

Indice

1 LE CINQUE TECNOLOGIE _____ pag.	6	5 IL SISTEMA COSTRUTTIVO IN LEGNO MASSELLO E LAMELLARE _____ pag.	44
Acciaio	8	5.1 Requisiti di progetto	47
Muratura strutturale	9	5.2 Ponti termici	50
Cemento armato	9	5.3 Tenuta all'aria	50
Legno massello e lamellare	10	<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 5</i>	51
CLT (<i>Cross Laminated Timber</i>)	10	6 IL SISTEMA COSTRUTTIVO IN CLT (<i>CROSS LAMINATED TIMBER</i>) _____ pag.	52
<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 1</i>	11	6.1 Requisiti di progetto	56
2 IL SISTEMA COSTRUTTIVO IN ACCIAIO _____ pag.	12	6.2 Ponti termici	58
2.1 Requisiti di progetto	16	6.3 Tenuta all'aria	59
2.2 Ponti termici	18	<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 6</i>	61
2.3 Tenuta all'aria	19	7 COMPLEMENTI _____ pag.	62
<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 2</i>	21	7.1 Schermature solari	64
3 IL SISTEMA COSTRUTTIVO IN MURATURA STRUTTURALE _____ pag.	22	7.2 Il PHPP e le prestazioni dell'edificio	68
3.1 Requisiti di progetto	25	7.3 L'impianto di climatizzazione	70
3.2 Ponti termici	28	7.4 Monitoraggio	73
3.3 Tenuta all'aria	29	<i>Regime invernale</i>	74
<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 3</i>	31	<i>Regime estivo</i>	76
4 IL SISTEMA COSTRUTTIVO IN CALCESTRUZZO ARMATO _____ pag.	32	<i>Il bypass</i>	77
4.1 Requisiti di progetto	36	7.5 Conclusioni	78
4.2 Ponti termici	39	<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 7</i>	79
4.3 Tenuta all'aria	40	8 ELABORATI DI PROGETTO _____ pag.	81
<i>Riferimenti bibliografici al capitolo 4</i>	43		



Lo standard Passivhaus viene utilizzato prevalentemente nella costruzione di edifici isolati e progettati utilizzando uno specifico sistema costruttivo. La sua applicazione nella rigenerazione degli aggregati urbani è molto limitata, come l'utilizzo sinergico di sistemi costruttivi differenti.

Obiettivo di questa ricerca è realizzare una Passivhaus collocata all'interno di un aggregato urbano, utilizzando volta per volta i sistemi costruttivi che meglio si adattano ad ogni singolo componente dell'edificio.

1.

Stefano Piraccini

Il *Passivhaus database* (<https://passivhausprojekte.de/>) è una piattaforma creata dal *Passivhaus Institut* di Darmstadt (D) al fine di monitorare il numero e la tipologia di edifici realizzati seguendo tale standard in tutto il mondo [1].

Da una rapida navigazione appare evidente come la grande maggioranza delle *Passivhaus* siano edifici isolati, con ogni fronte libero dal contatto con edifici preesistenti, la cui costruzione è generalmente caratterizzata da una tecnologia costruttiva predominante. L'applicazione di questo standard non ha trovato ad oggi largo impiego nella rigenerazione di porzioni di aggregato urbano: come le tipologie a schiera che caratterizzano, soprattutto in Europa, i centri storici e le prime espansioni delle città. Allo stesso modo, la maggior parte delle *Passivhaus*, sono caratterizzate da una tecnologia predominante, soprattutto legno e latero-cemento, in evidente subordine si riscontrano edifici realizzati utilizzando sistemi costruttivi combinati.

Al momento della scrittura di questo capitolo (ottobre 2018), il *Passivhaus database* rileva in Italia n. 83 edifici, realizzati o in corso di costruzione, di cui 80 di tipo isolato, 2 di tipo abbinato a edifici preesistenti (ID 2241, ID 2590), 1 di tipo a schiera, realizzato all'interno di aggregato urbano esistente (ID 5194). È presumibile che la scarsa diffusione dello standard nella rigenerazione di aggregati urbani o porzioni di essi, sia dovuta a una maggiore difficoltà nel risolvere i ponti termici e garantire la tenuta all'aria. Tali problematiche risultano rilevanti in edifici che condividono componenti della struttura e delle chiusure perimetrali. Questa condivisione crea interferenze con la continuità dell'isolamento termico e degli strati a tenuta all'aria:

Le cinque tecnologie

elementi fondamentali per ridurre spifferi e ponti termici, al fine di garantire le elevate prestazioni energetiche richieste dallo standard *Passivhaus* [2].

La sola *Passivhaus* non isolata rilevata dal database si trova nella città di Cesena, in Emilia Romagna, ed è stata costruita utilizzando un *mix* di tecnologie costruttive differenti. Si tratta di un edificio inserito all'interno di un aggregato a schiera posto a ridosso del centro storico della città. L'aggregato è composto da edifici che si sono stratificati nel tempo attraverso progressivi adeguamenti, di cui l'ultimo è successivo ai bombardamenti del secondo dopoguerra. Si tratta di un organismo edilizio strutturalmente connesso, che condivide con gli edifici adiacenti i muri d'ambito in laterizio, sui quali poggiano i solai.

La *Passivhaus* è stata realizzata nel 2017–2018 a seguito di un intervento di ristrutturazione edilizia che ha comportato la demolizione (ad esclusione dei muri d'ambito e del piano interrato) e la ricostruzione dell'edificio preesistente. Il progetto e la realizzazione dell'edificio sono oggetto di questo libro, sia in ragione della singolarità del contesto per una *Passivhaus* che in ragione dell'uso combinato di tecnologie costruttive differenti, quest'ultimo determinato attraverso un percorso di ricerca.

Obiettivo della ricerca è stato quello di individuare, per ogni singolo componente dell'edificio, quale sia il sistema costruttivo più efficiente.

