



La casa di
Trezzo Tinella



da passiva
a attiva



stiferite[®]
l'isolante termico

in collaborazione con:
Edilio Srl

La casa di Trezzo Tinella

da passiva a attiva

Alla realizzazione dello studio hanno collaborato:

Dott. Giovanni Cagnoli

Arch. Bart Conterio

Dott. Fabio Raggiotto

Dott. Massimiliano Stimamiglio

stiferite[®]
l'isolante termico 

Stiferite Srl
Padova
www.stiferite.com
© 2011

Tutti i diritti di riproduzione, anche parziale, sono riservati
versione 1.0 Ottobre 2011

Progetto editoriale e grafica
Rita Anni - Studioemme srl - Vicenza

Sommario

Presentazione	5
Il ruolo degli isolanti termici Stiferite nelle case passive	6
Prefazione	9
Dal Protocollo di Kyoto alla EPBD	11
Il quadro europeo	11
Il quadro italiano	13
Edifici Passivi e Passivhaus: i criteri	15
Edifici passivi e Passivhaus	15
I criteri	15
Passivhaus	15
Il ruolo dell'involucro	16
La casa passiva nelle regioni calde	19
Arch. Bart Conterio	20
Edifici passivi e isolanti termici	25
Perchè scegliere il poliuretano	25
Stiferite GT	28
Da Casa Passiva a Attiva	29
Progettazione architettonica	31
Le scelte architettoniche: rapporto col contesto e articolazione volumetrica	31
Il paesaggio	33
Impianti e fonti rinnovabili: il concetto di comfort	34
Le scelte planimetriche	35
Strutture e tecniche costruttive	39
Fondamenta	39
Interrato	40
Piano terra e primo	42
Solaio piano terra	42
Pareti perimetrali corpo principale	45
Solaio copertura corpo principale	47
Pareti vano scala	49
Solaio copertura vano scala	51
Pareti perimetrali e divisorie Padiglione - Serra bioclimatica	52
Solaio copertura Padiglione	55
Serramenti e nodi critici	57
I serramenti	57
Nodi critici	61
Tenuta all'aria – Blow Door Test	65
Le ombreggiature	67
Gli impianti	69
Energia da fonti rinnovabili	69
La pompa di calore	69
Il sistema mini eolico	70
Il sistema fotovoltaico	71
Ventilazione meccanica controllata	71
Certificazioni	75

Presentazione

Massimiliano Stimamiglio - Stiferite Srl

La nuova Direttiva europea 2010/31/UE impone che tutti i nuovi edifici, costruiti a partire dal dicembre 2018, se pubblici, e dal dicembre 2020, se privati, abbiano consumi energetici “quasi zero”. Un obiettivo che gli Stati Membri dovranno attuare adottando nuovi provvedimenti, assai più restrittivi di quelli attualmente in vigore, in tema di efficienza energetica degli edifici.

La scelta politica europea è quindi quella di sfruttare al meglio il potenziale di efficienza del settore edilizio e di farne lo strumento principe per il traguardo 20-20-20, ottenere, entro il 2020, una riduzione dei consumi energetici del 20%, con un contributo dell'energia da fonti rinnovabile del 20%.

L'idea di edifici che consumano nulla o quasi è concreta, le soluzioni costruttive ed impiantistiche per ottenere questo risultato sono infatti disponibili e, relativamente, note da tempo.

Il concetto di casa passiva risale alla fine degli anni '80 e fu sviluppato dal tedesco Wolfgang Feist e dallo svedese Bo Adamson dell'università di Lund in Svezia. Sempre al dott. Feist si deve, nel 1991, la costruzione di quattro villette a schiera passive in Germania, seguita presto da altre realizzazioni di edifici mono e plurifamiliari disseminati in molte città tedesche.

Tra il 1999 e il 2001 la Comunità Europea, tramite il programma CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) ha contribuito a realizzare 221 complessi passivi dislocati in Germania, Svezia, Francia, Svizzera ed Austria. Un primo passo che ha stimolato committenti e progettisti e che, secondo le stime presentate alla 15ª Conferenza Internazionale sulle Case Passive, svoltasi a Innsbruck nel maggio del 2011, ha portato alla realizzazione di oltre 32.000 case passive distribuite nei diversi Stati Europei.

Oltre all'esperienza del Passivhaus Institut vanno ricordati anche altri standard che hanno contribuito a promuovere la realizzazione di edifici con consumi energetici molto bassi: dal Minergie svizzero, al sistema CasaClima in Italia, fino al protocollo internazionale LEED che, sia pure finalizzato alla riduzione degli impatti ambientali dell'edilizia, risulta fortemente premiante per i progetti a bassi o nulli consumi energetici.

Tutte le esperienze fin qui acquisite hanno dimostrato la validità e l'affidabilità

nel tempo del concetto di casa passiva; nella maggior parte delle realizzazioni infatti i consumi sono stati monitorati ed essi si sono dimostrati, anche nei casi che ormai superano i 15 anni di esercizio, in linea con le aspettative progettuali.

La realizzazione di edifici passivi richiede un approccio progettuale integrato capace di considerare tutti i fattori che possono contribuire alla autosufficienza energetica dell'edificio e al benessere dei suoi abitanti.

Al progettista, o più facilmente al team di progettazione, spetterà il compito di analizzare le condizioni climatiche del sito e di sviluppare, in base a queste, forma e orientamento dell'edificio, di integrare prestazioni dell'involucro e soluzioni impiantistiche, di valutare quali fonti di energia rinnovabile offrano le maggiori garanzie di resa a fronte di costi e impatti ambientali contenuti.

La necessità di contestualizzare il progetto nelle condizioni fisiche e ambientali del sito richiede ai progettisti italiani di adattare i modelli di case passive nord europee alle esigenze di un clima temperato, con l'esigenza aggiuntiva di garantire agli ambienti temperature confortevoli sia in inverno e sia in estate.

Il ruolo degli isolanti termici Stiferite nelle case passive

La realizzazione di edifici con bassissimi consumi energetici non può, in nessun caso, prescindere dalla presenza di involucri, sia opachi sia trasparenti, dotati di eccellenti prestazioni di isolamento termico.

Il sistema Passivhaus prevede infatti valori di trasmittanza termica severi, inferiori a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le superfici opache e a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ per quelle trasparenti, e richiede un'accurata correzione di tutti i ponti termici e il controllo delle possibili infiltrazioni d'aria attraverso l'involucro.

Quando la coibentazione delle strutture assume un ruolo così determinante si evidenziano al meglio i vantaggi ottenibili grazie all'utilizzo di materiali isolanti con elevate prestazioni.

Le schiume polyiso, impiegate nell'intera gamma dei pannelli Stiferite, assicurano valori di conducibilità termica dichiarata (λ_D , espresso in W/mK , valore medio per 25 anni di esercizio riferito al 90% della produzione con il 90% di confidenza statistica) compresi, in funzione della tipologia di rivestimento e dello spessore, tra un minimo di $0,024 \text{ W/mK}$ ed un massimo di $0,028 \text{ W/mK}$. Queste caratteristiche consentono di ottenere i livelli di trasmittanza richiesti dagli edifici passivi, utilizzando spessori nettamente inferiori rispetto a quelli necessari con altri materiali isolanti e ottenendo importanti vantaggi quali: il miglioramento del rapporto volume edificato/spazio abitativo, la riduzione degli oneri determinati dalla mano d'opera, la riduzione dei costi di trasporto e stoccaggio e, infine, l'utilizzo di un minore volume e peso di materiali che determinano un minore impatto ambientale in fase di costruzione, a fine vita e in fase di demolizione dell'edificio.

Vale la pena di sottolineare che la riduzione degli impatti ambientali degli edifici è un obiettivo imprescindibile per lo sviluppo di un'edilizia capace di coniugare efficienza energetica e sostenibilità.

Su questi temi l'attività di Stiferite è stata, negli ultimi 5 anni, particolarmente intensa: sono stati sviluppati studi di Life Cycle Assessments relative ai prodotti di impiego più comune (Stiferite Class S, Stiferite Class B e Stiferite GT) e sono state verificate da Ente Terzo (Rina Service Spa) e depositate presso l'Ente svedese di controllo (www.environdec.com) le Dichiarazioni Ambientali dei Prodotti (Environmental Product Declaration, EPD).

Gli studi condotti (cfr. www.stiferite.com) hanno permesso di evidenziare come le caratteristiche di efficienza prestazionale e di leggerezza tipiche delle schiume polyiso renda il loro utilizzo estremamente conveniente, in termini di minore impiego di risorse, anche rispetto a materiali isolanti che traggono origini da materie prime rinnovabili e/o che sono caratterizzati da un consumo di risorse per chilogrammo di materiale più basso di quello richiesto per la produzione di un chilogrammo di schiuma poliuretanic.

Un'evoluzione naturale dell'impegno Stiferite, per il miglioramento dell'efficienza prestazionale degli edifici e per la riduzione del loro impatto ambientale, ha condotto alla stretta collaborazione con l'impresa Edilio, e in particolare con Giovanni Cagnoli, per la realizzazione della casa passiva di Trezzo Tinella descritta nelle pagine che seguono.

Abbiamo seguito con passione sia lo sviluppo del progetto e sia la sua fase realizzativa, convinti, da sempre, che alle migliori idee debbano corrispondere materiali di provata efficacia e durata e una loro accurata messa in opera.

Un lavoro di squadra quindi che ben si adatta al nostro modello di azienda; da oltre 40 anni Stiferite opera nel settore dell'isolamento termico con l'ambizione di svolgere il ruolo di partner tecnico, capace di trasferire le esperienze acquisite e di adeguarle ai nuovi obiettivi di sostenibilità ed efficienza che caratterizzano l'edilizia di oggi e, ancora di più, quella di domani.

Prefazione

Giovanni Cagnoli - Edilio Srl

La presente brochure si pone l'obiettivo di analizzare le fasi progettuali e costruttive di edifici passivi/attivi; prendendo come esempio la realizzazione dell'impresa Edilio s.r.l., realizzata a Trezzo Tinella (CN).

L'edificio è nato dalla ristrutturazione, in demolizione e ricostruzione totale, di un cascinale, strutturalmente compromesso e privo di valore architettonico.

Il committente si è posto come obiettivi la realizzazione di una casa passiva/attiva, caratterizzata da un ridottissimo fabbisogno di energia (consumi calcolati mediante il metodo PHPP del Passive House Institut e pari a: 2 kWh/m²a per il riscaldamento; 0 kWh/m²a per il raffrescamento e 30 kWh/m²a per il fabbisogno energetico complessivo, comprendente l'acqua calda sanitaria), energeticamente autonoma (utilizzo massivo di apporti energetici rinnovabili con surplus energetico: geotermia, solare e mini eolico) e, di conseguenza, ad emissioni zero di anidride carbonica (CO₂).

Dott. Giovanni Cagnoli

Laureato in Informatica presso l'Università degli Studi di Milano, lavora come ricercatore nel settore microelettronica e dell'elettronica industriale.

Provenendo da una famiglia che si occupa di edilizia dagli anni settanta, dal 2002 inizia ad operare in questo settore seguendo l'intera filiera, dall'acquisizione dell'area alla realizzazione di immobili, sia di carattere residenziale che artigianale.

Sin dai primi anni si interessa di efficienza energetica realizzando edifici residenziali che oggi verrebbero classificati in classe C e dedicando particolare attenzione non solo agli aspetti progettuali, ma anche alla loro implementazione a livello cantieristico.

Gli anni a seguire sono fatti di collaborazioni con diversi architetti dell'area lombarda che coadiuva nella progettazione di involucri sempre più efficienti dei quali segue personalmente la realizzazione.

Nel 2006 costituisce Edilio srl, società di costruzioni che si dedica alla realizzazione di unità abitative ad alta efficienza energetica.

Il percorso formativo è integrato negli anni da corsi di certificazione energetica (Cened e Casa Clima) e stage presso Centri di studio per l'utilizzo di energie rinnovabili con specializzazione nelle tecnologie per lo sviluppo di case passive.

Dalla fine del 2009 si dedica alla realizzazione della casa attiva di Trezzo Tinella seguendone personalmente ogni dettaglio costruttivo.

L'impresa Edilio considera tale cantiere una sorta di scuola sperimentale del "costruire sostenibile", sviluppata non solo in accordo alla Direttiva Europea 2002/91/CE (EPBD - Energy Performance Building Directive) sul risparmio energetico in edilizia, ma anche come esempio anticipativo degli obiettivi della nuova revisione della EPBD, 2010/31/CE, che richiede ai nuovi edifici realizzati a partire dal 2020 consumi energetici "quasi zero".

L'esperienza maturata consente ad Edilio di proporsi come partner affidabile a chi desidera recuperare il proprio edificio o realizzarne un nuovo, fondendo le competenze progettuali e realizzative specifiche per costruzioni passive, energeticamente autonome e ad emissioni zero.

Dal Protocollo di Kyoto alla EPBD

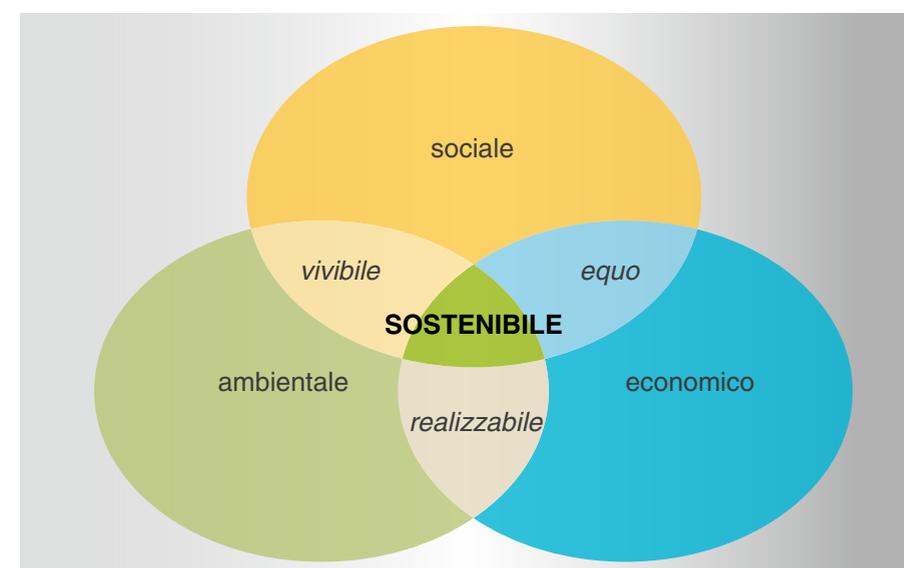
Il quadro europeo

Da sempre lo sfruttamento dell'ambiente rappresenta la nostra principale fonte di vita.

L'ambiente non è però una risorsa inesauribile; la nostra convivenza con ciò che ci circonda richiede una attenta strategia di uso delle risorse finalizzata a rispettare l'ambiente stesso e a mantenere inalterato il complicato equilibrio uomo – natura.

Da questa consapevolezza nasce il concetto di sviluppo sostenibile che, secondo la definizione contenuta nel rapporto Our Common Future (1987) è "uno sviluppo che risponde alle esigenze del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie". In quest'ottica tutte le componenti dello sviluppo sostenibile, economica, sociale e ambientale, devono essere affrontate in maniera equilibrata ed organica e sostenute da un adeguato programma politico.

Proprio il passaggio, dalla consapevolezza condivisa della necessità di una maggiore attenzione al rapporto uomo-ambiente, all'elaborazione di un progetto politico si è rilevato un processo lungo e irto di difficoltà.



Un passaggio fondamentale è rappresentato dalla prima sottoscrizione, da parte di oltre 160 Paesi, del Protocollo di Kyoto, in materia di riduzione delle emissioni di gas serra responsabili dei cambiamenti climatici. Era il 1997; si è dovuto attendere fino al 16 febbraio 2005 per la sua definitiva entrata in vigore quando, con l'adesione della Russia, si è raggiunto il traguardo prefissato di almeno 55 Paesi sottoscrittori responsabili di almeno il 55% delle emissioni.

Il Protocollo di Kyoto sancisce gli impegni, vincolanti e quantificati, dei paesi industrializzati a ridurre le emissioni di sei gas ad effetto serra, primo per importanza il biossido di carbonio, CO₂, di almeno il 5% rispetto ai livelli del 1990, nel periodo compreso tra il 2008 e il 2012.

L'Europa, che ha sempre svolto, a livello mondiale, un ruolo trainante per l'adozione di politiche ambientali, ha già fissato i suoi traguardi per il periodo 2012 - 2020 con il programma 20-20-20: ridurre entro il 2020 le emissioni di gas serra del 20%, migliorare del 20% l'efficienza energetica e utilizzare il 20% di energia da fonti rinnovabili.

All'interno di questo programma il tema del riscaldamento e raffrescamento degli edifici ha un peso determinante: quasi il 40% dei consumi energetici europei sono assorbiti dal settore residenziale e terziario che determinano circa il 50% delle emissioni di CO₂.

Il consumo energetico del settore edilizio è anche quello con il più rilevante potenziale di risparmio e per questo la Comunità ha emanato specifiche Direttive finalizzate al miglioramento dell'efficienza energetica e alla certificazione degli edifici: la 91/2002/CE, EPBD, Energy Performance Building Directive, sull'efficienza energetica nell'edilizia, la 32/2006/CE, sull'efficienza degli usi

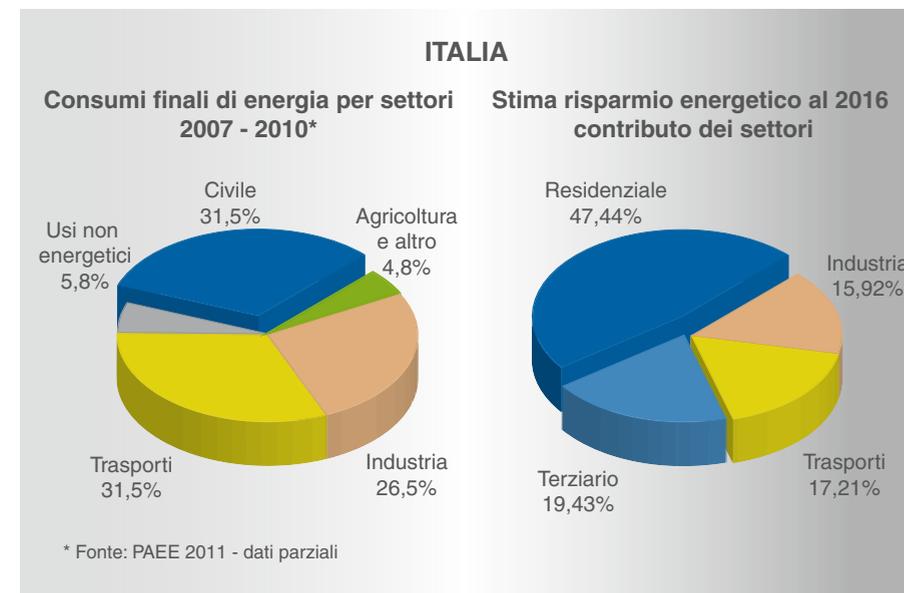
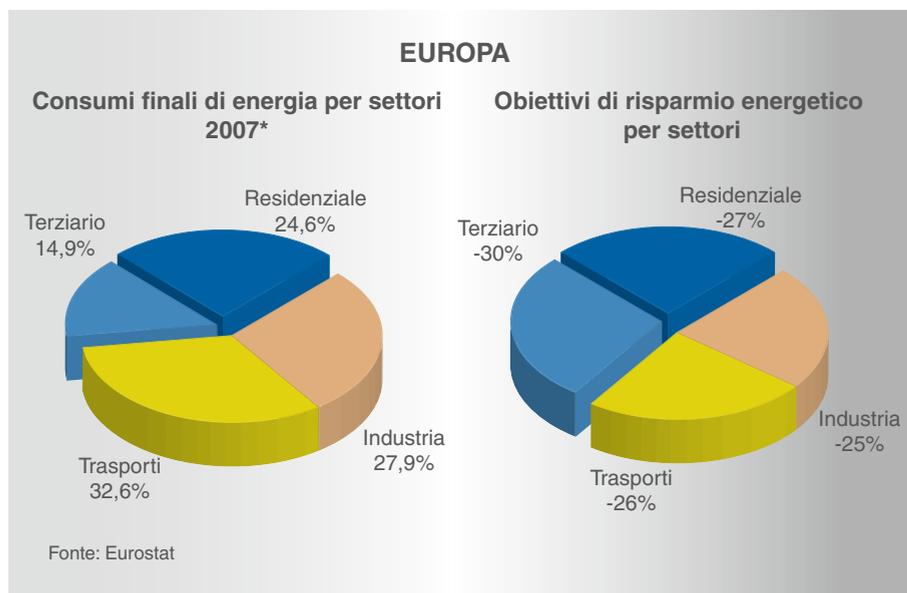
finali dell'energia e servizi energetici, e infine la nuova EPBD, 31/2010/CE, che fissa l'obiettivo "near zero energy", NEZ, per i nuovi edifici pubblici realizzati a partire dal 2018 e per tutti gli altri a partire dal 2020.

Il quadro italiano

Anche in Italia, nonostante il clima mite, il condizionamento degli edifici rappresenta una quota determinante dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂.

I dati presentati nel recente PAEE 2011 - Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica - redatto in adempimento alla Direttiva 2006/32/CE, tracciano il quadro della situazione nazionale dei consumi e illustrano le modalità di raggiungimento degli obiettivi di risparmio fissati per l'Italia (-9% al 2016 rispetto al periodo 2001-2005). Come si può notare dal grafico il settore del residenziale offre il contributo maggiore alla riduzione dei consumi e di conseguenza anche alla riduzione di emissioni di CO₂. Secondo le stime del PAEE le misure di efficienza previste comporteranno, al 2020, un abbattimento di emissioni di CO₂ di 45Mtep con un contributo del settore residenziale di circa il 40%.

