

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

**ANALISI COMPARATIVA TRA TRE DIVERSE SOLUZIONI DI INVOLUCRO
EDILIZIO DAL PUNTO DI VISTA ECONOMICO, ECOLOGICO, FUNZIONALE**



Relatore

prof. MANNI VALENTINO

Co-relatore

prof. GRON SILVIA

prof. FERRANDO DIEGO GIUSEPPE

Candidato

CAMISASSI UMBERTO

Luglio 2023

Indice

Abstract	pag.6
Abstract (EN)	pag. 8
Introduzione	pag.10
01. IL RUOLO DELL' EDILIZIA NELLA PROTEZIONE AMBIENTALE	pag. 14
1.1. Ambiente e cambiamento climatico	pag. 14
1.2. Il settore edilizio e l'impatto ambientale	pag. 15
1.3. Settore edilizio e crisi energetica	pag. 17
1.4. Gli isolanti: una risposta alle problematiche ambientali ed energetiche	pag. 18
1.5. Il progetto CasaClima: uno strumento verso la sostenibilità	pag. 20
1.6. Efficientamento energetico	pag. 21
02. I SISTEMI COSTRUTTIVI	pag. 26
2.1. Il sistema costruttivo tradizionale: introduzione alla tipologia costruttiva	pag. 26
2.2. I vantaggi della costruzione in calcestruzzo e laterizio	pag. 29
2.3. La sostenibilità della costruzione in muratura massiccia	pag. 31
2.4. Considerazioni	pag. 32
2.5. Il sistema costruttivo in legno: introduzione alla tipologia costruttiva	pag. 33
2.6. I vantaggi della costruzione in legno	pag. 34
2.7. Il legno e la sostenibilità	pag. 35
2.8. I prodotti per l'edilizia derivanti dal legno	pag. 36
2.9. Il sistema costruttivo in Xlam	pag. 37
2.10. Il sistema costruttivo a telaio	pag. 39
2.11. Confronto tra sistema costruttivo in Xlam e a telaio	pag. 40
03. IL PROGETTO	pag. 44
3.1. Introduzione	pag. 44
3.2. Analisi aspetti socio-economici e territoriali	pag. 45
3.3. Analisi climatica	pag. 47
3.3.1. <i>Analisi dell'irradiazione solare</i>	pag. 48
3.3.2. <i>Analisi delle precipitazioni</i>	pag. 49
3.4. Analisi dell'area di intervento	pag. 51
3.5. Analisi dell'edificio dell'area	pag. 54
3.6. Analisi del Piano Regolatore Generale	pag. 55
3.7. Analisi e descrizione del progetto	pag. 57
3.7.1. <i>Vincoli, limiti ed obiettivi</i>	pag. 57
3.7.2. <i>Il progetto del complesso</i>	pag. 57

3.8. Suggestioni progettuali per il progetto del complesso	pag. 62
<i>3.8.1. Australia Murundaka</i>	pag. 62
<i>3.8.2. Canada Roberts Creek</i>	pag. 63
<i>3.8.3. Norvegia Havstein</i>	pag. 64
<i>3.8.4. Co-Housing “Il Mucchio”</i>	pag. 65
3.9. Il progetto dell’edificio costituente il caso studio	pag. 66
<i>3.9.1. L’utenza e gli spazi interni</i>	pag. 66
<i>3.9.2. L’involucro esterno: soluzioni strutturali, materiali e cromatismi</i>	pag. 67
<i>3.9.3. Le strategie di controllo passivo e le scelte impiantistiche</i>	pag. 71
3.10. Suggestioni progettuali per il progetto dell’edificio caso studio	pag. 73
<i>3.10.1. Casa a Stoccarda</i>	pag. 73
<i>3.10.2. Edificio plurifamiliare Geiser Lana</i>	pag. 74
04. LE TRE SOLUZIONI COSTRUTTIVE	pag. 78
4.1. Prima soluzione costruttiva: soluzione tradizionale	pag. 78
<i>4.1.1. La struttura puntuale in calcestruzzo e la divisione degli spazi interni</i>	pag. 78
4.2. Dettagli costruttivi	pag. 81
4.3. Materiali isolanti utilizzati	pag. 85
<i>4.3.1. Polistirene estruso “XPS”</i>	pag. 85
<i>4.3.2. Polistirene espanso “EPS”</i>	pag. 85
4.4. Calcolo delle proprietà delle chiusure esterne	pag. 86
<i>4.4.1. Solaio a terra</i>	pag. 86
<i>4.4.2. Parete esterna</i>	pag. 87
<i>4.4.3. Copertura inclinata</i>	pag. 88
<i>4.4.4. Copertura a verde</i>	pag. 89
4.5. Seconda soluzione costruttiva: Xlam	pag. 90
<i>4.5.2. La struttura portante in Xlam e la divisione degli spazi interni</i>	pag. 90
4.6. Dettagli costruttivi	pag. 91
4.7. Materiali isolanti utilizzati	pag. 96
<i>4.7.1. Fibra di legno</i>	pag. 96
<i>4.7.2. Fibra di legno ad alta densità</i>	pag. 96
<i>4.7.3. Argilla espansa</i>	pag. 96
4.8. Calcolo delle proprietà delle chiusure esterne	pag. 97
<i>4.8.1. Solaio a terra</i>	pag. 97
<i>4.8.2. Parete esterna</i>	pag. 98
<i>4.8.3. Copertura inclinata</i>	pag. 99
<i>4.8.4. Copertura a verde</i>	pag. 100
4.9. Terza soluzione costruttiva: telaio in legno	pag. 101
<i>4.9.1. Il telaio in legno e la divisione degli spazi interni</i>	pag. 101

4.10. Il sistema costruttivo a telaio in legno applicazione progettuale e dettagli costruttivi	pag. 103
4.11. Materiali isolanti utilizzati	pag. 107
4.11.1. <i>Ricehouse</i>	pag. 107
4.11.2. <i>RH-50</i>	pag. 108
4.11.3. <i>RH-L</i>	pag. 108
4.12. Calcolo delle proprietà delle chiusure esterne	pag. 109
4.12.1. <i>Solaio a terra</i>	pag. 109
4.12.2. <i>Parete esterna</i>	pag. 110
4.12.3. <i>Copertura inclinata</i>	pag. 111
4.12.4. <i>Copertura a verde</i>	pag. 112
4.13. Considerazioni	pag. 113
05. VALUTAZIONE ECOLOGICA DEL PROGETTO	pag. 116
5.1. Introduzione agli strumenti di valutazione	pag. 116
5.2. La struttura del Protocollo ITACA	pag. 117
5.3. Applicazione progettuale	pag. 118
5.3.1. <i>Calcolo del parametro B.4.6. “materiali riciclati/recuperati”</i>	pag. 118
5.3.2. <i>Calcolo del parametro B.4.7. “materiali da fonti rinnovabili”</i>	pag. 124
5.4. Considerazioni	pag. 129
06. VALUTAZIONE ECONOMICA DEL PROGETTO	pag. 134
6.1. Introduzione	pag. 134
6.2. Quadro normativo in materia di sostenibilità energetica ed economica	pag. 134
6.3. Analisi dei costi nel ciclo di vita edilizio (Life Cycle Costing)	pag. 135
6.4. Indicatori di convenienza economica	pag. 137
6.5. Life Cycle Assesment	pag. 138
6.6. Life Cycle Costing Assesment	pag. 139
6.7. Applicazione progettuale: comparazione economica delle tre soluzioni	pag. 140
6.7.1. <i>Costo di costruzione</i>	pag. 140
6.7.2. <i>Costo ambientale</i>	pag. 141
6.7.3. <i>Costo di gestione</i>	pag. 143
6.7.4. <i>Costo di manutenzione</i>	pag. 143
6.7.5. <i>Costo ambientale degli interventi di manutenzione</i>	pag. 144
6.7.6. <i>Costo di smaltimento</i>	pag. 145
6.7.7. <i>Calcolo del costo totale</i>	pag. 150
07. CONCLUSIONI	pag. 154

08. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	pag. 158
09. ALLEGATI	pag. 164
9.1. Protocollo ITACA Residenziale	pag. 164
<i>9.1.1. Scheda di punteggio criterio B.4.6 Materiali riciclati/recuperati.</i>	pag. 164
<i>9.1.2. Scheda di punteggio criterio B.4.7 Materiali da fonti rinnovabili</i>	pag. 165
9.2. Contratto di fornitura dell'energia elettrica	pag. 166
9.3. Preventivo smaltimento rifiuti di cantiere	pag. 167
9.4. Attestato di prestazione energetica	pag. 168
<i>9.4.1. Prima soluzione</i>	pag. 168
<i>9.4.2. Seconda soluzione</i>	pag. 173
<i>9.4.3. Terza soluzione</i>	pag. 178
9.5. Computo metrico estimativo (opere di costruzione e manutenzione)	pag. 183
<i>9.5.1. Prima soluzione</i>	pag. 183
<i>9.5.2. Seconda soluzione</i>	pag. 201
<i>9.5.3. Terza soluzione</i>	pag. 219
9.6. Cronoprogramma dei lavori	pag. 236
<i>9.6.1 Prima soluzione</i>	pag. 236
<i>9.6.2. Seconda soluzione</i>	pag. 237
<i>9.6.3. Terza soluzione</i>	pag. 238
9.7. Calcolo energia incorporata	pag. 239
<i>9.7.1. Prima soluzione</i>	pag. 239
<i>9.7.2. Seconda soluzione</i>	pag. 241
<i>9.7.3. Terza soluzione</i>	pag. 243
9.8. Calcolo CO₂ incorporata	pag. 245
<i>9.8.1. Prima soluzione</i>	pag. 245
<i>9.8.2. Seconda soluzione</i>	pag. 247
<i>9.8.3. Terza soluzione</i>	pag. 249
9.9. Calcolo costo ambientale interventi di manutenzione	pag. 251
<i>9.9.1. Prima soluzione</i>	pag. 251
<i>9.9.2. Seconda soluzione</i>	pag. 252
<i>9.9.3. Terza soluzione</i>	pag. 253
Ringraziamenti	pag. 254

“Non fermatevi là dove siete arrivati”
Pitagora

Abstract

Le sfide alle quali è chiamato a rispondere il progettista dei nostri tempi sono molteplici. Non solo pensare ad edifici ospitali, ma anche pensare che in futuro la Terra sia ospitale. Gli interventi devono essere sempre più rispettosi di ciò che li circonda, sia dal punto di vista dell'impatto visivo sia soprattutto in termini di sostenibilità. L'emergenza climatica obbliga a dare risposte rapide e concrete e la tecnologia in questo senso è di grande supporto, grazie alla messa in commercio di materiali sempre più performanti e a basso impatto ambientale.

La sfida ecologica però deve tenere conto dei risvolti economici, dovendo il progettista confrontarsi con una committenza che gli chiede conto dei costi. Quindi l'altra sfida è dimostrare che, se si analizza l'intero ciclo di vita dell'edificio, l'investimento in nuove tecnologie non solo è sostenibile dal punto di vista ambientale, ma è anche vantaggioso in termini economici. Negli ultimi decenni si è assistito ad un'evoluzione delle tecniche costruttive per la realizzazione degli organismi architettonici. In particolare sono evoluti i sistemi di assemblaggio, che permettono lo smontaggio reversibile del manufatto a fine vita, riducendo così l'impatto ambientale dovuto all'approvvigionamento di materiale e allo smaltimento di rifiuti. Ciò inoltre garantisce una maggiore rapidità in fase di montaggio permettendo una riduzione dei costi di cantiere.

Tale discorso rientra in un ambito più complesso ovvero le problematiche ambientali dovute all'impatto del settore dell'edilizia.

Anche le scelte impiantistiche si sono perfezionate arrivando ad utilizzare sistemi di controllo energetici che sfruttano al massimo le risorse rinnovabili quali energia solare, vento e acqua. Tuttavia numerosi utenti rifiutano l'applicazione di queste nuove tecnologie. La causa di tale rifiuto è dovuta al costo totale che risulta più elevato.

La crisi ambientale degli ultimi decenni, causa dei crescenti squilibri ecosistemici con conseguenti disastri ambientali, quali incendi, terremoti, alluvioni e siccità ha indotto i governi ed i cittadini stessi ad adottare queste misure supportate anche da leggi e protocolli.

A sostegno di tali misure si sono perfezionati studi comparati tra la sfera della fisica e dell'economia in modo da supportare con valori economici le conseguenze legate all'utilizzo delle nuove tecnologie che permettono di arrivare ad edifici "a basso impatto ambientale". A ciò si lega l'obiettivo della tesi ovvero dimostrare che i costi di investimento possono essere recuperati con i risparmi, dovuti all'applicazione di queste soluzioni, ottenuti in fase di vita dell'edificio. Per analizzare tale tematica si è deciso di illustrare un progetto di edilizia residenziale "cohousing", sito nel Comune di Saluzzo, realizzato secondo i dettami "CasaClima", agenzia italiana avente l'obiettivo di costruire sfruttando al massimo le risorse rinnovabili, riducendo così le emissioni inquinanti dell'edificio. L'analisi economica-ecologica è realizzata su un edificio appartenente a tale progetto, ma il ragionamento può essere applicato su casi analoghi a quello esaminato.

Per tale edificio si vogliono confrontare tre soluzioni tecnologiche per la realizzazione dell'involucro edilizio, dal punto di vista economico ed ecologico, a parità di finiture esterne, volume-

tria e scelte impiantistiche.

In particolare si sono comparate ad una prima soluzione “tradizionale”, in calcestruzzo e laterizio, due soluzioni a secco in legno. In “xlam” e a telaio.

Abstract (EN)

The challenges that the designer of our times has to answer are multiples. Not only thinking about comfortable buildings, but also thinking that the Earth will be healthy in the future. The interventions have always to be more respectful of what surrounds them, not only about the visual impact but also in terms of sustainability. The global warming obliges to give rapid and concrete answers and technology in these cases helps a lot, thanks to the selling of more performant and lower environmental impact materials.

The ecological challenge must consider also the economic impact, in fact the designer has to compare himself with a commissioner that asks him about cost. In fact the other challenge is to prove that, if we analyse the entire life cycle of the building, the investment in new technologies is not only sustainable under an ecological view, but also under an economical view.

During the last decades have been witnessed about an evolution of the techniques for the construction of buildings. In particular an evolution of assembly systems, which ones give the opportunity to disassemble the manufacture at the end of his life, reducing the environmental impact caused by the extraction of materials and waste disposal. They also guarantee a reduction of the construction times and worksite's costs connected.

This discourse falls within a more complex area, that is the environmental problems due by the impact of the building sector.

Also the choices about systems have been improved using mechanical systems that use the renewable resources just like solar energy, wind and water. However many users refuse the application of these new technologies. The main reason of this rejection is due to the total cost which one results higher.

The global warming of the last decades, the main cause of the growing ecosystem imbalances which ones take environmental disasters like fires, earthquakes, floods and drought brought governments and citizens to adopt these initiatives also supported by laws and protocols.

To support these initiatives have been improved new compared studies between the themes of physics and economy in order to support with economical values the consequences due to the application of new technologies that allow to arrive at buildings considered like "passive houses". This is bound with the goal of the thesis that is to show that the cost of investment can be recovered with saving, due to the application of these new solutions, obtained during the entire life of the building.

In order to analyse this theme, has been decided to show a project of residential building "cohousing", located in Saluzzo, projected following the dictates of "CasaClima", an Italian agency who has the main goal of build using renewable resources, reducing the polluting of the building. The economical-ecological analysis is applied on a building of the project, but the argument can be used on similar cases like the one analysed.

About the building case has been decided to compare three different technological solutions for the construction of the building envelope, compared under an economical and ecological view,

with the same external finishes, the same volumetry and the same choices about mechanical system.

In particular have been compared a first “traditional solution”, in reinforced concrete and bricks, two other disassemblable solutions in wood. In “xlam” and frame.

Introduzione

L'evoluzione tecnologica, i nuovi materiali, le tante implicazioni sociali, culturali, ambientali connesse al progetto edilizio invitano da un lato a sperimentare soluzioni sempre nuove e dall'altro a valutare con sempre nuova e maggiore attenzione l'operato dei progettisti, sia per quanto riguarda l'impatto estetico, che economico e di sostenibilità ambientale.

Gli edifici sono gli spazi dove le persone trascorrono gran parte della propria vita, quindi è prioritario progettare focalizzandosi sul benessere dell'utente e ciò in particolare utilizzando forme abitative e materiali che garantiscano condizioni di temperatura, umidità, illuminazione e salubrità dell'aria ottimali.

Al contempo si deve tener presente che gli edifici, oltre allo spazio privato, vanno a definire lo spazio collettivo, quindi ciascun progetto deve sempre tenere presente il contesto in cui sono inseriti, dialogare il più possibile con le prossimità sia in termini di spazi che di materiali che di stile costruttivo, con il gusto contemporaneo rispettoso delle preesistenze.

Quelli citati finora sono buoni propositi, facilmente realizzabili in una condizione ideale di risorse illimitate, nella realtà spesso però bisogna confrontarsi con un budget definito e anche misurarsi con un ambiente sempre più fragile. Le scelte progettuali quindi non possono prescindere da un'attenta valutazione costi/benefici che consideri tutto il ciclo di vita dell'edificio sia in termini economici che di sostenibilità.

Quest'ultima considerazione ha suggerito l'argomento dal quale è scaturito l'approfondimento sviluppato in questo lavoro di tesi ovvero la coniugazione tra estetica, economia e soprattutto rispetto per l'ambiente.

Mai come in questi tempi è importante trovare un equilibrio tra la costruzione degli edifici e la sostenibilità ambientale, riducendo l'impatto complessivo delle costruzioni sull'ambiente e sulla salute dell'uomo. Ci si può associare al pensiero del ministro norvegese Gro Harlem Brundtland che definiva lo sviluppo sostenibile come "lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni delle generazioni presenti, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri"¹.

Il settore edilizio infatti contribuisce notevolmente all'attuale crisi ambientale, essendo responsabile non solo del consumo di suolo, ma di materiale ed energia derivante da risorse non rinnovabili. È quindi prioritario adottare materiali naturali derivanti da fonti rinnovabili, a basso contenuto di energia incorporata o meglio ancora derivanti da riuso o riciclo e di facile reperibilità. Con queste premesse si è deciso di analizzare un edificio unifamiliare e, su di esso, a parità di soluzioni volumetriche, distributive ed estetiche, progettare tre diverse soluzioni tecnologiche e condurre un'analisi comparativa dal punto di vista ecologico ed economico.