Come componente dell'edificio intendiamo: murature perimetrali, solai, ed elementi strutturali; mentre come sistema costruttivo intendiamo le mol-

teplici tecnologie costruttive utilizzate in edilizia: cemento armato, latero-cemento, legno lamellare, legno massiccio, acciaio, muratura, ecc. Infatti, indagando i sistemi costruttivi utilizzati nell'edificio in esame, anche al fine di comprendere come sono state risolte le problematiche relative alla costruzione in aggregato, emerge la singolarità dell'approccio progettuale: posto che la maggior parte delle *Passivhaus* è realizzata con un'unica tecnologia costruttiva, quella di Cesena utilizza 5 diversi sistemi costruttivi:

- 1) **acciaio;**
- 2) **muratura strutturale;**
- 3) **cemento armato;**
- 4) **legno massello e lamellare;**
- 5) **CLT.**

L'approccio metodologico ha previsto di individuare i sistemi costruttivi attraverso il soddisfacimento dei seguenti requisiti:

- 1) **efficienza strutturale;**
- 2) **efficienza energetica;**
- 3) **massimizzazione della superficie utile.**

Tali requisiti sono definiti in ragione delle complessità del sito di intervento. Sotto l'aspetto strutturale intervenire all'interno di un aggregato urbano con una nuova struttura anti-sismica genera diverse complessità: non solo è

necessario rendere efficiente sismicamente la nuova struttura, le norme tecniche italiane impongono che tale struttura debba migliorare anche la sicurezza sismica degli edifici adiacenti.

Per quanto riguarda l'efficienza energetica, raggiungere lo standard *Passivhaus* prevede numerose attenzioni. È necessario ridurre per quanto possibile i ponti termici e garantire la tenuta all'aria, l'involucro edilizio deve prevedere ampi spessori di coibente termico e, inoltre, riveste una importanza rilevante l'orientamento dei fronti dell'edificio.

L'introduzione di elementi strutturali e di consistenti spessori di isolamento termico rischiano di ridurre la superficie utile dell'intervento. Tale superficie deve essere salvaguardata allo scopo di ricavare nel nuovo edificio, nei limiti stringenti prescritti dalle norme, un'abitazione e uno studio professionale sfruttando, quindi, il poco spazio a disposizione. Pertanto, ogni sistema costruttivo è stato individuato attraverso tale approccio metodologico, adottando soluzioni che si differenziano in relazione alle molteplici specificità dell'edificio. [3]

Vediamo ora una breve introduzione ai 5 sistemi costruttivi, che saranno ampiamente documentati nei successivi capitoli di questo libro.

Acciaio

A seguito della demolizione dell'edificio esistente, il primo sistema costruttivo installato è composto da una struttura intelaiata in acciaio, posizionata

al centro dell'edificio. La struttura ha fondazione su due livelli: al piano interrato e al piano terra, e raggiunge la sommità dell'edificio connettendosi con la copertura.

Sappiamo che l'acciaio è un ottimo conduttore, capace di generare ponti termici rilevanti. Tuttavia, la sua intera collocazione all'interno dell'involucro riscaldato, sotto questo profilo, non genera problematiche rilevanti. I ponti termici prodotti dai plinti sono stati risolti isolando la fondazione e la porzione di pilastro dentro terra. La sezione esile degli elementi, caratteristica tipica del materiale, non sottrae superficie utile. Durante il processo costruttivo tale struttura ha svolto, inoltre, la funzione di struttura provvisoria al fine di contenere la spinta dei muri d'ambito degli edifici confinanti evitandone il collasso.

Muratura strutturale

Il fronte ovest è realizzato da una muratura strutturale in blocchi di laterizio rinforzato al suo interno da barre di acciaio e calcestruzzo. La muratura strutturale è connessa ai muri d'ambito, realizzati in mattoni di laterizio, al fine di ripristinare la conformazione strutturale dell'aggregato. Il fronte presenta aperture ridotte per due per due motivi: 1) aumentare l'introspezione dell'affaccio sul fronte strada, 2) ridurre l'esposizione delle finestre alla forte incidenza della radiazione solare estiva sul fronte ovest. La muratura strutturale ha una massa elevata, pertanto contribuisce a ottimizzare le prestazioni energetiche in termini di sfasamento, bilanciando la limitata

efficacia in regime estivo del rivestimento a cappotto in *XPS*, a causa della densità ridotta del materiale.

In corrispondenza dell'intersezione tra la muratura strutturale e i muri d'ambito si crea un ponte termico piuttosto rilevante. Infatti, il rivestimento a cappotto applicato sulla muratura strutturale termina in corrispondenza della mezzaria del muro d'ambito dove è collocato il confine di proprietà. Tale situazione ha determinato un vincolo oggettivo, pertanto per bilanciare le perdite relative si è agito aumentando l'efficienza generale dell'involucro.

Cemento armato

Il fronte est dell'edificio è caratterizzato da un sistema costruttivo puntuale in cemento armato. Si tratta di una struttura composta da travi e pilastri che ben si adatta alla necessità di aprire grandi finestre su ogni piano del fronte. Il fronte est si affaccia su di un fiume, inoltre riceve il sole del mattino che, adeguatamente schermato, non genera situazioni di surriscaldamento estivo e favorisce i principali apporti termici gratuiti che l'edificio necessita in regime invernale. La struttura è ancorata a quelle degli edifici esistenti ed è presente, nella limitata superficie opaca, il medesimo rivestimento a cappotto posto fronte ovest. Il sistema costruttivo prevede, nei piani primo e secondo, due travi in aggetto per realizzare il piano di appoggio della struttura in legno dei balconi. Le travi in aggetto costituiscono ponti termici puntuali che sono stati risolti coibentandone i lati e la parte inferiore. Al

pari della soluzione in muratura strutturale, rimane sempre la presenza del ponte termico lineare in corrispondenza dei muri d'ambito.