I risultati già conseguiti dal settore al 2010, riduzioni superiori a 31.000 GWh/anno, pari a circa il 70% del totale dei risparmi, sono in gran parte dipesi



dall'implementazione della prima EPBD avvenuta con la pubblicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e delle sue successive modifiche (v. box).

I nuovi limiti prestazionali previsti, l'introduzione dell'obbligo della certificazione energetica e una maggiore sensibilità comune verso il tema del risparmio energetico, hanno determinato, per la prima volta in Italia, un reale miglioramento delle pratiche costruttive utilizzate per i nuovi edifici.

Uno sforzo ulteriore sarà necessario, nei prossimi anni, per adeguare il sistema costruttivo italiano ai dettami della nuova EPBD e alle esigenze di edifici "nearly zero energy", definiti dalla Direttiva come "edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I (Calcolo della prestazione energetica degli edifici). Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze".

Obiettivi che, come dimostra l'esempio di Trezzo Tinella, sono già oggi alla portata di tutti.

EVOLUZIONE DEL QUADRO LEGISLATIVO



Edifici Passivi e Passivhaus: i criteri

Edifici passivi e Passivhaus

Un edificio passivo, individuato internazionalmente dal termine Passive House, si caratterizza per la capacità di mantenere condizioni di comfort interne ottimali, sia in inverno e sia in estate, con un bassissimo consumo energetico che, nella maggior parte dei casi, può essere soddisfatto anche in assenza di impianti convenzionali di riscaldamento o raffrescamento.

Sulla base di questi criteri il Passivhaus Institut di Darmstadt (PHI) ha sviluppato un proprio protocollo progettuale e costruttivo, Passive House Planning Package (PHPP) utilizzato per la certificazione volontaria di edifici che rispettano i parametri fissati dal Passivhaus Institut.

E' opportuno quindi chiarire che, mentre la definizione di Edificio Passivo o Passive House è utilizzabile per individuare qualsiasi edificio con bassissimi consumi energetici, l'utilizzo del termine Passivhaus dovrebbe essere riservato agli edifici che, volontariamente, sono stati certificati dal Passivhaus Institut.

I criteri

Un edificio passivo utilizza essenzialmente le fonti energetiche, rinnovabili ed inesauribili, disponibili nell'ambiente; non può quindi essere progettato e realizzato come elemento autonomo ed indipendente, ma come soggetto integrato nel territorio in cui è ubicato, capace di utilizzare risorse e caratteristiche tipiche del contesto geografico e climatico.

I criteri essenziali per la progettazione di un edificio passivo possono essere sintetizzati in:

- Integrazione edificio/ambiente
- Energie rinnovabili disponibili
- Orientamento verso sud
- Corretto rapporto superficie/volume (S/V)
- Efficienza dell'involucro opaco/trasparente, totale assenza di ponti termici
- Tenuta all'aria blower door di pressione e depressione

Edifici Passivi e Passivhaus i criteri

Passivhaus

Nel 1991 Wolfgang Feist e Bo Adamson applicarono i principi della progettazione passiva ad un modesto condominio di Darmstadt con l'obiettivo di renderlo una costruzione pilota a basso consumo energetico e a costi ragionevoli.

Nel 1996 Feist fonda il Passivhaus Institut (PHI) Darmstadt, un istituto di ricerca indipendente dove tutte le competenze ingegneristiche si orientano verso l'obiettivo di progettare costruzioni ad alta efficienza energetica.

[<http://www.passiv.de>]

- Integrazione edificio/impianti
- Illuminazione naturale massima
- Elettrodomestici ad alta efficienza

Il primo passo verso la realizzazione di un edificio passivo è quindi definire l'orientamento dell'involucro verso Sud per ricevere il massimo apporto solare durante il periodo invernale prevedendo, per i climi moderati, opportune schermature che permettano di evitare il surriscaldamento degli ambienti nel periodo estivo. E' essenziale quindi che la superficie ottimale delle vetrate sul lato a Sud sia definita tenendo conto delle condizioni climatiche del sito.

Alle latitudini italiane la superficie trasparente ottimale è, in linea generale, compresa tra il 30 ed il 40% della superficie complessiva, questo rapporto consente un bilanciamento corretto tra gli apporti solari invernali, l'eventuale surriscaldamento estivo e la necessaria illuminazione naturale.

Il ruolo dell'involucro

Negli edifici a basso consumo energetico l'involucro deve essere progettato allo scopo di assicurare la migliore efficienza termica. Essa dipende dal rapporto tra superficie e volume (S/V) ed è maggiore, quando, a parità di volume, la superficie di scambio termico tra ambiente interno ed esterno risulta minore. Indipendentemente da questo e da altri aspetti progettuali, l'involucro di qualunque edificio deve sempre essere opportunamente isolato allo scopo di limitare gli scambi termici tra l'ambiente interno e quello esterno.

Questo aspetto è essenziale per un edificio passivo dove, per definizione, i valori di trasmittanza termica devono essere inferiori a 0.15 W/m²K per le superfici opache ed inferiori a 0.80 W/m²K per quelle trasparenti.

A questi valori di prestazione termica l'assenza di ponti termici è rigorosa (ponti termici "eliminati", con differenza rispetto alla parete continua < 0.01 W/m²K; ponti termici considerati, con differenza < 0.025 W/m²K). Essi, infatti, disperdono il calore, aumentano il consumo energetico, peggiorano l'isolamento acustico e, quindi, riducono il comfort interno. La loro eliminazione è realizzabile progettando un involucro isolato come parte più esterna dell'edificio. Pilastri, architravi, pareti di tamponamento ed altri elementi cementizi strutturali devono essere posti all'interno; mentre balconi, terrazze e gronde devono essere elementi separati dalla struttura. Le finestre e le porte devono essere montate all'estradosso, affinché l'isolamento copra una certa superficie del telaio e i collegamenti tra gli elementi costruttivi devono essere realizzati con speciali accorgimenti così da dare continuità termica all'isolamento e da garantire la tenuta all'aria dell'edificio.

Un ulteriore requisito indispensabile per realizzare un edificio passivo è infatti proprio la tenuta all'aria controllata mediante il test Blower Door di pressione/

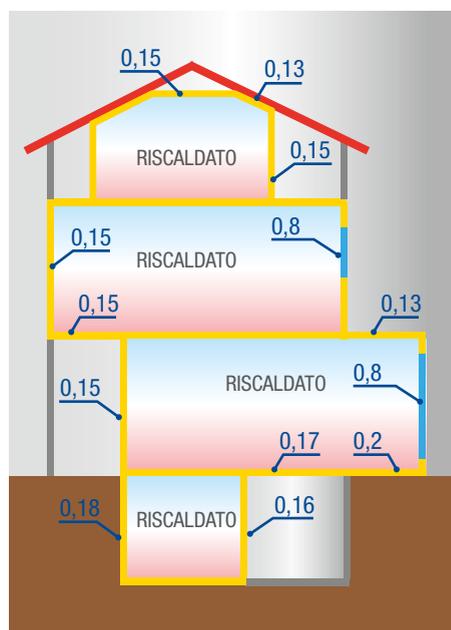
Protocollo di certificazione energetica Passivhaus Institut PHI

Criteri principali

Fabbisogno specifico utile per riscaldamento	≥ 15 kWh/m ² a
Fabbisogno specifico utile per raffrescamento	≥ 15 kWh/m ² a
Fabbisogno specifico primario totale	≥ 120 kWh/m ² a
Tenuta all'aria (n ₅₀ numero di ricambi d'aria per una differenza di pressione pari a 50Pa)	≥ 0,6 h ⁻¹
Temperatura superficiale interna minima	17° C
Rendimento di recupero minimo degli impianti di ventilazione	75,00%
Massimo consumo di corrente elettrica dell'impianto di ventilazione	0,45 Wh/m ³

Criteri secondari

Potenza specifica trasportabile con portata d'aria igienica	10 W/m ²
Ponti termici "eliminati" Ψ	Δ < 0,01 W/m ² K
Ponti termici "considerabili" Ψ	Δ < 0,025 W/m ² K
Trasmittanza complessiva del serramento U _{Window}	< 0,80 W/m ² K



ELEMENTO	U valore consigliato
Parete esterna	0,15 W/m ² K
Tetto	0,13 W/m ² K
Solaio vs. locale non riscaldato	0,17 W/m ² K
Parete vs. terreno	0,18 W/m ² K
Pavimento vs. terreno	0,20 W/m ² K
Solaio sopra aria	0,15 W/m ² K
Solaio vs. sottotetto non riscaldato	0,15 W/m ² K
Parete vs. sottotetto non riscaldato	0,15 W/m ² K
Vetrate	< 0,80 W/m ² K

depressione (UNI EN 13829).

La tenuta all'aria dell'involucro è ottenibile ponendo particolare attenzione a tutti i punti di discontinuità della struttura e permette di migliorare il comfort, ridurre le dispersioni e controllare esattamente la ventilazione dell'edificio. Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante in un edificio passivo poiché ad una eccessiva ventilazione corrisponde una maggiore dispersione termica ed un minore risparmio energetico. Il valore ottimale previsto dal protocollo del Passivhaus Institut, PHPP, è di 0.6 ricambi d'aria l'ora, sufficienti ad assolvere la funzione principale di smaltire l'aria viziata ricca di umidità e di anidride carbonica ed introdurre aria pulita e preconditionata. Per questa esigenza è utile l'adozione di un sistema di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore dell'aria esausta in uscita e preriscaldamento, per il periodo invernale, e con perdita di calore dell'aria esausta in uscita e preraffrescamento, per il periodo estivo. La ventilazione forzata può essere adottata solo se durante la progettazione dell'edificio, si è prevista la necessaria integrazione degli impianti.

E' solo uno degli aspetti che evidenzia bene come per tutti gli edifici energeticamente efficienti, ed ancor di più per quelli passivi, la progettazione integrata sia un'esigenza imprescindibile: nessuna parte o componente dell'edificio può infatti essere progettato o realizzato come elemento autonomo ed indipendente dall'intero sistema edificio.

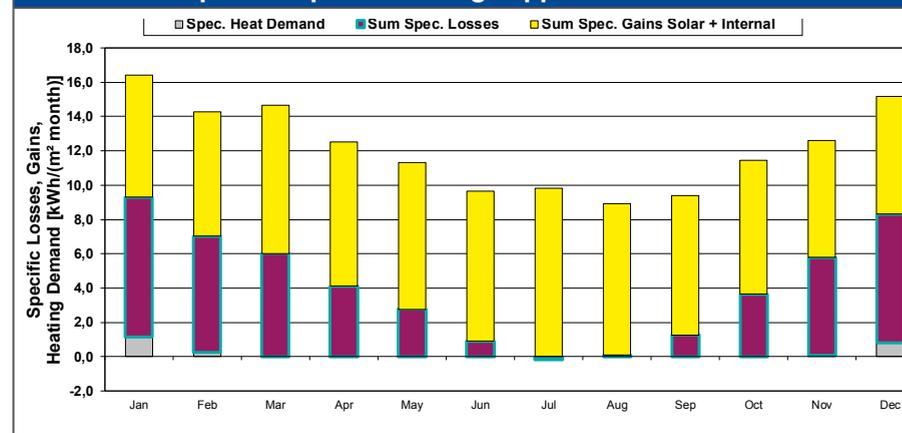
Lo stesso concetto di integrazione deve essere esteso agli apporti di energia rinnovabile disponibili quali solare, geotermica, biomasse, idroelettrica ed eolica. È evidente che la scelta più opportuna dipenderà dalla disponibilità propria dell'ambiente in cui si colloca l'edificio.

Quasi superfluo sottolineare l'importanza, per la minimizzazione dei consumi, di dotare gli edifici di elettrodomestici e sistemi di illuminazione ad elevata efficienza.

All'interno del protocollo Passiv Haus riveste una notevole importanza anche il controllo della corrispondenza tra i consumi e le condizioni ambientali reali e quelli previsti in fase progettuale. A tale scopo la gestione domotica e l'impiego di un gateway possono permettere il monitoraggio on line dei fabbisogni.

Il Passivhaus Institut di Darmstadt, PHI, ha sviluppato un software semi-dinamico (chiamato PHPP – Passive House Planning Package) che consente di valutare le criticità progettuali e di realizzare gli obiettivi del progetto, definiti in fase preliminare (v. figura). Può essere considerato come una linea guida sia in fase progettuale e sia in fase esecutiva.

PHPP quadro descrittivo, andamento della domanda di energia in relazione alle perdite specifiche e agli apporti solari



La casa passiva nelle regioni calde

arch. Bart Conterio

Allo stato attuale della tecnica, le costruzioni ad alta efficienza energetica sono rappresentate dalle “case passive” che, applicando, ad esempio, lo standard di origine tedesca “passivhaus”, sono edifici che hanno un fabbisogno energetico del riscaldamento non superiore a 15 kWh/m²/a (lo stesso dicasi per il raffrescamento estivo): per comprendere meglio l'alto standard di efficienza energetica richiesto, si può prendere come riferimento la situazione italiana, in cui, in media, un'abitazione consuma per il riscaldamento 106 kWh/m²/a e 160 kWh/m²/a per l'insieme dei consumi domestici.

Tuttavia i criteri progettuali di un edificio ad alta efficienza energetica, per lo più sviluppati, sperimentati e messi a punto nei paesi dell'Europa centrale e settentrionale (in cui la priorità è costituita dal contenimento delle dispersioni del calore nella stagione invernale), devono essere adeguatamente ponderati, rivisitati ed adattati al clima temperato-mediterraneo, poiché, alle nostre latitudini, è fondamentale risolvere il problema del surriscaldamento estivo e del conseguente contenimento energetico delle spese di condizionamento, così come annunciato dalla direttiva 2010/31/UE. Infatti nelle aree a clima temperato l'involucro edilizio di una costruzione ad alte prestazioni energetiche, dovrà, non solo garantire la riduzione delle perdite di calore verso l'esterno e lo sfruttamento dei guadagni di energia solare in inverno, ma anche assicurare la protezione dagli apporti solari estivi e, soprattutto, il controllo e lo smaltimento adeguato degli apporti di calore gratuiti interni.

Più nel dettaglio, le case passive costruite in Europa adottano prevalentemente la tecnologia delle pareti multistrato leggere (pareti stratificate a secco



Arch. Bart Conterio

Bart Conterio, 46 anni, si laurea in architettura con lode, presso l'Università degli Studi di Firenze nel 1992, con specializzazione in tutela e recupero del patrimonio storico architettonico. Dal 1994 ha iniziato a sviluppare competenze specifiche nel settore dell'edilizia sostenibile (architettura bioclimatica, bioedilizia ed efficienza energetica) realizzando diversi interventi, sia in Italia che all'estero, prevalentemente nell'ambito dell'edilizia residenziale, alberghiera e del restauro architettonico di edifici di pregio storico-artistico.

Da diversi anni si occupa di problematiche inerenti al risparmio energetico degli edifici e conduce ricerche sui temi dell'architettura bioclimatica in clima CSA (clima temperato caldo mediterraneo a siccità estiva) e dell'edilizia ad alta efficienza energetica in zona climatica mediterranea (case passive, edifici a consumo quasi zero, case in classe A, case solari per climi temperati-miti-umidi), maturando una notevole esperienza di cantiere.

Tra i più recenti lavori curati dall'architetto Conterio merita di essere segnalato il progetto di architettura e restauro bio-ecocompatibile di Palazzo Margherita a Bernalda (Mt), dimora storica di proprietà del celebre regista hollywoodiano Francis Ford Coppola.

Alcuni dei suoi progetti sono stati pubblicati su importanti libri e riviste di settore. Da sempre svolge l'attività di libero professionista e attualmente vive e lavora a Lecce.

con la tecnologia S/R, pareti in legno, ecc.) con un pacchetto costituito, quasi totalmente, da isolanti termici ad elevato spessore (anche 20-30 cm), a basso peso specifico e quindi a bassa massa di accumulo, al fine di ottenere valori di trasmittanza termica molto bassi (inferiori comunque a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$). E' comunque da considerare che tali tecniche di super-isolamento, trovano indicazione soprattutto in zone a carattere continentale dove i consumi per il riscaldamento invernale prevalgono nettamente su quelli per il raffrescamento estivo. Inoltre, mentre nel periodo invernale il requisito principale è la protezione del trasferimento del calore dagli ambienti interni all'esterno, durante il periodo estivo, uno dei requisiti è quello dello smaltimento, di notte, del sovraccarico termico accumulato durante il giorno: purtroppo, questa tipologia di involucro "iperisolata", essendo caratterizzata da una bassa massa termica e quindi da una limitata inerzia termica, non permette di "scaricare" adeguatamente nelle ore notturne, il calore accumulato durante il giorno innescando, così, un processo di surriscaldamento.

In area climatica mediterranea tale fenomeno di sovraccarico termico risulta molto spesso irreversibile se non vi è, nella costruzione, un perfetto controllo delle fonti di irraggiamento solare (effetto serra) ed una adeguata gestione degli apporti gratuiti di calore all'interno dell'edificio (persone, elettrodomestici ed apparecchiature elettriche, illuminazione artificiale, ecc.). Oltretutto, con questa tipologia di involucro, non è possibile sfruttare i benefici dei sistemi passivi di riscaldamento, vista la limitatezza e, in alcuni casi, la totale mancanza, di superfici dotate di massa di accumulo termico in grado, quindi, di accumulare il calore quando necessario, per poi distribuirlo

agli spazi interni quando l'effetto del guadagno solare cessa. Anche per quanto riguarda il raffrescamento passivo, la massa di accumulo termico appare necessaria in quanto potrebbe essere sfruttata come vero e proprio pozzo termico.

A questi inconvenienti si è cercato di porre rimedio mediante l'adozione di elementi strutturali dotati di massa di accumulo termico (come ad esempio solai, pavimenti, corpi scala in cemento armato, ecc.) e/o l'impiego nella stratificazione delle tamponature esterne, di materiali dotati di una maggiore densità e/o calore specifico (ad esempio pannelli in legno massiccio tipo X-LAM, lana di legno e fibra di legno ad alta densità, fibra di legno mineralizzata, fibre di cellulosa o canapa, etc). Ma il ricorso a tali soluzioni, anche se in alcuni casi consente di raggiungere degli ottimali valori di trasmittanza termica periodica e dei valori di sfasamento ed attenuazione più che accettabili, non permette, comunque, di raggiungere degli adeguati valori di massa termica (uguale o superiore a 330 kg/m^2), di capacità termica areica interna periodica e di ammettenza interna estiva: infatti un involucro edilizio caratterizzato da una scarsa ammettenza interna e da una insufficiente capacità termica areica interna periodica, (che in parole povere rappresenta la capacità di un componente edilizio di accumulare i carichi termici provenienti dall'interno) può innescare, all'interno dell'edificio, dei fenomeni di surriscaldamento sia nella stagioni estive che nelle stagioni intermedie, soprattutto in ambienti con alto indice di affollamento, e, quindi determinare delle condizioni di discomfort termico.





Né, tanto meno, è pensabile concepire un involucro edilizio caratterizzato dall'accoppiamento di tali materiali isolanti ad alta densità con altri materiali dotati di una ancora più elevata massa termica (come, ad esempio mattoni, pietra naturale, terra cruda, etc): infatti, al fine di raggiungere i bassi valori di trasmittanza termica richiesta per una casa passiva ($U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$), lo spessore complessivo dell'involucro edilizio sarebbe talmente elevato, in molti casi anche superiore ai 70 cm, da rendere antieconomico l'investimento, considerato che tutti i materiali isolanti ad alta densità, hanno, purtroppo, anche un inadeguato valore di conducibilità termica che obbliga, inevitabilmente, all'impiego di elevati spessori.

Da queste considerazioni emerge che la progettazione di una casa passiva in area climatica mediterranea dovrebbe essere caratterizzata da:

- a) un involucro edilizio dotato di un'elevata massa di accumulo termico e, comunque, non minore di 330 kg/m^2 , opportunamente combinato con materiali isolanti

caratterizzati sia da una bassa densità che, soprattutto, da una bassa conducibilità termica: è proprio il poliuretano espanso Stiferite GT, il materiale isolante che meglio si adatta a queste esigenze poiché consente di raggiungere, anche con uno spessore complessivo della parete minore di 45 cm, delle trasmittanze termiche (U) inferiori ai $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- b) un tetto o copertura piana del tipo ventilato, caratterizzato da un valore di trasmittanza termica comunque inferiore a quanto consigliato dallo standard tedesco Passivhaus, ($U \leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$), in modo da limitare il più possibile, nel periodo estivo, la trasmissione del calore incidente dovuto all'irraggiamento solare.
- c) un solaio contro-terra debolmente isolato ed, in alcune zone climatiche, senza isolamento termico, ovvero con valori di trasmittanza termica nettamente superiori a quanto consigliato dallo standard Passivhaus ($U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$), in modo da favorire, nel periodo estivo, un adeguato scambio termico con il terreno (raffrescamento passivo).
- d) la protezione ed il controllo dell'irraggiamento solare attraverso un adeguato dimensionamento delle aperture vetrate, con una percentuale di superficie vetrata di molto inferiore rispetto a quanto consigliato dallo standard tedesco Passivhaus, soprattutto per le facciate orientate ad est,

sud/est, ovest, nord/ovest e nord. Inoltre, assume un'importanza fondamentale, la dotazione di schermature solari esterne ed orientabili e, comunque, controllate da sistemi di Building Automation.

- e) valori delle infiltrazioni d'aria, della permeabilità all'aria degli infissi e della trasmittanza delle finestre U_w , molto meno restrittivi rispetto a quanto previsto per i climi temperati-continentali e, comunque, rispetto a quanto stabilito dallo standard Passivhaus. Anche l'impiego di infissi con vetrocamera costituito da triplo vetro basso emissivo e/o selettivo al posto del doppio vetro basso emissivo, così come i valori del fattore solare del vetro, sono attentamente da valutare e ponderare sulla base delle condizioni microclimatiche locali.
- f) l'adozione di adeguati sistemi di raffreddamento per ventilazione, irraggiamento notturno ed evaporazione, ricorrendo comunque a sistemi meccanici di ventilazione meccanica controllata (VMC) a doppio flusso con recupero di calore ad alta efficienza e, in alcuni casi, anche alla sola Ventilazione Meccanica Controllata a semplice flusso senza recupero di calore. Tuttavia alle nostre latitudini ed in particolari condizioni microclimatiche, (ad esempio in aree a limitata escursione termica tra le ore diurne e notturne, "isole di calore", zone caratterizzate da elevati tassi di umidità relativa, ecc.) è anche indispensabile l'installazione di sistemi meccanici di deumidificazione e/o climatizzazione estiva, in quanto, il solo raffrescamento naturale e la ventilazione meccanica controllata risultano molto spesso inadeguati e comunque insufficienti a garantire le ottimali condizioni di comfort termico in alcune giornate estive particolarmente calde.