L'idea è stata influenzata anche dall'esperienza derivante dai due tirocini curriculari, la quale ha

¹ Brundtland, Gro Harlem, *Report of the World Commission on Environment and Development.: Our Common Future*, United Nations, 1987, p. 15

indotto alla convinzione che oggi, sebbene stiano diventando sempre più sentite le problematiche ambientali e conosciute le nuove e sempre più performanti soluzioni tecnologiche, la committenza abbia l'esigenza di essere informata sulle reali ed oggettive caratteristiche di ciascuna soluzione, non solo in termini prestazionali ma anche economici.

**IL RUOLO DELL' EDILIZIA NELLA
PROTEZIONE AMBIENTALE**

01

01. IL RUOLO DELL' EDILIZIA NELLA PROTEZIONE AMBIENTALE

1.1. Ambiente e cambiamento climatico

Negli ultimi anni, a causa del verificarsi di fenomeni meteorologici sempre più estremi, si è instaurato un acceso dibattito circa il cambiamento climatico e le sue cause. Oggi pare acclarato e condiviso dai più che la causa principale dei cambiamenti climatici sia da mettere in relazione al surriscaldamento dell'atmosfera causato dall'aumento dei gas serra e in particolare dell'anidride carbonica (CO₂).

Si tratta di un fenomeno principalmente di natura antropica, connesso alle attività agricole, industriali e allo smaltimento dei rifiuti.

La curva rappresentata in figura 1.1. visualizza la crescita marcata dell'anidride carbonica degli ultimi decenni. Dopo un periodo di crescita pressochè costante, si evidenzia un trend esponenziale. Nel 2000 si aveva una concentrazione di CO₂ in atmosfera di circa 380 p.p.m., per poi passare a 390 p.p.m. nel 2013, fino alle 400 p.p.m attuali.

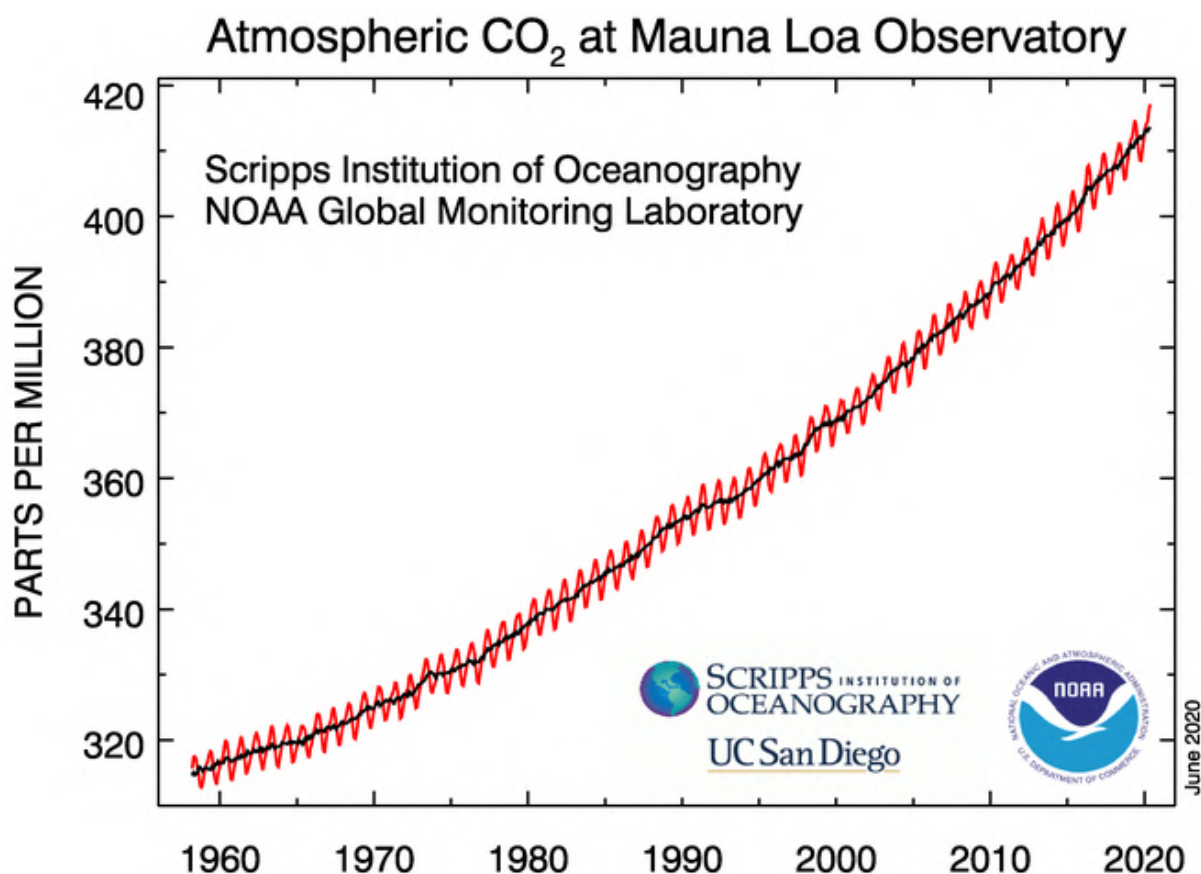


Figura 1.1._ Concentrazione di CO₂ rilevata dall'Osservatorio Mauna Loa.

Fonte: Rinnovabili.it < <https://www.rinnovabili.it/ambiente/cambiamenti-climatici/concentrazione-atmosferica-di-co2/> > (ultimo accesso 20.09.2022).

Ai fenomeni meteorologici estremi si affiancano anche alterazioni della superficie terrestre dovute al consumo di suolo (derivante dalle pratiche estrattive e dalla cementificazione) e a un uso

non sostenibile delle risorse vegetali, di cui non si rispettano i ritmi naturali.

La lotta al cambiamento climatico e la transizione verso un'economia sostenibile è quindi una priorità assoluta del presente e del prossimo futuro, dove anche il mondo dell'edilizia è chiamato a svolgere un ruolo importante.

1.2. Il settore edilizio e l'impatto ambientale

L'impatto ambientale in termini di emissioni inquinanti riguarda tutte le fasi del ciclo di vita edilizio: costruzione, gestione, manutenzione e fine vita.

Le materie prime base per la produzione dei manufatti normalmente impiegati in edilizia sono estratte all'interno di cave e/o miniere e già questa prima fase, insieme con la movimentazione verso gli stabilimenti di trasformazione e/o lavorazione, è responsabile dell'emissione di gas serra.

Anche le successive fasi produttive e di trasformazione, in quanto attività fortemente energivore, generano emissioni inquinanti certamente significative, oltre a generare nel loro processo rifiuti e scarti di produzione.

L'attenzione alla riduzione di tale impatto farà da guida verso una progettazione che preveda in percentuali via via crescenti l'utilizzo di materiali e componenti costruttivi il cui processo produttivo sia per quanto possibile poco energivoro e che siano di provenienza prevalente da risorse rinnovabili, o meglio ancora che prevedano come materie base risorse riciclate. Il legno sembra rispondere in maniera ottimale a queste esigenze, pur con la dovuta cautela nel non esagerare con il prelievo dall'ambiente per non depauperare la risorsa. Anche l'utilizzo della pietra a spacco per la realizzazione di murature può essere una risposta alla necessità della riduzione delle lavorazioni intermedie, così come i blocchi in argilla cruda.

Nella scelta dei materiali non bisogna dimenticare gli interventi manutentivi che riattivano la filiera di estrazione-produzione-trasporto-costruzione e conseguentemente hanno una significativa incidenza sugli impatti ambientali complessivi del settore. Tali interventi, tuttavia, sono essenziali sia per prolungare la vita utile degli edifici, sia per migliorarne le prestazioni. L'analisi di tali interventi e la loro progettazione non può quindi prescindere da un bilancio complessivo che deve considerare sia il prolungamento della vita dell'edificio (con conseguente non necessità della sua demolizione), sia la verosimile riduzione dei futuri impatti ambientali derivanti dall'uso, oltre ovviamente il miglioramento del confort abitativo dei fruitori.

Anche la ricerca della massimizzazione nella riduzione di rifiuti deve essere focalizzata sia nella fase progettuale, sia nella successiva cantierizzazione: a tale scopo si privilegeranno materiali naturali assemblati per quanto più possibile mediante sistemi a secco e un uso ridotto di imballaggi a perdere.

Da non trascurare poi è la fase di fine vita dell'edificio che ha impatti ambientali importanti. La demolizione dell'edificio o le microdemolizioni residenziali determinano la produzione di macerie che, in quanto prevalentemente costituite da materiali inerti, si sono fino a ieri considerate

come potenzialmente innocue per l'ambiente. Viceversa all'interno delle macerie in senso lato confluiscono in percentuali sovente non trascurabili anche materie plastiche e altre sostanze fortemente inquinanti che non possono non richiedere trattamenti specifici. In particolare le percentuali di inquinanti all'interno delle macerie crescono al decrescere della vetustà del fabbricato demolito perché i fabbricati più recenti presentano, tra i materiali utilizzati nella loro realizzazione, soprattutto nelle componenti di isolamento, impiantistiche e di finitura, quantità di inquinanti non certo trascurabili.

Ciò dimostra quanto sia importante la scelta di utilizzare sistemi a secco. Tale tecnica consente, in fase di demolizione, un'agevole separazione delle varie componenti che successivamente possono essere eventualmente riutilizzate come tali o avviate al successivo riciclo.

I rifiuti in campo edilizio sono quindi un nodo cruciale soprattutto se si considera che il settore è responsabile di circa la metà dei rifiuti speciali prodotti.

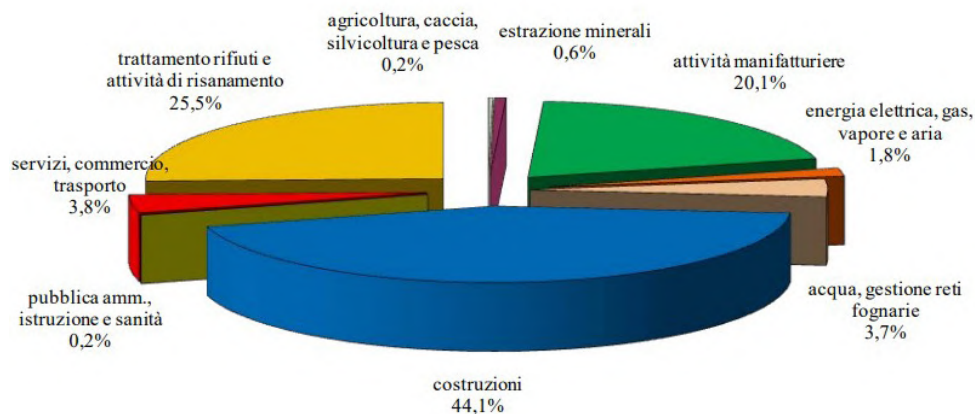


Figura 1.2. Ripartizione percentuale della produzione dei rifiuti speciali non pericolosi per attività economica, anno 2017.

Fonte: *Rapporto rifiuti speciali - Edizione 2019*, ISPRA, pag. 17, < https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/RapRifiutiSpeciali2019n.309_versintegrale_Rev11Ottobre2019_new.pdf > (ultimo accesso 20.09.2022).

Con lo scopo di incentivare il processo di riduzione dei rifiuti sono stati introdotti a livello normativo e legislativo criteri guida dei quali non si può prescindere già sin dalla fase progettuale. Fra questi è utile ricordare l'Articolo 4 della Direttiva Europea del 2008 che definisce la seguente gerarchia in materia di gestione e prevenzione dei rifiuti:

- a) Prevenzione;
- b) Preparazione per il riutilizzo;
- c) Riciclaggio;
- d) Recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
- e) Smaltimento.

Finora si è parlato di inquinamento outdoor ma trattandosi di edifici è doveroso fare un cenno a quello che è l'inquinamento indoor, responsabile della qualità dell'aria negli ambienti confinati. Talvolta essi risultano 5/10 volte più inquinati dell'aria esterna con ripercussioni anche importanti sulla salute dell'uomo.

Le cause sono da ricondurre ai materiali da costruzione ma soprattutto alle finiture (colle, leganti, vernici) che emettono i cosiddetti VOC (composti organici volatili).

In fase progettuale è importante consultare le schede tecniche dei prodotti scegliendo quelli più salubri, perché la salute e il confort abitativo sono dei requisiti che il progettista deve sempre tenere in considerazione.

1.3. Settore edilizio e crisi energetica

Un'altra sfida del presente, con cui il settore edilizio deve misurarsi, è la crisi energetica che presenta ormai dimensioni planetarie, pari o forse superiori a quelle della prima crisi petrolifera degli anni settanta del secolo scorso. Le cause sono molteplici ed in stretta connessione fra loro. Fra queste hanno significativamente impattato la crisi pandemica e la successiva ripresa economica, la speculazione internazionale, la ripresa a livello mondiale di un nuovo ciclo inflattivo ed in ultimo, ma certamente non meno importante, la guerra Russia/Ucraina con la conseguente stretta nelle forniture di gas metano lungo la direttrice Russia/Europa.

La combinazione di questi fattori ha portato a un rialzo delle quotazioni delle fonti energetiche alla quale non eravamo preparati, con tariffe di mercato che stanno sconvolgendo la filiera produttiva occidentale e si stanno riverberando in maniera fortemente impattante anche sulla gestione degli edifici con livelli di costo insostenibili per gran parte dell'utenza. Ne consegue quindi la necessità di dare priorità al risparmio energetico sia per quanto riguarda le nuove costruzioni sia per l'efficientamento energetico del patrimonio edilizio esistente (molto energivoro in quanto in gran parte risalente alla seconda metà del secolo scorso).

Una risposta alla crisi energetica non può non prescindere dalla progettazione di edifici a basso consumo, realizzati integrando le tecniche costruttive più performanti con i materiali naturali e locali, dopo un attento studio del contesto climatico e morfologico in cui si opera. Sfruttare al meglio le condizioni di temperatura, ventilazione, illuminazione consente di risparmiare sulle spese di gestione, garantendo al contempo un elevato *confort* abitativo.

In quest'ottica è necessario ricorrere a involucri performanti caratterizzati da elevati livelli di isolamento termico per limitare al massimo le dispersioni e utilizzare accorgimenti progettuali che riducano il più possibile i ponti termici, causa di dispersioni e di fenomeni di condensa.

È buona norma fare ricorso a materiali locali in quanto sono più resistenti alle condizioni climatiche del luogo con conseguenti minori spese di manutenzione e ripristino, sia soprattutto privi di necessità di trasporto. Orientare poi l'edificio per sfruttare al meglio le condizioni climatiche e valutare attentamente la posizione delle aperture. La scelta dell'involucro trasparente richiede particolare sensibilità in fase progettuale in quanto le dispersioni delle finestre "sono cinque o sei volte maggiori rispetto a quelle di una parete esterna d'uguale superficie che dispone di un isolamento termico di media qualità"².

²Lantschner, Norbert, *CasaClima, il piacere di abitare*, Bolzano, Athesia, 2008, p.38.

Nelle zone climatiche particolarmente fredde si dovrà quindi prediligere l'utilizzo di ampie vetrate orientate verso sud in modo da favorire l'utilizzo passivo dell'energia solare per effetto serra e dovranno ridursi le dimensioni ed il numero delle vetrate esposte a nord. Sistemi oscuranti o frangisole dovranno sempre essere presenti per limitare l'abbagliamento e gli apporti di calore estivo.

Utilizzare impianti che sfruttino al meglio l'energia prodotta da fonti rinnovabili per il riscaldamento e il raffrescamento come pompe di calore reversibili alimentate da impianto fotovoltaico. Privilegiare la ventilazione meccanica attraverso l'utilizzo di appositi sistemi come le unità di trattamento aria.

L'isolamento termico degli edifici, comunque, rappresenta la misura di risparmio energetico più efficace ed economica:

- I risparmi energetici ottenuti compensano in pochi anni i costi di investimento.
- 1 kWh risparmiato tramite un adeguato isolamento termico vale di più di 1 kWh prodotto dalla più efficiente caldaia, perché il tempo di vita dei materiali termoisolanti è maggiore di quello degli impianti.
- Con una buona coibentazione termica si evita l'installazione di caldaie più potenti³.

1.4. Gli isolanti: una risposta alle problematiche ambientali ed energetiche

Gli isolanti si dividono in due macrocategorie: organici e inorganici, a loro volta suddivisi tra naturali e sintetici.

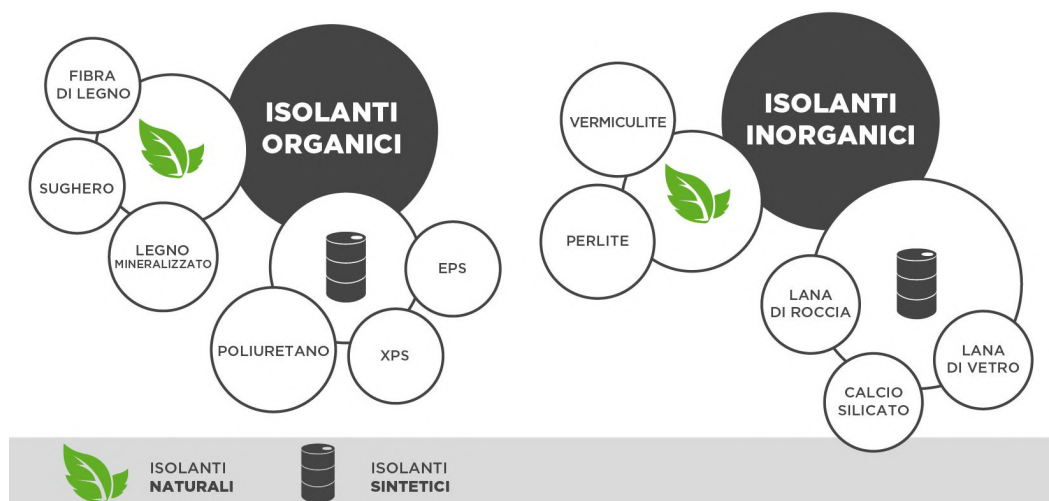


Figura 1.3. _Divisione dei materiali isolanti secondo la loro origine.