L'esiguo spessore delle finestre, insieme al limitato ingombro dei pilastri, ottimizza la superficie utile. Il solaio del piano terra è realizzato tramite una soletta in cemento armato. La soletta è ancorata alle murature perimetrali al fine di migliorare sismicamente l'edificio. Inoltre, sfruttando la massa elevata del materiale, il solaio accumula il calore prodotto dalla radiazione solare che attraversa le finestre durante il giorno per rilasciarlo nelle ore notturne.

Legno massello e lamellare

I solai interpiano sono realizzati in legno lamellare al fine di alleggerire i carichi alla struttura. Essendo collocati all'interno dell'involucro riscaldato non generano ponti termici. Questa tecnologia consente, inoltre, una sostanziale riduzione dello spessore dei solai, al fine di realizzare 3 piani abitabili, mantenendo inalterata l'altezza massima dell'edificio preesistente distribuito su 2 piani. Il legno lamellare semplifica le connessioni con le diverse tipologie di struttura verticale: acciaio, muratura armata, telaio in cemento armato. Ogni connessione è avvenuta utilizzando connettori metallici. Le aperture presenti sul fronte est sono state schermate da un frangisole in cedro rosso canadese. Tale elemento tecnico regola l'ingresso della radiazione solare in estate e in inverno, sfruttando la diversa inclinazione del sole in relazione all'orientamento dell'edificio.

CLT (Cross Laminated Timber)

Il *CLT (Cross Laminated Timber)*, altrimenti noto come *XLAM (Cross-Lam)*, è stato utilizzato nelle coperture per consentire una maggiore sfasamento termico. Tale scelta è motivata dalla radiazione solare incidente che in copertura determina, rispetto alle murature esterne, il maggiore riscaldamento superficiale. I pannelli di *CLT* si comportano strutturalmente come un piano rigido collaborando al miglioramento sismico dell'edificio. Gli stessi pannelli sono stati utilizzati per realizzare l'intero sistema costruttivo, inclusa la struttura verticale, del padiglione esterno. Il *CLT*, nonostante la sua massa è un pessimo conduttore, pertanto, in termini di trasmittanza e sfasamento termico, consente la realizzazione di chiusure prestazionali con significative riduzioni di spessore a guadagno della superficie utile interna.

Dal calcolo tramite *PHP (Passive House Planning Package)* l'edificio ha un fabbisogno termico annuo per riscaldamento pari a 9 kWh/(m²a) ed un fabbisogno frigorifero e di deumidificazione pari a 7 kWh/(m²a). Il fabbisogno è pertanto inferiore a 15 kWh/(m²a) richiesti dallo standard *Passivhaus*. Dal calcolo con *software* strutturati in base alle norme nazionali italiane, l'edificio rientra nella classe energetica "A4 edificio ad energia quasi zero" con un EPgl,nren di 12,88 kWh/(m²a), dato che comprende i consumi di climatizzazione, acqua calda sanitaria, ventilazione meccanica controllata. La produzione di fotovoltaico (3kW) è pari a 37,8 kWh/(m²a), mentre i con-

sumi relativi alla climatizzazione sommati ai consumi dovuti alla ventilazione meccanica sono pari a 23,92 kWh/(m²a). Sotto il profilo della climatizzazione l'edificio produce più energia di quella che consuma.

Questi risultati evidenziano come l'uso strategico di differenti sistemi costruttivi, evitando processi standardizzati, possa rivelarsi una proposta funzionale alla rigenerazione ad alta efficienza energetica degli edifici in aggregato [4]. A differenza di quanto accade nel caso degli edifici isolati, non è possibile ricorrere a soluzioni strutturali e tecnologiche uniformi, ed è più

difficile avvantaggiarsi di quelle già applicate e sperimentate in casi precedenti: la particolarità di ogni contesto determina la necessità di calibrare su di esso le migliori strategie progettuali e costruttive.

La *Passivhaus* di Cesena dimostra come i limiti rappresentati da un tessuto urbano denso e compatto, dai vincoli morfologici del lotto, dalla necessaria tutela degli edifici adiacenti, sono superabili attraverso una progettazione flessibile che si avvalga delle diverse caratteristiche e potenzialità di materiali e sistemi costruttivi, scelti di volta in volta in base alle problematiche cui far fronte.

Note

[1] NESI F. (2018), *Passivhaus*, Maggioli Editore.

[2] CONSOLIA A., COSTANZO V., EVOLA G., MARLETTA L., *Refurbishing an Existing Apartment Block in Mediterranean Climate: Towards the Passivhaus Standard*, Energy Procedia, 111, p. 397–406.

[3] COSTANZO V., FABBRI K., PIRACCINI S. (2018), "Stressing the passive behavior of a Passivhaus: An evidence-based scenario analysis for a Mediterranean case study", *Building and Environment*, 142, p. 265–277.

[4] MARQUEZ H.S., GOMEZ SOBERON J.M., ARREDONDO REA S.P., ET AL. (2015), "The Passivhaus standard in the mediterranean climate: Evaluation, comparison and profitability", *Journal of Green Building* 10(4), p. 55–72

Riferimenti bibliografici al capitolo 1

DASSORI E., MORBIDUCCI R. (2010) *Costruire l'architettura. Tecniche e tecnologie per il progetto*, Tecniche Nuove, Milano.

PIRACCINI S. (2018) *Come costruire una Passive House in Area Mediterranea*, Altralinea edizioni, Collana "Edificio costruito", Altralinea Edizioni, Firenze.

PIRACCINI S., FABBRI K. (2018) *Building a Passive House. The Architect's Logbook*, Springer International Publishing Switzerland.