Edifici passivi e isolanti termici

Perché scegliere il poliuretano

Oggi più che mai, alla luce delle maggiori esigenze di efficienza energetica degli edifici, la scelta del materiale isolante deve essere operata con grande attenzione, valutando prestazioni, sicurezza nell'impiego, durata nel tempo e, se possibile, anche l'entità degli impatti ambientali dovuti alla produzione, trasporto e messa in opera dell'isolante stesso.

I pannelli Stiferite in schiuma polyiso sono, a parità di spessore, gli isolanti termici più efficaci, sono disponibili in una gamma completa in grado di soddisfare le diverse esigenze applicative e, da oltre 40 anni, garantiscono sicurezza e risparmio energetico.

Utilizzare i pannelli Stiferite significa ottenere elevate prestazioni con spessori di molto inferiori a quelli previsti da materiali meno performanti.

Un vantaggio che si traduce in maggiore spazio abitativo, minori costi di trasporto e messa in opera, minori quantitativi di risorse e materiali impiegati per realizzare i nostri edifici, limitando così il loro impatto ambientale in fase di realizzazione, di esercizio e di dismissione.

Anche i recenti progetti condotti su strutture edilizie passive/attive (zero energy building) hanno evidenziato come attraverso gli isolanti termici Stiferite, caratterizzati da elevata efficienza e ridotta massa volumica, si possano limitare gli oneri economici ed ambientali dovuti a strutture portanti, sistemi di fissaggio, trasporti e lavorazione.

I molti studi disponibili (cfr. ANPE - Life CycLe Assessment, Stiferite - LCA e EPD) relativi agli impatti ambientali degli isolanti poliuretanicici dimostrano che il consumo di risorse determinato dalla produzione del poliuretano viene restituito all'ambiente, sotto forma di risparmio energetico, già nel corso della prima stagione di riscaldamento (v. tabella).



Milano
Copertura a falda con solaio in latero cemento - 100 m²
Stima dei consumi di risorse e dei risparmi energetici determinati dall'isolamento in poliuretano*

Trasmittanza (U) della struttura esistente	1,46 W/m ² K	ΔU = 1,18 W/m ² K
Trasmittanza (U) della struttura isolata con 80 mm di poliuretano	0,28 W/m ² K	
Utilizzo di risorse per la produzione dell'isolante in poliuretano	23.470 MJ	1° anno + 7160 MJ
Risparmi energetici annui	30.639 MJ	eq. -372 kg CO ₂
Risparmi energetici per 50 anni di esercizio	1.531.969 MJ	+ 1508499 MJ eq - 78441 kg CO ₂
* Metodo di valutazione elaborato da ENEA		

Nell'ipotesi riportata si prevede un livello di isolamento standard, corrispondente agli attuali limiti normativi; è evidente che il tempo di ammortamento delle risorse impiegate si ridurrebbe ulteriormente considerando i livelli di trasmittanza, assai più severi, previsti per le strutture di edifici passivi.

Qualora l'isolamento della casa di Trezzo Tinella fosse stato realizzato con un altro isolante non sintetico, avente conducibilità termica 0.040 W/mK e massa volumica di 80 kg/m³, il consumo di risorse per realizzare l'isolamento sarebbe stato superiore al 60% (v. tabella), anche ipotizzando l'impiego di un materiale con un consumo di risorse per chilogrammo di prodotto molto contenuto (40 MJ/kg contro i 92 MJ/kg del poliuretano).

Il valore di GER indicato (Global Energy Requirement) comprende l'estrazione delle materie prime, il loro trasporto, il processo di produzione e l'imballaggio e non tiene in considerazione gli oneri e le emissioni relative ai trasporti, dal luogo di produzione al cantiere.

Tali costi ambientali ed economici, considerando l'efficienza energetica del prodotto non sintetico e, di conseguenza, il suo spessore e la sua massa volumica, sono superiori al doppio rispetto a quelli relativi con l'isolamento di poliuretano.

Basti pensare che sono stati necessari solo due autotreni per trasportare il poliuretano al cantiere di Trezzo Tinella contro i quattro che si sarebbero dovuti impiegare per il trasporto dell'isolante non sintetico.

Il cantiere di Trezzo Tinella e gli impatti ambientali
La scelta del materiale isolante

Materiale	Conducibilità termica dichiarata λ _D	Massa volumica	Volumi necessari	Peso complessivo	Consumo risorse GER
Poliuretano espanso rigido con rivestimenti gastight	0,024 W/mk	36 kg/m ³	150,23 m ³	5408 kg	497536 MJ (92 MJ/kgPU)
Altro materiale isolante non sintetico	0,040 W/mk	80 kg/m ³	250,38 m ³	20030 kg	801200 MJ (ipotizzando 40 MJ/kg)

Oltre ai vantaggi ambientali, va sottolineato che, se fosse stato scelto l'isolante non sintetico, lo spessore e la massa di isolante necessari a raggiungere i diversi livelli di trasmittanza previsti per le strutture sarebbero stati decisamente superiori (vedi tabella); tanto da rappresentare un problema significativo nella scelta delle strutture portanti, nei sistemi di fissaggio e nelle lavorazioni. L'isolamento di 25 cm di poliuretano espanso rigido con conducibilità dichiarata λ_D = 0.024 W/mK pesa solo 9 kg/m²; mentre, i 42 cm di isolante non sintetico con λ_D = 0.040 W/mK, necessari ad ottenere la medesima trasmittanza termica, pesano 33.6 kg/m², pari a circa 4 volte quello dell'isolante Stiferite.

Il cantiere di Trezzo Tinella e le scelte progettuali e cantieristiche
La scelta del materiale isolante

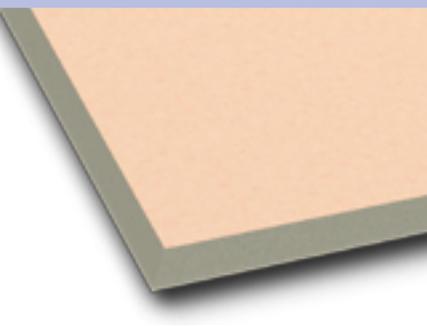
struttura	Trasmittanza richiesta U (W/m ² K)	Spessore (cm) e peso (kg/m ²) dell'isolante Stiferite λ _D =0.024 W/mK	Spessore (cm) e peso (kg/m ²) di un isolante non sintetico λ _D =0.040 W/mK
A – parete	0.10	25 cm - 9 kg/m ²	42 cm - 33.6 kg/m ²
B – parete	0.09	25 cm - 9 kg/m ²	42 cm - 33.6 kg/m ²
B – copertura	0.09	20 cm - 7.2 kg/m ²	34 cm - 27.2 kg/m ²
C – parete	0.08	25 cm - 9 kg/m ²	42 cm - 33.6 kg/m ²

La scelta di utilizzare prodotti isolanti Stiferite premia inoltre anche la prestazione della durabilità: mediante, l'impiego degli isolanti termici di poliuretano espanso si evitano, infatti, costosi e impattanti interventi di riparazione o sostituzione, dovuti alla scarsa durata dei materiali.

Sulla base di queste valutazioni tutte le strutture opache della casa di Trezzo Tinella sono state isolate termicamente con pannelli Stiferite GT: un pannello di ultima generazione che unisce alle prestazioni della schiuma polyiso quelle del particolare rivestimento gastight Duotwin®.

Di seguito una sintesi delle caratteristiche e delle principali prestazioni.

Stiferite GT



Stiferite GT è un pannello sandwich costituito da un componente isolante in schiuma polyiso, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC, con rivestimento Duotwin® su entrambe le facce.

Dimensioni Standard: mm 600 x 1200

Spessori Standard: da 20 a 120 mm

Principali applicazioni

Isolamento di coperture a falde o piane sotto manti sintetici

Isolamento di pareti

Isolamento di pavimenti

Conducibilità Termica Dichiarata	[UNI EN13165 Annessi A e C]	$\lambda_D = 0,024 \text{ W/mK}$
Massa volumica del pannello	Valore medio comprensivo dei rivestimenti	36 kg/m ³
Resistenza a compressione	Determinata al 10% di schiacciamento [EN 826]	da 130 a 150 kPa in funzione dello spessore
Euroclasse di reazione al fuoco	[EN 13501 -1] - [EN 13501 -2] [EN 13823 -SBI]	F
Calore Specifico		1453 J/kg °C
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore	[EN 12086]	$\mu = 148 \pm 24$
Assorbimento d'acqua	Immersione totale per 28 gg [EN 12087]	inferiore al 1% in peso
Fonoisolamento acustico a parete	[UNI EN ISO 140-3] [UNI EN ISO 717-1] per stratigrafie valutate v. scheda tecnica	54 - 53 dB
Stabilità alla temperatura	Utilizzabili per temperature continue comprese fra -40 °C e +120 °C.	

Da Casa Passiva a Attiva

L'esempio di Trezzo Tinella (CN) dimostra come sia possibile, ed economicamente sostenibile, realizzare case confortevoli, ad elevati standard di isolamento termico ed energetico, mediante l'accurata scelta e combinazione di materiali e tecnologie.

L'impresa Edilio ha voluto migliorare lo standard di casa passiva costruendo un edificio in grado di produrre energia mediante l'impiego massivo e cooperativo di apporti energetici rinnovabili e disponibili sul territorio circostante la costruzione (fotovoltaico, mini-eolico, mini-idroelettrico) in grado così di coprire interamente il già minimo fabbisogno energetico dell'edificio, azzerando le emissioni di anidride carbonica e rendendolo completamente autonomo.

Nel caso specifico le caratteristiche morfologiche del territorio e l'entità dell'investimento nelle fonti rinnovabili hanno consentito di produrre un surplus di energia elettrica rivendibile al gestore della rete nazionale, che giustifica il meritato appellativo di "edificio attivo".

L'impresa ha, inoltre, posto particolare attenzione alla gestione dell'aspetto economico: i costi complessivi sono risultati di poco superiori a quelli di una casa tradizionale (+9 %) e comunque ammortizzabili in pochi anni grazie ai risparmi energetici e attraverso la rendita generata dalla vendita dell'elettricità al gestore della rete nazionale.

Ciò consente di poter considerare la realizzazione di edifici "zero energy building", o meglio ancora, di edifici attivi, come un'autentica forma di investimento e di produzione di rendita.

Committente e Impresa Costruttrice :

Edilio s.r.l. di Dott. Giovanni Cagnoli – Osio Sotto (Bg)

Location e selezione immobili: **Arch. Silvia Gioelli - Trezzo Tinella (Cn)**

Progettazione architettonica: **Arch. Paolo Corona – Milano**

Calcoli e opere in c.a.: **Ing. Giovanni Battista Scolari – Curno (Bg)**

Progetto impianto termico, idraulico ed elettrico: **Advanced Engineering s.r.l. – Milano**

Certificazione energetica PHPP:

Ing. Michele De Beni per TBZ Centro di Fisica Edile – Bolzano - Modena

Trezzo Tinella: da passiva a attiva



Trezzo Tinella Specifiche progettuali degli edifici passivi e dell'edificio attivo

Specifiche progettuali	Limiti case passive	Casa attiva Trezzo Tinella
Fabbisogno specifico utile per riscaldamento	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	2 kWh/m ² a
Fabbisogno specifico utile per raffrescamento	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	0 kWh/m ² a
Fabbisogno specifico primario totale	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	66 kWh/m ² a
Tenuta all'aria (n_{50} numero di ricambi d'aria per una differenza di pressione pari a 50Pa)	$\leq 0,6\text{h}^{-1}$	0,6h ⁻¹
Temperatura superficiale interna minima	$> 17^\circ \text{C}$	20° C
Rendimento di recupero minimo degli impianti	75,0%	89,6%
Massimo consumo di corrente elettrica dell'impianto di ventilazione	$\leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$	0,4 Wh/m ³
Ponti termici "eliminati" Ψ	$< 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$	0 W/m ² K
Ponti termici "considerabili" Ψ	$< 0,025 \text{ W/m}^2\text{K}$	0 W/m ² K
Trasmittanza complessiva del serramento montato U_{Window}	$< 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,74 W/m ² K
Trasmittanza massima delle strutture opache		
Parete esterna	0,15 W/m ² K	0,10 W/m ² K
Copertura	0,13 W/m ² K	0,09 W/m ² K
Solaio vs. cantina non riscaldata	0,17 W/m ² K	0,11 W/m ² K
Parete vs. terreno	0,18 W/m ² K	-
Pavimento vs. terreno	0,20 W/m ² K	-
Solaio sopra aria	0,15 W/m ² K	0,11 W/m ² K
Solaio vs. sottotetto non riscaldato	0,15 W/m ² K	-
Parete vs. sottotetto non riscaldato	0,15 W/m ² K	-

Progettazione architettonica

Le scelte architettoniche: rapporto col contesto e articolazione volumetrica

Il principio guida del progetto è stato quello della valorizzazione del rapporto dell'edificio con il contesto, inteso sia come contesto storico, rappresentato dalle tradizioni costruttive locali sia come contesto naturale, che offre eccezionali risorse con le quali l'architettura non può che ricercare un dialogo.

Queste riflessioni hanno condotto a scelte formali caratterizzate dall'articolazione dei volumi dell'edificio, che si differenziano nell'uso dei materiali, e che, con la loro disposizione nello spazio, permettono, grazie anche all'attento studio delle aperture, la totale fruizione delle bellezze paesaggistiche circostanti.

Dal rispetto per la tradizione la scelta di mantenere, per il corpo principale, la sagoma dell'edificio preesistente con le forme architettoniche locali tipiche dei cascinali delle Langhe, che però si espandono, inglobandoli, con i volumi, più contemporanei, del vano scale e della sera bioclimatica. L'attenzione per le tradizioni locali ha guidato anche la scelta dei materiali di finitura che, pur





nell'alternanza di legno, pietra e murature intonacate, conferma il suo legame con gli stilemi architettonici del territorio.

Un'articolazione di volumi e di materiali che ben dimostra come sia possibile concepire edifici a bassissimo consumo energetico dalle forme complesse, che dialogano col contesto e le sue peculiarità, superando il preconetto, spesso ancora oggi diffuso nel nostro Paese, che associa alla Casa Passiva l'idea di volumi di forma cubica, astratti dal contesto e rigidamente legati a precisi schemi tipologici.



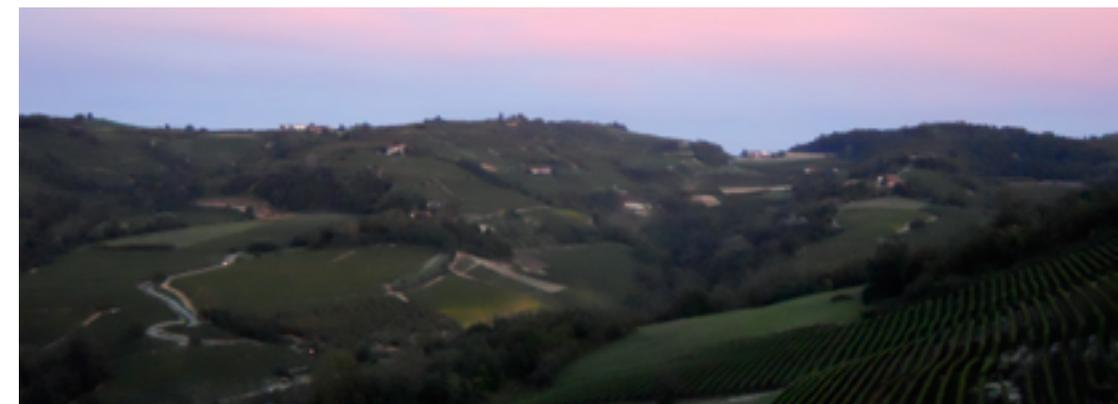
Nel progetto di Trezzo Tinella l'attenzione alle scelte architettoniche e paesaggistiche è stata tale da imporre, accanto all'articolazione volumetrica, anche l'apertura di una vetrata sul fronte nord che, pur rappresentando un obiettivo ostacolo per l'efficienza energetica dell'involucro, consente una splendida inquadratura della pianura e del più lontano Monte Rosa.

Particolare cura è stata posta nella progettazione dell'involucro, costituito da strutture murarie diversificate per ciascuno dei tre volumi che costituiscono l'edificio. Accanto alla tradizionale stratigrafia a doppia muratura in laterizio, nella quale però sono stati completamente risolti i ponti termici, si sono usate innovative strutture a secco, sia in legno e sia in acciaio, nelle quali l'impiego di materiali isolanti di ultima generazione ha permesso di ottenere valori di trasmittanza estremamente contenuti con spessori ridotti.

Il paesaggio

La casa unifamiliare sorge sul sito di una precedente abitazione rurale, priva di valore storico e architettonico, demolita a causa di cedimenti strutturali e di un generale stato di degrado.

L'edificio è ubicato sulla sommità di una collina ed è circondato dalle vigne delle Langhe, in un contesto che offre una incantevole vista sulla pianura sottostante e, all'orizzonte, fino alle Alpi e al Monte Rosa.



La progettazione dei volumi e la distribuzione degli spazi interni è stata orientata sia allo sfruttamento massivo delle risorse di energia rinnovabile disponibili sia ad assicurare a tutti gli ambienti il godimento del paesaggio collinare. L'assenza di ombreggiature e l'ubicazione in una zona particolarmente ventosa hanno permesso di usufruire, come fonti di energia rinnovabile, sia dell'ottimo livello di irraggiamento solare che del contributo eolico.

Impianti e fonti rinnovabili: il concetto di comfort

Il progetto ha previsto la realizzazione di un sistema integrato di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili costituito da tre elementi:

- un sistema geotermico orizzontale a scambio con il terreno, basato su una pompa di calore a compressione;
- una sezione mini eolica ad asse verticale che sfrutta la brezza esistente;
- una sezione fotovoltaica completamente integrata nella falda sud della copertura dell'edificio.

Le scelte dei sistemi impiantistici sono state guidate dall'obiettivo di realizzare il massimo comfort nell'uso dell'abitazione.

Il sistema di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore e preriscaldamento o preraffrescamento geotermico tipico delle Case Passive tradizionali è stato quindi integrato con un sistema puntuale di riscaldamento e raffrescamento a pannelli radianti che consente di ottenere condizioni di elevato comfort anche in condizioni ambientali critiche o di uso discontinuo dell'edificio.

I due sistemi sono stati perfettamente integrati anche grazie al ricorso alla domotica e ciò consente di non innalzare il fabbisogno energetico complessivo, coperto integralmente dall'energia prodotta dalle fonti rinnovabili, ottenendo allo stesso tempo una maggiore flessibilità e comodità nell'uso dell'edificio.

E' dunque il sistema edificio – impianto che si adatta all'utenza che lo abita e non viceversa; una prerogativa necessaria a far sì che la scelta di realizzare edifici ambientalmente sostenibili ed energeticamente autonomi si coniughi con un miglior comfort abitativo ed una migliore qualità di vita.

Le scelte planimetriche

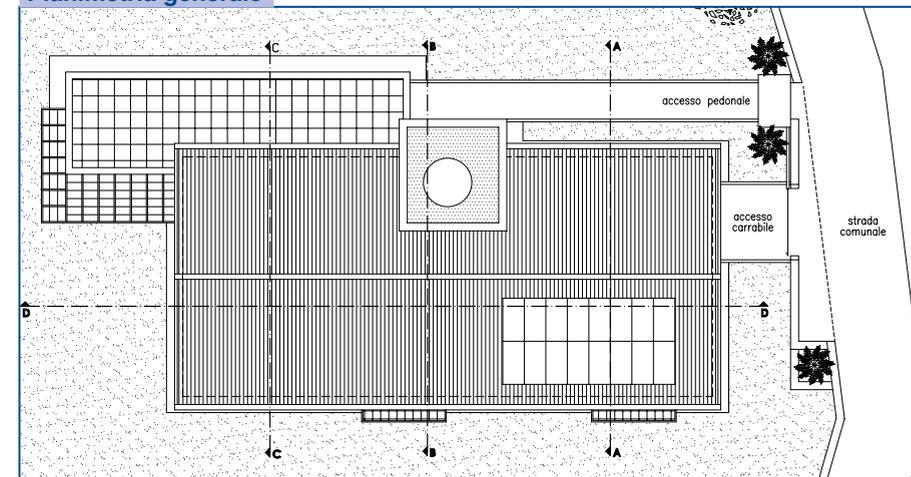
Come evidenziano le piante l'edificio è stato suddiviso in 3 volumi distinti, allo scopo di ottimizzare i fabbisogni energetici in ragione dell'uso dei differenti corpi.

Il corpo principale ospita la zona giorno, caratterizzata dal doppio volume del soggiorno e della grande vetrata angolare che si affaccia a sud-ovest in modo da aumentare gli apporti solari invernali e l'illuminazione naturale.