Fonte: Divisionenergia < <https://www.divisionenergia.it/news/materiali-per-lisolamento-termico> > (ultimo accesso 20.09.2022).

³ Fonte: slides del corso “Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l’architettura”, Lezione 5_Materiali per l’isolamento termico, Prof. Paola Palmero, pag. 29.

La scelta del materiale isolante deve essere compiuta in relazione all'intero ciclo di vita del materiale preferendo prodotti realizzati secondo cicli sostenibili, di lunga durata e riciclabili/riutilizzabili a fine vita, riducendo al massimo le criticità ambientali. Ciò vale sia per interventi di efficientamento energetico sia nei progetti di nuova realizzazione.

Nella scelta di un isolante termico, si devono infatti considerare:

- Le prestazioni dell'isolante stesso (trasmissione termica, conducibilità, densità, impermeabilità) scegliendo quello più consono all'uso e al luogo nel quale si prevede l'utilizzo.
- L'impatto sull'ambiente e sulla salute.
- Il costo.

Oggi i materiali isolanti di origine naturale risultano spesso il migliore compromesso tra performances e sostenibilità ambientale. Quest'ultima è diretta conseguenza del fatto che, in quanto naturali, hanno origine da fonti rinnovabili e pertanto minimamente energivori nel processo produttivo, totalmente riciclabili a fine vita e pertanto ottimali in un'ottica di economia circolare. Inoltre sono generalmente più salubri per l'ambiente indoor.

Inoltre se prendiamo come parametro di confronto la conducibilità termica notiamo come gli isolanti naturali non si discostino molto dagli isolanti di origine sintetica.

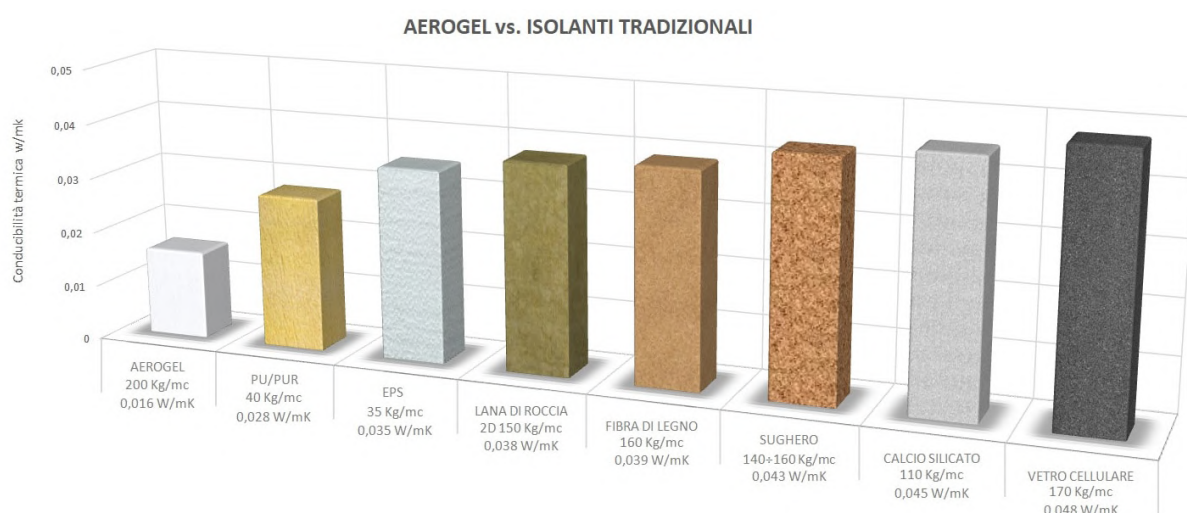


Figura 1.4. _Conducibilità termica dei materiali isolanti

Fonte: Ecofine, aerogel solutions < <https://www.ecofine.it/prestazioni-a-confronto> > (ultimo accesso 20.09.2022).

Altro confronto lo si può fare sulla base del calore specifico da cui si evince che gli isolanti naturali presentano una maggiore inerzia termica, cioè mantengono inalterate per più tempo le condizioni ambientali preesistenti e ciò è utile soprattutto nel periodo estivo.

La criticità dei materiali isolanti di origine naturale risiede nella loro tendenza ad assorbire l'umidità con la conseguenza di non poter essere utilizzati contro terra e, in ambienti umidi o esposti all'acqua, necessitano di rivestimenti impermeabili. Altro svantaggio è rappresentato dalla scarsa o nulla resistenza al fuoco se non dopo apposito trattamento ignifugo. In questi processi però vengono utilizzate sostanze che ne limitano il grado di riciclabilità. Inoltre sono sensibili agli attacchi di insetti e animali. Infine, data la loro scarsa resistenza meccanica, non

possono essere utilizzati per l'isolamento sotto strutture portanti.

Un ultimo accenno lo meritano gli isolanti innovativi che presentano una conducibilità termica molto bassa, caratterizzati da “materiali nanostrutturati come pannelli isolanti sottovuoto e aerogel, ad esempio integrati nei pannelli in polycarbonato”⁴.

Nel grafico sottostante sono riportate le attuali fette di mercato degli isolanti e si nota come quelli di origine naturale abbiano ancora un impiego limitato. È auspicabile però che nel prossimo futuro, complice una rinnovata coscienza ambientale e la necessità di far fronte a emergenze climatiche, questi ultimi aumentino la propria diffusione.

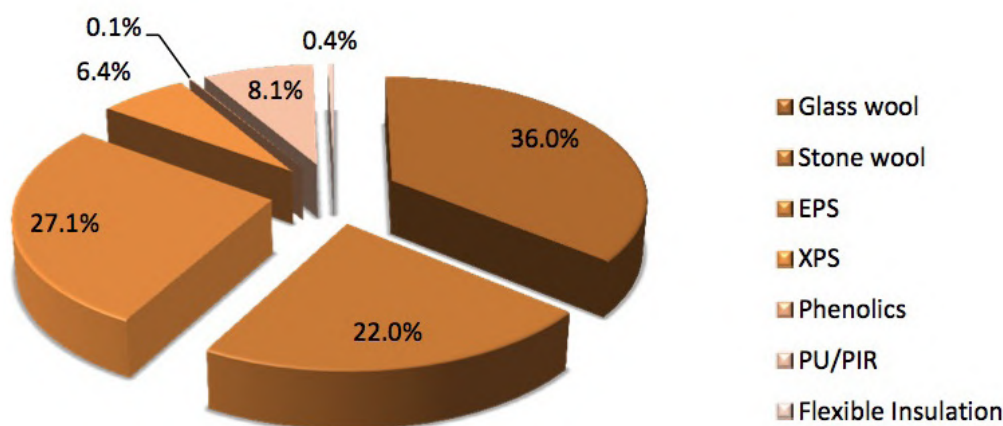


Figura 1.5. Il mercato europeo degli isolanti termici del 2014.

Fonte: Risposta, fabbrica serramenti pvc < <https://www.rispostaserramenti.com/isolamento-termico-il-mercato-europeo-vale-115-mld-e-predilige-le-fibre-naturali/> > (ultimo accesso 20.09.2022).

1.5. Il progetto CasaClima: uno strumento verso la sostenibilità

CasaClima è un processo di certificazione energetica degli edifici su base volontaria prevista dalla provincia di Bolzano a partire dal 2002. In conseguenza di tale processo, la certificazione è diventata obbligatoria: prima per tutte le nuove abitazioni e successivamente anche per le riqualificazioni. Ciò ha avuto come virtuosa conseguenza l'innalzamento del requisito minimo dalla classe C alla B per l'ottenimento dell'abitabilità di un nuovo edificio⁵.

Tale processo rappresenta un'efficace risposta a tutte le istanze di sostenibilità ed in particolare la creazione di un criterio il più possibile oggettivo che consente di certificare la coniugazione tra il benessere abitativo, la salvaguardia dell'ambiente e la riduzione dei costi di climatizzazione. Una certificazione ed una classificazione oggettiva circa l'efficienza di un'abitazione consente inoltre una migliore valorizzazione del bene sia in caso di vendita che di locazione dello stesso.

⁴ Fonte: Eco-innovazione < <https://www.eco-innovazione.it/materiali-isolanti-termici-innovativi/> > (ultimo accesso 20.09.2022).

⁵ Boerio, Elisabetta; Morbelli, Erika, *Composizione, tecnologia ed energia: tre ipotesi di residenze sociali in classe A*, rel. Valentino Manni, Cesare Griffa, Marco Simonetti, Torino, Politecnico, Corso di laurea specialistica in Architettura, aa. 2008/2009, p.40.

CasaClima introduce infatti il certificato energetico per evidenziare il fabbisogno di calore secondo due diverse classificazioni, una che riguarda il grado di isolamento termico e la seconda che concerne la scelta degli impianti.

La classe dell'edificio, e conseguentemente il suo fabbisogno energetico, è determinata da una tabella suddivisa in caselle colorate.

Le classi energetiche più vantaggiose risultano le seguenti:

- CasaClima Oro: fabbisogno inferiore a 10 kWh/m² a, ovvero consuma in un anno solo un litro di gasolio per ogni m² di superficie abitata.



Figura 1.6. _Targhetta CasaClima Oro.

Fonte: CasaClima < <https://www.agenziacasaclima.it/it/certificazione-edifici/classi-casaclima/casaclima-gold-1411.html> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- CasaClima A: ha un fabbisogno inferiore a 30 kWh/m² a, ovvero consuma in un anno tre litri di gasolio per ogni m² di superficie abitata.

- CasaClima B: ha un fabbisogno inferiore a 50 kWh/m² a, ovvero consuma in un anno cinque litri di gasolio per ogni m² di superficie abitata.

Questo criterio ha il notevole vantaggio di rendere comprensibile il linguaggio tecnico anche ai soggetti che non hanno competenza in materia.

L'utente informato indica la classe auspicata, questa costituirà l'obiettivo progettuale e realizzativo dei soggetti coinvolti nel processo.

1.6. Efficientamento energetico

La ricerca di soluzioni progettuali per la realizzazione di un edificio ad alta efficienza energetica è strettamente connessa allo studio dell'interazione tra l'energia e i materiali. Ciò è tradotto in termini numerici attraverso il calcolo delle grandezze che descrivono l'isolamento termico e di conseguenza forniscono valori sulle prestazioni fisiche di ciascuna classe di unità tecnologica:

- Conduttività termica (λ): indica la quantità di calore che attraversa lo spessore di 1 m di ma-

teriale per 1 m² di superficie per una differenza di temperatura di 1 K tra le due superfici del materiale. Si misura in W/(mK).

- Resistenza termica (R): rappresenta la capacità di un materiale di spessore d e conduttività λ di opporsi al passaggio del calore, quando vi è una differenza di 1 K tra le due facce opposte. Si ricava dalla formula $R=d/\lambda$.

La capacità isolante di un materiale è direttamente proporzionale alla sua resistenza termica.

- Trasmittanza termica (U): indica il flusso di calore che in condizioni stazionarie attraversa 1 m² di superficie per una differenza di temperatura di 1 K tra le due superfici. All'aumentare della trasmittanza termica crescono le dispersioni dell'elemento costruttivo.

Se la struttura è costituita da più strati di materiali diversi, la sua resistenza termica e di conseguenza la sua capacità isolante si ottiene sommando la resistenza di tutti i materiali che la compongono. Ottenendo la resistenza termica si ottiene la trasmittanza termica.

La normativa italiana per gli edifici di nuova realizzazione definisce i valori minimi di trasmittanza termica per tutte le classi di unità tecnologiche confinanti con l'esterno e con ambienti non riscaldati.

Per garantire un buon livello di comfort termoigrometrico, oltre a calcolare il livello di isolamento dell'involucro, è importante verificare il livello di umidità negli spazi confinanti.

L'aria infatti può contenere vapore acqueo al suo interno fino a valori prossimi alle condizioni di saturazione con conseguente formazione di condensa.

In particolare la condensa si manifesta quando, durante il passaggio di vapore all'interno dell'elemento costruttivo, la pressione parziale di vapore supera l'andamento della pressione di saturazione.

L'andamento della pressione di vapore dipende dalla temperatura esterna, dalla temperatura interna e dalla resistenza al passaggio del vapore (μ) della struttura. Il coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore è un numero adimensionale che indica quante volte il materiale è più resistente al passaggio di vapore rispetto ad uno strato equivalente di aria ferma⁶.

La condensa può essere superficiale (sulla faccia dell'elemento costruttivo) oppure interstiziale (all'interno dell'elemento costruttivo). Questo fenomeno si manifesta in tutti i casi nei quali la temperatura superficiale di un elemento è inferiore alla temperatura di rugiada⁷.

L'isolamento termico consente di mantenere la temperatura superficiale superiore alla temperatura di rugiada⁸.

La verifica della condensa superficiale e interstiziale si può condurre mediante l'utilizzo del "diagramma di Glaser", esso consente il calcolo della quantità di vapore che attraversa l'elemento per diffusione, trascurando il trasporto convettivo tra l'aria e le superfici. In particolare

⁶ Benedetti, Cristina, *Le guide pratiche del Master CasaClima. Appunti di fisica tecnica*, Bolzano, Bozen-Bolzano university press, 2014, p.40.

⁷ Benedetti, Cristina, *Le guide pratiche del Master CasaClima. Materiali isolanti*, Bolzano, Bozen-Bolzano university press, 2014, p.15.

⁸ La temperatura di rugiada rappresenta la temperatura alla quale l'aria non trattiene più l'umidità. Essa dipende dalla temperatura interna e dall'umidità relativa ovvero il rapporto tra la massa di vapore e la massa di aria secca.

fornisce una schematizzazione dell'elemento costruttivo e delle curve della pressione di vapore e della pressione di saturazione al suo interno.

La condensa superficiale deve essere assolutamente evitata poiché rappresenta la causa della formazione di muffe. Questo fenomeno è frequente negli edifici poco isolati in senso generale o che, sebbene isolati, presentano ponti termici causa di cali puntuali e/o lineari della temperatura superficiale.

La condensa interstiziale, se presente, deve essere tale da evaporare nei mesi successivi a quelli invernali di formazione (in genere il mese in cui si assiste alla formazione dei fenomeni di condensa interstiziale è gennaio poiché vi è il maggior delta di temperatura tra ambiente interno ed esterno).

Rappresenta tuttavia un'estrema importanza la verifica che il "pacchetto" costituente la parete non sia costituito da strati realizzati con materiali sensibili all'umidità, in tal caso infatti assisteremo al degrado dei materiali stessi.

I SISTEMI COSTRUTTIVI

02

02. I SISTEMI COSTRUTTIVI

La scelta del sistema costruttivo, inteso come insieme di tutte le conoscenze tecniche e fasi esecutive che portano alla realizzazione dell'opera edilizia, è guidata da diversi fattori quali la tipologia di edificio che si intende realizzare, la reperibilità dei materiali, il grado di ecologicità che si desidera ottenere e il costo stimato per la realizzazione.

Da un punto di vista macroscopico possiamo fare una distinzione tra sistemi costruttivi a umido che utilizzano dei leganti e sistemi a secco.

I primi fanno riferimento al modo tradizionale di costruire, sono economici ma ecologicamente poco sostenibili.

I secondi sono più innovativi (anche se ispirati alle antichissime tecniche costruttive) e sono ecocompatibili, permettendo tra l'altro una maggiore possibilità di riciclo.

Nel presente lavoro, che ha come obiettivo principale una valutazione dell'impatto ambientale ma non disgiunta da una valutazione economica, si è fatto riferimento a un sistema a umido qual è il sistema tradizionale in calcestruzzo e laterizio e a due sistemi di costruzione a secco cioè a pannelli "xlam" e a telaio in legno.

Prima di passare alla descrizione del progetto e ai dettagli esecutivi delle tre soluzioni è opportuno procedere ad un'analisi delle caratteristiche peculiari dei sistemi costruttivi adottati.

2.1. Il sistema costruttivo tradizionale: introduzione alla tipologia costruttiva

Il sistema costruttivo a umido prevede l'utilizzo di materiali ad elevata massa volumica quali calcestruzzo e laterizio.

Il calcestruzzo, quando armato, viene utilizzato per la realizzazione della struttura portante di elevazione verticale attraverso elementi continui (setti) o elementi puntuali (pilastri) e per quella orizzontale attraverso travi e solai.

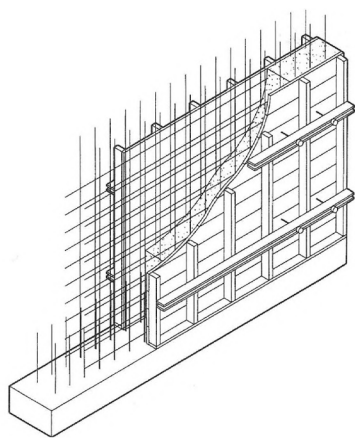


Figura 2.1. _Casseratura per la realizzazione di un setto armato.

Fonte: Campioli, Andrea; Lavagna, Monica, *Techniche e architettura*, Torino, CittàStudi, 2013, p.124.

Riguardo le strutture verticali l'elemento setto svolge una duplice funzione strutturale e di tamponamento, viceversa l'elemento pilastro ha unica funzione strutturale.

Gli elementi possono essere realizzati sia in cantiere oppure fabbricati in stabilimento e successivamente assemblati sul sito di costruzione.

Nel primo caso il calcestruzzo viene gettato all'interno di apposite casseforme in legno dove precedentemente viene montata l'armatura metallica in acciaio.

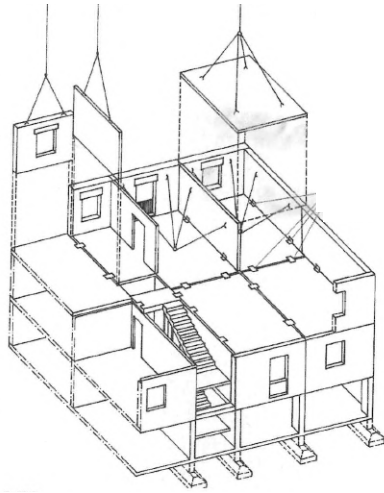


Figura 2.2. _ Schema di montaggio pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato.
Fonte: Campioli, A.; Lavagna, M., Idem, p.126.