COSTANZO V., FABBRI K., PIRACCINI S. (2018) "Stressing the passive behavior of a Passivhaus: An evidence-based scenario analysis for a Mediterranean case study", in *Building and Environment* n°142/2018, Elsevier Ltd, PP. 265–277, ISSN: 0378–7788.

Nei capitoli precedenti sono stati descritti il progetto e le tecniche di realizzazione dell'edificio, oggetto di analisi di questo libro, in ragione dei cinque diversi sistemi costruttivi che sono stati impiegati nella sua costruzione.

Ciascuno dei sistemi è stato esaminato innanzitutto in base alle prestazioni che è in grado di offrire e di conseguenza confrontato con altri sistemi costruttivi, per esporre le ragioni che hanno portato alla scelta di uno piuttosto che dell'altro.

Successivamente sono state descritte le soluzioni tecnologiche che sono state individuate come le più idonee da adottare in virtù delle caratteristiche del materiale e delle esigenze progettuali, indagando i sistemi costruttivi utilizzati nell'edificio in esame, anche al fine di comprendere come sono state risolte le problematiche relative alla costruzione in aggregato.

Infine sono state affrontate le questioni legate all'ottenimento dei requisiti prestazionali dell'efficienza strutturale, dell'efficienze energetica e della massimizzazione della superficie utile. Nella descrizione sono state incluse le soluzioni tecnologiche adottate per la correzione dei ponti termici e per la tenuta all'aria degli ambienti.

Riassumendo, l'obiettivo ultimo della ricerca è stato quello di individuare, per ogni singolo componente dell'edificio, quale è stato il sistema costruttivo ritenuto più idoneo ed efficiente, cercando di far emergere di volta in volta la singolarità dell'approccio progettuale.

Quest'ultimo capitolo vuole portare a conclusione la descrizione del progetto in esame analizzando ulteriori aspetti che sono necessari per la comprensione di un progetto *Passivhaus*.

Infatti, la progettazione dell'edificio non si è limitata agli aspetti descritti nei capitoli relativi ai cinque sistemi costruttivi. Il controllo delle prestazioni energetiche di un edificio passivo, o in generale ad alte prestazioni energetiche, non passa soltanto attraverso la buona realizzazione dell'involucro e dalla selezione dei materiali più efficienti, bensì tiene in considerazione altre variabili e fattori. Tra questi risulta di fondamentale importanza il controllo dell'esposizione e dell'orientamento dell'edificio o, in altri termini, il controllo della radiazione solare incidente sull'edificio. Tale controllo può avvenire attraverso l'impiego di sistemi di schermature solari di vario tipo.

Pertanto, nel seguente capitolo verranno esaminate le ragioni che hanno portato all'utilizzo delle schermature solari, nonché descritte le diverse soluzioni tecnologiche adottate nella realizzazione delle stesse.

Infine, a completare la descrizione del progetto, verranno esposti i risultati prestazionali ottenuti dalle simulazioni attraverso il *software PHPP (Passive House Planning Package)* e i risultati ottenuti dal monitoraggio energetico condotto da Zehnder.

FIG.28 | GRAFICO DELLE DISPERSIONI SPECIFICHE, APPORTI SPECIFICI, FABBISOGNO TERMICO PER IL RISCALDAMENTO

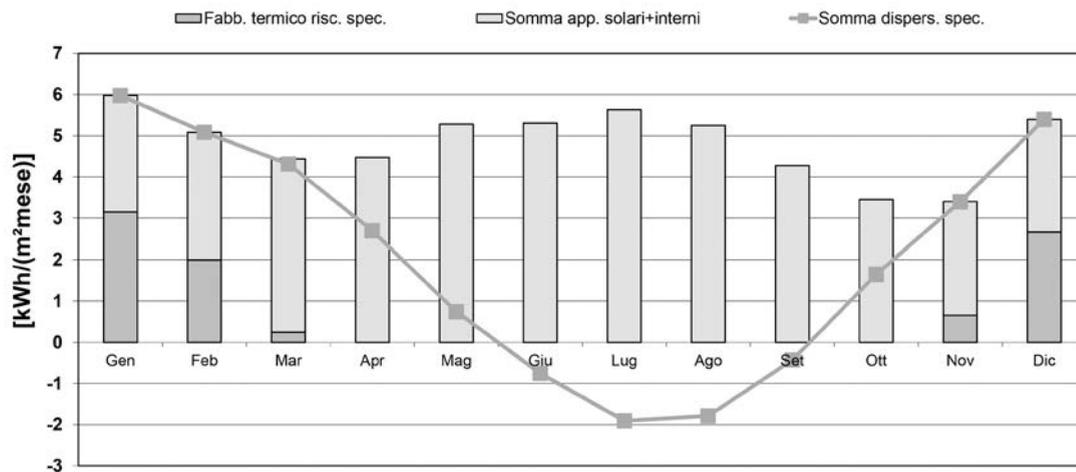
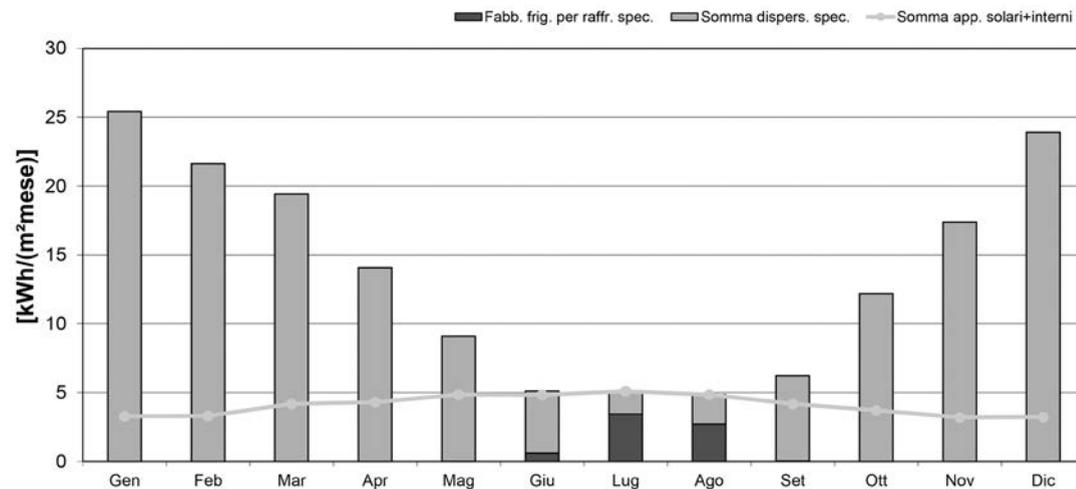
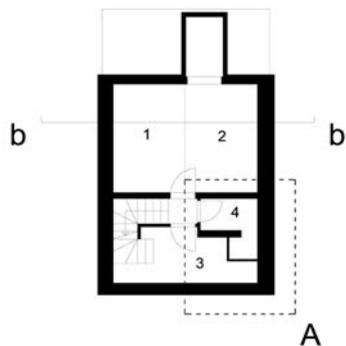