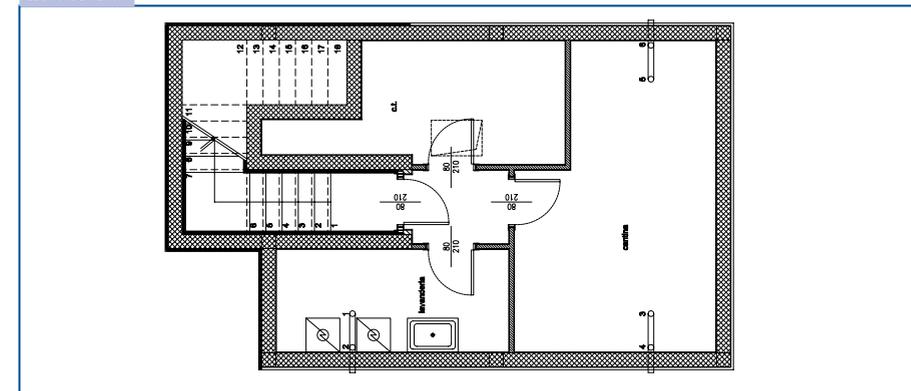
Le camere da letto e lo studio si affacciano, invece, a sud-est per beneficiare della luce del mattino; mentre, il vano scala e gli spazi accessori che costituiscono un corpo secondario dell'edificio, si affacciano a nord, lato più freddo e privo di particolari necessità.

Il terzo corpo realizzato ad un solo piano, è una serra bioclimatica. Essa presenta una finestra volta a nord, in modo da offrire una splendida vista sulla pianura e sulle Alpi.

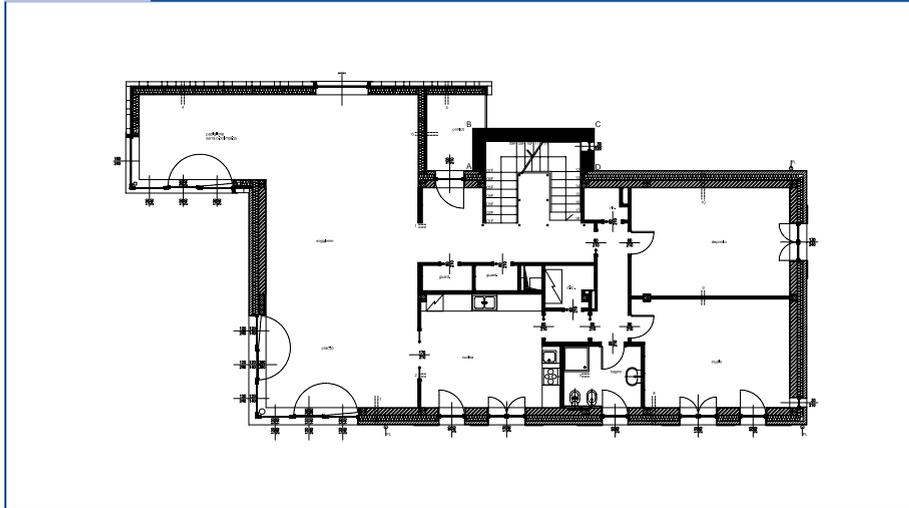
Planimetria generale



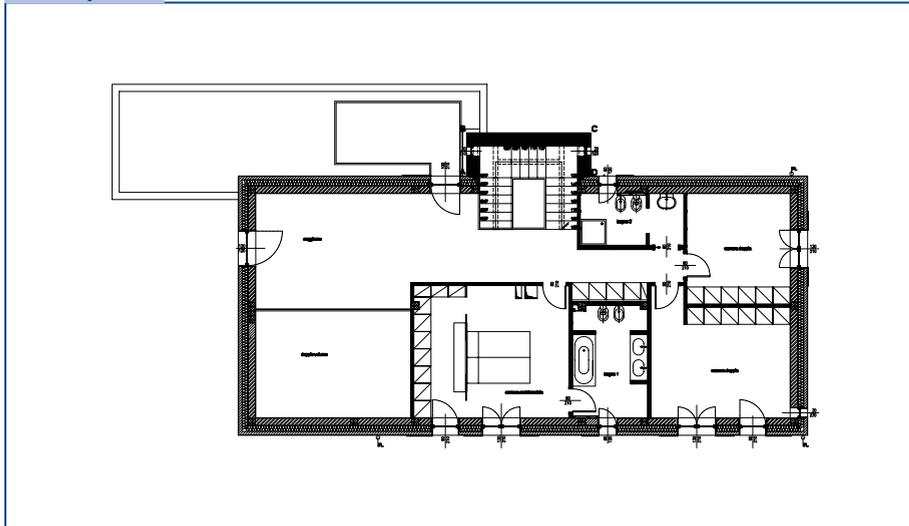
Interrato



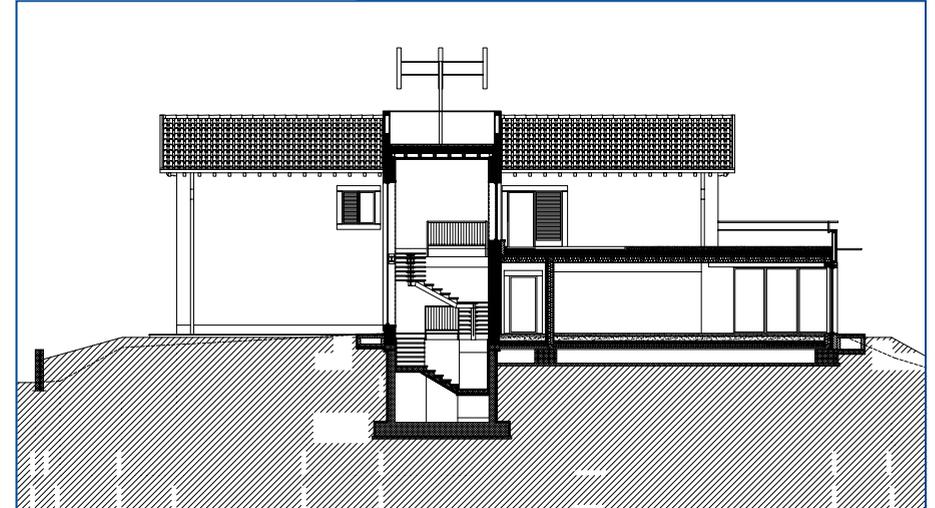
Piano terra



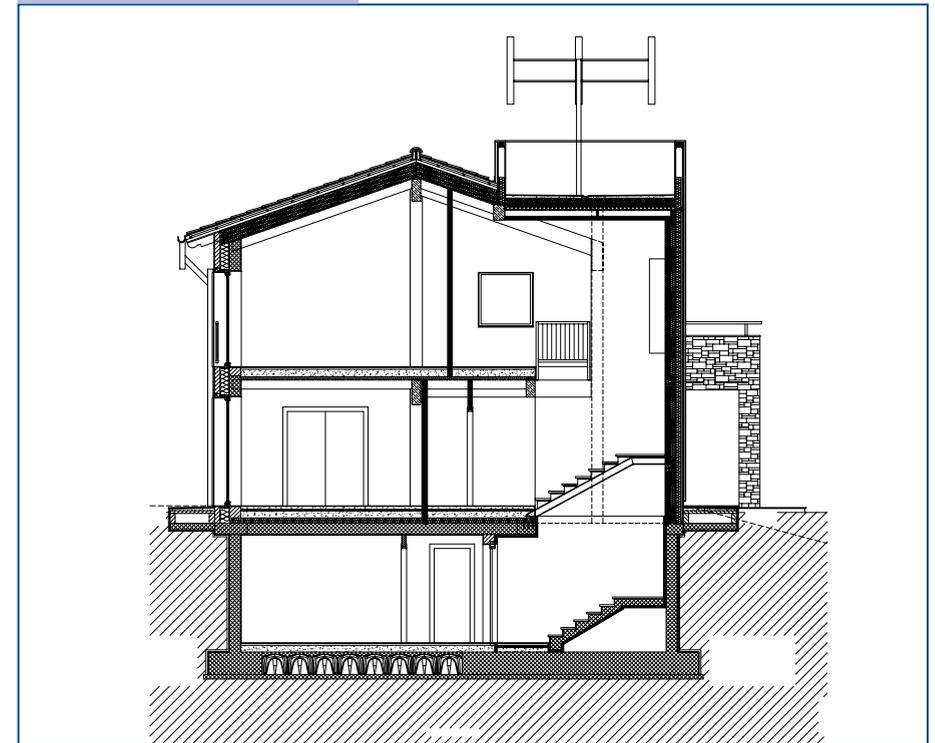
Primo piano



Sezione orientamento Nord



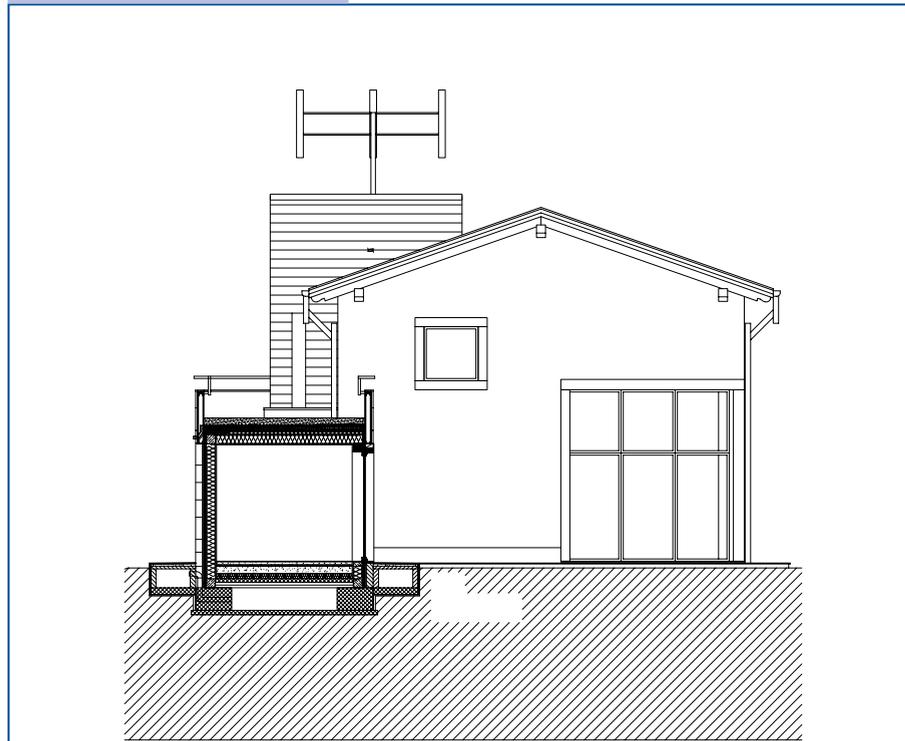
Sezione orientamento Est



Sezione orientamento Sud



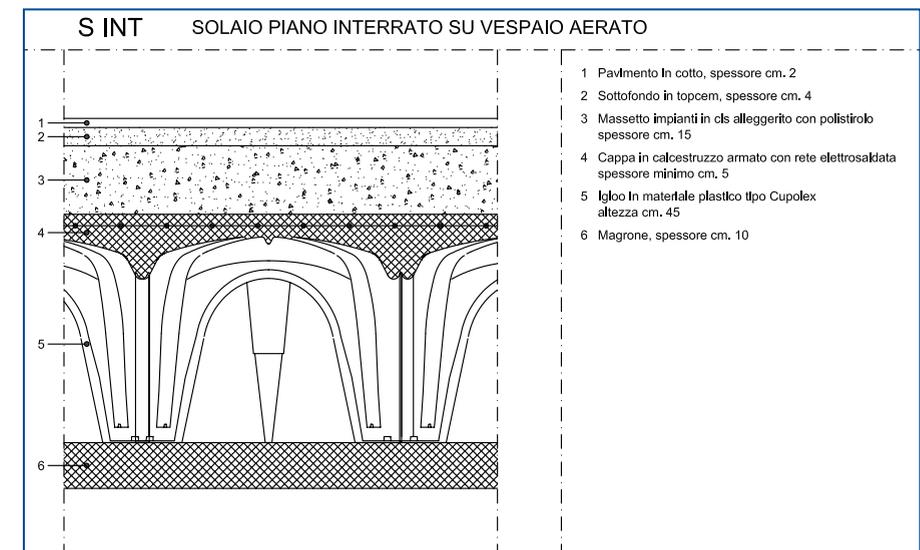
Sezione orientamento Ovest



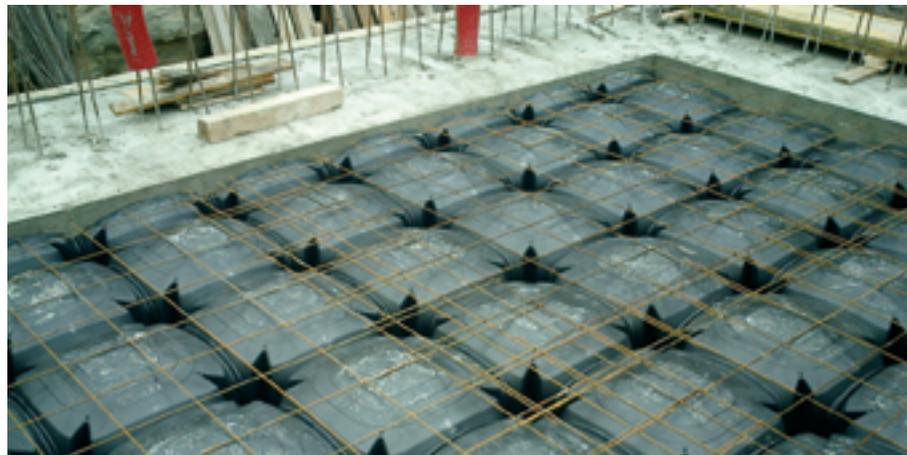
Strutture e tecniche costruttive

Fondamenta

L'interrato ed il piano terra, considerata la consistenza del terreno, sono stati realizzati con una soluzione di fondazione continua sotto muratura a travi rovesce di sezione, 80 cm x 100 cm, all'interno della quale è stato realizzato un vespaio aereato realizzato tramite igloo ed opportuni canali per il passaggio dell'aria.



Strutture
e tecniche
costruttive

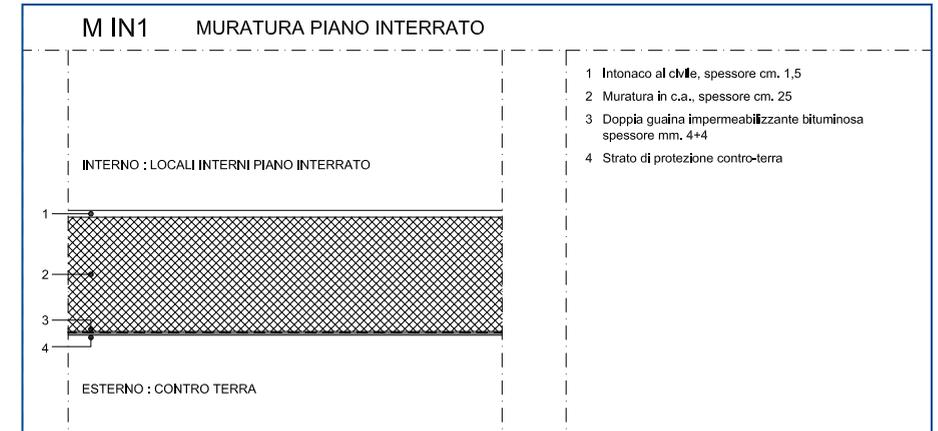


Interrato

Il vano interrato è stato escluso dal bilancio energetico dell'abitazione; in quanto, rappresenta l'unico volume della casa non riscaldato. L'isolamento verso l'esterno si ferma, infatti, in adiacenza alla porta d'ingresso al vano stesso.

In questo volume è stata inserita la lavanderia, la centrale termica e la cantina. La parte del vano scale che accede all'interrato e che si trova completamente al di sotto del livello campagna, è stata completamente isolata dall'interno isolando sia le pareti perimetrali della scala (tramite l'impiego di pannelli di poliuretano Stiferite GT spessore 80 mm accoppiati sul lato interno a lastre di cartongesso per la finitura) sia la scala stessa, la cui struttura è stata gettata su pannelli in poliuretano Stiferite GT spessore 50 mm utilizzati come casseri a perdere.

La porta d'ingresso al vano interrato è stata realizzata con un serramento in PVC ad alte prestazioni e vetri basso emissivi.



Piano terra e primo

Il piano terra costituisce la zona giorno dell'abitazione. In esso sono stati collocati il soggiorno, la zona pranzo, la zona lettura, la cucina con relativa dispensa, un bagno di servizio, uno studio ed un laboratorio.

Il primo piano è destinato alla zona notte; in esso sono state collocate tre camere da letto, due bagni e una zona che si affaccia al soppalco.

Piano terra e primo piano rappresentano il volume riscaldato della casa per il quale è stato calcolato il bilancio termico.

Dall'analisi delle sezioni e dei nodi critici è stata data continuità totale all'involucro termico in modo da risultare ininterrotto non solo nelle murature di elevazione, ma anche nei punti di raccordo tra le diverse tipologie costruttive utilizzate nei tre volumi della casa, tra solaio verso terra e muratura in elevazione e tra muratura di elevazione e tetto.

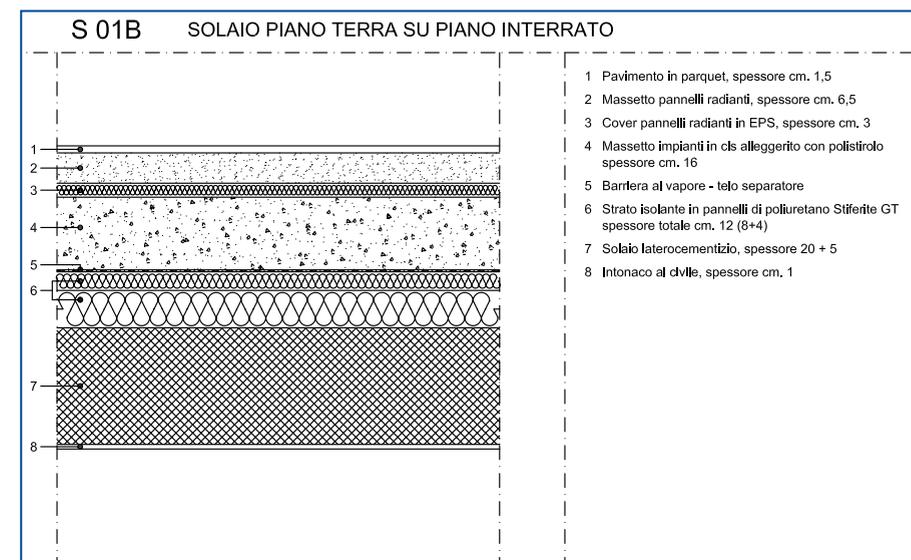
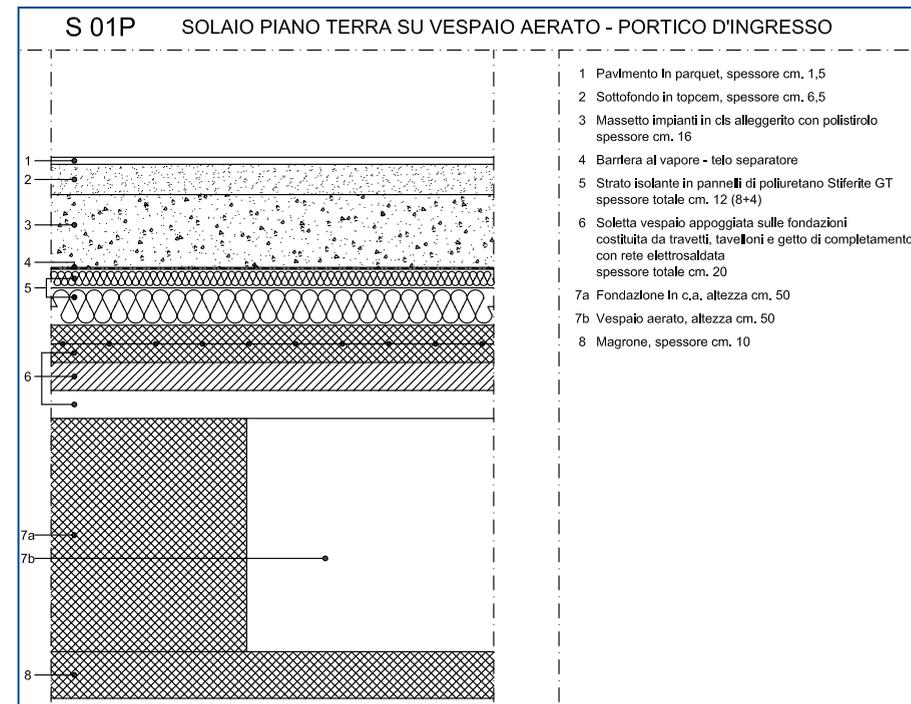
Solaio piano terra

Per limitare al minimo gli scambi termici verso il terreno, a pavimento sono stati posati 120 mm di poliuretano espanso rigido Stiferite GT a conducibilità termica dichiarata $\lambda_D = 0,024 \text{ W/mK}$ che, oltre a garantire l'eccellente isolamento termico, offrono una resistenza alla compressione pari a 150 kPa al 10% della deformazione ed una resistenza alla compressione in regime elastico (2% della deformazione) superiore a 5000 kg/m² (50 kPa), tali da garantire massetti stabili e sicuri.

La posa delle lastre isolanti è stata effettuata in due strati: un primo strato costituito da pannelli dello spessore di 40 mm e un secondo strato, sfalsato rispetto al primo in modo da evitare che i giunti fossero continui, costituito da pannelli dello spessore di 80 mm.

Particolare attenzione è stata riservata alla riduzione del ponte termico nel punto di collegamento tra fondazione e muratura in elevazione. Questo punto critico è stato risolto mediante l'utilizzo di lastre di vetro cellulare a $\lambda_D = 0,045 \text{ W/mK}$ dello spessore di 120 mm tagliate a larghezza pari a quella della muratura in Poroton di spessore 25 cm e posizionate alla base della muratura ed alla medesima quota dell'isolante posto a pavimento (vedi dettaglio foto).

Questa soluzione ha permesso di ottenere continuità di isolamento termico tra l'isolante posto a pavimento e l'isolante posato a cappotto sulle murature di elevazione della facciata.