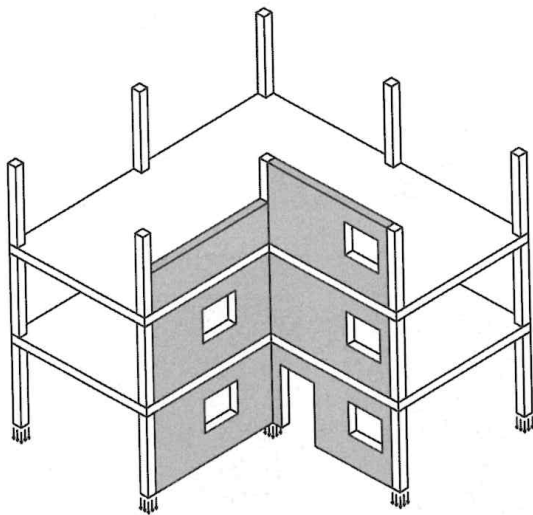


Figura 2.3. _ Spaccato assometrico di una struttura a telaio con tamponamenti esterni non portanti.
Fonte: Campioli, A.; Lavagna, M., Idem, p.200.

Tale casseraatura risulta costituita da tavolati lignei per il contenimento del getto denominati “paramenti” che verranno sagomati secondo la forma desiderata ed elementi di irrigidimento lignei o metallici, verticali e orizzontali per contenere la spinta del getto. Le cassetture, “se risultano parte integrante dell’elemento finito, vengono definiti “a perdere””⁹.

Nel secondo caso le strutture risultano prefabbricate, esse vengono assemblate tramite piastre di fissaggio o malta cementizia con conseguente risparmio sulle spese di costruzione dovute ad una più rapida posa in opera ed alla conseguente non necessità di attendere la maturazione del getto.

Attraverso la prefabbricazione, oltre a travi e pilastri, vengono realizzati pannelli per i solai e per le pareti, che possono essere sia monostrato che multistrato, completi quindi anche del materiale isolante interposto tra i due strati esterni. Solitamente lo strato interno svolge una funzione strutturale, quello esterno di protezione meccanica dell’isolante.

Se la struttura portante è costituita da elementi puntuali il tamponamento di chiusura si può realizzare, oltre che con murature in

blocchi di laterizio, anche con blocchi di calcestruzzo cellulare o in calcestruzzo cellulare autoclavato, legati a calce o tramite malta cementizia.

Lo spessore di tali murature generalmente varia tra i 25 e i 50 centimetri.

Il tamponamento può essere costituito da uno o più strati. All’aumentare del numero degli strati miglioreranno le proprietà di isolamento termo-acustico della parete.

Le murature monostrato sono costituite esclusivamente da uno strato in laterizio che svolge la funzione di tamponamento e di supporto per il materiale di finitura.

In alternativa possono essere utilizzate le pareti multistrati costituite da due strati in materiale

⁹ Campioli, Andrea; Lavagna, Monica, *Techniche e architettura*, Torino, CittàStudi, 2013, p.124.

opaco con interposta un'intercapedine d'aria avente funzione isolante e di barriera contro l'umidità.

Per aumentare il grado di isolamento tale intercapedine può poi essere riempita con materiale isolante.

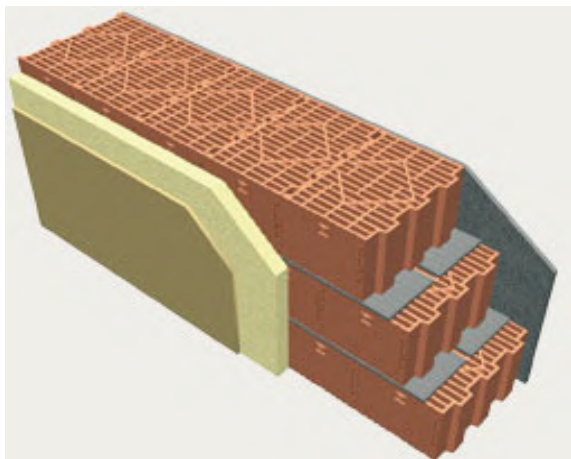


Figura 2.4. _Muratura isolante in laterizio monostrato.
Fonte: Consorzio Poroton Italia < <https://www.poroton.it/soluzioni-costruttive/muratura-isolante/> > (ultimo accesso 08.02.2023).

risultano costituite da una sottostruttura metallica o lignea ancorata allo strato portante della parete che permette la creazione di un'intercapedine all'interno della quale circola aria libera, essa garantisce una riduzione del calore accumulato dalla parete dovuto all'irradiazione solare in periodo estivo e la sensibile riduzione dei problemi legati alla condensa superficiale in inverno. Il rivestimento di tali pareti è costituito da materiali di finitura quali legno, materiale lapideo, ceramico o pannelli multistrato a finitura metallica o plastica. Uno dei problemi legati a tali soluzioni è rappresentato dal ponte termico conseguente alla discontinuità del cappotto rappresentato dall'applicazione della sottostruttura.

Le strutture portanti orizzontali e di copertura, nel caso della costruzione in muratura massiccia, vengono realizzate o mediante setti monolitici in calcestruzzo armato (struttura continua)

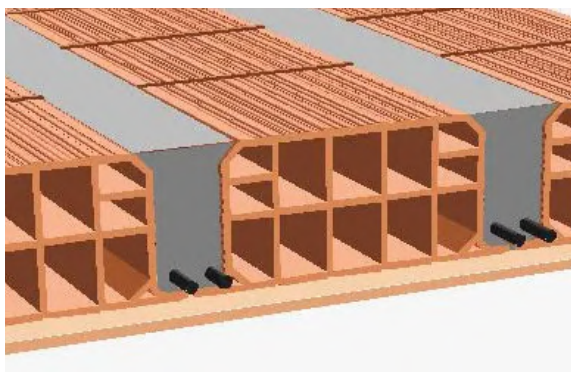


Figura 2.5. _Esempio di travetti gettati in opera.
Fonte: BiblusNet < <https://biblus.acca.it/solai-latero-cementizi-caratteristiche-tipologie-esempio-teorico/> > (ultimo accesso 08.02.2023).

La tecnica attualmente più diffusa per isolare le pareti esterne prevede l'applicazione dell'isolante sulla faccia esterna, secondo la tecnica dell'isolamento "a cappotto", per ottenere, a parità di materiale impiegato, le migliori prestazioni di isolamento termico e acustico, le maggiori prestazioni igrometriche e per garantire uno strato continuo di rivestimento dell'edificio anche nei punti di giunzione tra le partizioni verticali e orizzontali ottenendo in questo modo l'eliminazione alla radice di possibili ponti termici.

Questo tipo di chiusura risulta ideale per l'applicazione di facciate ventilate. Esse ri-

risultano costituite da una sottostruttura metallica o lignea ancorata allo strato portante della parete che permette la creazione di un'intercapedine all'interno della quale circola aria libera, essa garantisce una riduzione del calore accumulato dalla parete dovuto all'irradiazione solare in periodo estivo e la sensibile riduzione dei problemi legati alla condensa superficiale in inverno. Il rivestimento di tali pareti è costituito da materiali di finitura quali legno, materiale lapideo, ceramico o pannelli multistrato a finitura metallica o plastica. Uno dei problemi legati a tali soluzioni è rappresentato dal ponte termico conseguente alla discontinuità del cappotto rappresentato dall'applicazione della sottostruttura.

Le strutture portanti orizzontali e di copertura, nel caso della costruzione in muratura massiccia, vengono realizzate o mediante setti monolitici in calcestruzzo armato (struttura continua) oppure tramite travi e solai in latero-cemento. L'introduzione di questi ultimi, mediante l'utilizzo dei noti laterizi forati denominati "pignatte", ha permesso di ridurre la quantità di materiale impiegato, di realizzare strutture più leggere e più economiche conseguenza della diminuzione dei tempi di costruzione. Le pignatte, inserite tra i travetti in calcestruzzo armato, oltre che costituire delle casseforme a perdere, hanno la funzione di alleggerire il solaio.

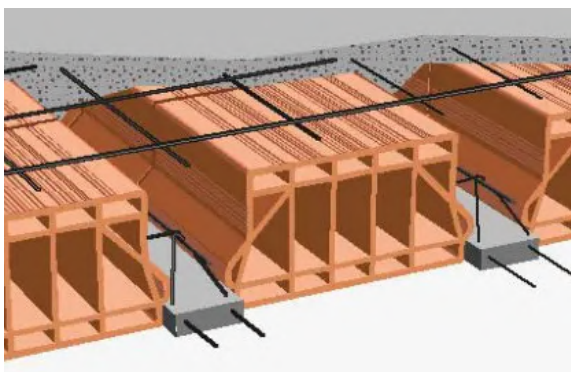


Figura 2.6._Solaio con travetti prefabbricati tralicciati

Fonte: BiblusNet, Ibidem (ultimo accesso 08.02.2023).

rompitratte in direzione perpendicolare per ripartire il carico. Infine i travetti possono essere o a traliccio o in cls precompresso.

Analogamente alla struttura in elevazione verticale, anche in questo caso una struttura prefabbricata permette di risparmiare sui costi legati alle tempistiche non presentandosi la necessità di aspettare i ventotto giorni per la maturazione del getto.

2.2. I vantaggi della costruzione in calcestruzzo e laterizio

Questa tipologia di costruzione prevede l'impiego di materiali che hanno un basso costo iniziale, sono durevoli nel tempo e richiedono moderate spese di manutenzione durante il ciclo di vita dell'immobile. La durabilità nel tempo di questo insieme costruttivo massiccio è garantita anche dal fatto che presenta un elevato grado di resistenza al fuoco. I ceramici non sono combustibili, non bruciano, non propagano fiamma, non fanno fumo. Bisogna però considerare che, in presenza di fuoco prolungato, materiali come il calcestruzzo armato subiscono modificazioni delle proprietà meccaniche con disidratazione della matrice e soprattutto deformazione delle armature. La reazione al fuoco, inoltre dipende in grande misura della tipologia di materiale isolante utilizzato.

Questo tipo di struttura pesante presenta poi una buona protezione dall'umidità sia rispetto l'umidità di risalita, sia rispetto l'umidità diretta da dilavamento delle acque meteoriche. Le strutture pesanti, infatti, sono meno soggette al passaggio di acqua per capillarità rispetto alle strutture leggere e inoltre i materiali costituenti il pacchetto, nel caso di un'eventuale presenza di umidità, non danno origine al proliferare di funghi. Tutto ciò in linea teorica ma, ad esempio, il componente calcestruzzo ha una durabilità messa a rischio da gelo e disgelo perché, anche se perfetto, presenta sempre porosità e quando è permeato di umidità, in presenza di un calo di temperatura, si ha formazione di ghiaccio nei micropori e quindi sgretolamento della matrice. La durabilità del calcestruzzo può anche essere messa a rischio da un attacco chimico solfatico con i sali che dal terreno possono salire per capillarità e distruggere la matrice. Vi è poi l'azione

dell'anidride carbonica sciolta nell'acqua permeante le porosità che è responsabile della defattivazione delle armature che, esposte agli agenti atmosferici, si arrugginiscono corrodendosi e riducendo la sezione utile. La protezione delle armature dai fenomeni di degrado aumenta all'aumentare dello spessore del copriferro, ovvero la distanza tra la superficie esterna dell'armatura e la superficie esterna del calcestruzzo.

Nel caso del laterizio il degrado è dovuto principalmente alla porosità del materiale. I pori, se riempiti d'aria, contribuiscono ad aumentare le proprietà di isolamento termico e acustico della chiusura esterna. Tuttavia essi non devono essere collegati perchè possono fungere da ingresso per gli agenti che portano al degrado. In particolare vi è l'umidità che, dopo un brusco calo della temperatura, può portare alla formazione di ghiaccio, avente azione espansiva, e di conseguenza alla distruzione della matrice.

Questi eventi, che mettono a repentaglio la durabilità delle strutture pesanti e espongono al rischio di una compromissione delle proprietà meccaniche, sono comunque evitabili con una puntuale e non troppo onerosa manutenzione.

I tamponamenti in calcestruzzo e laterizio, dato il loro elevato peso specifico, sono da ritenersi particolarmente performanti sia riguardo l'isolamento acustico sia riguardo l'inerzia termica della struttura cioè la capacità di smorzare i picchi di temperatura estivi e invernali. Tali strutture, se isolate in maniera appropriata secondo la tecnica a "cappotto", oltre a garantire l'inerzia termica risultano anche performanti dal punto di vista dell'isolamento termico.

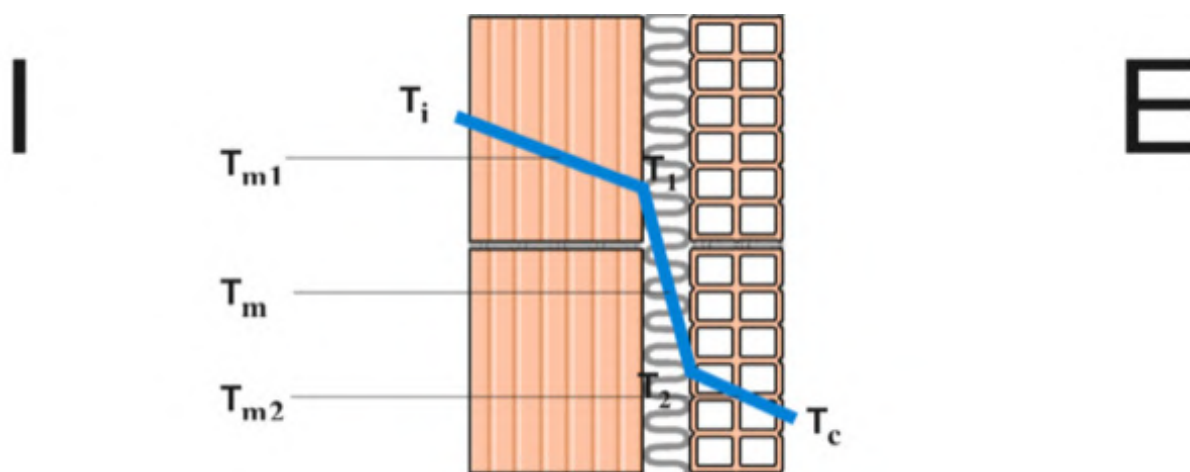


Figura 2.7. _Andamento della temperatura in una parete esterna in laterizio isolata.

Fonte: Esperto casaclima.com < <https://espertocasaclima.com/2020/05/11/blocco-laterizio-inerzia-massa/> > (ultimo accesso 06.03.2023).

In ultimo, ma non certo meno importante, la costruzione in muratura massiccia risulta di più semplice realizzazione da parte delle maestranze abitualmente presenti in cantiere e permette maggiore versatilità in fase realizzativa in quanto consente facilmente di apportare modifiche in corso d'opera rispetto ad altre tipologie costruttive.

A favore della scelta di utilizzo di un tamponamento in calcestruzzo, rispetto al laterizio, vi è la possibilità di prevedere la prefabbricazione della struttura con conseguenti risparmi in fase di

cantiere. Tuttavia vi sono delle criticità dettate in primis dal costo più alto del calcestruzzo e delle armature, in secondo luogo dovute alle diverse proprietà fisiche dei due materiali. Il calcestruzzo presenta valori più bassi di isolamento termico e acustico conseguentemente è necessario ricorrere a maggiori spessori dello strato di isolamento esterno.

2.3. La sostenibilità della costruzione in muratura massiccia

Le costruzioni massicce, come si è detto, sono durevoli e resistenti quindi necessitano di pochi interventi manutentivi nel tempo e ciò dal punto di vista della sostenibilità ambientale è favorevole. Di contro però utilizzano risorse naturali non rinnovabili la cui estrazione, oltre a creare danni all'ambiente in termini di degrado paesaggistico, è causa di elevate emissioni di CO₂. Fortemente energivore sono anche le fasi industriali per la realizzazione del prodotto finito e le logistiche di distribuzione e trasporto, stanti le elevate masse in gioco. Si presentano poi notevoli criticità legate al fine vita delle costruzioni, conseguenza principalmente della quantità, del peso e della eterogeneità dei materiali da smaltire. Risulta pertanto difficoltosa la separazione delle componenti tramite demolizione selettiva, di conseguenza spesso tutto il materiale finisce come tale nella discarica per inerti. Sussistono inoltre importanti problematiche di riciclo e di riutilizzo perché il trattamento dei manufatti in calcestruzzo e laterizio richiede lavorazioni fortemente energivore che vedono l'impiego di macchinari come pinze da demolizione e frantoi per poi ottenere materiali a bassissimo valore aggiunto che possono essere destinati solo come riempitivi per sottofondi stradali.

Un'alternativa potrebbe essere l'utilizzo di strutture in calcestruzzo prefabbricato capaci di svolgere la duplice funzione strutturale e di tamponamento dove non si ha la necessità di utilizzare il legante che nelle strutture massicce unisce calcestruzzo e laterizi. Si eviterebbero così le difficoltà legate alla demolizione selettiva ma non quelle legate al riciclo o al riuso.

I problemi legati al riciclo del laterizio sono poi conseguenza del fatto che le trasformazioni chimiche dell'argilla risultano irreversibili, di conseguenza non possono essere ricotti per la produzione di materiale di riciclato aventi caratteristiche analoghe a quello di partenza.

Per la demolizione delle strutture in muratura è necessario procedere nelle seguenti fasi:

- Una prima fase di allestimento di cantiere in cui vengono posizionate le apposite recinzioni e disattivate le utenze dei servizi pubblici come le reti di fornitura di acqua, gas o energia elettrica. Il cantiere deve essere allestito in modo da consentire il transito in sicurezza di pedoni e auto-veicoli nell'area adiacente. Inoltre è necessario prevedere un'area di facile accessibilità per i veicoli addetti al trasporto in discarica dei detriti da demolizione.
- Una seconda fase in cui si analizzano le strutture da demolire per verificarne la stabilità, puntellando e rafforzando i punti dove si possono creare crolli improvvisi.
- Successivamente si procede alla demolizione secondo l'ordine stabilito nel "Piano di demolizione" in modo da evitare crolli delle strutture portanti o di collegamento con quelle adiacenti. In tal modo si procede prima con la demolizione manuale delle strutture non portanti mediante

martello demolitore e scarico a terra del materiale mediante appositi canali.