FIG.29 | GRAFICO DELLE DISPERSIONI SPECIFICHE, APPORTI SPECIFICI, FABBISOGNO TERMICO PER IL RAFFRESCAMENTO

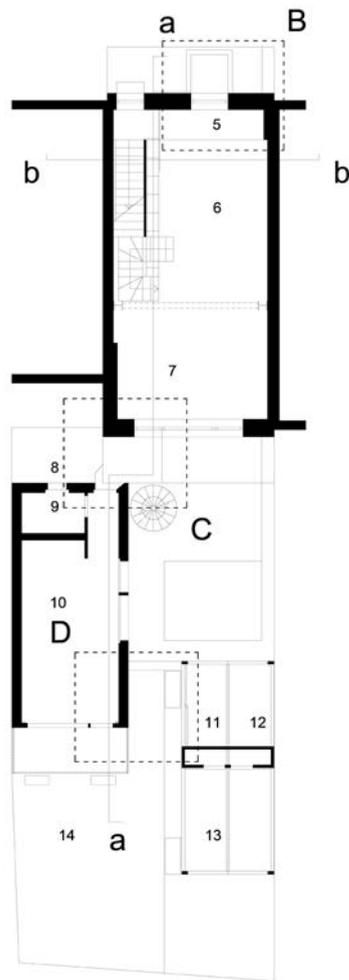




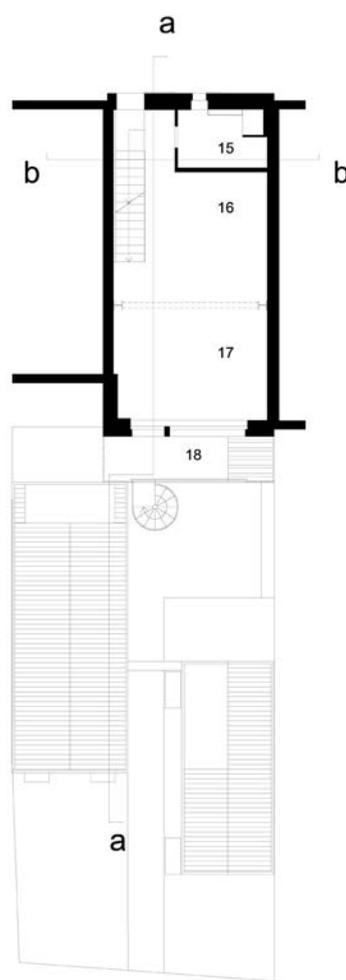
PIANO SEMINTERRATO



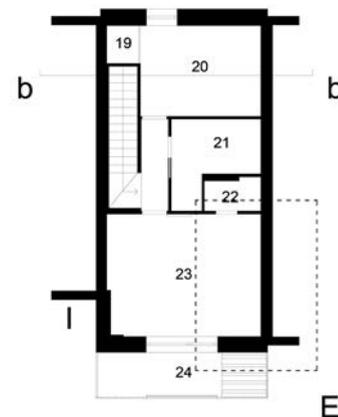
PIANO TERRA



PIANO PRIMO



PIANO SECONDO



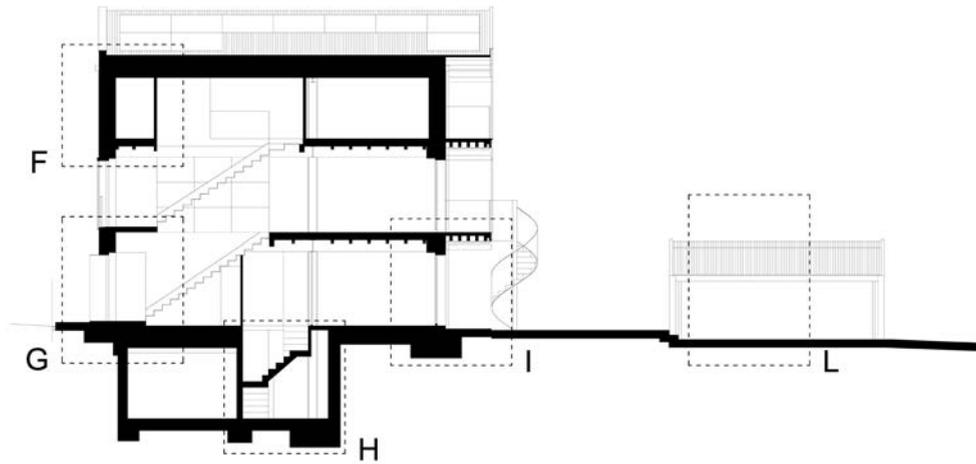
LEGENDA

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1) cantina | 15) bagno |
| 2) tavernetta | 16) cucina |
| 3) vano impianti | 17) soggiorno |
| 4) bagno | 18) balcone |
| 5) ingresso | 19) ripostiglio |
| 6) studio | 20) camera da letto |
| 7) studio | 21) bagno |
| 8) corte | 22) ripostiglio |
| 9) bagno | 23) camera da letto |
| 10) studio esterno | 24) balcone |
| 11) Onsen | |
| 12) mini-piscina | |
| 13) deposito | |
| 14) corte | |

