# azero

EdicomEdizioni

# LATERIZIO E BASSO CONSUMO

## IMPIANTI: illuminazione artificiale negli edifici a energia quasi zero

Controlli non distruttivi e diagnostica

Riqualificazione e ampliamento nZEB

Edifici Carbon Zero nel Regno Unito

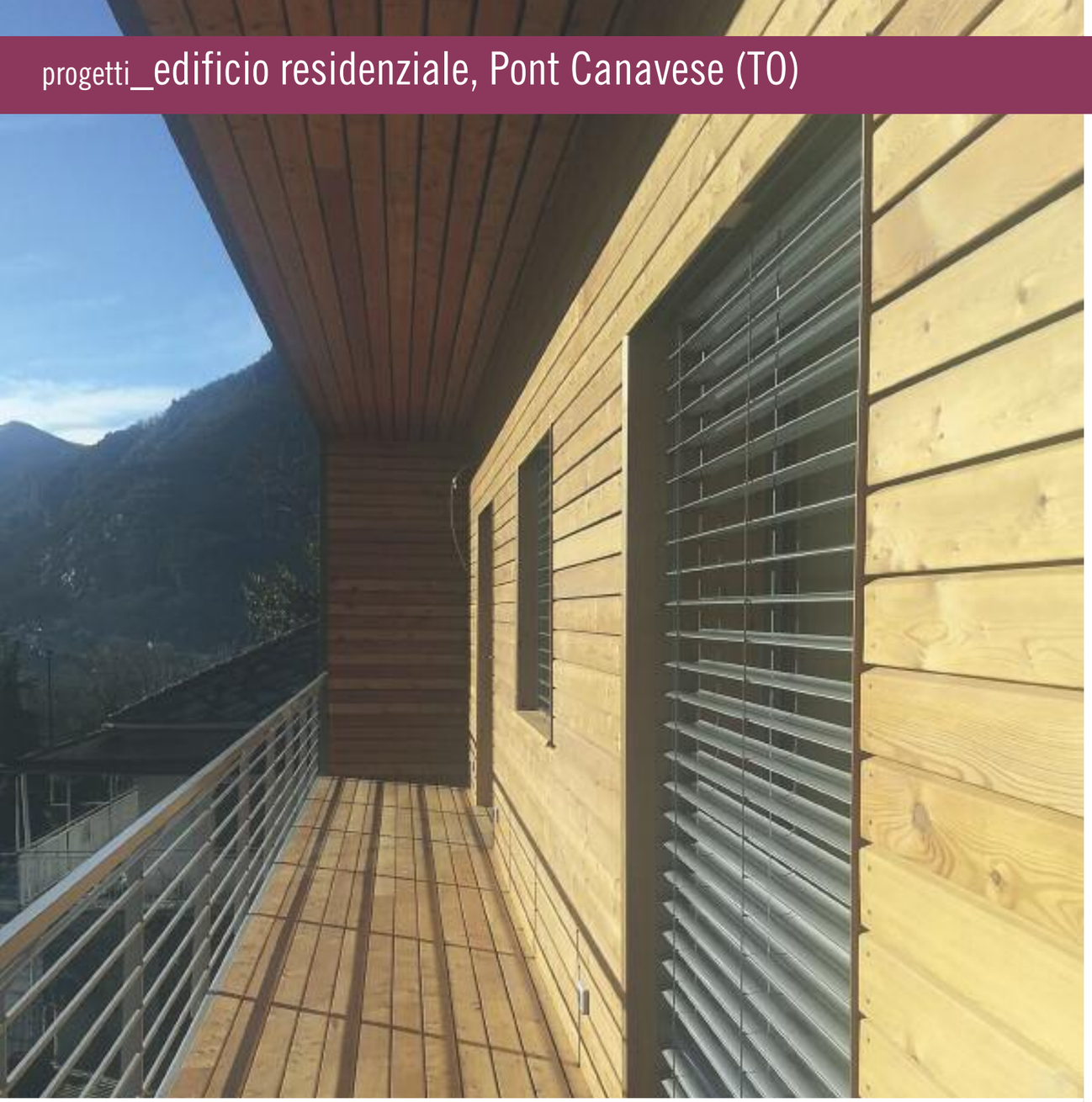
Zeropositivo: una casa per il futuro

Una villa in X-lam CasaClima Gold

ISSN 2239-9445

Trimestrale - anno 5 - n° 14 gennaio 2015
Registrazione Trib. Gorizia n. 03/2011 del 29.7.2011
Poste italiane S.p.A.
Spedizione in a.p. D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46)
art. 1, comma 1 NE/UD
Euro 15,00

