna lungo la parete nord che garantisce un'efficace ventilazione naturale