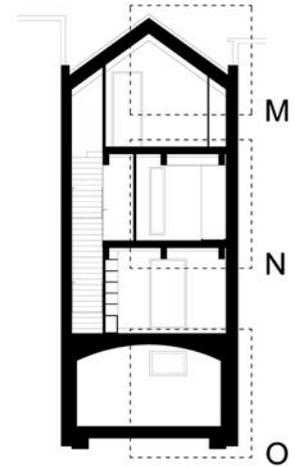
FIGG.2-6 | PIANTE



SEZIONE LONGITUDINALE a-a

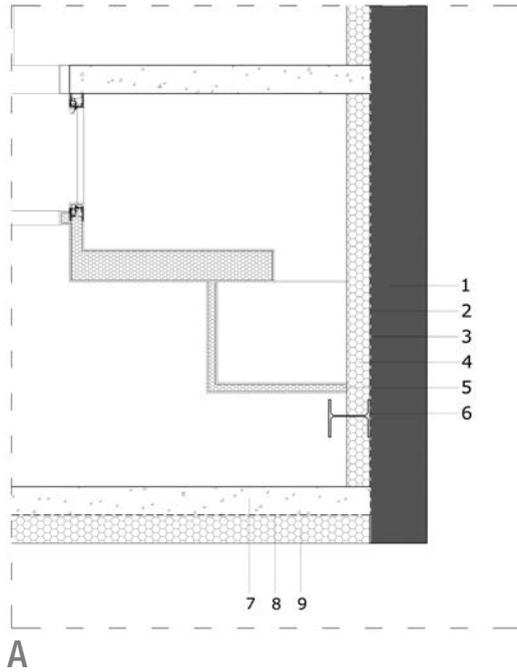


SEZIONE TRASVERSALE b-b



FIGG.7-8 | SEZIONI

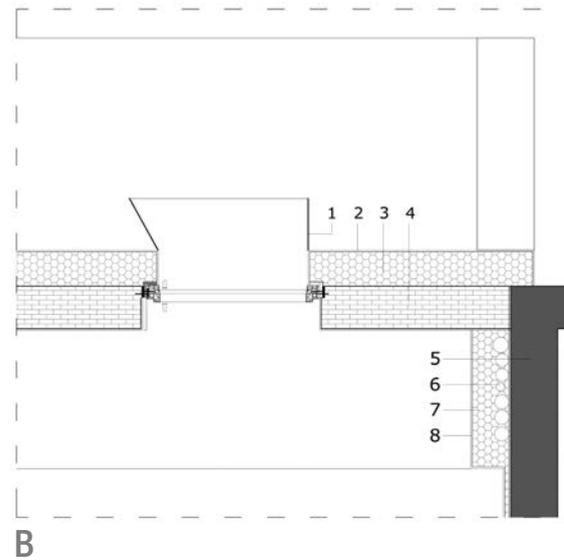




A

FIG.9 | PARTICOLARE A:

- 1) muratura esistente 40 cm
- 2) geocalce 1.5 cm
- 3) guaina impermeabilizzante 0.4 cm
- 4) XPS 15.3 cm
- 5) lana di vetro 5 cm
- 6) pilastro in acciaio HEA300
- 7) muro in c.a. 20 cm
- 8) guaina impermeabilizzante 0.4 cm
- 9) XPS 20



B

FIG.10 | PARTICOLARE B:

- 1) rasatura esterna 1 cm
- 2) XPS 22 cm
- 3) muratura armata (poroton 800) 31 cm
- 4) muratura esistente
- 5) rasatura 1 cm
- 6) lana di vetro 27 cm
- 7) cartongesso 1.25 cm

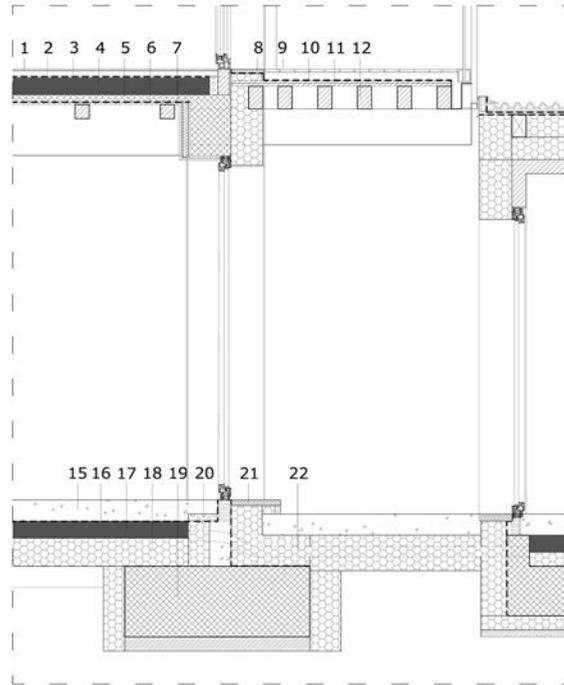


FIG.17 | PARTICOLARE I:

- 1) pavimento in legno
- 2) massetto 4 cm
- 3) isolamento acustico 1.5 cm
- 4) sottofondo 12 cm
- 5) soletta armata 5 cm
- 6) telo in PVC
- 7) tavolato in legno 2.5 cm
- 8) soglia in legno
- 9) pavimento in legno
- 10) impermeabilizzante
- 11) doppio tavolato
- 12) travetti in legno
- 14) cemento trattato al quarzo 15 cm
- 15) telo tenuta all'aria
- 16) sottofondo
- 17) XPS 20 cm
- 18) fondazione
- 19) poliuretano espanso 5 cm
- 20) soglia in pietra
- 21) condotta di ventilazione coibentata