Solaio
Trasmittanza termica
 $U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pareti perimetrali corpo principale

La muratura perimetrale della casa è stata realizzata mediante l'utilizzo di blocchi poroton V45 portanti dello spessore di 25 cm, i quali collaborano a livello statico con dei pilastri in cemento armato del medesimo spessore. Anche il cordolo relativo al solaio intermedio ed il cordolo relativo al tetto sono in cemento armato.

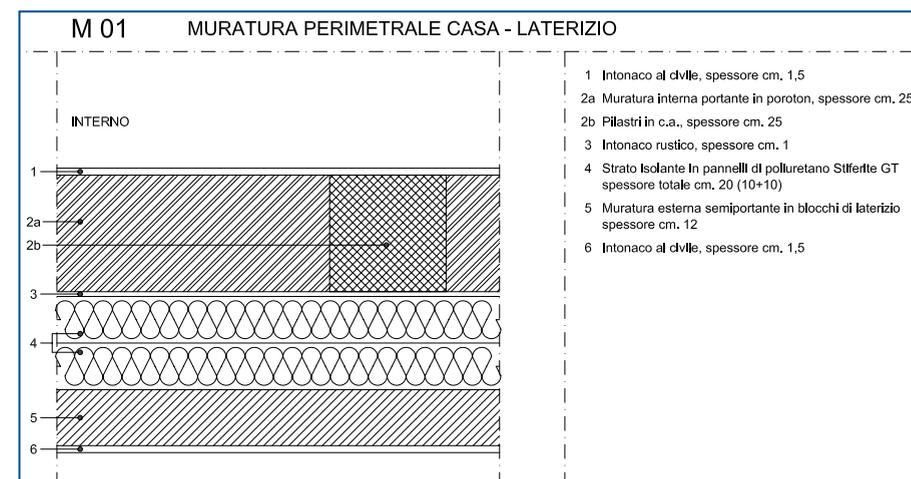
Sulla struttura esterna è stato realizzato un isolamento continuo, una seconda pelle, mediante l'impiego di pannelli in poliuretano Stiferite GT dello spessore di 100 mm posati in doppio strato sfalsato allo scopo di evitare continuità tra i giunti. Le fessure tra le lastre, generate da una posa non perfetta, sono state eliminate mediante sigillante poliuretano monocomponente.

Particolare attenzione è stata anche dedicata alla posa dell'isolante in prossimità dei telai dei serramenti che sono stati installati direttamente sul poroton (vedi sezione serramenti).

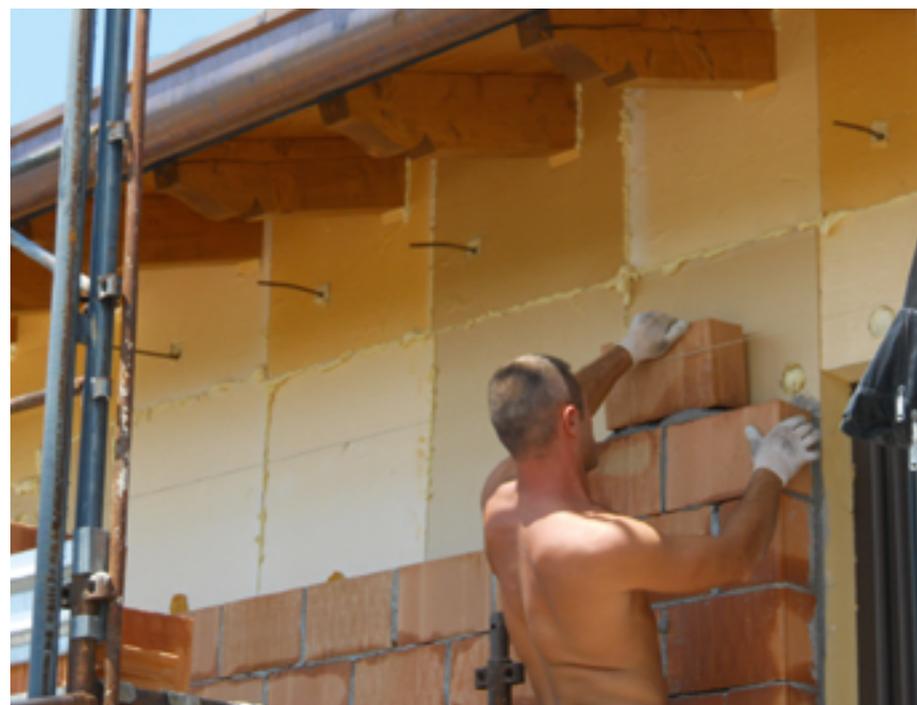
Poiché essi hanno spessore di 100 mm, è stato scelto di raggiungere uno spessore di cappotto pari a 20 cm (dettato dal calcolo del bilancio termico) in un doppio strato 10 cm + 10 cm. Questo ha consentito di arrivare con il primo strato di isolante in perfetta adiacenza e complanarità al telaio stesso e di riuscire, con il secondo strato, a sormontare di 5 cm tutti i quattro lati del telaio. Questo accorgimento ha consentito di ridurre al minimo il ponte termico che si verifica nella giunzione pareti – finestre.

A protezione dell'isolante è stato successivamente realizzata una seconda muratura costituita da blocchetti tipo svizzero di spessore 12 cm.

Questa scelta è stata effettuata sia per migliorare le prestazioni dell'involucro in regime estivo e sia per permettere di risolvere alcune problematiche relative al tradizionale cappotto sotto intonaco sottile, quali la resistenza agli urti, il fissaggio dei pluviali e l'installazione delle persiane.



Corpo principale
 Pareti Perimetrali
 Trasmittanza termica
 $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Trasmittanza termica periodica
 $Y_{ie} = 0.003 \text{ W/m}^2\text{K}$



Solaio copertura corpo principale

Per la realizzazione del solaio di copertura, è stata scelta una soluzione di tipo tradizionale nella struttura, ponendo particolare attenzione alla giunzione solaio di copertura - muri di elevazione perimetrale e allo sviluppo della gronda del tetto.

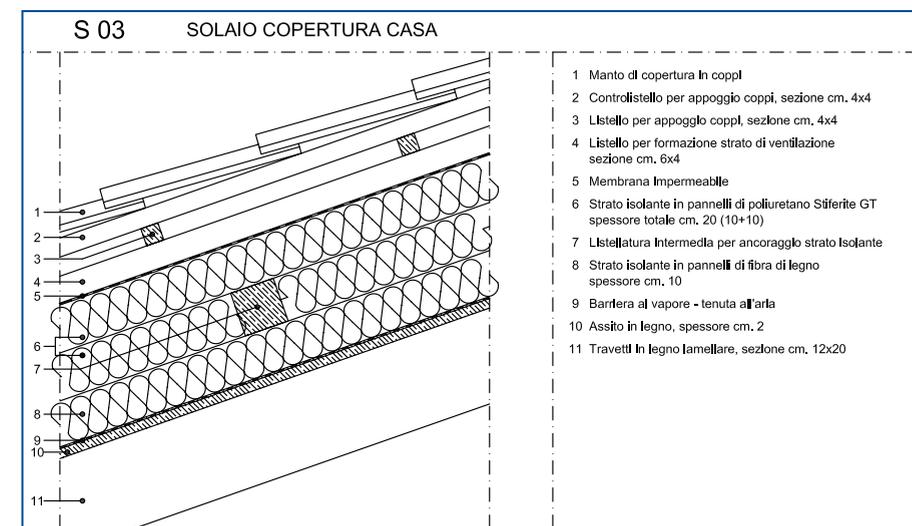
Sopra una base di assito dello spessore di 2 cm, che poggia su una orditura di legno lamellare 12 cm x 20 cm, è stato posato il telo barriera vapore - tenuta all'aria con l'accorgimento di sigillare ogni giunzione tra telo e struttura perimetrale della casa ed ogni eventuale altro foro passante attraverso il solaio di copertura tramite apposite bandelle/nastri di tenuta all'aria.

Allo scopo di ottenere benefici acustici, la copertura è stata realizzata sovrapponendo materiali con proprietà fisiche differenti. Il primo strato di isolante posato è stato realizzato con pannelli di fibra di legno aventi conducibilità pari a 0,040 W/mK, massa volumica pari a 180 kg/m³ e spessore 100 mm.

Il fissaggio dei morali della gronda è stato realizzato meccanicamente mediante viti autofilettanti lunghe 40 cm, poste direttamente sui travetti costituenti l'orditura del tetto. In questo modo è stato risolto il problema dell'interruzione di isolante nella giunzione muro perimetrale e copertura, generando anche una gronda di protezione alla facciata. L'isolamento del tetto è stato completato con un doppio strato ad elementi sfalsati di pannelli Stiferite GT di spessore 100 mm.

La copertura è stata impermeabilizzata con un telo sottotegola impermeabile; destinato a raccogliere eventuali infiltrazioni dal manto in laterizio.

Quest'ultimo è stato posato al di sotto della struttura di travetti che costituisce la camera di ventilazione, utile a smaltire il calore sottotegola che si forma nelle giornate di elevata insolazione.



Corpo principale
Copertura a falda
Trasmittanza termica
 $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
Trasmittanza termica periodica
 $Y_{ie} = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$



Pareti vano scala

Il volume relativo al vano scala è stato realizzato su una struttura a secco il cui dimensionamento è stato effettuato dal fornitore stesso sulla base delle indicazioni fornitigli e delle prestazioni termiche attese che, in questo caso, dovevano raggiungere una trasmittanza inferiore o uguale a $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Sulla base di questa esigenza, il fornitore ha opportunamente dimensionato le pareti in modo da garantire una adeguata stabilità meccanica in funzione della loro altezza, del peso proprio, della spinta orizzontale concentrata e dell'azione orizzontale sismica.

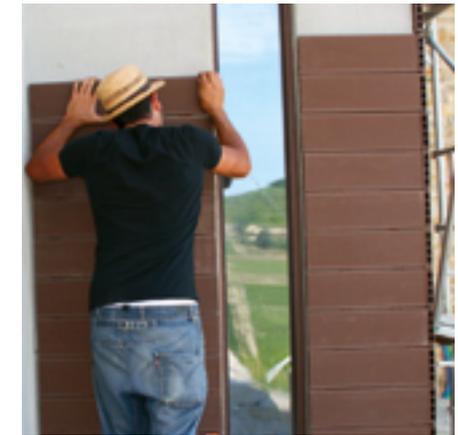
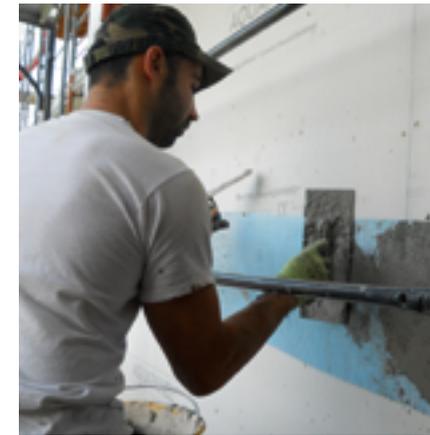
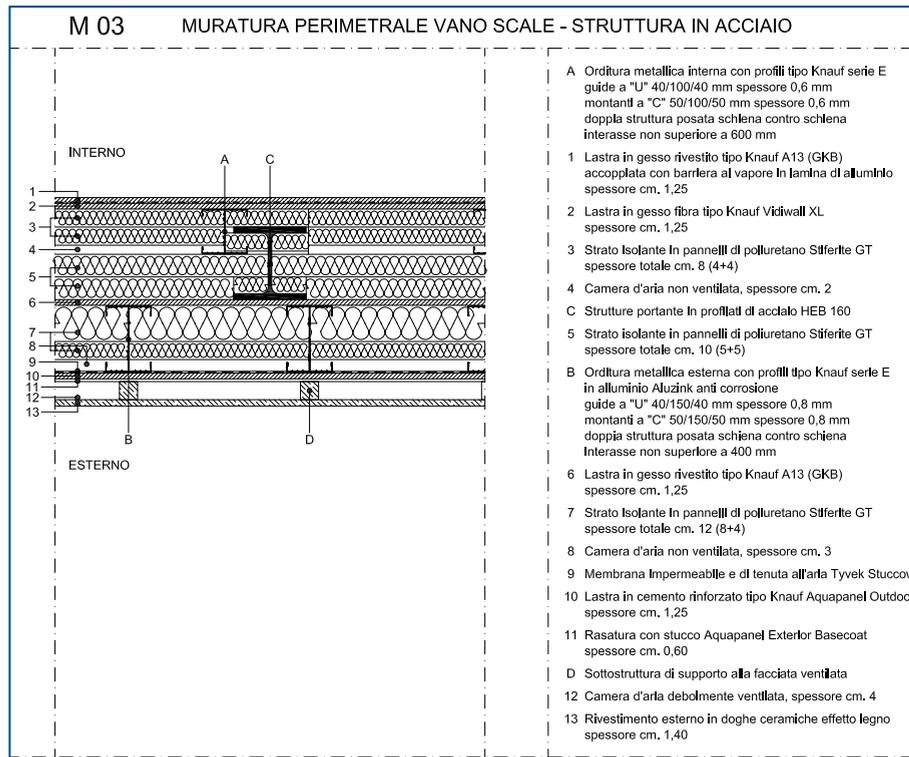
In fase di posa è stata realizzata per prima la struttura di sostegno al tamponamento sul lato esterno di altezza pari a 7,20 m, costituita da orditura metallica con profili di acciaio rivestito con lega di alluminio e zinco, aluzink. La stessa lega è stata utilizzata anche per le guide a U (40/150/40) fissate alla struttura in acciaio della scala, e per i montanti a C (50/150/50) fissati alle guide e posati, schiena contro schiena, ad interasse 400 mm.

Nell'intercapedine del profilo esterno è stato inserito l'isolamento costituito da un doppio strato, posato a giunti sfalsati, di pannelli in poliuretano Stiferite GT (80 mm + 40 mm) per un spessore totale di 120mm. A seguire è stata posata una barriera impermeabile all'acqua e traspirante al vapore, posta trasversalmente alle due orditure metalliche in corrispondenza del piano di posa delle lastre Aquapanel (lastre in cemento rinforzato) che costituiscono il piano di posa verticale per il successivo rivestimento in doghe di legno composito sul lato esterno dell'orditura. La superficie esterna delle lastre è stata rasata con opportuno stucco rinforzato con rete in fibra di vetro. A seguire è stato posato il rivestimento sul lato interno dell'orditura di Aluzink costituito da singola lastra di gesso rivestito opportunamente, sigillata e stuccata.

Nell'intercapedine tra i due profili è stato inserito un doppio pannello di poliuretano Stiferite GT 50 mm + 50 mm a giunti sfalsati.

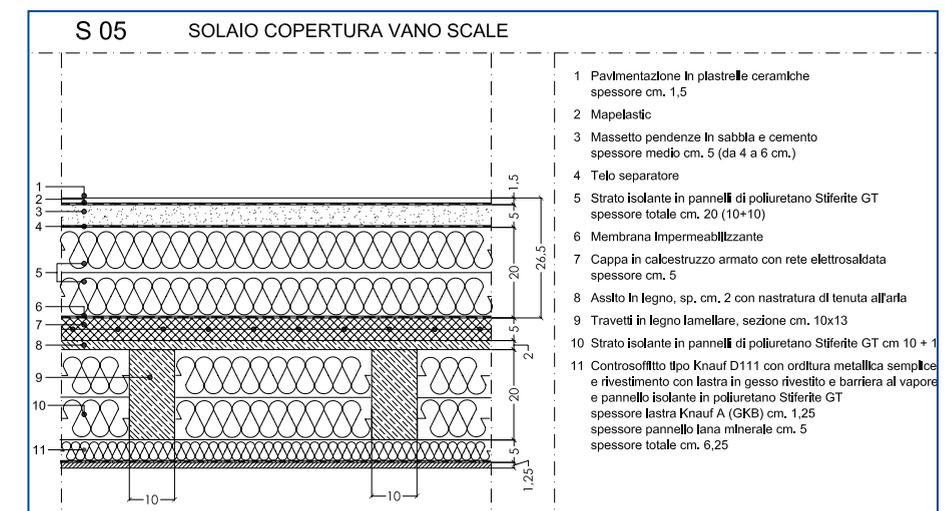
L'orditura metallica interna è stata realizzata con guide a U (40/100/40) fissate alla struttura in acciaio della scala e montanti a C (50/100/50), fissati alle guide e posati schiena contro schiena ad interasse 600 mm. Nell'intercapedine del profilo interno è stato inserito un doppio pannello Stiferite GT 40 mm + 40 mm a giunti sfalsati. Infine è stato realizzato il rivestimento interno costituito da un doppio strato. Il primo strato, verso l'orditura metallica interna, è di gesso fibra; mentre, il secondo, verso l'interno del vano scale, è di gesso rivestito.





Solaio copertura vano scala

Il solaio di copertura del vano scala è stato realizzato in orditura lignea collaborante con la struttura in profilati di acciaio della scala, sulla quale è stata adottata un soluzione di copertura piana idonea all'installazione della pala mini eolica e della centrale meteo. Verso il lato esterno, l'isolamento è stato realizzato mediante un doppio strato di Stiferite GT di spessore 100 mm, posato sfalsato, al di sotto di un massetto in cls di spessore 5 cm sopra il quale sono state posizionate le guaine impermeabili. Verso il lato interno, tra i travetti 12 x 20 cm, sono stati inseriti altri due pannelli di Stiferite GT spessore 100 mm + 100 mm fissati a colla alla struttura lignea. A chiusura del pacchetto sono stati posizionati su tutta la superficie del solaio pannelli in poliuretano Stiferite GT di spessore 5 cm tamponati verso il lato interno con lastre di cartongesso accoppiate ad una barriera a vapore.





Vano scala
 Copertura piana
 Trasmittanza termica
 $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Trasmittanza termica periodica
 $Y_{ie} = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pareti perimetrali e divisorie Padiglione - Serra bioclimatica

Il padiglione facente parte del piano terra dell'abitazione è sviluppato come volume a sé stante che fuoriesce dal corpo casa verso il lato nord - ovest.

Pur essendo a livello funzionale parte integrante della casa, un prolungamento del soggiorno, si è optato per la sperimentazione di una prefabbricazione lignea mirata alla valutazione del rapporto costi - benefici.

Per motivazioni di tipo cantieristico e di autocostruzione è stata adottata la soluzione della struttura a telaio con montanti e travetti solaio 12 cm x 20 cm di legno lamellare e dormienti / cordolo sempre di legno lamellare, ma di dimensione 20 cm x 20 cm.

Tra i montanti è stato interposto lo strato isolante costituito da un doppio strato di pannelli Stiferite GT di spessore 10 cm, sfalsati per evitare la continuità tra i giunti.

Lato interno ed esterno della struttura sono stati, successivamente, tamponati con pannelli OSB, molto resistenti all'umidità.

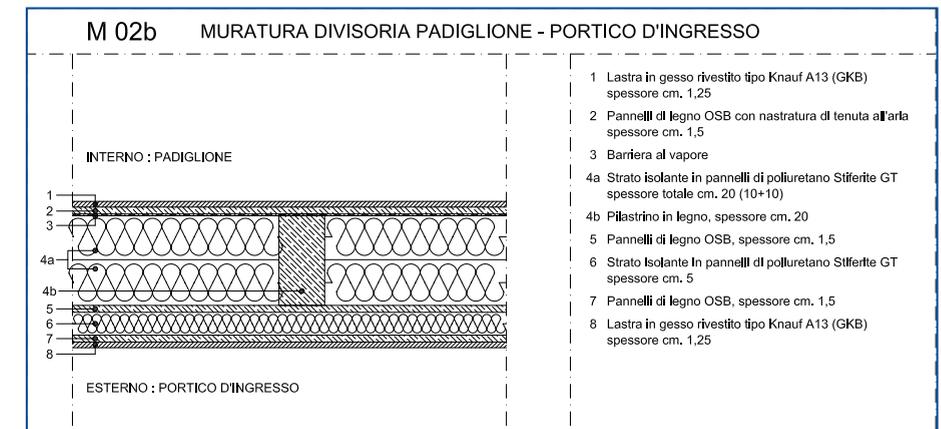
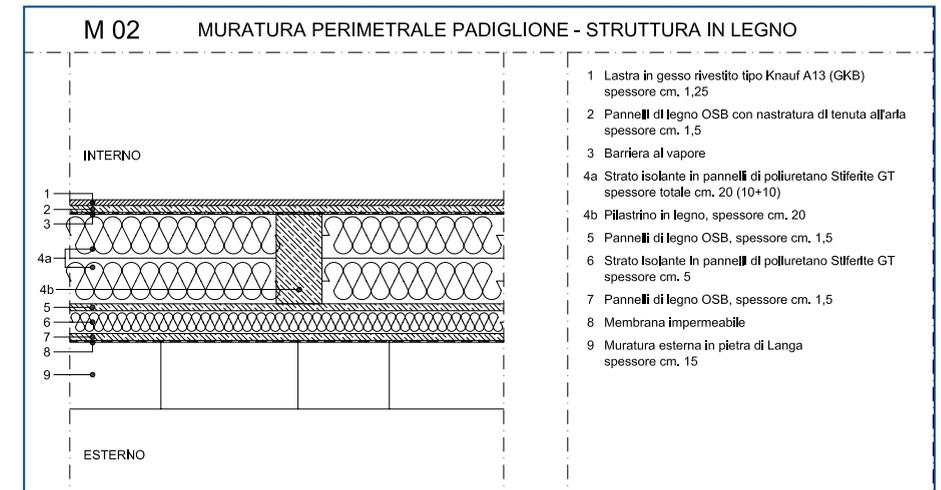
In seguito sul lato esterno della parete sono stati posati, nella modalità cappotto, pannelli di poliuretano Stiferite spessore 5 cm, i quali oltre alla funzione di contribuire al miglioramento della resistenza termica della parete consentono una correzione del ponte termico dato dalla struttura lignea.

A chiusura del pacchetto isolante, il cappotto esterno è stato successivamente tamponato con un ulteriore strato di pannelli OSB sul quale è stato steso

un telo impermeabile.

La finitura è stata realizzata con un rivestimento (posato in modalità "seconda pelle") in pietra di langa.