14



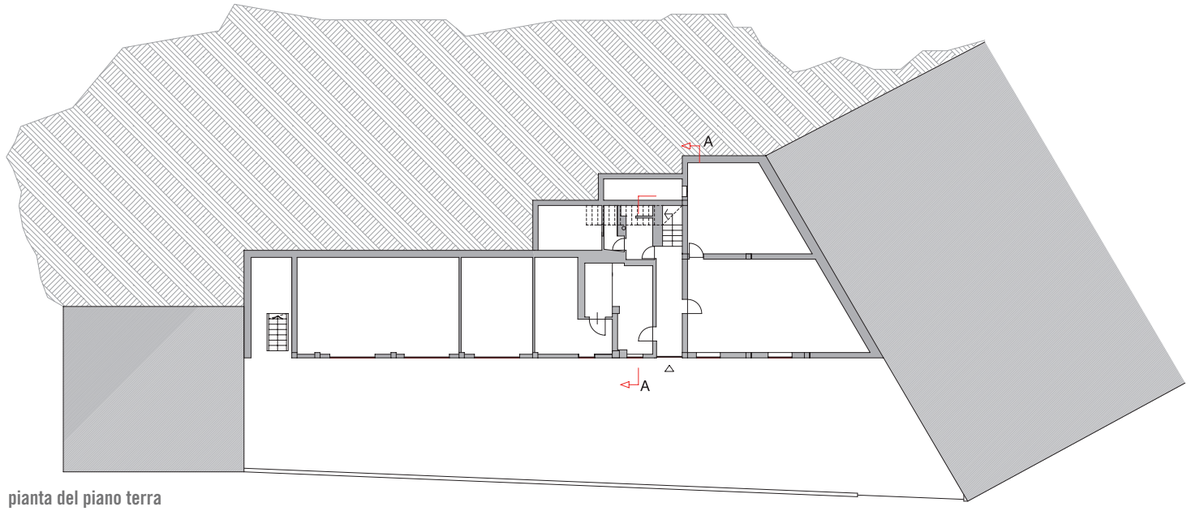
| | |
|---|---|
| PROGETTO ARCHITETTONICO | Studio Negro Frer |
| REALIZZAZIONE | 2013-2014 |
| CLASSIFICAZIONE ENERGETICA E AMBIENTALE | Classe A+ Regione Piemonte<br>4,95 kWh/m² anno |

FOTOGRAFIE: CHRISTIAN NEGRO FRER

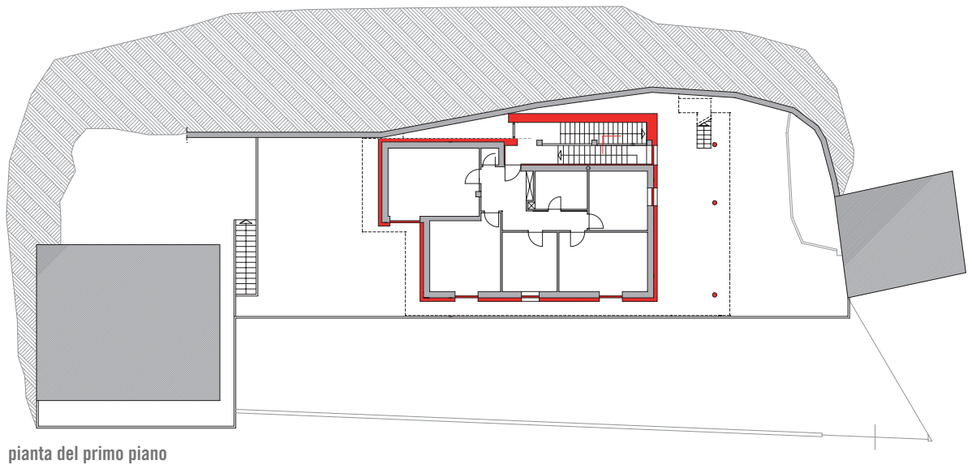
*Accogliendo la sfida della valorizzazione del patrimonio edilizio esistente, progettisti e committenza hanno dato vita a un vero e proprio edificio a energia quasi zero, pensato e realizzato secondo standard passivi. Finanziato dal Bando Regione Piemonte per gli edifici nZEB il fabbricato rispetta i requisiti per gli edifici a energia quasi zero previsti dall'Unione Europea.*