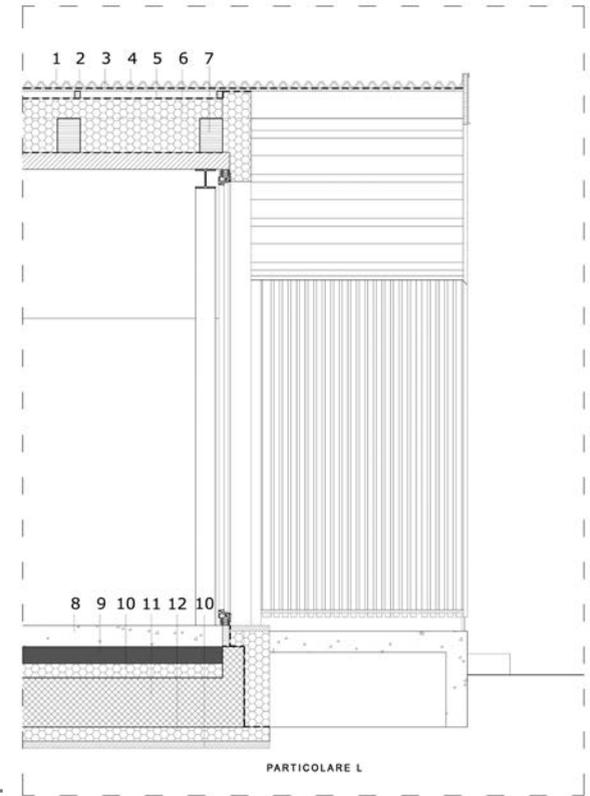


FIG.18 | PARTICOLARE L:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1) lamiera grecata | 7) elemento in legno |
| 2) telo impermeabile traspirante | 8) cemento trattato al quarzo |
| 3) tavolato in legno | 9) sottofondo |
| 4) intercapedine ventilata | 10) XPS 10 cm |
| 5) telo di tenuta all'aria | 11) c.a. |
| 6) lana di vetro 30 cm | 12) XPS 10 cm |

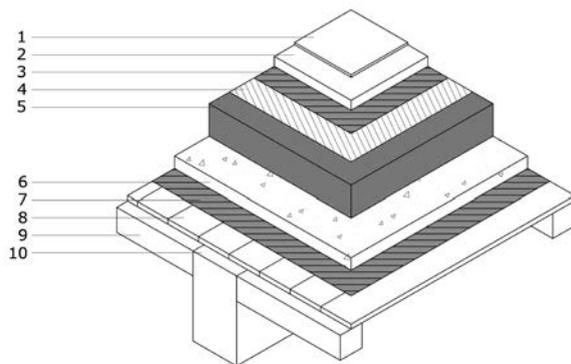
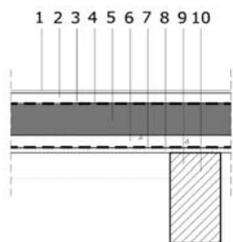


FIG.24 | STRATIGRAFIA CHIUSURA ORIZZONTALE DI INTERPIANO TRA IL PIANO TERRA, PIANO PRIMO E PIANO SECONDO

- 1) pavimentazione in legno
- 2) massetto 4 cm
- 3) telo in PVC
- 4) pannello isolgomma 1 cm
- 5) sottofondo 12 cm
- 6) soletta in calcestruzzo armata 5 cm
- 7) telo in PVC
- 8) tavolato in legno 2 cm
- 9) travetto in legno 10x10 cm
- 10) trave in legno lamellare 20x36 cm

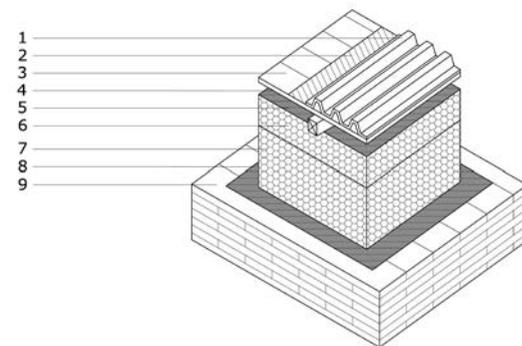
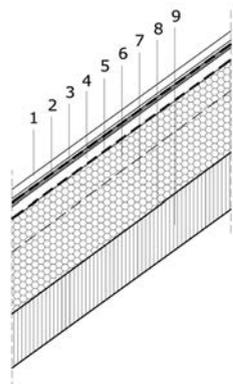


FIG.25 | STRATIGRAFIA CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA, OVVERO DELLA COPERTURA A FALDE INCLINATE

- 1) lamiera grecata
- 2) telo impermeabilizzante
- 3) tavolato in legno 2 cm
- 4) ventilazione 4 cm
- 5) telo barriera al vento
- 6) isolante lana di vetro 30–32 cm
- 7) telo in PVC a tenuta all'aria
- 8) pannello in *CLT* 18 cm

FIG.30 | STRATIGRAFIA CHIUSURA VERTICALE
ESTERNA IN MURATURA ARMATA

- 1) tinteggiatura
- 2) *aerogel*
- 3) rasatura
- 4) pannelli in *XPS*
- 5) rasatura
- 6) muratura armata