La struttura ha così raggiunto dei valori di trasmittanza e trasmittanza periodica minori di $0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$.





Padiglione
Pareti perimetrali
 Trasmittanza termica
 $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Trasmittanza termica periodica
 $Y_{ie} = 0,017 \text{ W/m}^2\text{K}$

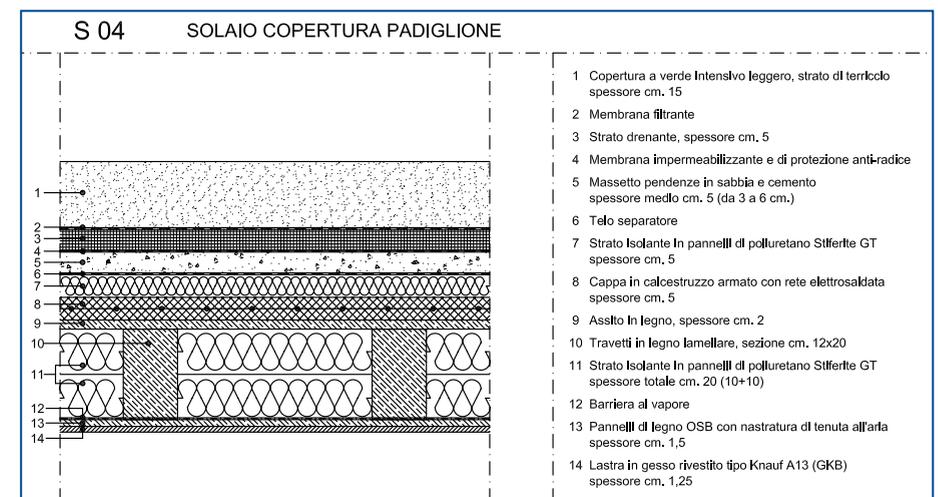


Solaio copertura Padiglione

Per il solaio di copertura del padiglione si è adottata una copertura piana a giardino nella tipologia "a verde intensivo" che, grazie al limitato spessore di substrato, non grava eccessivamente sulle strutture.

L'isolamento termico del solaio è assicurato da un doppio strato di Stiferite GT di spessore 100 mm, posato nell'interasse dei travetti in legno lamellare, e da un ulteriore strato di 50 mm posato al di sopra della cappa in calcestruzzo armato.

Per la tenuta all'acqua dell'intera copertura è stata installata, al di sotto dello strato di terriccio, della membrana filtrante e dello strato drenante, un'apposita membrana impermeabilizzante con protezione interna antiradice.





Padiglione
Copertura piana
Trasmittanza termica
 $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
Trasmittanza termica periodica
 $Y_{ie} = 0,001 \text{ W/m}^2\text{K}$



Serramenti e nodi critici

I serramenti

Tutti gli edifici passivi sono caratterizzati da ampie finestre sul lato sud, le quali, durante il periodo invernale, consentono lo sfruttamento massimo degli apporti solari, limitando i fenomeni di dispersione notturna, e, durante il periodo estivo, non contribuiscono al surriscaldamento degli ambienti.

Le finestre devono, quindi, equilibrare i guadagni di calore diurni e le perdite notturne.

Secondo il protocollo Passivhaus, per ottenere questo risultato occorrono finestre con trasmittanza termica inferiore a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ le quali consentano il passaggio della luce incidente per più del 50% ($g=0,5$).

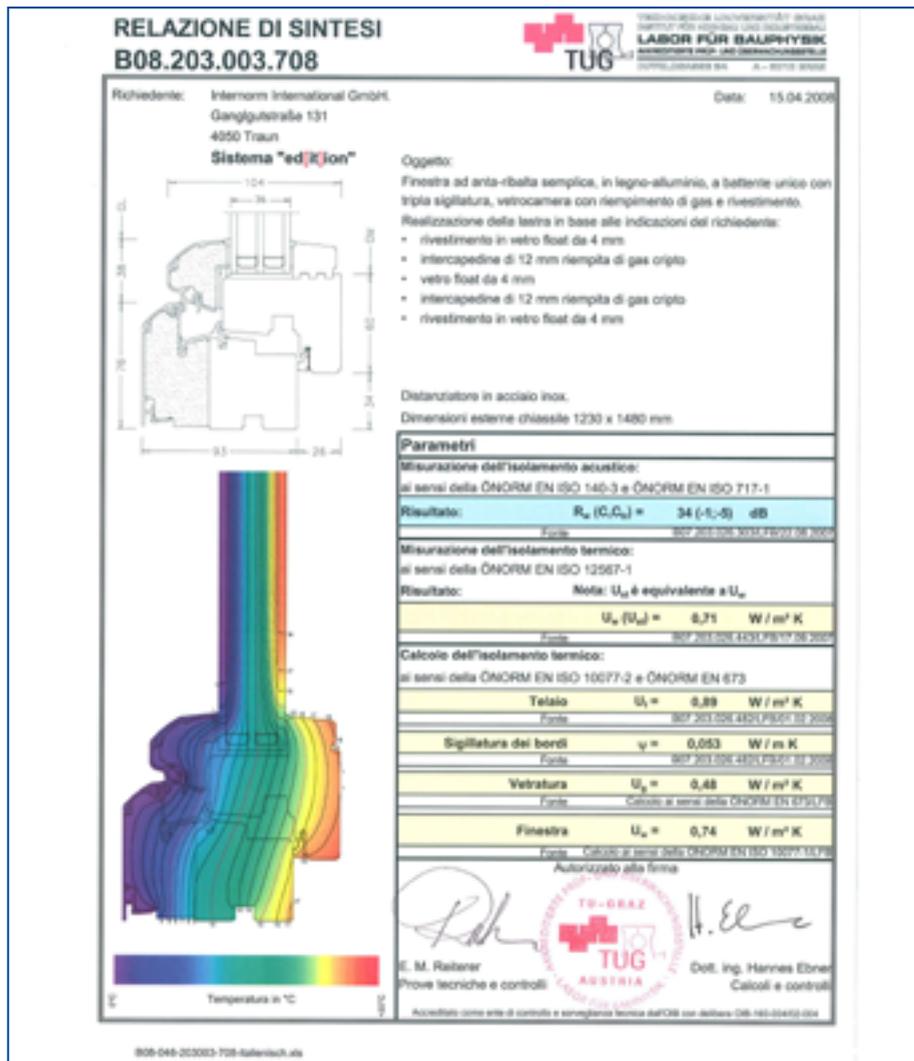
Il dimensionamento delle finestre della casa realizzata dall'impresa Edilio srl è stato effettuato considerando la quantità degli apporti solari, l'illuminazione dei locali ed il costo.

Le finestre installate hanno una trasmittanza (U_{window}) pari a $0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ con una capacità di lasciare passare la luce incidente pari al 60% ($g = 0,6$).

La superficie vetrata del lato Sud di un edificio passivo dovrebbe corrispondere a circa il 40% di quella complessiva della facciata e comunque non superare il 50%; al di sopra di questo rapporto gli apporti solari non aumentano significativamente, ma aumenta la probabilità di surriscaldamento temporaneo dei locali. Nemmeno un'eccessiva riduzione della superficie vetrata sarebbe una scelta premiante; in quanto a fronte di una diminuzione dei fenomeni di surriscaldamento, si determinerebbe anche una significativa riduzione dell'illuminazione naturale con un maggior ricorso all'illuminazione artificiale e quindi un aumento dei costi energetici.

Anche le finestre sul lato Est ed Ovest devono essere dimensionate con attenzione: pur contribuendo poco ai guadagni solari invernali sono spesso causa di surriscaldamento dei locali estivo e, quindi, devono essere dimensionate opportunamente e dotate di efficaci schermature che impediscano il passaggio della luce diretta.

Per quanto riguarda i vetri, la loro incidenza al raggiungimento della trasmittanza termica limite previsto dal protocollo del Passivhaus Institut è notevole ed è pari a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Questi vetri sono composti da lastre di vetro termico molto trasparente e le intercapedini sono riempite con gas nobile, avente una conducibilità termica inferiore a quella dell'aria.

Nella casa attiva di Trezzo Tinella sono stati scelti dei vetri composti da tre lastre extrachiare che hanno un valore di g pari a 0,6, e sono riempite nell'intercapedine di gas kripton che consente il raggiungimento di una trasmittanza U_g pari a 0,5 W/m²K (v. relazione dell'Istituto TUG).



Particolare della posa del serramento sul piano del primo strato di isolante, in assenza di falso telaio.

Il telaio delle finestre deve essere anch'esso ad alte prestazioni termiche mediante l'impiego di materiale isolante.

I telai della casa attiva dell'impresa Edilio srl sono di legno sul lato interno e alluminio sul lato esterno. All'interno del volume vuoto, al di sotto dell'alluminio, è stata inserita della schiuma poliuretana allo scopo di migliorarne le prestazioni.

L'installazione dei serramenti richiede sempre particolare attenzione allo scopo di evitare infiltrazioni d'aria attraverso il collegamento con la parete e la formazione di ponti termici dovuti alla posizione del medesimo rispetto al piano e alla parete. Il montaggio ideale è realizzato installando il serramento sul piano dell'isolamento.

Nella casa attiva, il telaio è stata fissato attraverso delle squadrette di acciaio direttamente alla muratura in poroton, per quanto riguarda il volume principale, sulla struttura lignea, per quanto riguarda la serra bioclimatica, e ad una opportuna orditura metallica relativamente al vano scala.

Per facilitarne l'installazione, sono stati utilizzati dei dormienti di legno, aventi dimensioni 10 cm x 10 cm, posati alle murature, e sopra ai quali sono state po-

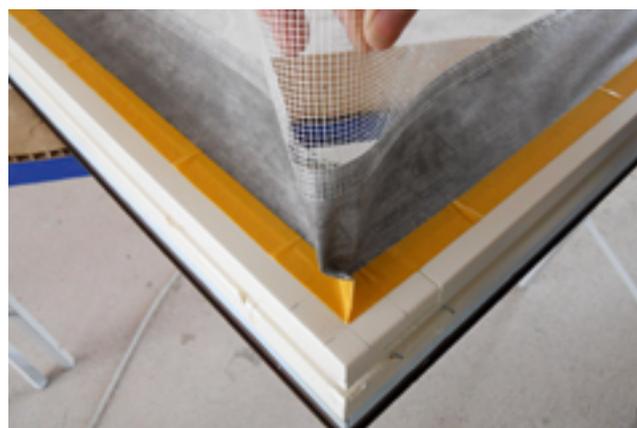
sate in appoggio le finestre prima del fissaggio mediante squadrette. Per garantire la tenuta all'aria delle finestre, nel punto di giunzione telaio – muratura, un opportuno nastro di tenuta è stato posato lungo tutto il perimetro del telaio.



Posa del serramento sulla struttura lignea del padiglione.



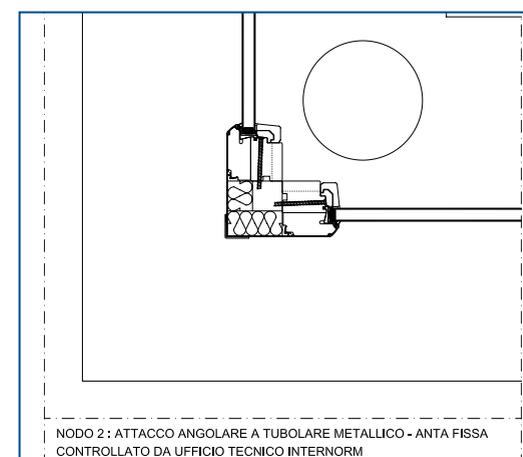
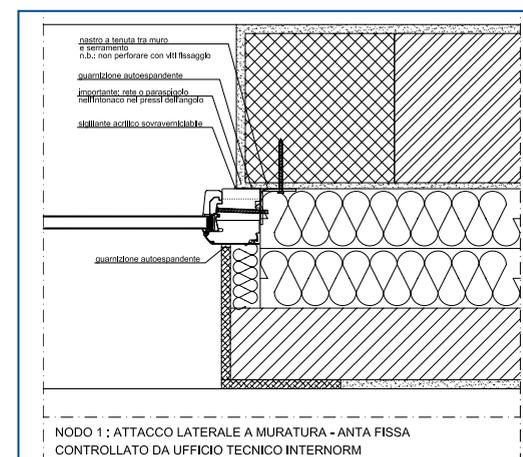
Particolare del sormonto del telaio con il secondo strato di isolante.

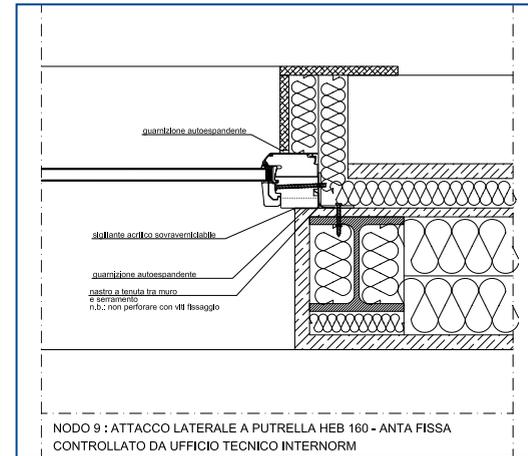
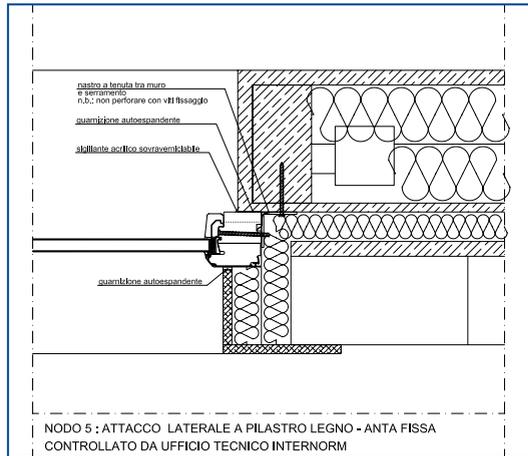
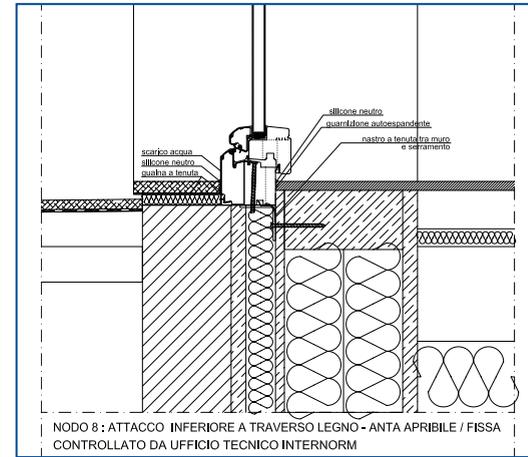
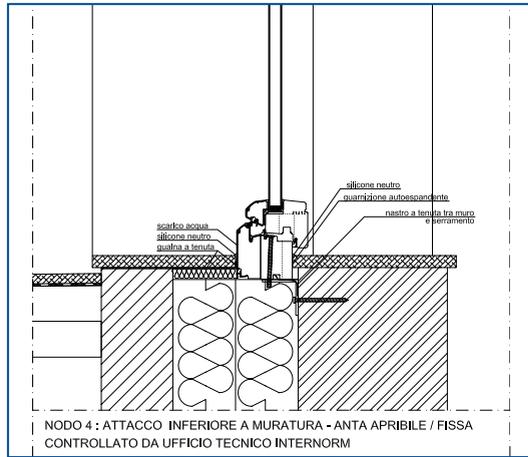
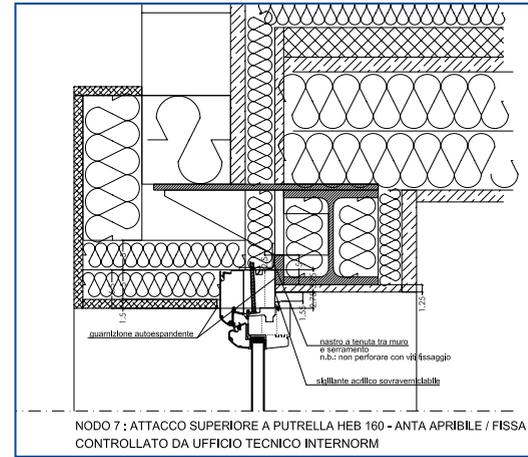
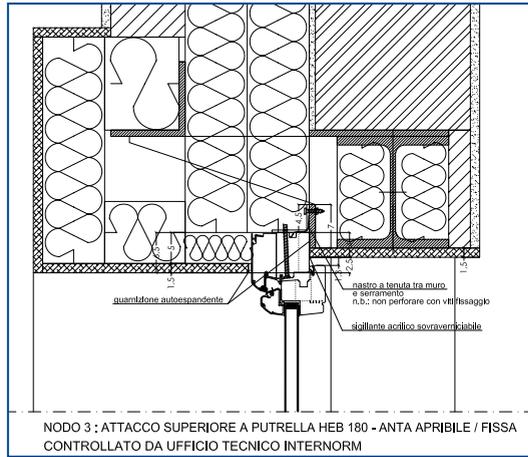


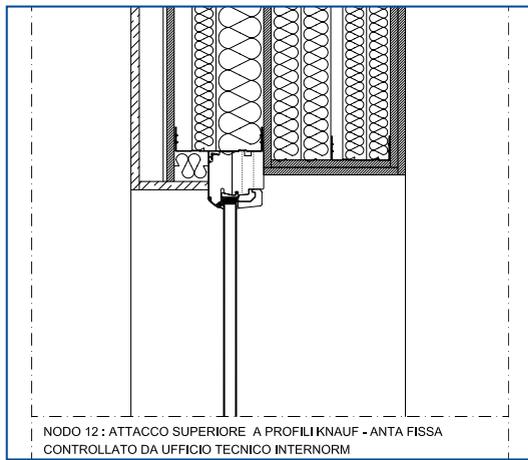
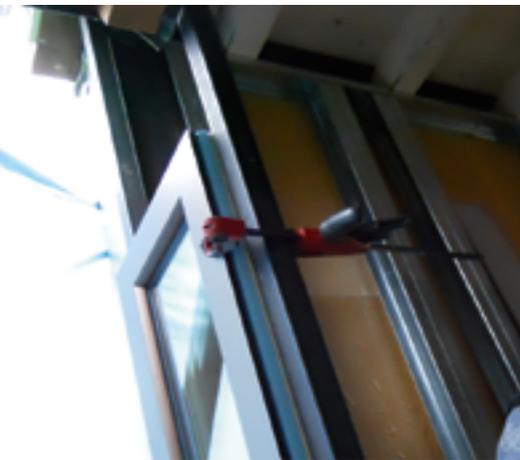
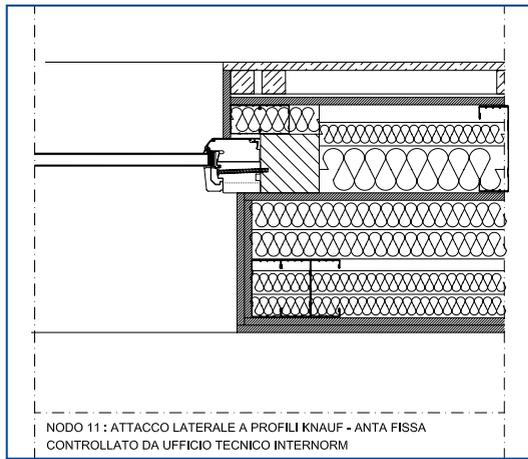
Posa di bandella per la tenuta all'aria sul telaio del serramento.

Nodi critici

I particolari costruttivi che seguono, illustrano la risoluzione dei nodi critici di fissaggio dei serramenti ai diversi materiali che compongono le strutture. In tutte le soluzioni adottate si è operato per garantire la massima tenuta all'aria e la riduzione dei ponti termici.







Tenuta all'aria – Blow Door Test

A causa della permeabilità all'aria dell'involucro edilizio, l'aria fredda esterna entra dalle fessure e raffredda le superfici, mentre l'aria umida e calda interna si dirige verso l'esterno e a contatto con le superfici fredde condensa e può dare luogo alla formazione di muffe.

Per evitare spiacevoli fenomeni è necessario realizzare una buona tenuta all'aria dell'involucro, che deve, per questo motivo, prevedere uno strato continuo impermeabile all'aria.

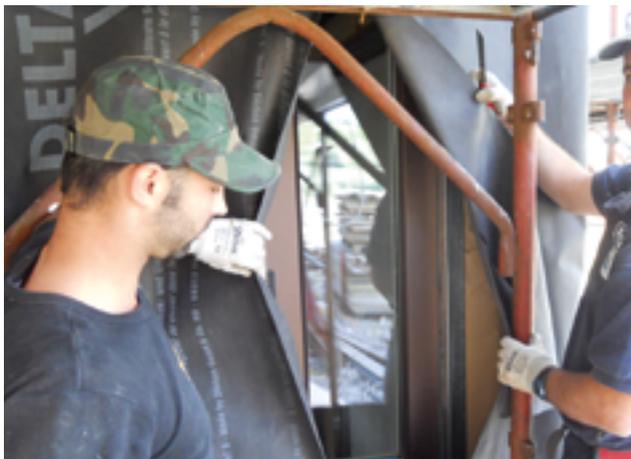
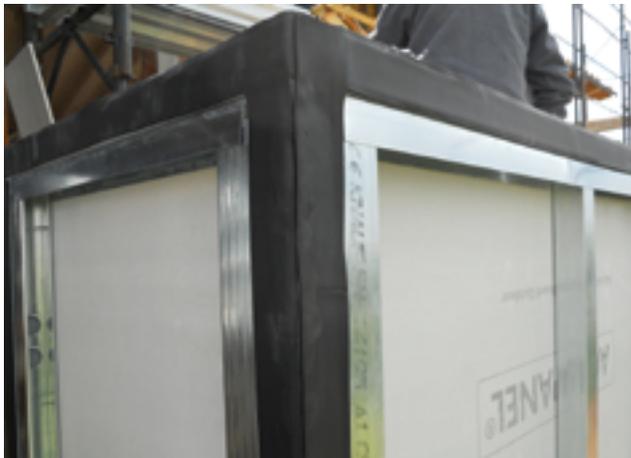
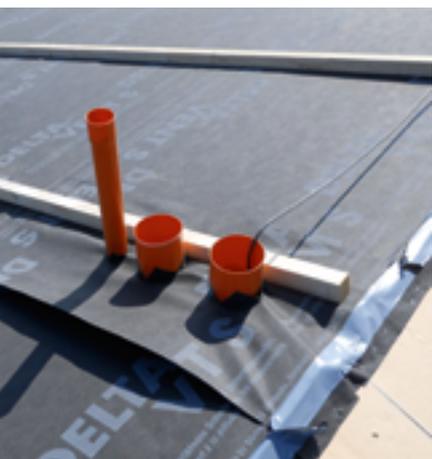
E' possibile valutare il grado di ermeticità dell'involucro edilizio attraverso la misura del flusso di ricambio dell'aria dovuto alle infiltrazioni, generando meccanicamente una differenza di pressione.