# RIQUALIFICAZIONE E AMPLIAMENTO IN STANDARD nZEB

Questa residenza è il frutto di un radicale intervento di ristrutturazione edilizia e di riqualificazione energetica operato su un fabbricato a uso abitativo degli anni '80 situato alle porte del parco nazionale del Gran Paradiso.
La sfida dimostra che è possibile, attraverso interventi mirati, trasformare un edificio tradizionale, per architettura, tipologia e consumi, in un edificio moderno e ad alta efficienza.
Nel nuovo fabbricato, costituito dal volume esistente a due piani e dall'ampliamento in sopraelevazione, i progettisti hanno cercato di fondere e armonizzare il nuovo e il vecchio sia a livello planimetrico che volumetrico, attraverso le forme semplici del corpo originario che vengono riprese e rielaborate all'ultimo livello declinandone il volume con ampie vetrate a sud.
I lavori di riqualificazione dell'esistente hanno previsto la coibentazione senza discontinuità dell'involucro opaco, delimitando perfettamente il volume riscaldato; tale soluzione è stata adottata anche nel piano in ampliamento, realizzato con struttura portante in c.a. e tamponamento in blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato e isolamento in lana di roccia. Particolare attenzione è stata posta alla risoluzione dei ponti termici, specialmente nella porzione del fabbricato esistente, e alla tenuta all'aria dell'involucro, progettata con cura e verificata in opera con il blower door test; aggetti e sistemi oscuranti hanno permesso, inoltre, di ottimizzare il comportamento dell'edificio nei confronti della radiazione solare.
Al fine di migliorare i consumi, la ricca dotazione impiantistica è gestita e monitorata da un sistema domotico. La produzione di calore avviene mediante un generatore a pellet, mentre la distribuzione avviene mediante radiatori nel vecchio edificio e pannelli radianti nell'ampliamento; collettori solari termici producono acqua calda sanitaria, un impianto fotovoltaico fornisce l'energia elettrica e la ventilazione meccanica consente di ridurre le perdite di calore dovute al ricambio d'aria assicurando allo stesso tempo un elevato comfort interno.

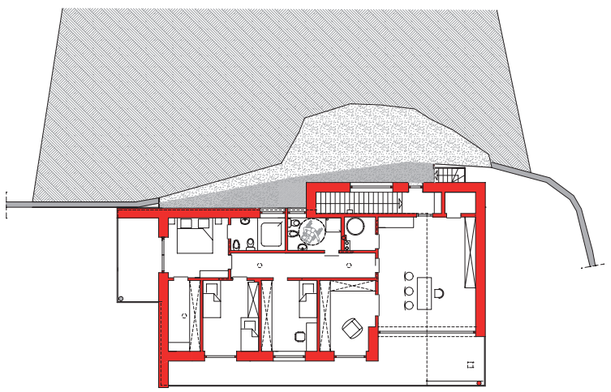



pianta del piano terra

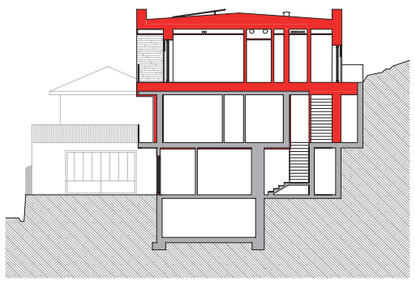


In rosso, le parti nuove.

pianta del primo piano



pianta del secondo piano



sezione AA

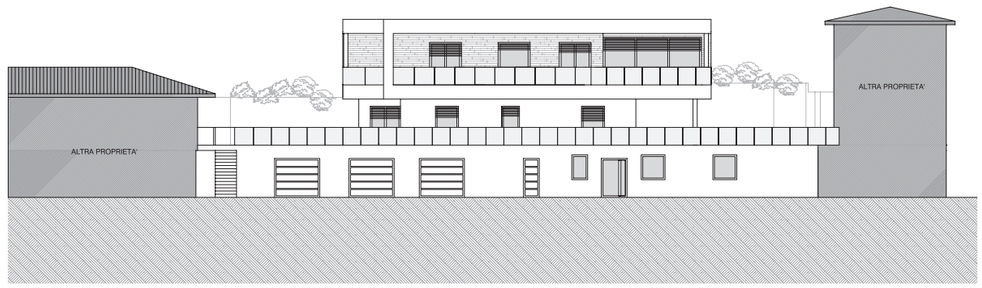
Sopra, vista dalla strada del fronte sud-ovest.

Progetto_**arch. Christian Negro Frer, arch. Simone Gea - Studio Negro Frer, Locana (TO)**
Consulenti energetici e impianti_**arch. Christian Negro Frer, arch. Simone Gea**
Strutture_**arch. Christian Negro Frer**
Direttore dei lavori_**arch. Christian Negro Frer**
Appaltatore opere edili_**Curcio Costruzioni, San Colombano Belmonte (TO)**
Appaltatore impianti_**VMG Impianti, Locana (TO)**
Superficie utile_**212 m²**