- Infine si procede con la demolizione delle strutture portanti, se necessario mediante apposite macchine di cantiere, demolendo la struttura partendo dall'alto verso il basso.



Figura 2.8. Demolizione edificio in muratura con pinza demolitrice.

Fonte: Fagiolari constructions < <https://www.fagiolarisrl.it/it/blog/piano-di-demolizione-quando-e-obbligatorio-15#:~:text=1.,delle%20varie%20strutture%20da%20demolire.> > (ultimo accesso 06.03.2023).

Durante la demolizione è necessario ridurre il più possibile il sollevamento di polvere in modo da evitarne la dispersione in ambiente.

Per ragioni di sicurezza, è severamente vietato agli operai sostare ed operare in prossimità delle macchine operatrici e nelle aree di “ribaltamento” delle strutture oggetto di demolizione.

2.4. Considerazioni

La soluzione costruttiva analizzata presenta numerosi vantaggi legati in primis al basso costo iniziale. Il calcestruzzo e il laterizio hanno prezzi contenuti e ciò spiega perchè continuano ad essere i materiali più utilizzati nel campo delle costruzioni. .

Altro vantaggio è legato alla resistenza delle strutture all'umidità e al proliferare di funghi, tipica anche dei materiali utilizzati per l'isolamento polimerici come il polistirene espanso e estruso.

Di contro bisogna considerare che i materiali impiegati presentano problemi ambientali legati principalmente al fatto di derivare da fonti non rinnovabili e di difficile riciclaggio a fine vita,

inoltre sono molto energivori e liberano grandi quantitativi di CO₂ sia in fase di estrazione che di lavorazione.

La costruzione in calcestruzzo inoltre presenta tempistiche di cantiere più lunghe con costi che risultano però ampiamente compensati dalle basse spese legate all'acquisto dei materiali.

Comporta poi maggiori difficoltà in alcune fasi di montaggio in cantiere come la realizzazione degli impianti all'interno di sottofondi e nelle pareti in laterizio. Questi impianti "sottotraccia" presenteranno poi costi maggiori in fase di manutenzione in quanto la loro eventuale sostituzione richiederà la demolizione e la nuova costruzione del manufatto.

Altro svantaggio si ha in ambito di efficientamento energetico. Infatti un edificio realizzato con il sistema costruttivo descritto, per raggiungere gli standard di casa a basse emissioni "NZEB", richiede il ricorso ad elementi massivi, ne consegue quindi un maggiore utilizzo di risorse ambientali.

2.5. Il sistema costruttivo in legno: introduzione alla tipologia costruttiva

Il legno rappresenta uno dei più antichi materiali da costruzione utilizzati dall'uomo. È stato usato secondo declinazioni diverse in ragione dell'epoca e dei contesti geografici ma tutte riconducibili a due grandi tipologie costruttive: una basata sulla sovrapposizione orizzontale di

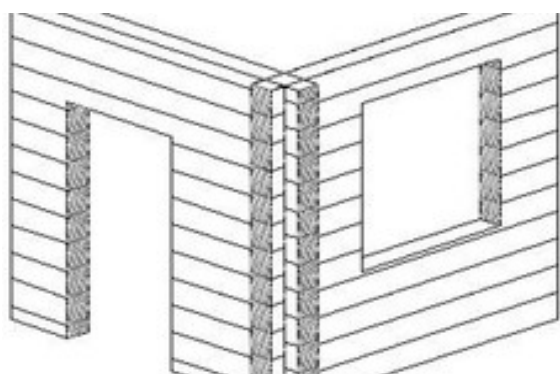


Figura 2.9. Sistema costruttivo massiccio.

Fonte: Schickhofer, Gerhard; Bernasconi, Andrea; Traetta, Gianluigi, *Costruzione di edifici di legno*, promo_legno, p. 1 (<https://www.promolegno.com/fileadmin/promolegno/media.it/corsi/base-docu/costruzione-edificilegno-docucorsobase-promolegno.pdf>), (ultimo accesso 08.03.2023).

elementi massicci ricavati dalla lavorazione dei tronchi (*block-bau*), l'altra basata sull'assemblaggio di elementi di legno mediante diverse tecniche di unione per realizzare strutture intelaiate. I principi del *block-bau*, in tempi odierni, hanno trovato applicazione industriale dando avvio alla tecnica costruttiva basata sull'assemblaggio di pannelli in legno "xlam".

Appartengono alla seconda tipologia tutte quelle modalità in cui il legno viene utilizzato per erigere una struttura portante discontinua tamponata con altri materiali. Da questi sistemi intelaiati si è sviluppato anche

il "*balloon frame*" che ha velocizzato il modo di costruire attraverso l'assemblaggio mediante chiodatura di elementi segati in legno di dimensioni ridotte.

Il lavoro in esame prende in considerazione le due modalità costruttive mutate in chiave moderna proponendo due progetti: uno a telaio portante, l'altro a pannelli autoportanti tipo "xlam". Nel primo caso travi e pilastri in legno vengono uniti attraverso piastre imbullonate per realizzare la struttura portante verticale e orizzontale a cui successivamente vengono vincolati i tamponamenti realizzati con pareti a telaio costituite da montanti e traversi lignei.

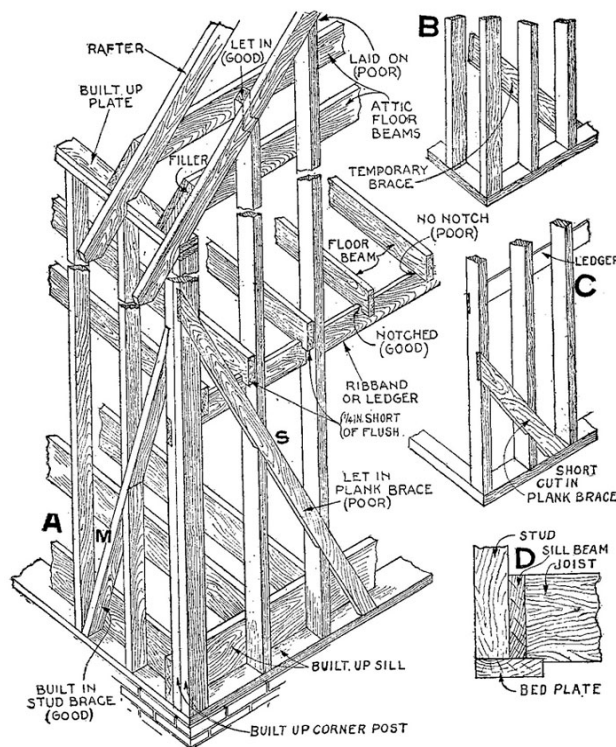


Figura 2.10. Sistema costruttivo “blockbau”.

Fonte: Abitazioni Ecologiche < <https://www.abitazioniecologiche.it/tecnica-e-servizi/sistemi-costruttivi/evoluzione-della-tradizione.html> > (ultimo accesso 08.03.2023).

Nel secondo caso invece sono i pannelli stessi ad avere funzione strutturale quindi sia la struttura in elevazione che i solai si realizzano con la semplice unione dei pannelli con piastre imbullonate.

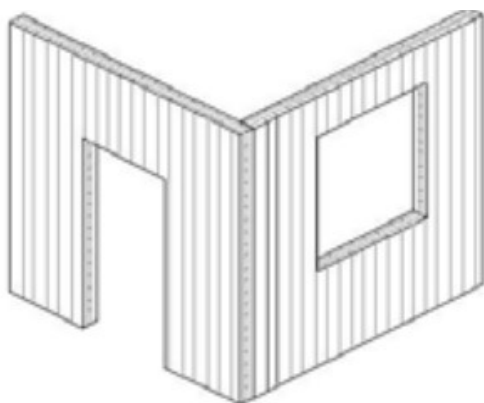


Figura 2.11. Sistema costruttivo con compensato di tavole.

Fonte: Schickhofer, G.; Bernasconi, A.; Traetta, G., *Costruzione di edifici di legno cit*, p. 1.

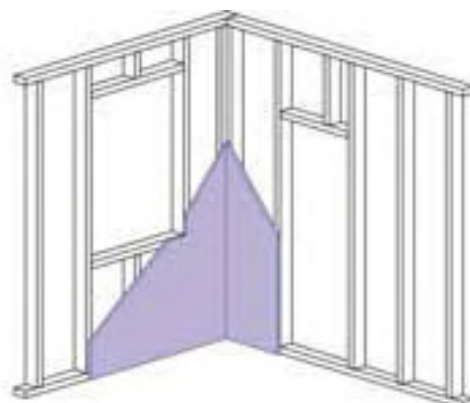


Figura 2.12. Sistema costruttivo ad intelaiatura di legno.

Fonte: Schickhofer, G.; Bernasconi, A.; Traetta, G., *Costruzione di edifici di legno*, Ibidem.

2.6. I vantaggi della costruzione in legno

Il legno è un materiale versatile, prestante e al contempo di facile lavorabilità e reperimento. Rispetto agli altri materiali da costruzione ha il vantaggio di avere un’ottima resistenza speci-

fica cioè ha una capacità strutturale elevata se rapportata alla sua massa volumica. Bisogna però ricordare che è un materiale anisotropo quindi le sue proprietà meccaniche variano a seconda che si agisca longitudinalmente o trasversalmente rispetto le fibre che lo compongono e la sollecitazione è ottimale in senso longitudinale. Questo è un aspetto importante da tenere in considerazione in fase di lavorazione quando avviene il taglio dei tronchi.

La leggerezza, unita anche alla capacità di deformarsi in campo elastico, lo rende anche una scelta molto vantaggiosa se si vuole costruire in zona sismica perchè risponde meglio delle strutture massicce alle sollecitazioni brevi e intense riducendo l'effetto distruttivo dei terremoti.

Riguardo la resistenza al fuoco, sebbene infiammabili, le strutture in legno dimostrano di mantenere la capacità portante in caso di incendio in quanto il legno brucia lentamente e con costanza formando uno strato carbonizzato in superficie che impedisce la propagazione del fuoco e protegge il nucleo portante dell'elemento costruttivo evitando così crolli improvvisi.

Il legno è poi un ottimo isolante termico e acustico: presenta una conduttività termica molto più bassa rispetto ad altri materiali da costruzione ad uso strutturale come calcestruzzo ed acciaio. Anche riguardo questa caratteristica incide l'anisotropia, le migliori prestazioni di isolamento termico si hanno in senso longitudinale alle fibre.

L'elevata igroscopicità del legno, cioè la sua attitudine ad assorbire acqua in ambiente umido ed a cederla in ambiente secco, lo rende idoneo come involucro degli edifici perché contribuisce alla regolazione dell'umidità interna. Tuttavia questa attitudine rappresenta anche un limite del legno in ambito costruttivo, poiché causa deformazioni dimensionali.

2.7. Il legno e la sostenibilità

Il legno è da sempre considerato un materiale ecologico. Tale connotazione è dovuta al fatto che è un materiale naturale, derivante da fonte rinnovabile, riutilizzabile e riciclabile a fine vita. Per assicurare la rinnovabilità, tuttavia occorre rispettare i tempi di ricrescita della pianta, viceversa si rischia di prelevare la risorsa fino al suo depauperamento. Al tempo stesso si deve evitare di ricorrere a piantumazioni di alberi a crescita veloce che depauperano il suolo e impoveriscono le falde acquifere.

A differenza degli altri materiali da costruzione come calcestruzzo, laterizio e acciaio il legno necessita di minor energia sia nella fase di estrazione, sia in quelle di lavorazione e trasformazione, sia nella fase di fine vita del materiale. "Il legno non è mai un prodotto di scarto ma resta sempre un materiale, non deve essere smaltito a parte e riciclato in modo dispendioso, ma può essere facilmente lavorato e trasformato in un nuovo materiale"¹⁰.

Un altro aspetto importante riguardo il legno è legato all'assenza di impatto in termini di CO₂, esso infatti non solo assorbe CO₂ durante tutta la fase di crescita, ma continua a farlo anche

¹⁰ Schrentewein, Thomas, *CasaClima: Costruire in legno*, Bolzano, Raetia, 2008, p.32.

dopo essere stato tagliato; la rilascia in ambiente solo durante le fasi di combustione e marcescenza. Anche le lavorazioni producono scarse emissioni e, se si privilegiano essenze locali, il trasporto ha basso impatto ambientale.

Il legno è un materiale sostenibile che si riusa e si ricicla completamente anche se ogni passaggio del processo in genere porta a prodotti di minor qualità. Ciò vale anche per quanto riguarda il legno utilizzato in edilizia; la sua caratteristica di totale riciclabilità ne fa un prodotto privo di scarti sia nella fase costruttiva che in quella di demolizione a fine vita. È importante ricordare che la totale riciclabilità a fine vita si ha solo in presenza di giunzioni a secco poiché l'eventuale presenza di leganti non rende il prodotto reversibile.

I prodotti derivanti dalla lavorazione del legno come travi o pannelli, se giuntati a secco tramite piastre e tasselli, risultano non solo di agevole riutilizzo ma permettono anche un facile assemblaggio con tempi di montaggio più rapidi e di conseguenza costi di cantiere più contenuti. Inoltre, le tecniche costruttive a secco permettono interventi puntuali in fase di manutenzione con conseguenti spese più contenute durante il ciclo di vita dell'edificio.

A fronte dei tanti aspetti positivi sopra ricordati occorre porre l'attenzione circa i trattamenti cui spesso viene sottoposto il legno per aumentarne le caratteristiche di resistenza al fuoco, all'umidità ed all'aggressione degli insetti. Si tratta dell'utilizzo di cere protettive e additivi che oltre a rendere difficoltoso il riciclo del materiale, possono essere inquinanti sia per l'ambiente esterno sia per quello interno poiché possono rilasciare sostanze organiche volatili dannose per l'uomo.

2.8. I prodotti per l'edilizia derivanti dal legno

I prodotti per l'edilizia derivanti dal legno si distinguono in:

- Prodotti in legno da costruzione tradizionale quali travi e segati.



Figura 2.13._ Pannello multistrato.

Fonte: tecnologiaduepuntozero < <https://www.tecnologiaduepuntozero.it/2019/01/21/pannelli-legno-trasformato/> > (ultimo accesso 01.10.2022).



Figura 2.14._ Pannello in panforte.

Fonte: tecnologiaduepuntozero, Ibidem.

- Pannelli multistrato: ottenuti tramite l'incollaggio per mezzo di appositi adesivi di lastre in legno massiccio. Esse vengono incollate in modo da ottenere pannelli a fibre incrociate risolvendo così il problema dell'anisotropia e dei nodi che compromettono le prestazioni meccaniche. Questi pannelli vengono utilizzati come elementi strutturali e un esempio importante è il legno "xlam".

- Compensati e panforti: i primi sono ottenuti dall'incollaggio sotto pressione di almeno tre strati di legno ottenuti per tranciatura o sfogliatura. Gli strati vengono incollati in modo da ottenere pannelli a fibre incrociate. I panforti sono pannelli ottenuti da uno stra-



Figura 2.15._ Pannello truciolare.
Fonte: tecnologiaduepuntozero, Ibidem.

- Pannelli truciolari: costituiti da trucioli di legno, generalmente di riciclo, incollati sotto pressione o tramite collanti. I trucioli sono disposti con le fibre in varie direzioni in modo da risolvere il problema dell'anisotropia. Presentano l'inconveniente che sotto l'azione dell'umidità possono perdere le loro proprietà meccaniche. Un esempio di questi è il pannello "OSB".
- Pannelli in fibra di legno: ottenuti da sottili strisce di legno tagliate nella direzione delle fibre, addizionate con additivi anti-imputrescenza, antiparassitari e ignifughi, e infine incollate sotto pressione. Questi pannelli vengono utilizzati per l'isolamento di pareti esterne, interne e coperture.

2.9. Il sistema costruttivo in Xlam



Figura 2.16._ Pannello in legno Xlam
Fonte: Xlam Dolomiti < <https://www.xlamdolomiti.it/schede-tecniche-xlam-e-documentazione> > (ultimo accesso 01.10.2022).

to di listelli affiancati rivestiti sulle facce superiore e inferiore da due pannelli di legno sfogliato posizionati con le fibre ortogonali a quelle dei listelli.

- Pannelli tamburati: costituiti da due pannelli di compensato con interposto uno strato costituito da un'anima di materiale leggero, generalmente una struttura a nido d'ape.

Il sistema costruttivo in Xlam appartiene alla categoria delle costruzioni massicce in legno. Tale sistema utilizza pannelli lignei ottenuti dall'incollaggio di tavole in legno massiccio, generalmente di abete rosso, dello spessore compreso tra i 17 e i 40 mm, a strati incrociati in modo da risolvere il problema dell'anisotropia del legno e dei nodi della struttura che rappresentano punti di debolezza. Questi pannelli assolvono contem-

poraneamente il ruolo di struttura portante, di chiusura e partizione interna dell'edificio¹¹. I tramezzi divisorii interni (se privi di funzione strutturale) vengono realizzati tramite struttura a telaio ligneo o metallico, con interposto isolante e finitura in lastre di cartongesso.

I pannelli possono essere costituiti da tre a nove strati per una lunghezza fino a 16,5 m e una larghezza fino a 3 m.

A seconda dei parametri strutturali di progetto, quali luce degli spazi coperti e altezza dell'edi-

¹¹ Le pareti interne portanti solitamente coincidono con le pareti divisorie tra unità abitative o vani scala. La posizione dipende dalla luce coperta dai solai interpiano e di copertura. I pannelli che le costituiscono presentano uno spessore analogo a quelli delle pareti perimetrali. Risultano rivestite con materiale isolante e lastra in cartongesso su entrambi i lati.

ficio, presentano uno spessore variabile tra i 95 e i 160 mm¹².

I pannelli prodotti vengono poi sottoposti alle lavorazioni tramite macchine a controllo numerico per la realizzazione di aperture (quali porte, finestre) come richiesto in fase di progetto.

I prodotti finiti presentano rigidità e stabilità bidimensionale, conseguentemente risultano molto resistenti ad azioni verticali e orizzontali quali vento e sisma.

A fine lavorazione in stabilimento essi vengono trasportati in cantiere e assemblati tramite giunzioni a secco, utilizzando staffe, chiodi e viti seguendo la volumetria di progetto. In genere il piano di imposta delle strutture in Xlam è rappresentato dal piano terra ove si realizza una piastra di fondazione in calcestruzzo armato alla quale i pannelli vengono fissati tramite piastre e bullonature.