Il Minneapolis Blower Door è lo strumento idoneo per effettuare il test di permeabilità all'aria secondo la norma tecnica UNI EN 13829 ("Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore"), e permette di individuare le dispersioni energetiche dovute alle infiltrazioni e le cause delle fastidiose correnti d'aria all'interno dei locali.

Qualora, come nel caso dell'edificio di Trezzo Tinella, il test venga eseguito durante la fase costruttiva dell'edificio gli eventuali punti deboli di questo strato possono essere risolti senza problemi ed in maniera più efficace.

In fase esecutiva sono stati sigillati con particolare cura tutte le strutture a secco del vano scale e del padiglione, le parti impiantistiche e i nodi critici dei serramenti. Come elementi di tenuta all'aria sono stati utilizzati teli posati a secco o bandelle e nastri adesivi.





Le ombreggiature

In una casa passiva le schermature ombreggianti sono fondamentali e vanno dimensionate e progettate opportunamente.

Le grandi superfici trasparenti se da un lato, durante il periodo invernale, lasciano passare grandi quantità di luce e apporti di calore gratuito, dall'altro lato durante l'estate sono causa di spiacevoli surriscaldamenti degli ambienti interni che aumentano la necessità di raffrescamento artificiale e, quindi i consumi energetici.

Le schermature ombreggianti svolgono la funzione di ridurre il surriscaldamento estivo, senza impedire il passaggio dei raggi solari durante l'inverno e di consentire una ottimale illuminazione naturale per tutto l'anno.

Gronde, balconi, veneziane da esterni sono semplici schermature fisse che risultano essere molto efficaci durante l'estate, quando il sole è più alto, ed impediscono il passaggio della luce diretta; mentre, in inverno, in condizioni di sole più basso sulla linea dell'orizzonte, consentono il passaggio della luce. Altri tipi di schermature fisse, semplici da realizzare, sono i pergolati opportunamente dimensionati, e sui quali possono crescere piante a foglie caduche che durante l'estate impediscono il passaggio diretto della luce solare, mentre in inverno, quando invece sono completamente spoglie, consentono il passaggio della luce e degli apporti energetici solari.

Molto utilizzate anche le schermature mobili adattabili all'incidenza dei raggi solari. Queste, per poter essere efficaci, devono essere poste all'esterno dell'involucro allo scopo di impedire che la luce incida direttamente sui vetri e, attraversandoli, contribuisca all'aumento di temperatura.

Nella casa realizzata dall'impresa Edilio, per schermare le grandi vetrate a sud del volume principale e della serra sono state adottate schermature mobili, costituite da veneziane per esterni di alluminio le quali sono gestite dal sistema domotico dell'abitazione.

Le condizioni di ombreggiamento possono quindi essere gestite in automatico in funzione dell'incidenza solare diretta sulle vetrate o manualmente, per soddisfare particolari e temporanee esigenze degli abitanti.

Qualità e costi di questi dispositivi sono stati opportunamente valutati considerando che sono organi in movimento e che sono posizionati all'esterno ed esposti alle intemperie.





Gli impianti

Energia da fonti rinnovabili

Il progetto ha previsto la realizzazione di un sistema integrato di produzione di energia elettrica da apporti rinnovabili costituito da 3 elementi:

- Un sistema geotermico orizzontale a scambio con il terreno, realizzato con una pompa di calore a compressione
- Un sistema mini eolico ad asse verticale che giova della brezza esistente
- Un sistema fotovoltaico integrato nella falda sud della copertura dell'edificio

L'interazione tra le diverse tecnologie è controllata da un impianto domotico che, senza incrementare in modo significativo i consumi energetici, assicura il corretto sfruttamento delle risorse disponibili e controlla il rispetto dei limiti di comfort ambientale prefissati.

La pompa di calore

La centrale termica è costituita da un generatore modello pompa di calore geotermica (potenza utile pari a circa 9 kW e COP, coefficiente prestazione pompa di calore, superiore a 3.5 con terreno a 10 °C e produzione di acqua calda sanitaria, ACS, a circa 45 °C) collegata ad un circuito di scambio termico con il terreno del tipo orizzontale posto ad una profondità di circa 2.5 m. Tale macchina è dedicata prioritariamente alla produzione di energia necessaria al mantenimento dell'accumulo inerziale di acqua calda sanitaria a circa 45 °C, al fine di assicurare la disponibilità continuativa di acqua calda per usi sanitari.

E' prevista inoltre la possibilità di utilizzare (in caso di insufficiente presenza di apporti gratuiti) la pompa di calore quale generatore per il riscaldamento dell'edificio attraverso i pannelli radianti installati a pavimento.

Il microclima del sito infatti è caratterizzato in inverno da lunghi periodi di basse temperature abbinate ad una persistente presenza di nebbia, condizione che può azzerare il contributo degli apporti solari anche per 10 – 15 giorni.

Lo straordinario isolamento della struttura edilizia garantisce comunque che il fabbisogno di energia termica, anche in questi periodi particolarmente sfavorevoli, sia molto contenuto (circa 3 – 4 kW di potenza massima richiesta).



Tale condizione permette di massimizzare il rendimento termico del generatore; in quanto, la temperatura massima di produzione dell'acqua calda per il riscaldamento è di 35 – 38 °C e la macchina funziona fra il 40 e il 50% della sua potenza, punto di lavoro a massimo rendimento (COP anche superiori a 4).

La scelta di utilizzare un sistema radiante per il mantenimento delle condizioni di comfort interno agli ambienti è dovuta alla volontà di massimizzare l'efficienza di generazione del calore e, in particolare:

- il sistema di emissione massivo permette di minimizzare i picchi di consumo energetico in casi di destinazioni d'uso a carattere continuativo;
- grandi superfici radianti permettono di soddisfare il fabbisogno totale di potenza termica con ridottissime potenze unitarie (tra 5 e 10 W/m² di potenza massima scambiata) e, di conseguenza, ridotte differenze di temperatura tra ambiente e fluido termovettore (differenza di temperatura minore di 10°C);
- ridotte differenze di temperatura permettono di ridurre le temperature di generazione del fluido termovettore

(come già indicato nei punti precedenti), condizione che permette la massimizzazione dell'efficienza di funzionamento del generatore a pompa di calore e riduce al minimo i rischi di "congelamento del terreno" utilizzato come fonte di calore.

Il sistema mini eolico

Il sistema eolico scelto per la casa attiva si basa su un aerogeneratore di piccola taglia (rotore di $D < 12$ m e $P < 100$ kW) e nello specifico con i suoi 1,5 kW di potenza rientra nella classe dei generatori micro eolici. La tipologia della turbina (rotore) impiegata è di quelle ad asse verticale le quali risultano più efficaci a flussi molto turbolenti, tipici delle installazioni a quote basse rispetto a livello del terreno e risultano avere un minore impatto paesaggistico. Nella casa attiva il posizionamento della turbina è stato previsto sopra un palo di altezza pari a 3 metri installato sopra il tetto piano del vano scala. L'altezza totale del rotore rispetto al livello del terreno risulta quindi essere pari a 11 metri con fronti liberi da qualsiasi ostacolo (alberi o case) in tutte le direzioni.

Il sistema fotovoltaico

Il sistema fotovoltaico, installato nella casa attiva, è del tipo totalmente integrato posizionato sulla falda a rivolta a sud, avente pendenza pari al 33%. Esso ha una potenza di picco pari a 6,10 kWp ed è costituito da 6 stringhe di 11 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino della potenza nominale di 185 kWp composti da 72 celle ciascuno con una resa pari al 16,5 %. Le stringhe sono collegate al gruppo di conversione Inverter avente potenza nominale pari a 6 kW e posizionato nel vano tecnico all'interno dell'abitazione.

Ventilazione meccanica controllata

Allo scopo di garantire il massimo comfort in un clima abitativo temperato, è stato previsto il sistema di ventilazione forzata con recupero di calore e preriscaldamento, per il periodo invernale, e preraffrescamento, per il periodo estivo.

Questo ultimo è stato realizzato sfruttando l'impianto geotermico integrato con un sistema puntuale di riscaldamento e raffrescamento a pannelli radianti che consentono di ottenere condizioni di elevato comfort anche in condizioni di uso continuo dell'edificio.

L'impianto di ventilazione meccanica controllata è fondamentale negli edifici passivi che, ovviamente, non possono contemplare le gravi perdite energetiche determinate, negli edifici convenzionali, dalle aperture incontrollate delle finestre durante il periodo di riscaldamento.

L'impianto di ventilazione meccanica svolge la duplice funzione di evitare inutili dispersioni termiche e di garantire il ricambio e la qualità dell'aria determinato in rapporto al numero di persone presenti negli ambienti e al tipo di attività che esse svolgono.

Il tasso di ricambio dell'aria viene espresso in rapporto al volume d'aria dell'ambiente e alla quantità d'aria necessaria da trasportare in un'ora. L'unità di misura è quindi espressa in m³/m³h; un tasso di ricambio pari a 0,5 h⁻¹ significa che in un'ora viene rinnovata la metà del volume d'aria contenuta nel locale.





In un edificio passivo, normalmente dotato di un impianto di ventilazione meccanica controllata, si adotta un tasso di ricambio dell'aria pari a $0,4 \text{ h}^{-1}$, valore ritenuto compatibile sia con le esigenze di risparmio energetico sia con quelle di qualità ambientale.

L'impianto di ventilazione deve essere accuratamente progettato non solo dal punto di vista del dimensionamento dei macchinari, ma anche per quanto concerne la distribuzione, privilegiando i percorsi rettilinei, dimensionando opportunamente i canali di conduzione dell'aria e considerando la ubicazione dei locali all'interno dell'abitazione.

Nella casa attiva di Trezzo Tinella la scelta dell'impianto di ventilazione è stata fatta sulla base della qualità dei macchinari e sulla base del sistema di distribuzione basato su tubi flessibili corrugati di polietilene.

Questo sistema di distribuzione ha consentito di semplificare la gestione delle canalizzazioni a livello cantieristico ed ha agevolato notevolmente la posa degli stessi sia a pavimento e sia nelle murature verticali. La distribuzione ed il dimensionamento dell'impianto è stato affidato allo studio di progettazione del fornitore con il vincolo di verificare e rispettare i parametri relativi al tasso di ricambio d'aria fissato a $0,5 \text{ h}^{-1}$.

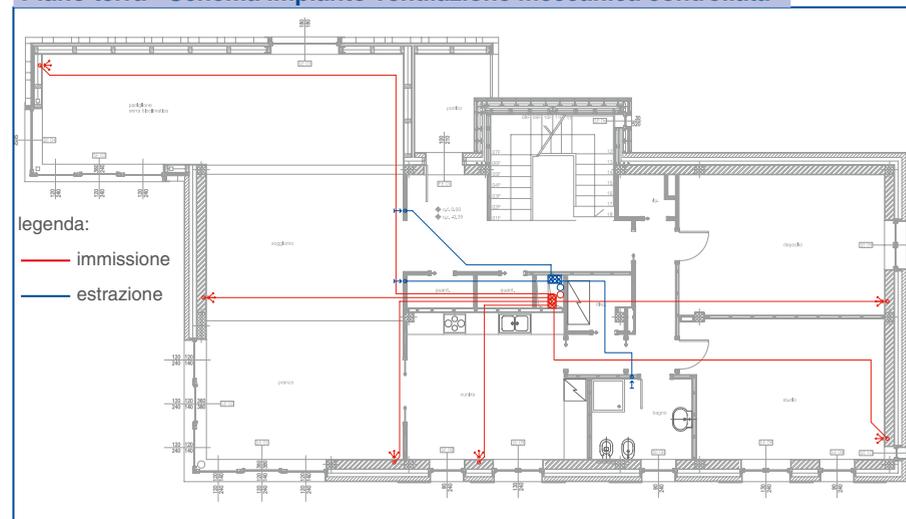
Il calore trasportato dall'aria asportata dall'impianto di ventilazione è recuperato mediante uno scambiatore di calore che ha un rendimento del 90%, ben superiore a quanto previsto dal protocollo Passivhaus Institut pari ad almeno il 75%. Il raggiungimento di tale limite è stato possibile impiegando uno scambiatore ad alto rendimento a flusso inverso abbinato ad una macchina per la ventilazione con ventilatori di mandata e di ripresa a corrente continua controllati elettronicamente, garantendo un ottimo rapporto tra la potenza termica recuperata ed i consumi elettrici.

L'aria fresca di rinnovo viene presa direttamente dall'esterno, non con una bocca di areazione posta in facciata come normalmente viene fatto, ma bensì captata da una griglia in acciaio inox posta a circa trenta metri dall'abitazione e attraverso una canalizzazione, posata alla profondità di circa 2,5 m. Il tratto di tubazione interrata permette di preriscaldare l'aria nel periodo invernale e raffreddarla nel periodo estivo, sfruttando l'inerzia termica

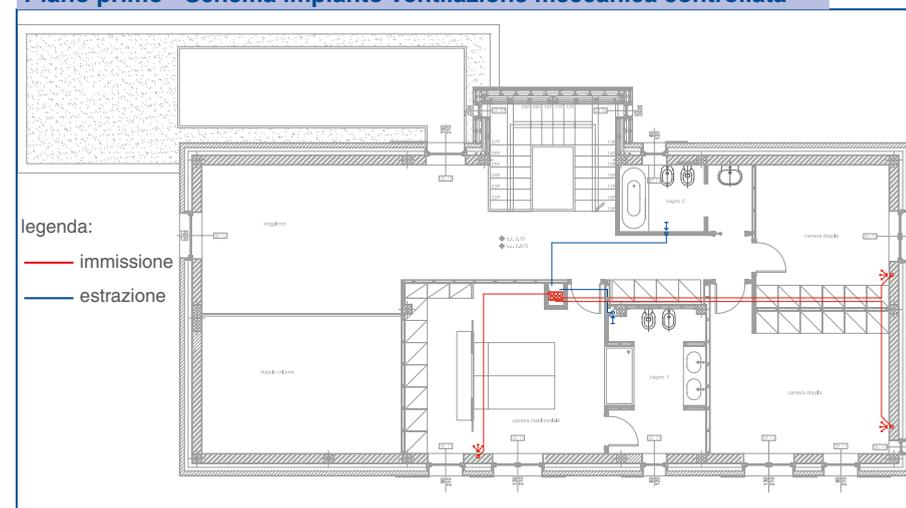
del terreno in profondità e la sua temperatura pressoché stabile. Particolare attenzione nell'adoptare questo sistema passivo di preriscaldamento o preraffreddamento dell'aria di rinnovo è stata dedicata ad evitare il ristagno nel tubo dell'eventuale condensa dovuta all'umidità presente nell'aria.

La tubazione è stata posata garantendo una pendenza di circa l'1% discendente verso la bocchetta di captazione, installata all'interno di una muratura di contenimento del terreno. In tal modo la bocchetta di captazione risulta essere il punto più basso di tutta la canalizzazione interrata e, quindi, l'unico punto di smaltimento dell'eventuale condensa.

Piano terra - Schema impianto ventilazione meccanica controllata



Piano primo - Schema impianto ventilazione meccanica controllata



Trezzo Tinella Fabbisogni energetici

		Complessivi 400 m ²
Fabbisogno specifico utile per riscaldamento	2 KWh/m ² anno	800 KWh/anno
Fabbisogno specifico utile per raffrescamento	0 KWh/m ² anno	0 KWh/anno
Globale inclusa acqua calda sanitaria	30 KWh/m ² anno	12000 KWh/m ² anno
Temperatura superficiale interna minima	< 17° C	19° C
Rendimento di recupero minimo degli impianti di ventilazione	89,6%	
Percentuale di energia da fonti rinnovabili		100%

Certificazioni

L'edificio realizzato a Trezzo Tinella dall'impresa Edilio Srl è stato sottoposto alle verifiche previste dal sistema di certificazione energetica PHPP - Passive House Planning Package.

Tutte le procedure di certificazione sono state curate dall'istituto indipendente TBZ (sedi a Bolzano e Modena) che si occupa, nel campo dell'edilizia sostenibile di temi relativi a fisica edile, benessere abitativo, risparmio energetico, acustica e salubrità.

TBZ ha curato la traduzione in italiano della procedura PHPP ed è il referente del Passivhaus Institut per la certificazione di case passive in Italia.

La valutazione della casa di Trezzo Tinella è stata curata, per conto di TBZ, dall'Ing. Michele de Beni.

Nelle pagine che seguono si riportano le certificazioni rilasciate

Passive House Verification

Photo or Drawing

Building: Trezzo Tinella

Location and Climate: Trezzo Tinella Trezzo Tinella

Street:

Postcode/City:

Country:

Building Type: Dwelling

Home Owner(s) / Client(s): Cagnoli

Street:

Postcode/City:

Architect: Corona

Street:

Postcode/City:

Mechanical System: AdvEng

Street:

Postcode/City:

Year of Construction: 2009

Number of Dwelling Units: 1

Enclosed Volume V_e : 1498,0 m³

Number of Occupants: 8,4

Interior Temperature: 20,0 °C

Internal Heat Gains: 2,1 W/m²

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area

Applied:	Monthly Method	PH Certificate:	Fulfilled?
Treated Floor Area:	293,0 m ²		
Specific Space Heat Demand:	2 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,6 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	66 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	36 kWh/(m ² a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	24 kWh/(m ² a)		
Heating Load:	12 W/m ²		
Frequency of Overheating:	%	over 26 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:	0 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	Yes
Cooling Load:	W/m ²		

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.

Issued on: _____ signed: _____

Passive House Planning VENTILATION DATA

Building: Trezzo Tinella

Treated Floor Area A_{TFA} : 293 m² (Areas worksheet)

Room Height h : 2,5 m (Annual Heat Demand worksheet)

Room Ventilation Volume ($A_{TFA} \cdot h$) V_V : 733 m³ (Annual Heat Demand worksheet)

Ventilation System Design - Standard Operation

Occupancy	m ² /P	35
Number of Occupants	P	8,4
Supply Air per Person	m ³ /(P·h)	30
Supply Air Requirement	m ³ /h	251
Extract Air Rooms		
Quantity		
Extract Air Requirement per Room	m ³ /h	60
Total Extract Air Requirement	m ³ /h	180

Design Air Flow Rate (Maximum) m³/h: 286

Average Air Change Rate Calculation

Type of Operation	Daily Operation Duration	Factors Referenced to Maximum	Air Flow Rate m ³ /h	Air Change Rate 1/h
Maximum	0,0	1,00	286	0,39
Standard	24,0	0,77	220	0,30
Basic	0,0	0,54	154	0,21
Minimum	0,0	0,40	114	0,16
Average value			220	0,30

Residential Building

Infiltration Air Change Rate according to EN 13790

Coefficient e for Screening Class	Wind Protection Coefficients According to EN 13790	
	Several Sides Exposed	One Side Exposed
No Screening	0,10	0,03
Moderate Screening	0,07	0,02
High Screening	0,04	0,01
Coefficient f	15	20

Wind Protection Coefficient, e	for Annual Demand:	for Heat Load:	Net Air Volume for Press. Test V_{nd0}	Air Permeability q_{50}
Wind Protection Coefficient, e	0,07	0,18		
Wind Protection Coefficient, f	15	15		
Air Change Rate at Press. Test n_{50}	1/h	0,60	0,60	
Type of Ventilation System				
<input checked="" type="checkbox"/> Balanced PH Ventilation	Please Check			
<input type="checkbox"/> Pure Extract Air				
Excess Extract Air	1/h	0,00	0,00	
Infiltration Air Change Rate $n_{V,Res}$	1/h			

Effective Heat Recovery Efficiency of the Ventilation System with Heat Recovery

Central unit within the thermal envelope.

Central unit outside of the thermal envelope.