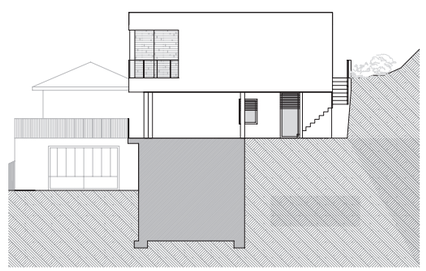
## Involucro

La riqualificazione energetica dell'involucro esistente è stata indirizzata in particolar modo alla risoluzione dei ponti termici mediante la coibentazione con EPS additivato con grafite delle pareti perimetrali (25 cm), del vano scala (12 cm), del solaio del primo piano (20 cm all'intradosso) e del balcone passante in calcestruzzo armato, completamente incamiciato dall'isolante. Nel nuovo volume la struttura portante è realizzata con blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato da 48 cm isolati con EPS grigio sul lato nord per 18 cm, a est e ovest per 12 cm e con lana di roccia da 12 cm sulla facciata sud. Anche la parete del vano scala, costruita con elementi da 30 cm di c.a.a., è coibentata con 12 cm di EPS additivato con grafite, come pure il solaio verso la scala con un cappotto all'intradosso in polistirene espanso sinterizzato (18 cm) e il solaio dell'ampliamento verso l'esterno (14 cm di poliuretano e all'intradosso 8 cm EPS). Una struttura in travi di legno con 30 cm di lana roccia e ulteriori 5 cm di XPS costituisce il pacchetto del tetto piano.

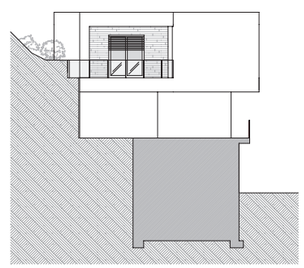
Tutti i nodi costruttivi sono stati oggetto di un'attenta analisi termo igrometrica e verificati con software agli elementi finiti, garantendo i 17°C minimi richiesti in tutti i punti dell'involucro edilizio. Anche la tenuta all'aria è stata progettata con cura e verificata in opera con il Blower Door Test.
I serramenti a lastra unica del fabbricato esistente e i relativi oscuranti del primo piano sono stati sostituiti con serramenti in legno-alluminio a triplo vetro e sistema di frangisole, posati anche nella parte dell'ampliamento. L'attenta progettazione degli aggetti e dei sistemi frangisole ha consentito di ottimizzare il comportamento dell'edificio rispetto alla radiazione solare in ogni ora del giorno e in tutti i periodi dell'anno, fornendo prestazioni altrimenti impossibili da raggiungere con sistemi di oscuramento tradizionali. Nel periodo estivo, infatti, viene limitato il passaggio della radiazione solare così da evitare il surriscaldamento degli ambienti, in quello invernale, invece, si massimizza l'apporto solare gratuito.




prospetto sud-ovest



prospetto sud-est



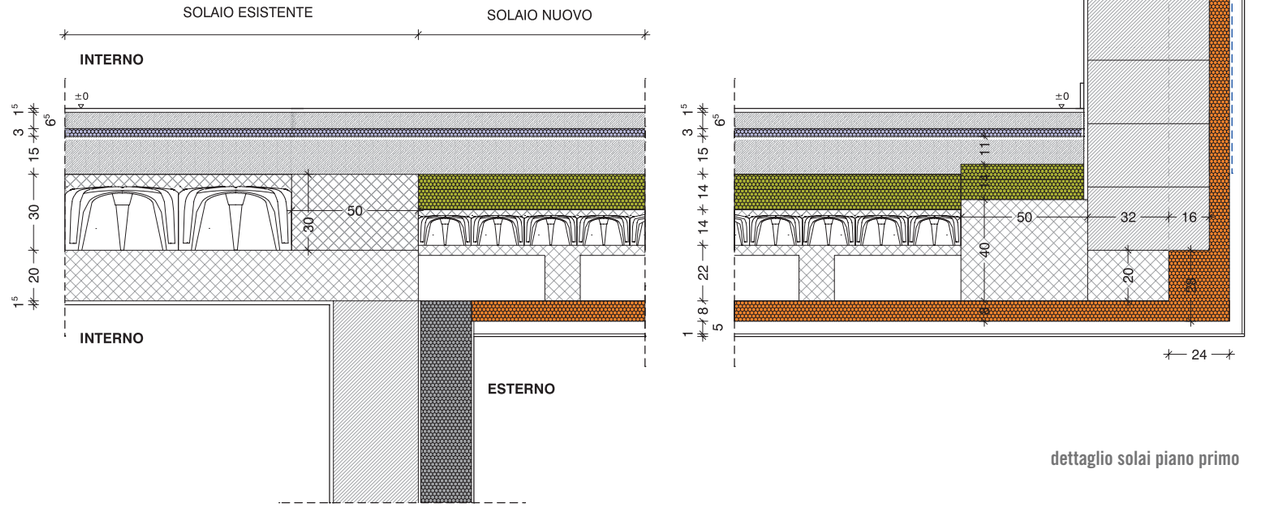
prospetto nord-ovest

A sinistra, dall'alto in senso antiorario, il montaggio della struttura in legno della copertura; posa della guaina impermeabilizzante; isolamento della copertura in fibra di legno; dettaglio dello spessore dell'isolamento in copertura (lana di roccia + XPS).