Tra il calcestruzzo e il pannello viene posto uno strato in guaina bituminosa atto ad impedire il contatto tra la piastra di fondazione e il legno al fine di evitare fenomeni di umidità.

Al livello delle fondazioni il collegamento avviene tramite piastre angolari in acciaio, utilizzando chiodi e viti per le pareti in legno e barre filettate in acciaio per il collegamento con il calcestruzzo di fondazione.



Figura 2.17._ Giunzione pannello in legno Xlam - cordolo di fondazione in calcestruzzo

Fonte: Progetto edilizia zero < <http://www.progettoenergiazero.com/2017/11/17/x-lam-modalita-e-tipologie-di-connesione/> > (ultimo accesso 01.10.2022).

¹² Schickhofer, Gerhard; Bernasconi, Andrea; Traetta, Gianluigi, *Costruzione di edifici di legno*, promo_legno, p. 5-7, (<https://www.promolegno.com/fileadmin/promolegno/media.it/corsi/base-docu/costruzione-edificilegno-docorsobase-promolegno.pdf>), (ultimo accesso 08.03.2023).

Il collegamento tra le pareti portanti verticali e i solai di interpiano e copertura avviene tramite piastre angolari e chiodi o bulloni.

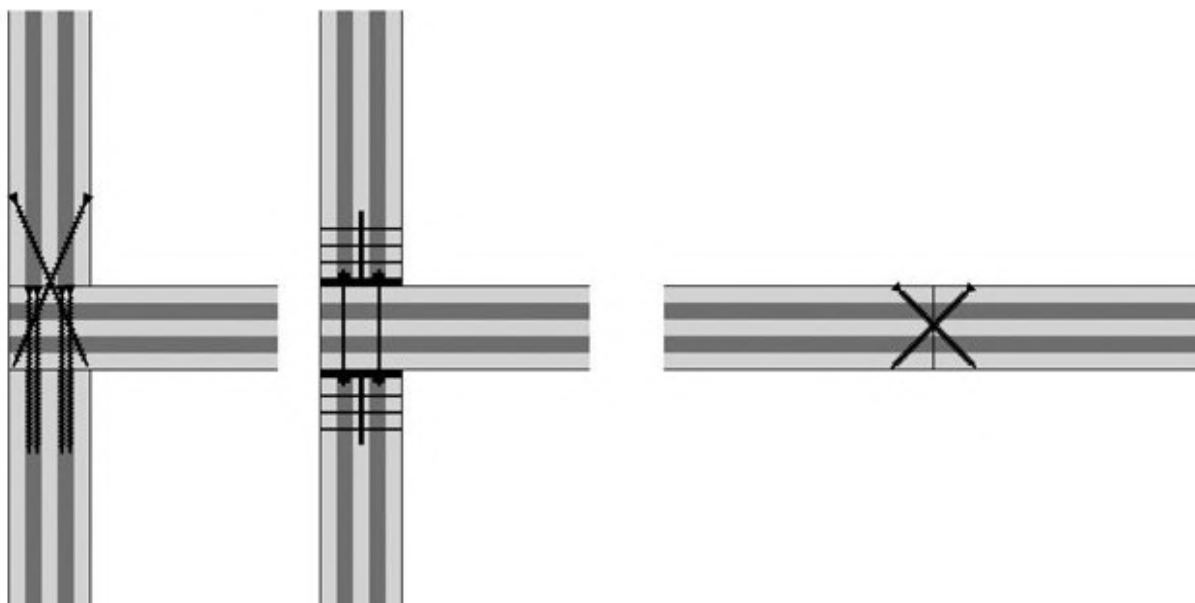


Figura 2.18._ Sezione collegamento pannelli xlam
Fonte: Idem (ultimo accesso 01.10.2022).

Dal punto di vista strutturale, “una costruzione a pannelli Xlam, si comporta quindi come una struttura tridimensionale monolitica, caratterizzata dalla continuità del materiale e dalla distribuzione delle sollecitazioni meccaniche in modo pressoché uniforme su tutto il materiale disponibile”¹³.

2.10. Il sistema costruttivo a telaio

Il nome “struttura a telaio” deriva dal suo caratteristico sistema portante a pilastri verticali e travi orizzontali. Possono poi aggiungersi puntoni obliqui supplementari per garantire la rigidità di montanti e travi. Questo sistema si presta alla realizzazione di strutture leggere, soprattutto in combinazione con grandi superfici vetrate.

Le pareti di tamponamento, così come le pareti divisorie interne, sono realizzate come strutture autoportanti con montanti verticali e orizzontali (generalmente di spessore compreso tra i 60 mm e i 100 mm e larghezza variabile), i correnti verticali sono disposti con un passo di circa un metro, rivestiti da pannelli lignei tipo perlinato o “OSB”, con interposto materiale isolante. I pannelli lignei a loro volta fungono da punto di ancoraggio per lo strato di cappotto esterno e, in alcuni casi per le finiture superficiali.

¹³ Xlam Dolomiti, Scheda tecnica: *Xlam Dolomiti Production, The wood building R-evolution*, p. 11.



Figura 2.19._ Sistema costruttivo a telaio.

Fonte: Progetto edilizia zero < <http://www.progettoenergiazero.com/telaio/> > (ultimo accesso 01.10.2022).

I solai interpiano sono costituiti da una doppia orditura di travi lignee su cui si applica un apposito tavolato ligneo che funge da appoggio per il “pacchetto pavimento”.

Anche nel sistema a telaio portante le giunzioni tra elementi strutturali e di tamponamento sono realizzate a secco mediante incastri o unioni bullonate con l’utilizzo di tasselli, chiodi e piastre di fissaggio.

Questo sistema, così come l’Xlam, presenta un buon livello di prefabbricazione, in particolare la struttura portante delle pareti esterne può essere assemblata tramite lavorazione industriale e poi trasportata in cantiere. Anche gli elementi strutturali massicci possono essere preassemblati, tuttavia tale accorgimento si prende in considerazione solo per strutture di piccole dimensioni.

2.11. Confronto tra sistema costruttivo in Xlam e a telaio

Il sistema costruttivo in Xlam e il sistema costruttivo a telaio sono i due principali modelli, attualmente impiegati, per la realizzazione di architetture in legno. Entrambi i modelli utilizzano dei sistemi di fissaggio a secco delle strutture in modo da ottenere strutture ad alto grado di prefabbricabilità e che permettono un facile disassemblaggio in un’ottica di lavori di manutenzione e risanamento o di fine vita del prodotto. In entrambi i casi si ottengono strutture flessibili, leggere e resistenti all’azione sismica. La resistenza all’azione sismica è maggiore nel caso di strutture portanti in Xlam perchè l’elemento portante continuo permette di ottenere una struttura scatolare più omogenea e di conseguenza più resistente.

Nel caso della costruzione massiccia in Xlam è anche maggiore la resistenza al fuoco. Questo

perchè è maggiore la superficie legnosa sottoposta alla carbonizzazione.

Le strutture a telaio, essendo molto leggere, sono particolarmente indicate per realizzare edifici poco elevati e complice la loro manovrabilità, per effettuare sopraelevazioni dell'esistente.

L'Xlam, che presenta una maggiore robustezza e stabilità, consente di costruire edifici di altezza maggiore rispetto le strutture a telaio.

Dal punto di vista economico, le strutture in Xlam presentano un prezzo più elevato rispetto le strutture a telaio. Ciò è dovuto al fatto che nell'Xlam l'elemento strutturale è continuo, di conseguenza il legno è presente in maggiori quantità. Ciò ha ripercussioni anche in termini di sostenibilità ambientale perché comporta un maggiore consumo di risorse.

Entrambi questi sistemi costruttivi utilizzano il legno lamellare e analoghe tecniche di assemblaggio a secco, quindi possono coesistere nello stesso progetto. Sono numerosi i casi di architetture che presentano una struttura mista Xlam/telaio, in particolare quando si vuole unire la leggerezza del telaio alla robustezza dell'Xlam oppure quando si vogliono creare parti di edificio più "aperte" come ad esempio portici o loggiati anteposti alle parti che presentano chiusure "opache".

IL PROGETTO

03

03. IL PROGETTO

3.1. Introduzione

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di applicare i concetti di casa a basso consumo energetico ad un progetto di edilizia residenziale unifamiliare e di confrontare, dal punto di vista economico ed ecologico, tre diverse soluzioni tecnologiche. Tale confronto avviene comparando una soluzione tradizionale a umido (calcestruzzo e laterizio) con una a secco (con sistema costruttivo in Xlam) e con una struttura a telaio in legno e materiali derivanti dagli scarti della produzione del riso (Ricehouse). Quindi tre diverse tipologie di involucro a parità di soluzione volumetrica, distributiva ed estetica. La comparazione tra le tre soluzioni è effettuata secondo un approccio di "*Life Cycle Analysis*" ovvero considerando tutte le fasi di vita del progetto. In questo modo si può osservare che una soluzione inizialmente più costosa può generare risparmi che coprono i costi di investimento iniziali.

L'analisi che costituisce l'oggetto della presente tesi è applicata su un'area appartenente al Comune di Saluzzo, coinvolta nel 2016 da un progetto di completamento urbanistico e riqualificazione. Il relativo intervento edilizio, ad oggi ultimato e abitato, porta la firma dello studio "EssePi" dell'architetto Stefano Pomero di Saluzzo e comprende tre palazzine unifamiliari indipendenti, realizzate con sistema tradizionale, con annesso giardino privato e una superficie destinata ad uso pubblico.



Figura 3.1._ Fotografie dell'area di progetto scattate dall'architetto Stefano Pomero.

Il lavoro di tesi è stato applicato quindi su un'area già edificata, operando una scelta suggerita da due ragioni distinte. La prima è di ordine pratico: si ha infatti la disponibilità di un rilievo dettagliato della topografia del terreno ante intervento. La seconda rimanda alla specifica destinazione d'uso urbanistica del lotto: si tratta infatti di una zona a destinazione residenziale dove

è possibile edificare edifici unifamiliari di modeste dimensioni. Questa tipologia edificatoria si presta in maniera ottimale allo sviluppo della comparazione dal punto di vista economico ed ecologico tra le soluzioni costruttive in analisi.

Il progetto edilizio sviluppato nella tesi vuole essere inclusivo, prevedendo quindi non solo spazi destinati ad uso strettamente privato, ma con ampie zone ad uso condominiale per favorire la socialità. Consta di tre palazzine caratterizzate da due piani fuoriterza con annesso giardino e piano interrato dotato di box auto e cantina.

La realizzazione degli edifici segue le linee guida dell'agenzia CasaClima con involucri prestanti, impianti e scelte progettuali volte a sfruttare al meglio le risorse rinnovabili quali sole e acqua. Ciò si evidenzia nell'orientamento degli edifici ma anche nella scelta dell'impianto di riscaldamento e condizionamento costituito da pompa di calore ad aria alimentata dall'impianto fotovoltaico.

Per realizzare le finiture esterne si è deciso di utilizzare il legno, materiale derivante da fonte rinnovabile e dotato di una forte valenza estetica in termini di integrazione paesaggistica.

Prima di entrare nei dettagli tecnici, compositivi ed economici del progetto, che verranno descritti nei prossimi capitoli, è opportuno porre un accenno sul territorio poichè l'intervento architettonico non può prescindere da un'analisi delle caratteristiche morfologiche, storiche, climatiche e socioculturali del luogo dove si va ad operare non disgiunta da una attenta valutazione della normativa prevista dal PRGC.

3.2. Analisi aspetti socio-economici e territoriali

La città di Saluzzo, teatro di questo intervento edilizio, rappresenta un contesto abitativo tipico delle zone di provincia, con un nucleo urbano che degrada verso un concentrico caratterizzato da ampi spazi verdi disseminati di abitazioni di piccole dimensioni.

Risulta inserita in un contesto paesaggistico ancora abbastanza preservato, in conseguenza della sua posizione geografica un po' defilata e soprattutto della mancanza di reti stradali e ferroviarie efficienti che ne hanno penalizzato lo sviluppo industriale e demografico ma di contro l'hanno preservata da interventi edilizi impattanti sull'ambiente.

Gode di un'economia che ha ancora nelle attività agricole l'asse portante a cui si affiancano attività di servizi, attività artigianali e commerciali legate soprattutto al settore agroalimentare e manifatture artistiche che fondano le loro radici nell'illustre passato marchionale, quando la città accoglieva artisti e maestranze qualificate. Da questo passato nasce anche la vocazione turistica della città: l'antico nucleo marchionale con il castello (ora molto rimaneggiato essendo stato adibito a carcere), attorno al quale si raccolgono i palazzi della nobiltà e gli edifici di governo, situato nella parte alta della collina, è ben conservato e con la sua atmosfera ovattata e fuori dal tempo attira turisti e appassionati di arte.



Figura 3.2. Saluzzo-panorama con Monviso (foto Fusaro).

Fonte: Moto-On The Road < <https://www.moto-ontheroad.it/on-the-road/reportage-in-moto/saluzzo/> > (ultimo accesso 08.02.2023).

La collina, su cui è adagiato a ventaglio il centro storico, si estende poi con ampie zone verdi disseminate di antiche case coloniche, le cosiddette “vigne”, oggi a destinazione esclusivamente residenziale a cui si aggiunsero nel corso dell’800 dimore signorili per la villeggiatura dei cittadini benestanti. Ciò in particolare nella porzione collinare affacciata a sud-est che gode di un clima più mite, riparato dai venti freddi provenienti dalle Alpi.

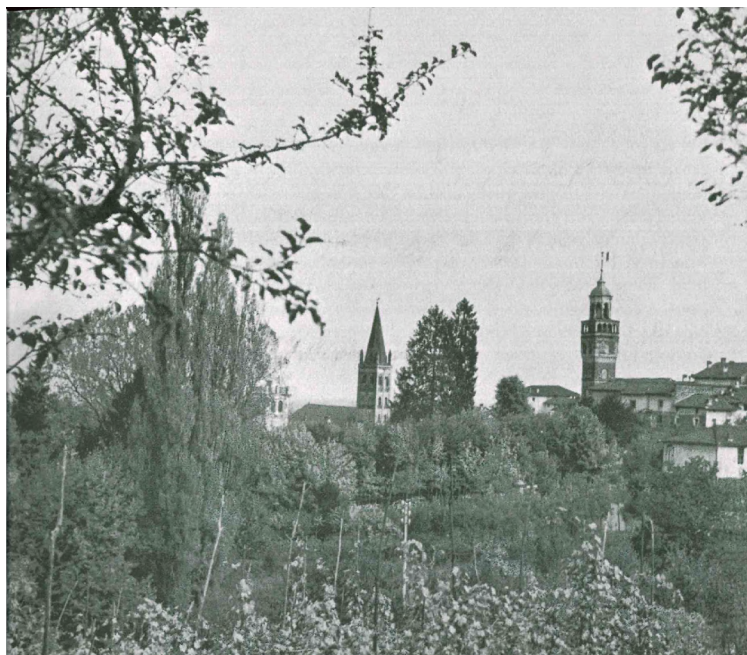


Figura 3.3. Uno sguardo alla collina (A. Bolla, 1936, *Bianco e nero*, Saluzzo, 1991).

Fonte: Bollea, Giacinto, *Saluzzo, un invito alla città*, Saluzzo, Fusta editore, 2016, p. 17.

Ai piedi di questa zona collinare si estende l’area oggetto di intervento su cui si è lavorato prestando anche attenzione a quanto sopra descritto. Si è partiti dalla considerazione che la città di Saluzzo nel corso degli anni non ha avuto e non ha necessità di far fronte ad incrementi demografici importanti, ha un costruito in gran parte poco elevato, ha un’economia ancora basata in

larga misura sull'agricoltura che si ritiene comporti anche un diffuso stile di vita legato alle tradizioni e alle usanze della cultura contadina, connessa alla terra e alla natura. In un simile contesto, le scelte costruttive non possono che orientarsi su edifici unifamiliari, dotati di giardino e ben integrati nella natura, orientati per sfruttare al meglio le esposizioni solari ai fini non solo del risparmio energetico, ma anche per dare *confort* e benessere abitativo a un'utenza che ancora prova un legame atavico con l'ambiente naturale.

3.3. Analisi climatica

Il progetto di edifici a basso impatto ambientale non può prescindere da un'analisi climatica del luogo in cui sono edificati. L'analisi di tali dati permette di ottenere grandezze utili per l'applicazione di strategie di controllo passivo, legate all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Il Comune di Saluzzo è situato in Piemonte, lungo un'area della Provincia di Cuneo limitrofa alla Provincia di Torino. Il territorio viene a trovarsi in zona climatica E.

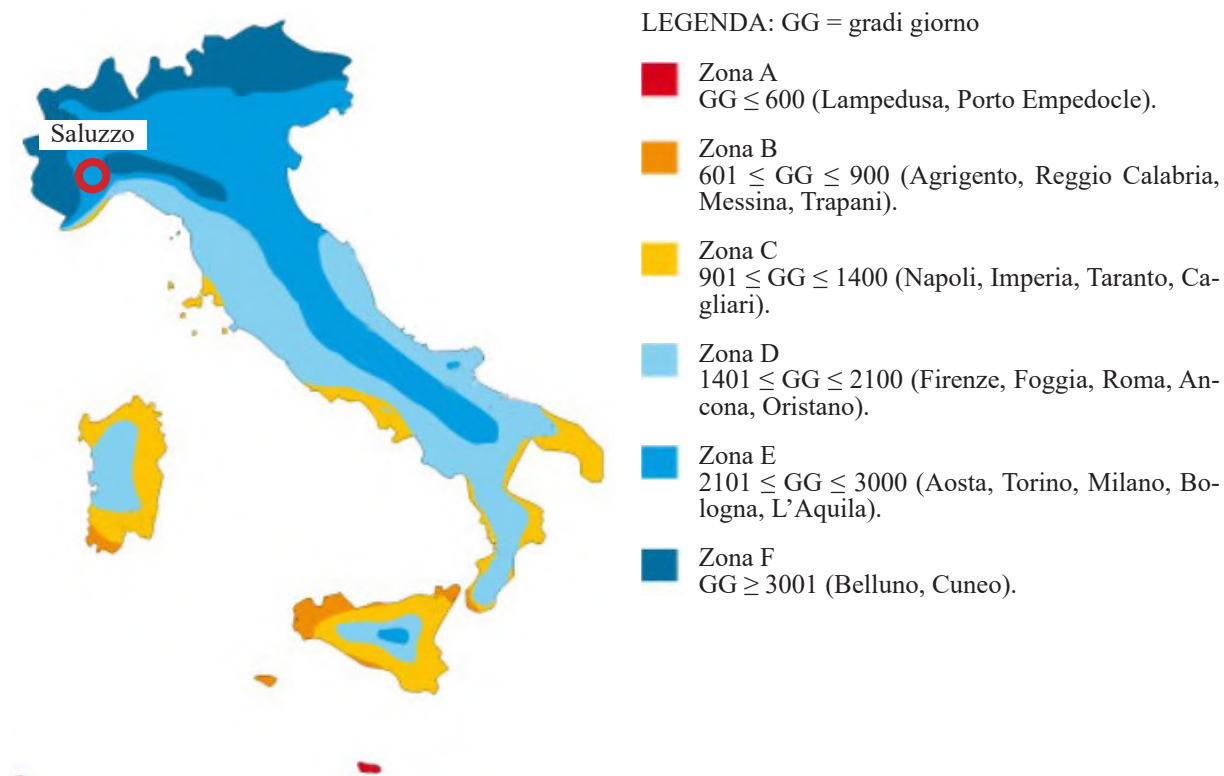


Figura 3.4._ Le sei zone climatiche in Italia.