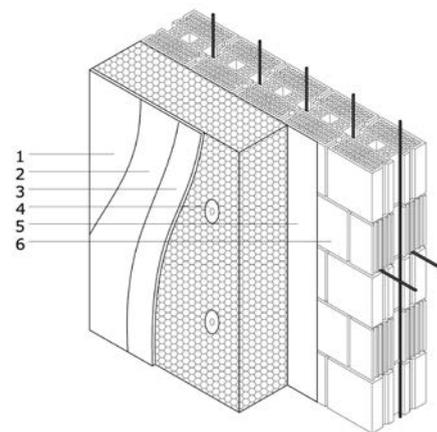
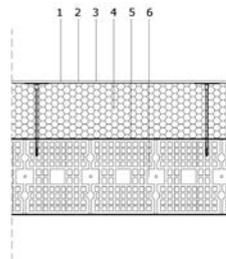


FIG.31 | STRATIGRAFIA CHIUSURA VERTICALE
ESTERNA IN CALCESTRUZZO ARMATO

- 1) lastra in cartongesso 1.25 cm
- 2) montante in acciaio per cartongesso 5 cm
- 3) lana di vetro 4 cm
- 4) calcestruzzo armato
- 5) rasatura 1 cm
- 6) pannello in *XPS* 24 cm
- 7) rasatura
- 8) intonaco *aerogel*
- 9) tinteggiatura

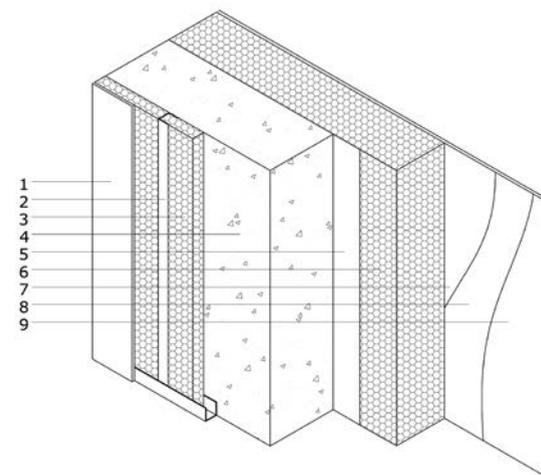
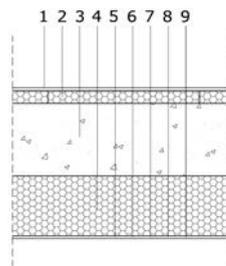


FIG.34 | STRATIGRAFIA CHIUSURA ORIZZONTALE DI COPERTURA, DETTAGLIO DEL COLMO

- 1) lamiera grecata 4 cm
- 2) telo impermeabile traspirante
- 3) tavolato 3 cm
- 4) ventilazione 4 cm
- 5) telo tenuta all'aria
- 6) colmo ventilato
- 7) lana di vetro 20 cm
- 8) lana di vetro 10 cm
- 9) telo impermeabile
- 10) pannelli in CLT 22 cm

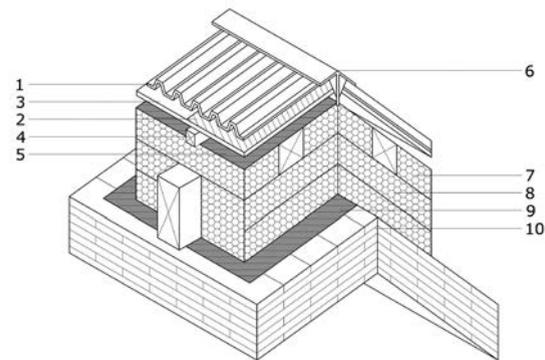
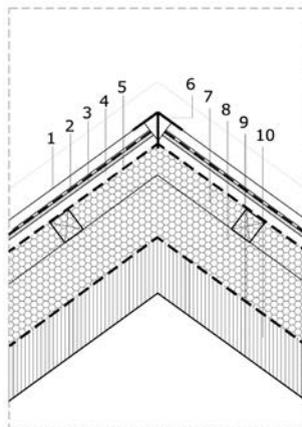
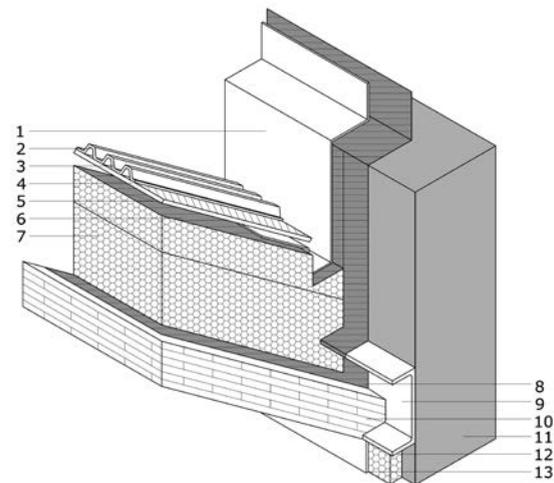
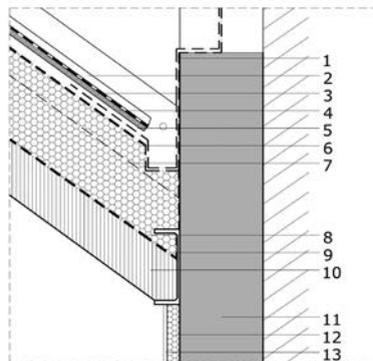


FIG.35 | NODO TRA CHIUSURA ORIZZONTALE DI COPERTURA E CHIUSURA VERTICALE ESTERNA

- 1) lamiera
- 2) lamiera grecata
- 3) telo impermeabile traspirante
- 4) tavolato 3 cm
- 5) ventilazione 4 cm
- 6) telo di tenuta all'aria
- 7) lana di vetro 30 cm
- 8) impermeabilizzante
- 9) elemento in acciaio
- 10) CLT 22 cm
- 11) muro preesistente
- 12) lana di roccia 4 cm
- 13) intercapedine 1 cm







do

ul fronte ovest

FIG.47 | PIANO TERRA, VISTA DELLO STUDIO ESTERNO CON STRUTTURA IN CLTA VISTA