**Balcone esterno secondo piano, dall'esterno:**
- listelli in legno di larice (30 mm)
- struttura di fissaggio (60 mm)
- impermeabilizzazione con guaina bituminosa
- massetto cementizio (80 mm)
- isolamento in poliuretano (140 mm)
- iglù prefabbricato con caldana (200+50 mm)
- solaio esistente (200 mm)
- cappotto in EPS grigio (80 mm)
- finitura cappotto (10 mm)

**Parete esistente primo piano, dall'esterno:**
- finitura cappotto (10 mm)
- cappotto in EPS grigio (250 mm)
- muro perimetrale a cassa vuota (350 mm)
- intonaco e finitura (15 mm)

1 zoccolo in XPS (120 mm)
2 elemento in XPS ad alta densità per quarto lato serramento
3 desolarizzante acustico in lega di elastomeri armata per primo corso di muratura
4 trave di consolidamento di nuova realizzazione

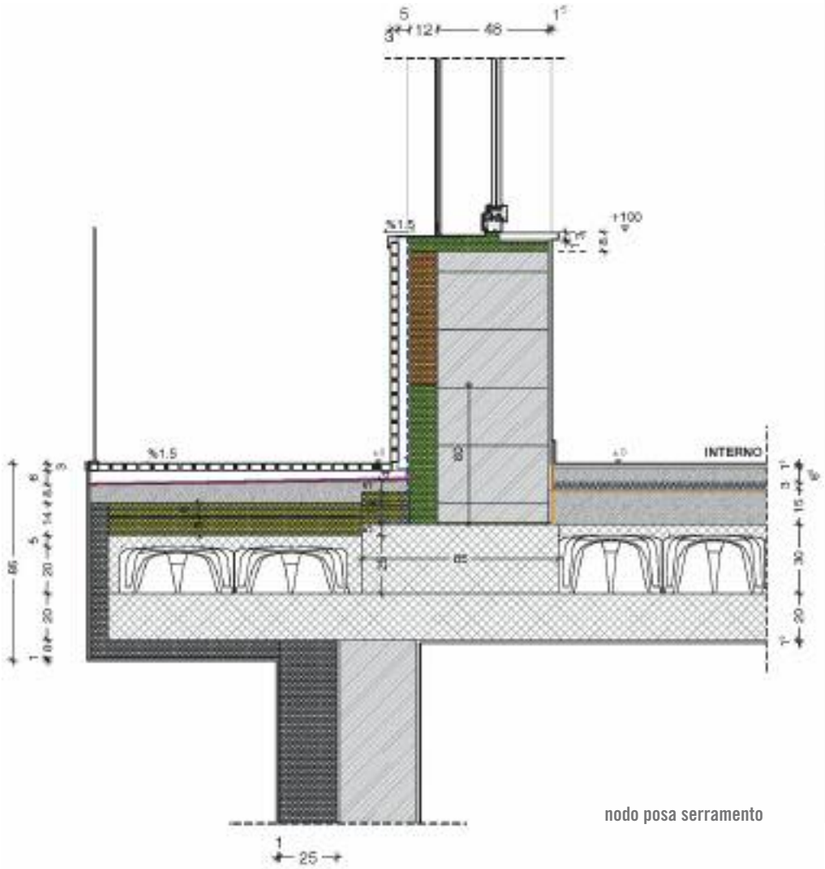



dettaglio solai piano primo

**Parete sud ampliamento, dall'esterno:**
- listelli in legno di larice
- sottostruttura in legno (50 mm)
- telo di protezione ai raggi UV per facciata ventilata
- isolamento in lana di roccia (120 mm)
- blocco in calcestruzzo cellulare (480 mm)
- intonaco (15 mm)

**Solaio ampliamento verso l'esterno, dall'interno:**
- pavimentazione (15 mm)
- massetto cementizio
- pavimento radiante (30 mm)
- materassino anticalpestio con striscia adesiva risvoltata verticalmente in corrispondenza di tramezzi/pareti
- massetto alleggerito per impianti (150 mm)
- pannello in poliuretano (140 mm)
- iglù prefabbricato con caldana (140 mm)
- solaio nuova realizzazione (220 mm)
- cappotto in EPS grigio (80 mm)
- finitura cappotto (10 mm)

1 solaio esistente
2 trave di consolidamento di nuova realizzazione
3 solaio nuovo
4 trave rialzata di nuova realizzazione




nodo posa serramento

Da sinistra, posa del cappotto all'intradosso del solaio del primo piano; dettaglio dell'isolamento di una delle soglie.

Sotto, da sinistra, posa del cappotto in EPS grigio sulla parte esistente; lo spessore dell'isolamento in lana di roccia della facciata ventilata; il cappotto del vano scale.