Efficiency of Heat Recovery η_{HR}		0,95	1
Transmittance Supply Air Duct	W/(mK)	0,237	
Length Supply Air Duct	m	50	
Transmittance Extract Air Duct	W/(mK)	0,237	
Length Extract Air Duct	m	50	
Temperature of Mechanical Services Room	°C	17	
(Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)			
Calculation see Secondary Calculation			
Room Temperature (°C)		20	
Av. Ambient Temp. Heating P. (°C)		5,8	
Av. Ground Temp (°C)		12,5	

Effective Heat Recovery Efficiency $\eta_{HR,eff}$: 89,6%

Effective Heat Recovery Efficiency Subsoil Heat Exchanger

SHX Efficiency η_{SHX} : 33%

Heat Recovery Efficiency SHX ϵ_{SHX} : 16%

Passive House Planning SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate: **Trezzo Tinella**
 Building: **Trezzo Tinella**
 Location: **Trezzo Tinella**

Interior Temperature: **20,0** °C
 Building Type/Use: **Dwelling**
 Treated Floor Area A_{TFA}: **293,0** m²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _i kWh/a	Q _t kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1 Exterior Wall - Ambient	A	365,8	0,096	1,00	69,8	2460	
2 Exterior Wall - Ground	B			0,55			
3 Roof/Ceiling - Ambient	A	272,9	0,090	1,00	69,8	1711	
4 Floor Slab	B	217,7	0,109	0,55	69,8	920	
5	A			1,00			
6	A			1,00			
7	X			0,75			
8 Windows	A	93,9	0,754	1,00	69,8	4937	
9 Exterior Door	A	2,1	2,000	1,00	69,8	293	
10 Exterior TB (length/m)	A			1,00			
11 Perimeter TB (length/m)	P			0,55			
12 Ground TB (length/m)	B			0,55			
Total of All Building Envelope Areas						10322	35,2

Transmission Heat Losses Q_T Total **10322** kWh/(m²a) **35,2**

Ventilation System: Effective Air Volume, V_v m³/h
 Effective Heat Recovery Efficiency η_{eff} **90%**
 Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η_{SHX} **16%**

Clear Room Height m **2,50**
 Energetically Effective Air Exchange n_v **0,300** (1 - 0,91) + 0,042 = **0,068**

Ventilation Heat Losses Q_V **733** * **0,068** * **0,33** * **69,8** = **1151** kWh/a **3,9**

Total Heat Losses Q_L (**10322** + **1151**) * **1,0** = **11473** kWh/a **39,2**

Orientation of the Area	Reduction Factor	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Radiation HP kWh/(m ² a)	Q _s kWh/a	per m ² Treated Floor Area	
1 North	0,33	0,50	9,36	156	242		
2 East	0,50	0,50	13,12	309	1020		
3 South	0,54	0,50	49,65	572	7627		
4 West	0,54	0,50	21,75	383	2248		
5 Horizontal	0,40	0,00	0,00	459	0		
Total						11137	38,0

Available Solar Heat Gains Q_S Total **11137** kWh/(m²a) **38,0**

Internal Heat Gains Q_i **0,024** * **205** * **2,10** * **293,0** = **3020** kWh/a **10,3**

Free Heat Q_F Q_S + Q_i = **14157** kWh/a **48,3**

Ratio of Free Heat to Losses Q_F / Q_L = **1,23**

Utilisation Factor Heat Gains η_G (1 - (Q_F / Q_L)⁵) / (1 - (Q_F / Q_L)⁵) = **74%**

Heat Gains Q_G η_G * Q_F = **10412** kWh/a **35,5**

Annual Heat Demand Q_H Q_L - Q_G = **1061** kWh/a **4**

Limiting Value **15** kWh/(m²a) Requirement met? **Yes**

For buildings with a gain-loss-ratio above 0,7 you should use the Monthly Method (cf. manual).

Passive House Planning SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

(This page displays the sums of the monthly method over the heating period)

Climate: **Trezzo Tinella**
 Building: **Trezzo Tinella**
 Location: **Trezzo Tinella**

Interior Temperature: **20** °C
 Building Type/Use: **Dwelling**
 Treated Floor Area A_{TFA}: **293,0** m²

Spec. Capacity: **132** Wh/(m²K) (Enter in "Summer" worksheet.)

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Month. Red. Fac.	G _i kWh/a	Q _t kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1 Exterior Wall - Ambient	A	365,8	0,096	1,00	61	2168	
2 Exterior Wall - Ground	B			1,00			
3 Roof/Ceiling - Ambient	A	272,9	0,090	1,00	61	1508	
4 Floor Slab	B	217,7	0,109	1,00	30	704	
5	A			1,00			
6	A			1,00			
7	X			0,75			
8 Windows	A	93,9	0,754	1,00	61	4352	
9 Exterior Door	A	2,1	2,000	1,00	61	258	
10 Exterior TB (length/m)	A			1,00			
11 Perimeter TB (length/m)	P			1,00			
12 Ground TB (length/m)	B			1,00			
Total						8990	30,7

Transmission Heat Losses Q_T Total **8990** kWh/(m²a) **30,7**

Effective Air Change Rate Ambient n_{v,amb} **0,300** * (1 - 33%) * (1 - 0,90) + 0,042 = **0,063**

Effective Air Change Rate Ground n_{v,g} **0,300** * 33% * (1 - 0,90) = **0,010**

Ventilation Losses Ambient Q_{V,amb} **733** * **0,063** * **0,33** * **61** = **934** kWh/a **3,2**

Ventilation Losses Ground Q_{V,g} **733** * **0,010** * **0,33** * **30** = **73** kWh/a **0,3**

Ventilation Heat Losses Q_V Total **1007** kWh/a **3,4**

Total Heat Losses Q_L (**8990** + **1007**) * **1,0** = **9998** kWh/a **34,1**

Orientation of the Area	Reduction Factor	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Global Radiation kWh/(m ² a)	Q _s kWh/a	per m ² Treated Floor Area	
1 North	0,33	0,50	9,4	100	156		
2 East	0,50	0,50	13,1	206	678		
3 South	0,54	0,50	49,7	431	5742		
4 West	0,54	0,50	21,8	264	1550		
5 Horizontal	0,40	0,00	0,0	302	0		
6 Sum Opaque Areas					388		
Total						8513	29,1

Available Solar Heat Gains Q_S Total **8513** kWh/(m²a) **29,1**

Internal Heat Gains Q_i **0,024** * **151** * **2,1** * **293,0** = **2230** kWh/a **7,6**

Free Heat Q_F Q_S + Q_i = **10743** kWh/a **36,7**

Ratio Free Heat to Losses Q_F / Q_L = **1,07**

Utilisation Factor Heat Gains η_G = **87%**

Heat Gains Q_G η_G * Q_F = **9316** kWh/a **31,8**

Annual Heat Demand Q_H Q_L - Q_G = **682** kWh/a **2**

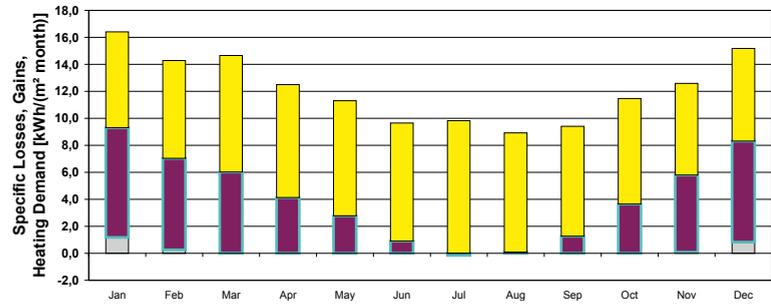
Limiting Value **15** kWh/(m²a) Requirement met? **Yes**

PASSIVE HOUSE PLANNING SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

Climate: Trezzo Tinella Interior Temperature: 20 °C
 Building: Trezzo Tinella Building Type/Use: Dwelling
 Location: Trezzo Tinella Treated Floor Area A_{TrA}: 293 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours -	14,8	12,1	10,4	6,8	4,3	0,9	-1,0	-0,4	2,0	6,6	10,5	13,7	81	kWh
Heating Degree Hours -	6,4	6,7	7,8	7,3	6,6	6,1	4,0	2,9	2,4	2,8	3,6	5,0	61	kWh
Losses - Exterior	2215	1810	1556	1017	638	129	-153	-54	305	992	1580	2059	12095	kWh
Losses - Ground	168	176	206	192	174	135	104	77	64	74	95	133	1597	kWh
Sum Spec. Losses	8,1	6,8	6,0	4,1	2,8	0,9	-0,2	0,1	1,3	3,6	5,7	7,5	46,7	kWh/m ²
Solar Gains - North	24	32	52	69	94	108	113	80	54	39	26	22	713	kWh
Solar Gains - East	108	141	218	260	295	324	366	290	224	166	112	100	2603	kWh
Solar Gains - South	1159	1143	1238	1050	962	945	1093	1064	1101	1176	1078	1124	13133	kWh
Solar Gains - West	267	318	449	499	538	578	661	546	448	361	265	251	5181	kWh
Solar Gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Gains - Opaque	65	80	116	135	153	167	188	150	118	92	66	61	1390	kWh
Internal Heat Gains	458	413	458	443	458	443	458	443	458	443	458	443	5390	kWh
Sum Spec. Gains Solar	7,1	7,3	8,6	8,4	8,5	8,8	9,8	8,8	8,1	7,8	6,8	6,9	97,0	kWh/m ²
Utilisation Factor	98%	90%	70%	49%	32%	10%	0%	1%	15%	47%	83%	97%	46%	
Annual Heat Demand	343	73	3	0	0	0	0	0	0	23	241	682	682	kWh
Spec. Heat Demand	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	2,3	2,3	kWh/m ²

Spec. Heat Demand Sum Spec. Losses Sum Spec. Gains Solar + Internal



Annual Heat Demand: Comparison

EN 13790 Monthly Method	682 kWh/a	2,3 kWh/(m ² a) Reference to habitable area
PHPP, Heating Period Method	1061 kWh/a	3,6 kWh/(m ² a) Reference to habitable area

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual Total	Heating Period Method
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	205
Ambient Temp.	1,10	2,90	6,90	11,30	14,80	19,40	21,90	21,00	17,70	11,70	6,20	2,50	11,5	5,8
North Radiation	15,5	20,2	32,7	43,3	59,4	68,3	71,5	50,8	34,2	25,0	16,7	13,8	451	156
East Radiation	38,8	48,2	71,5	82,5	91,3	99,2	112,8	91,3	72,5	56,0	39,2	36,2	839	309
South Radiation	67,8	86,3	93,0	78,3	71,5	70,0	80,9	79,2	82,5	88,7	81,7	65,3	985	572
West Radiation	36,8	48,2	71,5	82,5	91,3	99,2	112,8	91,3	72,5	56,0	39,2	36,2	839	363
Horiz. Radiation	47,4	63,0	99,0	121,7	141,2	156,0	174,8	137,8	103,3	74,9	49,2	43,1	1210	459
Tasky	-14,60	-11,25	-6,94	-0,45	6,36	9,73	13,29	12,51	9,06	1,94	-7,53	-13,22	0,0	
Ground Temp	11,42	10,05	9,49	9,88	11,12	12,88	14,68	16,05	16,61	16,22	14,98	13,22	13,1	12,1

Passive House Planning SPECIFIC USEFUL COOLING DEMAND MONTHLY METHOD

(This page displays the sums of the monthly method over the cooling period)

Climate: Trezzo Tinella Interior Temperature Summer: 26 °C
 Building: Trezzo Tinella Building Type/Use: Dwelling
 Location: Trezzo Tinella Treated Floor Area A_{TrA}: 293,0 m²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Mon. Red. Fac.	G _i kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	365,8	0,096	1,00	10	349
2. Exterior Wall - Ground	B			1,00		
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	272,9	0,090	1,00	10	242
4. Floor Slab	B	217,7	0,109	1,00	21	511
5.	A			1,00		
6.	A			1,00		
7.	X			0,75		
8. Windows	A	93,9	0,754	1,00	10	699
9. Exterior Door	A	2,1	2,000	1,00	10	42
10. Exterior TB (length/m)	A			1,00		
11. Perimeter TB (length/m)	P			1,00		
12. Ground TB (length/m)	B			1,00		

Transmission Losses Q_T (Negative: Heat Loads)

Total 1843 kWh/a 6,3 kWh/(m²a)

Effective Air Volume V_v = $\frac{A_{TrA}}{m} \cdot \frac{Clear\ Room\ Height}{m} = \frac{293}{2,50} = 733$

Heat Transfer Coefficient C_o = $\frac{W/K}{m^2} \cdot \frac{m^2}{kWh/a} = \frac{120,9}{10} = 1194$ kWh/(m²a) 4,1
 Exterior Ground = $\frac{0,0}{21} = 0$ kWh/(m²a) 0,0

Additional Summer Ventilation

Select: Window Night Ventilation, Manual
 Mechanical, Automatically Controlled Ventilation

Corresponding Air Change Rate 0,50 1/h
 (for window ventilation: at 1 K temperature difference indoor - outdoor)
 Minimum Acceptable Indoor Temperature 22,0 °C

Heat Losses Summer Ventilation

3712 kWh/a 12,7 kWh/(m²a)

Ventilation Heat Losses Q_V

Q_{ext} + Q_{ground} + Q_{summer} = 1194 + 0 + 3712 = 4906 kWh/a 16,7 kWh/(m²a)

Total Heat Losses Q_L

Q_T + Q_V = 1843 + 4906 = 6750 kWh/a 23,0 kWh/(m²a)

Orientation of the Area

Orientation of the Area	Reduction Factor	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Global Radiation kWh/(m ² a)	kWh/a
1. North	0,21	0,50	9,4	175	171
2. East	0,32	0,50	13,1	269	564
3. South	0,16	0,50	49,7	211	830
4. West	0,13	0,50	21,8	275	375
5. Horizontal	0,40	0,00	0,0	422	0
6. Sum Opaque Areas					384

Available Solar Heat Gains Q_S

Total 2323 kWh/a 7,9 kWh/(m²a)

Internal Heat Gains Q_i

Length Heat. Period $\frac{kWh/d}{da} \cdot \frac{Spec.\ Power\ q}{W/m^2} \cdot \frac{A_{TrA}}{m^2} = 0,024 \cdot 78 \cdot 2,1 \cdot 293,0 = 1152$ kWh/a 3,9 kWh/(m²a)

Sum Heat Loads Q_c

Q_L + Q_i = 6750 + 1152 = 3475 kWh/a 11,9 kWh/(m²a)

Ratio of Losses to Free Heat Gains Q_c / Q_S = 1,94

Utilisation Factor Heat Losses $\frac{Q_c}{Q_c + Q_s} = \frac{3475}{3475 + 2323} = 50\%$

Useful Heat Losses Q_{V,n}

Q_V * U_G = 3712 * 0,50 = 1856 kWh/a 6,3 kWh/(m²a)

Useful Cooling Demand Q_K

Q_F - Q_{V,n} = 128 - 1856 = -1728 kWh/a 0 kWh/(m²a)

Limiting Value

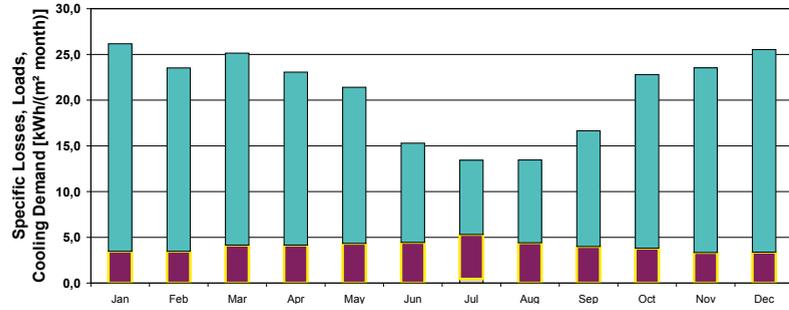
15 kWh/(m²a) Requirement met? Yes

PASSIVE HOUSE PLANNING SPECIFIC USEFUL COOLING DEMAND MONTHLY METHOD

Climate: Trezzo Tinella Interior Temperature: 26 °C
 Building: Trezzo Tinella Building Type/Use: Dwelling
 Location: Trezzo Tinella Treated Floor Area A_{TFA}: 293 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours -	18,9	15,9	14,6	10,9	8,6	5,0	3,3	3,9	6,2	10,9	14,6	17,9	131	kKh
Heating Degree Hours -	10,8	10,7	12,3	11,6	11,1	9,4	8,4	7,4	6,8	7,3	7,9	9,5	113	kKh
Losses - Exterior	4842	4055	3727	2783	2187	1278	838	1000	1585	2786	3734	4576	33400	kWh
Losses - Ground	258	255	293	276	264	225	201	176	161	173	189	226	2698	kWh
Losses Summer Ventilati	1556	1567	2133	2488	2554	1682	1346	1474	1965	2611	1997	1695	23069	kWh
Sum Spec. Heat Losses	22,7	20,1	21,0	18,9	17,1	10,9	8,1	9,1	12,7	19,0	20,2	22,2	201,9	kWh/m ²
Solar Load North	15	20	33	43	59	68	71	51	34	25	16	14	449	kWh
Solar Load East	69	89	138	165	187	206	232	184	142	106	71	64	1653	kWh
Solar Load South	341	337	365	309	284	279	322	314	324	347	318	331	3870	kWh
Solar Load West	62	74	104	116	125	134	154	127	104	84	62	58	1204	kWh
Solar Load Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Load Opaque	65	80	116	135	153	167	188	150	118	92	66	61	1390	kWh
Internal Heat Gains	458	413	458	443	458	443	458	443	458	443	458	458	5390	kWh
Sum Spec. Loads Solar	3,4	3,5	4,1	4,1	4,3	4,4	4,9	4,4	4,0	3,8	3,3	3,4	47,6	kWh/m ²
Utilisation Factor Losses	15%	17%	20%	22%	25%	41%	54%	48%	31%	20%	16%	15%	24%	
Useful Cooling Energy D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,27	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,28	kWh
Spec. Cooling Demand	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	kWh/m ²

■ Spec. Cooling Demand ■ Sum Spec. Loads Solar + Internal ■ Sum Spec. Heat Losses



Temperature Amplitude Summer 12,0 K

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual Total
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Ambient Temp.	1,10	2,90	6,90	11,30	14,80	19,40	21,90	21,00	11,70	6,20	2,50	11,5	115,5
North Radiation	15,5	20,2	32,7	43,3	59,4	68,3	71,5	50,8	34,2	25,0	16,7	13,8	451
East Radiation	38,8	48,2	71,5	82,5	91,3	99,2	112,8	91,3	72,5	56,0	39,2	36,2	838
South Radiation	87,8	88,3	93,0	78,3	71,5	70,0	80,9	79,2	82,5	88,7	81,7	85,3	885
West Radiation	38,8	48,2	71,5	82,5	91,3	99,2	112,8	91,3	72,5	56,0	39,2	36,2	838
Hori. Radiation	47,4	63,0	99,0	121,7	141,2	155,0	174,8	137,8	103,3	74,9	49,2	43,1	1210
Tasky	-14,60	-11,25	-6,94	-0,45	6,35	9,73	13,29	12,51	9,06	1,94	-7,53	-13,22	0,0
Ground Temp	11,42	10,05	9,49	9,88	11,12	12,88	14,68	16,05	16,61	16,22	14,98	13,22	13,1

Passive House Planning PRIMARY ENERGY VALUE

Building: Trezzo Tinella Building Type/Use: Dwelling
 Location: Trezzo Tinella Treated Floor Area A_{TFA}: 293 m²
 Space Heat Demand incl. Distribution: 3 kWh/m²a

Useful Cooling Demand	Final Energy kWh/(m ² a)	Primary Energy kWh/(m ² a)	Emissions CO ₂ -Equivalent kg/(m ² a)
Electricity Demand (without Heat Pump)	0	0	0
Covered Fraction of Space Heat Demand	0%	kWh/m ²	g/kWh
Covered Fraction of DHW Demand	0%	g/kWh	680

Heat Pump	PE Value	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Covered Fraction of Space Heat Demand	100%	0,0
Covered Fraction of DHW Demand	100%	2,7
Electricity Demand (without Heat Pump)	17,3	48,7
Electricity Demand Heat Pump (without DHW Wash&Dish)	5,7	15,4
Non-Electric Demand, DHW Wash&Dish	0,0	0,0
Total Electricity Demand Heat Pump	5,7	15,4

Compact Heat Pump Unit	PE Value	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Covered Fraction of Space Heat Demand	0%	0,0
Covered Fraction of DHW Demand	0%	2,7
Electricity Demand (without Heat Pump)	17,3	48,7
Electricity Demand Heat Pump (without DHW Wash&Dish)	5,7	15,4
Non-Electric Demand, DHW Wash&Dish	0,0	0,0
Total Compact Unit	5,7	15,4

Boiler	PE Value	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Covered Fraction of Space Heat Demand	0%	0,0
Covered Fraction of DHW Demand	0%	2,7
Electricity Demand (without Heat Pump)	17,3	48,7
Electricity Demand Heat Pump (without DHW Wash&Dish)	5,7	15,4
Non-Electric Demand, DHW Wash&Dish	0,0	0,0
Total Heating Oil/Gas/Wood	0,0	0,0

District Heat	PE Value	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Covered Fraction of Space Heat Demand	0%	0,0
Covered Fraction of DHW Demand	0%	2,7
Electricity Demand (without Heat Pump)	17,3	48,7
Electricity Demand Heat Pump (without DHW Wash&Dish)	5,7	15,4
Non-Electric Demand, DHW Wash&Dish	0,0	0,0
Total District Heat	0,0	0,0

Other	PE Value	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Covered Fraction of Space Heat Demand	0%	0,0
Covered Fraction of DHW Demand	0%	2,7
Electricity Demand (without Heat Pump)	17,3	48,7
Electricity Demand Heat Pump (without DHW Wash&Dish)	5,7	15,4
Non-Electric Demand, DHW Wash&Dish	0,0	0,0
Non-Electric Demand Cooking/Drying (Gas)	3,8	9,9
Total - Other	3,8	9,9

Cooling with Electric Heat Pump	PE Value	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Covered Fraction of Cooling Demand	1,00%	0,0
Annual Cooling COP	3	0,1
Energy Demand Space Cooling	0,1	0,4

Heating, Cooling, DHW, Auxiliary and Household Electricity	26,7	66,4	16,6
Total PE Value	66,4	kWh/(m ² a)	
Total Emissions CO₂-Equivalent	16,6	kg/(m ² a)	(Yes/No)
Primary Energy Requirement	120	kWh/(m ² a)	Yes

Heating, DHW, Auxiliary Electricity (No Household Applications)	13,3	36,0	9,1
Specific PE Demand - Mechanical System	36,0	kWh/(m ² a)	
Total Emissions CO₂-Equivalent	9,1	kg/(m ² a)	

Solar Electricity	PE Value (Savings)	CO ₂ -Emission Factor (CO ₂ -Equivalent)
Planned Annual Electricity Generation	3500	0,7
Specific Demand	11,9	8,4
PE Value: Conservation by Solar Electricity	23,9	5,1
CO ₂ -Emissions Avoided Due to Solar Electricity	5,1	

Stiferite Srl

Viale della Navigazione interna, 54

35129 Padova

www.stiferite.com