Fonte: Certifico < <https://www.certifico.com/impianti/documenti-impianti/337-documenti-impianti-riservati/7099-zone-climatiche-tabella-a-aggiornata-d-p-r-412-1993> > (ultimo accesso 08.02.2023).

Tale zona è caratterizzata da un valore dei Gradi Giorno compreso tra i 2101 e 3000. Un valore così elevato rappresenta una temperatura del luogo rigida, di conseguenza il riscaldamento dell'edificio, durante l'anno, dovrà essere attivo (per garantire una temperatura compresa tra i 18 e i 20 °C) per quattordici ore giornaliere durante un arco temporale che convenzionalmente va dal 15 ottobre al 15 aprile.

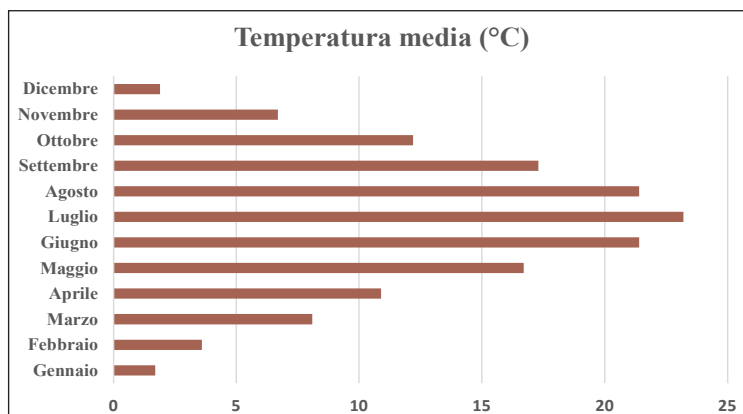


Figura 3.5. _ Temperatura media del Comune di Saluzzo.

Fonte: Dati estrapolati dal programma EC700.

Il grafico riportato rappresenta la temperatura media giornaliera del Comune. Si osserva che durante il periodo invernale la temperatura si aggira intorno ai 5 °C, in periodo estivo può superare i 20 °C.

In fase progettuale tali temperature comporteranno l'utilizzo di sistemi di isolamento importanti pertanto serramenti dotati di vetri basso emissivi con doppia camera e importanti spessori dello strato di cappotto delle chiusure esterne verticali e orizzontali opache.

Per la realizzazione di chiusure verticali opache performanti è inoltre utile valutare la pressione di vapore esterna che come si può vedere dal grafico seguente è compresa tra valori intorno ai 500 Pa nel periodo invernale fino ai 2000 Pa nel periodo estivo.

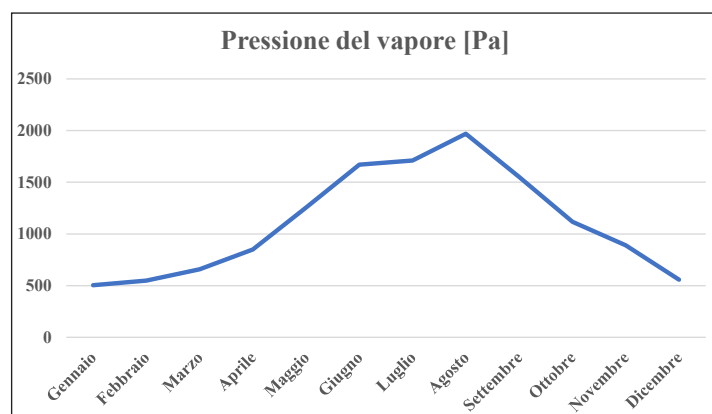


Figura 3.6. _ Pressione del vapore media del Comune di Saluzzo.

Fonte: Dati estrapolati dal programma EC700.

3.3.1. Analisi dell'irradiazione solare

Altro elemento che è importante tenere in considerazione è l'irradiazione solare sulle superfici. Tale grandezza risulta utile per valutare l'efficienza legata all'installazione di un impianto fotovoltaico. Il progetto in esame prevede il montaggio di pannelli solari sulle falde delle coperture esposte verso sud, est e ovest.

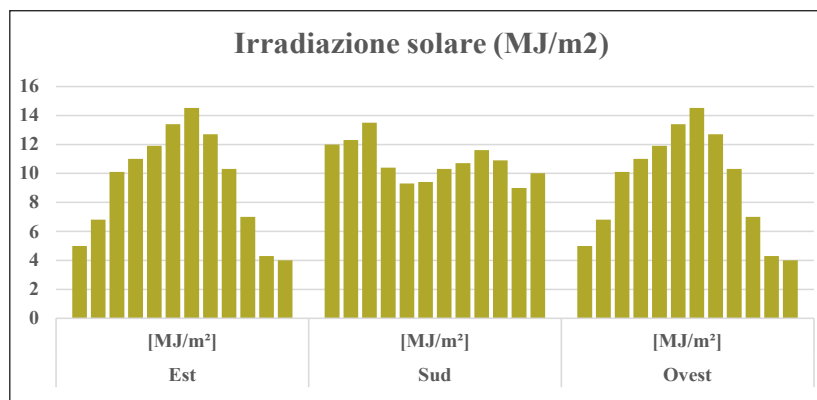


Figura 3.7._ Irradiazione solare media del Comune di Saluzzo.
Fonte: Dati estrapolati dal programma EC700.

Si osserva come l'irradiazione presenti valori più elevati nel caso di esposizione verso sud in particolare nel periodo autunnale e invernale. Anche nei restanti periodi dell'anno tale grandezza presenta valori elevati intorno ai 10 MJ/m².

Se si intende applicare l'impianto sulle falde rivolte verso est o verso ovest si troveranno valori elevati durante i mesi estivi (nel mese di luglio essi possono arrivare anche oltre i 14 MJ/m²), non vi saranno invece grossi contributi durante il periodo invernale. Di conseguenza per ottenere una buona resa dell'impianto, si dovranno applicare i pannelli sulle falde rivolte verso sud.

3.3.2. Analisi delle precipitazioni

Un'ulteriore analisi che è importante approfondire nella progettazione bioclimatica è la piovosità dell'area. Essa è necessaria per un utilizzo diretto e indiretto dell'acqua piovana che può essere impiegata per l'irrigazione degli spazi verdi o per l'alimentazione dei WC e della lavanderia.

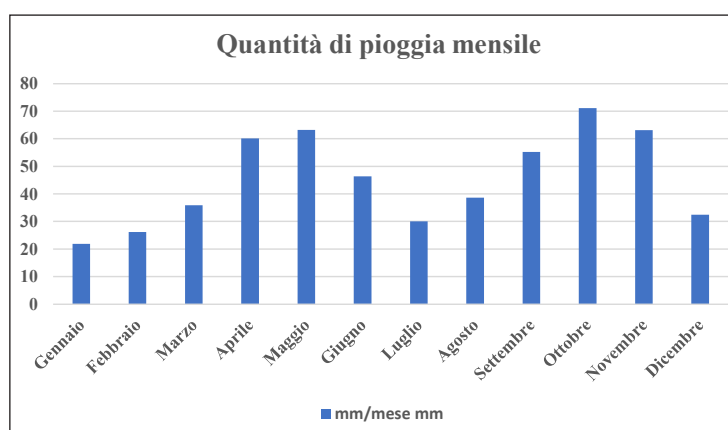


Figura 3.8._ Quantità di pioggia nel Comune di Saluzzo.
Fonte: Weather Spark < <https://it.weatherspark.com/y/55320/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Saluzzo-Italia-tutto-l'anno#:~:text=Saluzzo%20ha%20alcune%20variazioni%20stagionali,piogge%20medie%20di%2022%20millimetri.> > (ultimo accesso 08.02.2023).

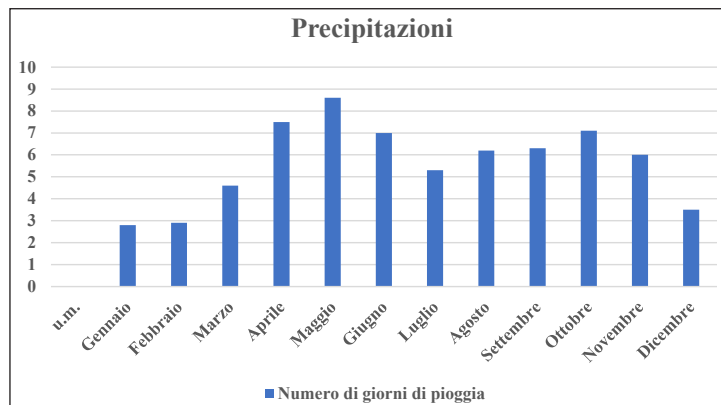


Figura 3.9._ Giorni piovosi medi del Comune di Saluzzo.

Fonte: Idem (ultimo accesso 08.02.2023).

Come riportato in figura 3.9. si nota come i mesi più piovosi risultano in periodo primaverile e autunnale.

Si nota inoltre l'estrema differenza di piovosità tra le stagioni, con minimo marcato nella stagione invernale. Ciò suggerisce l'impiego di sistemi di accumulo che consentiranno lo sfruttamento della risorsa idrica nei periodi più siccitosi, periodi che ultimamente si stanno oltremodo manifestando.

3.4. Analisi dell'area di intervento

La zona collinare e precollinare è tradizionalmente a destinazione residenziale e ciò ha guidato anche i più recenti interventi di edilizia ad uso abitativo, orientati verso tipologie unifamiliari, di fascia medio-alta. Anche il lotto riguardante il progetto in esame si trova in un contesto analogo lungo una strada che ai piedi della collina conduce a Manta, via Gianbattista Bodoni 89. Si tratta di una direttrice secondaria per Cuneo che viene utilizzata essenzialmente per i trasferimenti locali a servizio degli abitanti delle numerose unità residenziali insediate a valle della stessa e dai saluzzesi che in ogni stagione la frequentano per passeggiare, praticare jogging o cicloturismo.

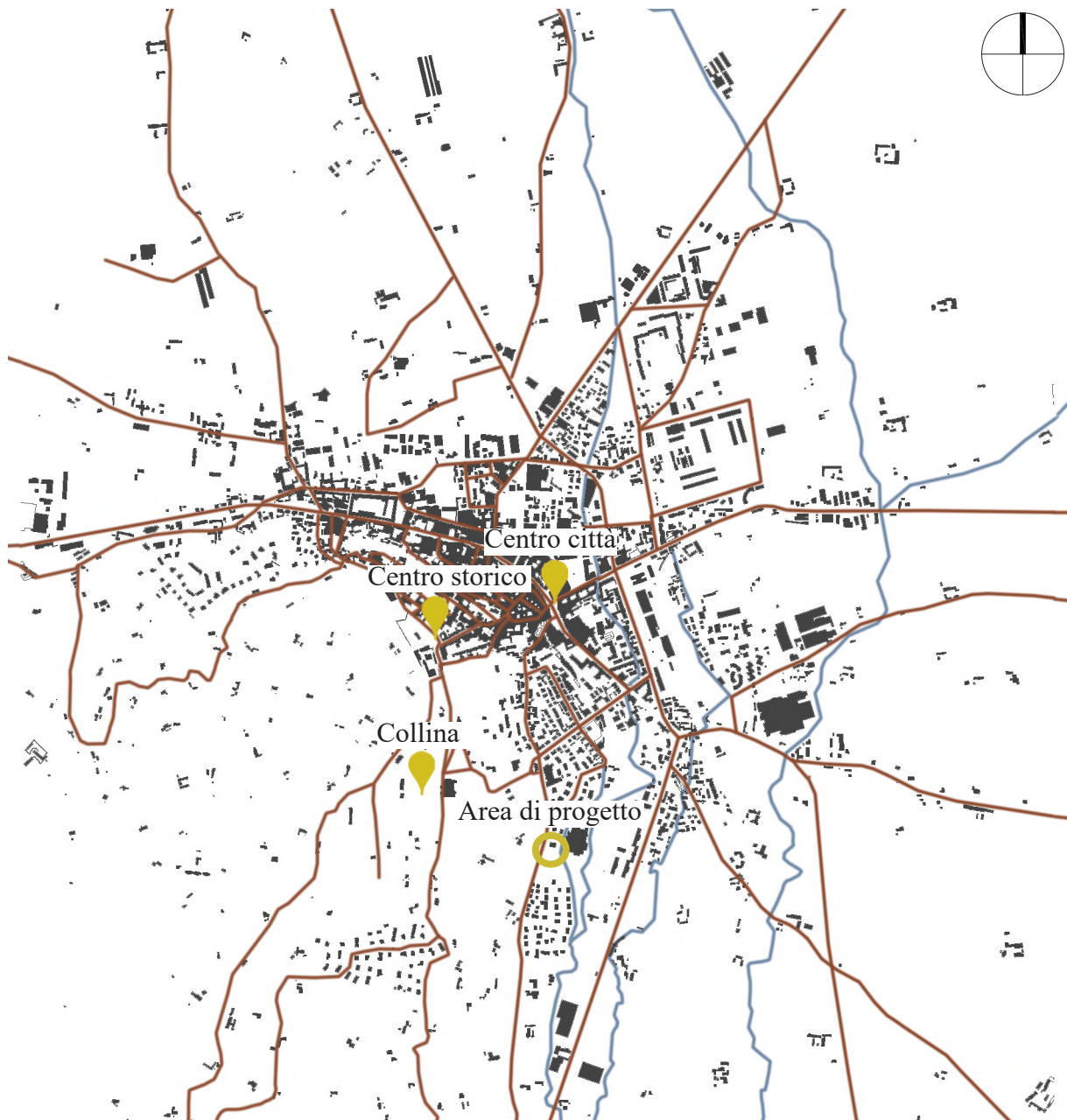


Figura 3.10._ Rappresentazione della città di Saluzzo con indicazione dell'area di progetto e dei punti di interesse (scala 1:25000).

Risulta infatti affiancata da un marciapiede e da una pista ciclabile e presenta numerosi dossi per ridurre la velocità veicolare. Si tratta indubbiamente di una strada panoramica lungo il cui lato a monte si possono ammirare dimore storiche e in particolare villa Belvedere, meglio nota come villa Radicati, già dimora della Marchesa Margherita di Foix, oppure il giardino botanico di villa Bricherasio fino al “Castello della Manta” noto per il suo ciclo di affreschi. Via Bodoni si connette poi alla via “Vecchia di Manta” che scorre ad essa parallela ma nella parte alta della collina creando quindi un anello che ha in questa parte scorci ancora più suggestivi.



Figura 3.11._ Villa Bricherasio.

Fonte: Bollea, Giacinto, *Saluzzo, un invito alla città*, Saluzzo, Fusta editore, 2016, p. 53.



Figura 3.12._ Villa Bricherasio.

Fonte: Bollea, Giacinto, *Saluzzo, un invito alla città*, Saluzzo, Fusta editore, 2016, p. 17.

Oltre ad essere inserita in un contesto panoramico e silenzioso, che la rende idonea alla destinazione residenziale, risulta essere abbastanza prossima al centro raggiungibile a piedi in pochi minuti seguendo la via a ritroso e camminando sempre a ridosso della collina oppure in auto attraverso un percorso un po' più lungo ma di ottima fruibilità. Nel piano regolatore inoltre è previsto un collegamento viario con la direttrice principale per Manta che migliorerebbe ulteriormente l'accessibilità, ottenibile prolungando una strada presente sul lato nord del lotto in analisi. Ciò trova conferma nella già realizzata rotonda sulla strada principale per Manta.

Il lotto in esame si trova a valle della via, appena oltre la zona di antica urbanizzazione, caratterizzata da ville con giardino e piccoli condomini. Affaccia sulla via Bodoni con il lato ovest e confina a nord con via Rita Levi Montalcini che conduce a un vecchio insediamento industriale tessile ora sede di un piccolo supermercato ed in larga parte inutilizzato, a sud con una area adibita a parcheggio e a est è delimitato da un canale di derivazione del fiume “Rio Torto”, un tempo a servizio dello stabilimento.