**INVOLUCRO**
**trasmittanza media elementi costruttivi**

***esistente***
parete perimetrale a cassa vuota, **U = 0,11 W/m²K**
parete vano scala, **U = 0,19 W/m²K**
solaio scantinato, **U = 0,14 W/m²K**
serramenti legno-alluminio, **$U_f$ = 1,10 W/m²K, $U_g$ = 0,60 W/m²K, fattore solare g = 61%**

***ampliamento***
facciata ventilata a sud, **U = 0,12 W/m²K**
pareti perimetrali lati est/ovest, **U = 0,12 W/m²K**
parete vano scala, **U = 0,18 W/m²K**
parete perimetrale lato nord, **U = 0,09 W/m²K**
tetto piano, **U = 0,08 W/m²K**
solaio verso esterno, **U = 0,09 W/m²K**
solaio verso vano scala (cappotto intradosso con EPS grigio 18 cm), **U = 0,15 W/m²K**
serramenti legno-alluminio, **$U_f$ = 1,10 W/m²K, $U_g$ = 0,60 W/m²K, fattore solare g = 61%**
tubi solari con taglio termico, **$U_w$ = 0,60 W/m²K**

**IMPIANTI**

**solare termico**
per ACS e integrazione al riscaldamento, 2 collettori nuovi + 2 esistenti (8,01 m²) e accumulo da 800 l + accumulo esistente 200 l
**fotovoltaico**
da 5 kW (20 pannelli da 250 W)
**biomassa**
caldaia esistente alimentata a pellet (28 kW)
**impianto radiante a pavimento**
in ampliamento, radiatori esistenti al piano primo con regolazione automatica della temperatura direttamente sul radiatore con il sistema domotico
**VMC**
con recupero di calore (piano primo e secondo)
**domotica**
per gestione impianto termico (caldaia, organi di emissione, impianto solare con accumulo), fotovoltaico e VMC (regolazione della velocità a seconda del livello di $CO_2$ e umidità degli ambienti abitati) e per monitoraggio del comportamento energetico del fabbricato (contabilizzazione consumi ACS, riscaldamento, elettricità, energia termica del solare ed elettrica del fotovoltaico)

**Sotto, da sinistra, posa di un tunnel solarie; le tubazioni degli impianti sul primo solaio.**

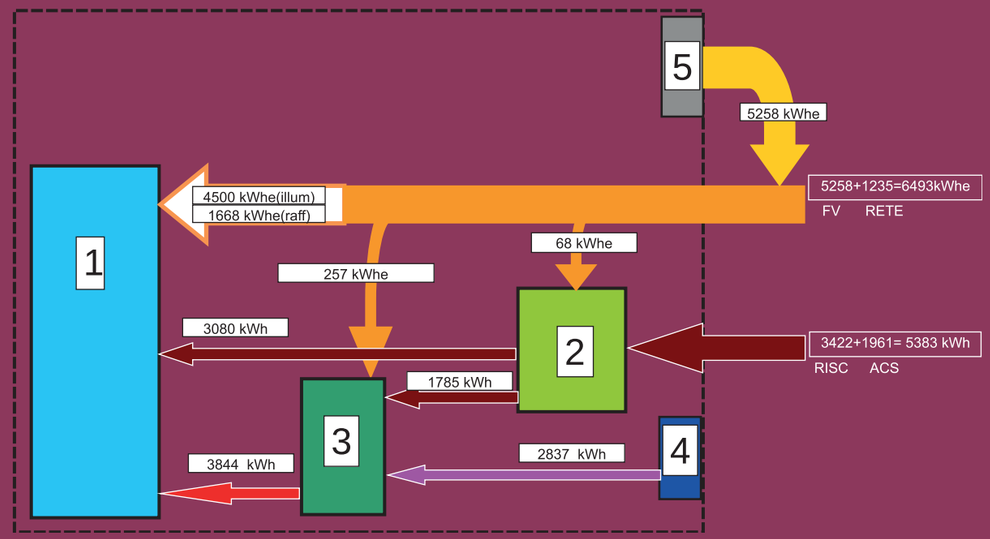
## Impianti

L'impianto di ventilazione meccanica controllata con scambiatore di calore in controcorrente ad alta efficienza riduce sensibilmente le perdite di calore per ventilazione nel periodo invernale e assicura elevati livelli di comfort interno; in ogni unità abitativa è installata una macchina, in grado di effettuare un ricambio d'aria pari a 0,3 vol/h e di garantire quindi ampiamente il comfort termo igrometrico interno sia in inverno sia in estate, abbassando il livello di $CO_2$ e diminuendo l'umidità relativa interna.
L'impianto termico è costituito da un generatore di calore a pellet (già presente e mantenuto vista la bassa richiesta energetica dell'edificio) il quale, mediante due circuiti, alimenta i termosifoni esistenti al primo piano e il pavimento radiante nell'ampliamento; l'acqua calda sanitaria è prodotta dai collettori solari termici. Un impianto fotovoltaico da 5 kW assicura la copertura dei consumi elettrici per l'illuminazione, il raffrescamento e gli ausiliari dell'impianto termico; per stabilire il fabbisogno del fabbricato è stata fatta un'indagine dei consumi dei residenti negli anni 2011-2012 (3.500 kWhe all'anno) e, a fronte di un miglioramento dell'efficienza dei corpi illuminanti esistenti e della stima dei consumi futuri, si è ipotizzato una richiesta annua di elettricità pari a 4.500 kWhe.
Tutti gli impianti sono gestiti da un sistema di domotica che regola la VMC, in funzione dell'umidità e della $CO_2$, e il riscaldamento con valvole elettroniche posizionate sui circuiti degli elementi di distribuzione. Grazie alla stazione meteo installata in copertura, il sistema è in grado di gestire al meglio il funzionamento del fotovoltaico e del solare termico. Oltre a ciò, la domotica regola automaticamente i frangisole in base all'altezza e alla direzione del sole, evitando fenomeni di surriscaldamento e controllando i valori di luminosità e di temperatura interna in estate e in inverno. Il sistema, infine, contabilizza i consumi dell'energia elettrica, del riscaldamento, dell'acqua sanitaria e della produzione solare, permettendo di immagazzinare e rendere accessibili tutte le informazioni e di verificare il reale funzionamento energetico dell'abitazione.

1 Utenza
2 Caldaia a pellet
3 Accumulatore ACS
4 Pannelli Solari
5 Pannelli Fotovoltaici

FLUSSO ENERGIA ELETTRICA
ENERGIA TERMICA PER RISCADAMENTO
ENERGIA TERMICA PER ACQUA CALDA SANITARIA
ENERGIA TERMICA PRODOTTA DA SOLARE TERMICO
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DA FOTOVOLTAICO

DESCRIZIONE ARCHITETTURA IMPIANTO:
Impianto di riscadamento con caldaia a pellet e impianto di raffrescamento ad espansione diretta.
La caldaia a pellet integra il fabbisogno di energia per ACS attraverso un accumulatore collegato a pannelli solari termici.




**Schema di funzionamento dell'impianto di riscaldamento.**

**A fianco, la VMC del piano esistente e, a destra, la VMC della sopraelevazione.**

A destra la vista dalla terrazza all'ultimo piano.
In basso, il balcone al primo piano.
In basso a destra, un'altra vista della terrazza all'ultimo piano con la vetrata del soggiorno parzialmente schermata dalle tende esterne.

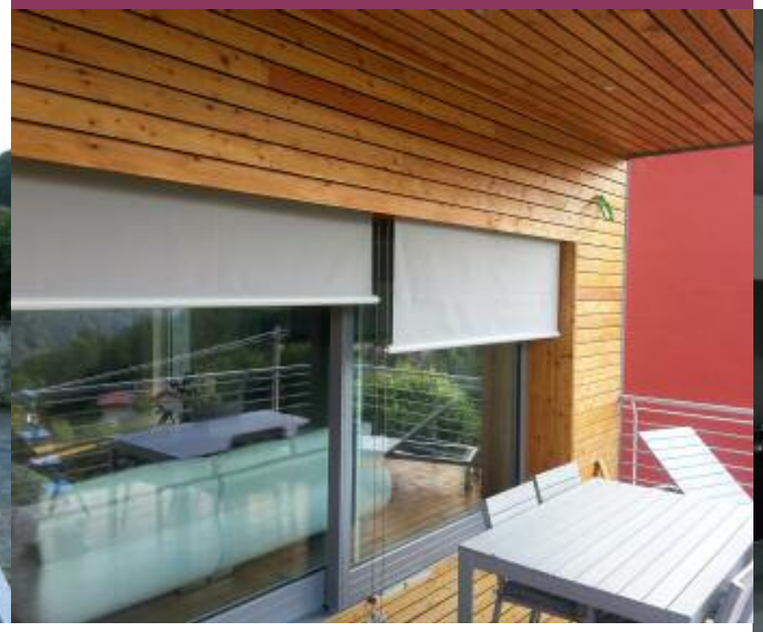
## Analisi costi benefici degli impianti

Il mantenimento della caldaia esistente, giustificata dal fatto che la potenza era sufficiente a coprire i carichi termici, è stato economicamente vantaggioso; infatti, il risparmio in termini di combustibile con una nuova caldaia a biomassa era quantificabile in 18 €/anno (70 kg di massa legnosa) a fronte del costo e dell'installazione del nuovo generatore di circa 12.000 €.
La scelta di non cambiare i terminali di impianto al primo piano (termosifoni) è stata motivata dalla possibilità di ridurre le temperature di mandata dell'impianto, visto l'efficientamento dell'involucro. È stata ipotizzata anche la sostituzione della caldaia esistente con una pompa di calore (ad aria o geotermica), ma ciò non avrebbe apportato un apprezzabile vantaggio in termini di riduzione delle emissioni di $CO_2$, anche considerando la totale copertura dei consumi elettrici da parte dell'impianto fotovoltaico.
Per quanto riguarda la ventilazione meccanica, l'alternativa di un impianto non centralizzato avrebbe avuto un'efficienza minore e un costo leggermente maggiore (vedi tabelle a lato).

| **Soluzione 1 - Pompa di calore ad aria** | |
|---|---|
| Pompa di calore aria-acqua | 9.000,00 |
| Radiante a pavimento | 11.800,00 |
| Contabilizzatori, controlli elettronici, sonde climatiche | 5.500,00 |
| Ventilazione meccanica controllata | 17.500,00 |
| Impianto solare fotovoltaico | 23.200,00 |
| TOTALE | **67.000,00** |

| **Soluzione 2 - Pompa di calore geotermica** | |
|---|---|
| Pompa di calore geotermica | 22.500,00 |
| Radiante a pavimento | 11.800,00 |
| Contabilizzatori, controlli elettronici, sonde climatiche | 5.500,00 |
| Ventilazione meccanica controllata | 17.500,00 |
| Impianto solare fotovoltaico | 20.300,00 |
| TOTALE | **77.600,00** |

| **Soluzione adottata** | |
|---|---|
| Caldaia esistente | – |
| Radiante a pavimento | 11.800,00 |
| Contabilizzatori, controlli elettronici, sonde climatiche | 6.000,00 |
| Ventilazione meccanica controllata | 17.500,00 |
| Impianto solare fotovoltaico | 17.400,00 |
| TOTALE | **52.700,00** |





| | | edificio a energia quasi zero | edificio "di consolidata pratica costruttiva" |
|---|---|---|---|
| Consumo al lordo delle energie rinnovabili (kWh/anno) | Riscaldamento | 3.571,5 | 12.450,8 |
| | Raffrescamento | 1.473,2 | 2.479,7 |
| | ACS | 5.364,5 | 4.981,3 |
| *TOTALE (kWh/anno)* | | *10.409,2* | *19.911,8* |
| Fonti rinnovabili (kWh/anno) | Termiche | 6605,6 | 2.837,4 |
| | Elettriche | 835,7 | 1.500,0 |
| *TOTALE (kWh/anno)* | | *7441,3* | *4.337,4* |
| Consumo al netto delle energie rinnovabili (kWh/anno) | Riscaldamento | 1.052,8 | 12.450,8 |
| | Raffrescamento | 0,0 | 0,0 |
| | ACS | 928,3 | 2.143,0 |
| *TOTALE (kWh/anno)* | | *1.981,1* | *14.594,7* |
| **Emissione di $CO_2$ (kg di $CO_2$)** | | **123,59** | **4.042,73** |

**Confronto delle emissioni di $CO_2$ tra edificio a energia quasi zero ed edificio tradizionale.**

## Emissioni di $CO_2$ e monitoraggio

È stato effettuato uno studio comparativo tra l'edificio oggetto di riqualificazione e un edificio delle stesse dimensioni, definito "di consolidata pratica costruttiva", mediante un calcolo, fino ai limiti imposti dalla normativa vigente, delle prestazioni energetiche delle strutture opache verticali, orizzontali e delle strutture vetrate confinanti con l'esterno o con locali non riscaldati. È stato inoltre previsto un semplice impianto di riscaldamento dotato di caldaia a condensazione, integrazione solare termica e pannelli radianti a pavimento.
Con l'edificio nZEB si migliora l'efficienza dell'involucro edilizio, riducendo in maniera consistente le dispersioni e di conseguenza i consumi per riscaldamento. L'impianto fotovoltaico copre interamente i consumi elettrici del fabbricato e delle unità di ventilazione meccanica controllata, generando un risparmio energetico e un miglior comfort abitativo.
Il consumo di energia primaria dell'edificio "di consolidata pratica costruttiva" porta a un'immissione nell'ambiente di circa 4.042,7 kg $CO_2$ all'anno. Essendo alimentato per lo più da fonte rinnovabile, l'edificio oggetto di riqualificazione ha emissioni di $CO_2$ pari a 123,59 kg $CO_2$ all'anno, con una differenza di 3.919,1 kg $CO_2$ all'anno rispetto al fabbricato tradizionale e una conseguente riduzione dell'impatto ambientale.
Dal monitoraggio dei consumi pervenuto per l'anno 2014, il fabbisogno annuo per riscaldamento è stato di 1.900 kWh (ca. 130 €). Il risparmio energetico rispetto all'edificio prima della riqualificazione (consumo annuo ca. 19.500 kWh) ha superato il 90%, nonostante il considerevole aumento della superficie riscaldata (da 90 $m^2$ a 120 $m^2$). Il solare termico copre totalmente il fabbisogno di ACS degli occupanti non solo nel periodo estivo, ma anche in quello invernale.

La zona living con l'ampia vetrata e la terrazza.