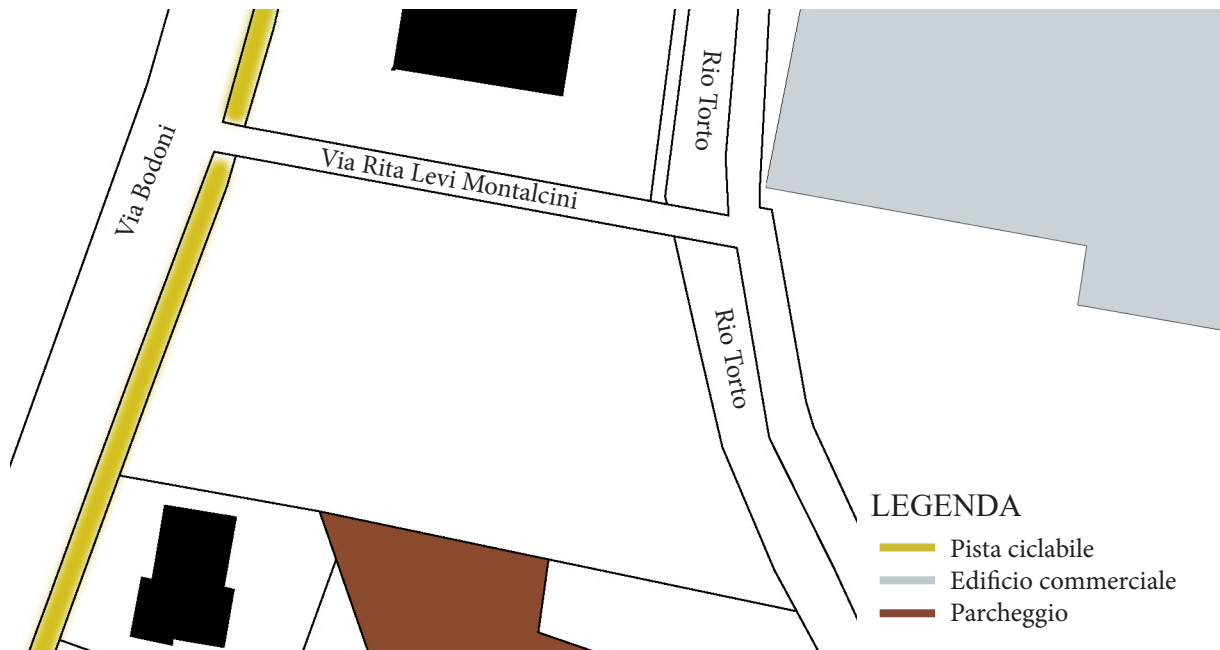


Figura 3.13._ Rappresentazione del lotto in analisi (scala 1:1000).



Figura 3.14._ Via Bodoni e pista ciclabile.



Figura 3.15._ Via Rita Levi Montalcini.



Figura 3.16._ L'edificio commerciale che utilizza l'edificio industriale di via Rita Levi Montalcini.



Figura 3.17._ Il corso d'acqua del Rio Torto.

3.5. Analisi dell'edificato dell'area

Le aree adiacenti e circostanti al lotto oggetto di intervento sono occupate da edifici ad uso residenziale, monofamiliare tipo “villetta” di due piani fuoriterra.

Le coperture sono a falde inclinate con angolo prossimo ai 30° idonee a supportare il rivestimento in coppi in laterizio. Le gronde e i pluviali sono in lamiera di alluminio preverniciato. Gli edifici presentano una finitura prevalentemente a intonaco di diversi colori, la maggior parte di essi di tonalità accesa come ocre, rosso e bianco. In diversi casi alle porzioni intonacate si alternano aree rivestite in lastre di pietra o laterizio a vista. Oltre ai piani in elevazione presentano tutte un piano interrato, accessibile mediante apposita rampa carrabile, che ospita locali quali box auto, cantina o tavernetta. Tutte queste abitazioni presentano un ampio giardino esterno privato circondato da alte siepi sul fronte di affaccio verso via Giambattista Bodoni e verso i lotti adiacenti. A perimetro dei lotti è presente quasi sempre una recinzione in ferro battuto a montanti verticali poggiante su muretto in calcestruzzo e pietra.

L'analisi degli edifici esistenti circostanti ha guidato alcune delle scelte progettuali adottate.

La tipologia unifamiliare a due piani fuori terra più interrato e soprattutto l'ampia dotazione di aree a verde circostante ad ogni edificio, oltre ad essere conseguenza delle prescrizioni dettate dal PRGC, pare essere una tipologia di particolare gradimento del mercato.



Figura 3.18._ Rappresentazione della zona con coni ottici (scala 1:2000).



Figura 3.19._ Edificio foto 1.



Figura 3.20._ Edificio foto 2.



Figura 3.21._ Edificio foto 3.



Figura 3.22._ Edificio foto 4.

3.6. Analisi del Piano Regolatore Generale

Le scelte progettuali hanno tenuto conto delle indicazioni contenute nel PRGC adottato il 28-02-2008 redatto da Paglierini, Castelnovi, Dal Molin, Gambino e Pellisseri.

Si è appurato innanzitutto che l'area risulta priva di vincoli e si configura come un tessuto di nuovo impianto residenziale.

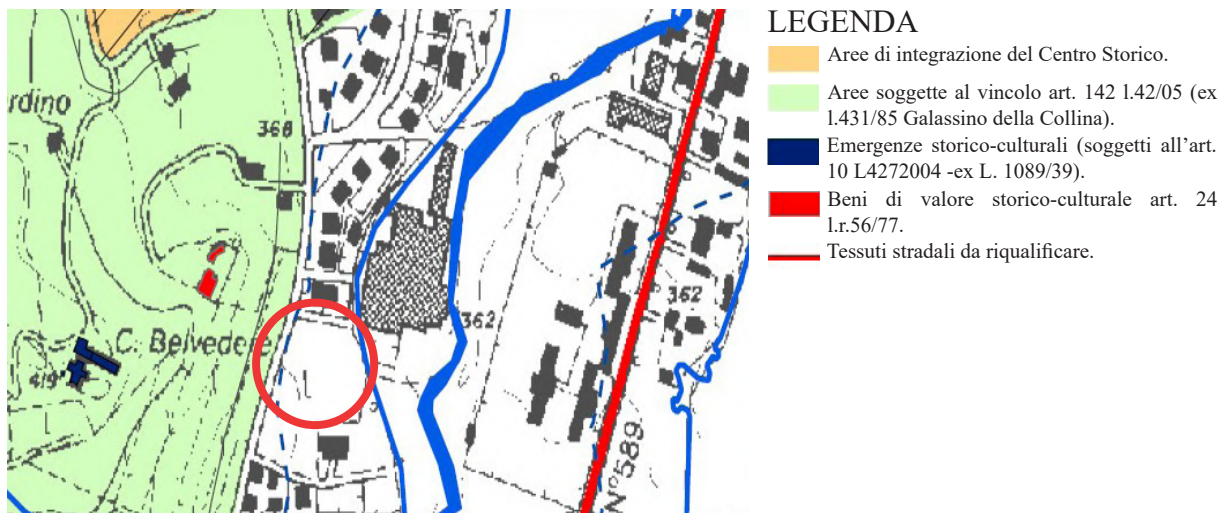


Figura 3.23._ Stralcio di tavola “Piano regolatore generale, progetto definitivo, tav A3.a - Assetto dei vincoli” con indicazione dell'area di progetto.

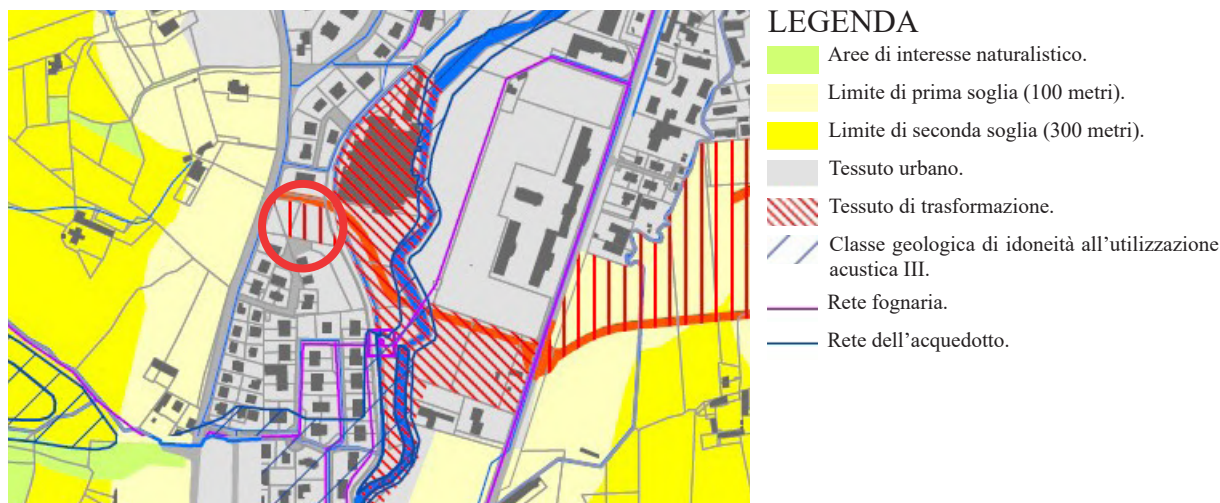


Figura 3.24. _ Stralcio di tavola “Piano regolatore generale, progetto definitivo, tav A11.a - Linee di soglia dei costi differenziali per l’urbanizzazione delle aree di nuovo impianto” con indicazione dell’area di progetto.

È inoltre definito come area prevalentemente residenziale a differente densità, ovvero residenziale di frangia o collinare, organizzato in lottizzazione con tipologie uni-bifamiliari a bassa densità, di uno-due piani con ampi spazi verdi liberi a verde privato dalla tavola A.6 “morfologia del tessuto edificato urbano”.

Queste indicazioni indirizzano verso una realizzazione di un complesso di tre edifici unifamiliari a due piani fuori terra, autorimessa interrata comune, giardini a verde privato, oltre ad una zona ad uso orto e barbecue in condivisione.

Il Piano Regolatore ha inoltre previsto la cessione al Comune di un’area da destinare a verde pubblico (vedi Tav. A16 “usi pubblici, reiterazioni e vincoli aree interessate da infrastrutture, attrezzature e servizi pubblici o di uso pubblico esistenti e quelle che già fanno parte del patrimonio comunale”) posta in prossimità della pista ciclabile realizzata lungo l’asse viario di quella che la Tav. A2a “beni culturali ambientali” definisce come “area attestata su viabilità storica secondaria”.

3.7. Analisi e descrizione del progetto

3.7.1. Vincoli, limiti ed obiettivi

Il lotto in esame (costituito da una superficie complessiva pari a 2846 m²) è posto ai piedi della collina in un'area a destinazione prevalentemente residenziale con ampie aree verdi inedificate, in parte a destinazione agricola, in parte a verde e giardini pubblici/privati. Nelle immediate circostanze è presente un torrente con ampia fascia spondale alberata che funge da quinta di divisione tra la porzione territoriale entro la quale si trova il lotto di intervento, e un'ampia porzione territoriale più a valle entro la quale trova sede un antico opificio ora quasi completamente in disuso.

Questo breve inquadramento introduce alle prescrizioni del PRGC per il lotto in esame, sopra indicate, che sinteticamente prescrivono e prevedono tipologie uni-bifamiliari a bassa densità, di uno-due piani con ampi spazi a verde.

Nell'ambito di questo contesto geomorfologico, paesaggistico e antropico ci si è posti l'obiettivo di progettare un intervento edilizio costituito nel suo complesso da tre edifici unifamiliari, previsti quanto più possibile a basso consumo energetico e cercando soluzioni architettoniche di minimo impatto ambientale.

In particolare uno degli obiettivi che ci si è posti è stato quello di realizzare abitazioni a basso consumo energetico che contenessero il fabbisogno annuo per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria al di sotto dei 10 kWh/m² (certificazione CasaClima ORO).

Il secondo obiettivo che ha guidato la progettazione è stato quello di limitare per quanto più possibile l'impatto ambientale dell'intervento cercando soluzioni che privilegiassero il verde, i materiali ed i cromatismi del luogo e che contenessero l'invasività veicolare sia a livello di accessi sia a livello di stalli di parcheggio in superficie.

Ulteriore obiettivo che ci si è posti è stato quello di realizzare un intervento che, sebbene prevedesse tre unità unifamiliari ed un'area a verde pubblico, riducesse al minimo gli interventi "divisivi" fra le diverse proprietà e destinazioni d'uso previste ma che viceversa le integrasse fra loro in un tutt'uno omogeneo e condiviso.

Quest'ultimo aspetto, oltre a rendere l'intervento edificatorio più inclusivo, deve avere la finalità di ottenere abitazioni più "vivibili", meno costrittive, con aree, spazi e servizi in condivisione per aumentare la qualità dell'abitare.

3.7.2. Il progetto del complesso

Il processo progettuale, nel rispetto dei vincoli e dei limiti geomorfologici e normativi presenti, ha portato alla definizione dell'intervento nel suo complesso così come esso viene presentato. In particolare i tre edifici previsti sono stati posizionati in maniera tale da realizzare una corte interna, mascherata alla vista rispetto le due vie pubbliche di delimitazione del lotto, entro la quale si sono immaginate aree di socializzazione condivise.

L'obiettivo di evitare l'impatto veicolare sul lotto, sia a livello di accessi che di stalli, è stato perseguito prevedendo un'autorimessa interrata comune alle tre unità, con accesso tramite un'unica rampa posta in posizione periferica e di confine al lotto verso valle, direttamente accessibile dalla via pubblica. Questa soluzione, pur garantendo due posti auto per ciascuna unità, ha permesso di evitare la predisposizione di posti auto in superficie.

Il progetto del complesso prevede poi l'area destinata a verde pubblico, in accordo con le prescrizioni di PRGC, lungo le due vie di perimetrazione del lotto. La decisione di prevedere percorsi nel verde in continuità fra le aree pubbliche e quelle private e la limitazione al minimo delle recinzioni di perimetro del privato hanno lo scopo di incrementare la fluidità e il senso di omogeneità dell'intervento.

In particolare i percorsi si sono previsti pavimentati in ghiaia e terra armata per mantenere il più possibile autodrenante il suolo e le perimetrazioni fra le proprietà sono costruite con semplici siepi sempreverdi, eventualmente mascheranti recinzioni leggere prive di muri in edificazione. La disposizione dei tre edifici è finalizzata a realizzare una corte interna agli stessi, che consenta per quanto più possibile una fruizione ed una vivibilità degli spazi esterni in continuità con gli interni degli edifici ma in condizioni di *privacy* rispetto alle pubbliche vie e al tempo stesso garantisca la vista aperta verso il rio presente poco distante con le sue sponde alberate e gradevoli. La presenza del fiume ha rappresentato un vincolo importante perchè la sua presenza ha portato alla necessità di mantenere una fascia di rispetto fluviale di almeno sei metri dalla zona edificata. Inoltre per ragioni estetiche e di rispetto ambientale si è deciso di mantenere la corte alberata a ridosso del corso d'acqua.

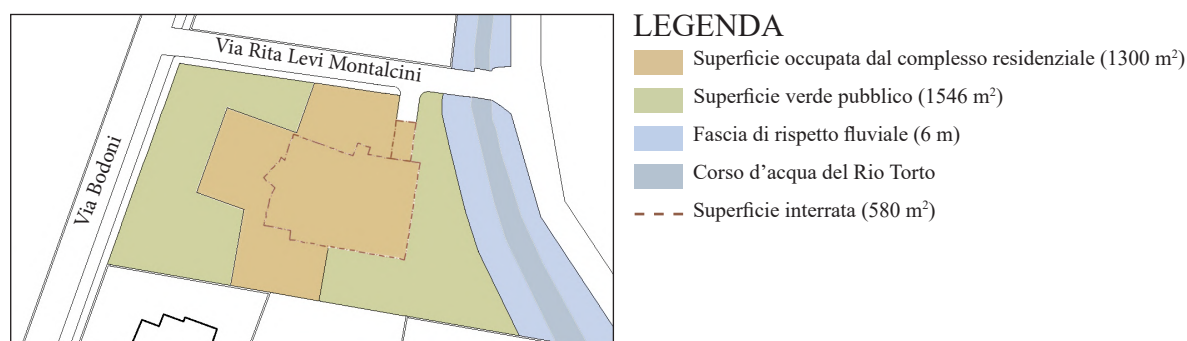


Figura 3.25._ Schema di divisione delle superfici 1.

Per rendere più fruibili i percorsi e per facilitare ancora meglio gli spostamenti tra le due parti del lotto si è deciso di creare un ulteriore percorso pubblico di collegamento tra l'area adibita a parcheggio pubblico e via Rita Levi Montalcini. Tale accesso risulta ulteriormente alberato in modo da garantire una maggiore integrazione tra le architetture inserite e la natura circostante. In tal modo il lotto risulta diviso in tre parti, le due adibite a parco pubblico poste sui lati est e ovest del lotto e la zona centrale di uso esclusivo dei residenti. Sotto quest'area insiste l'autorimessa interrata.

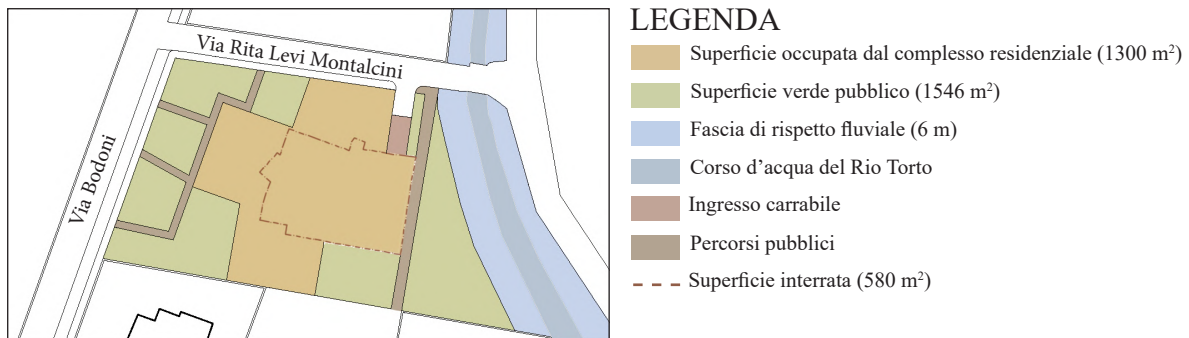


Figura 3.26._ Schema di divisione delle superfici 2.

La posizione dei tre edifici ha permesso di ottenere una corte interna fruibile ma schermata dalle strade adiacenti, ma al tempo stesso permeabile verso il rio. Essa risulta attrezzata con area *barbecue* condiviso, aree gioco e *relax* e orto comune. Ciascuna delle tre abitazioni ha poi, dalla parte opposta alla corte, una propria area esterna di affaccio della zona giorno parzialmente protetta dal terrazzo sovrastante a servizio della zona notte.

Le parti interratae si sviluppano su una superficie di 580 m² e contengono le cantine, le aree di stallo per le biciclette, i posti auto e i locali tecnici per gli impianti fotovoltaici.

Al piano interrato vi sono poi gli accessi diretti ai vani scala di ciascuna abitazione, in modo da consentire un accesso comodo e funzionale.

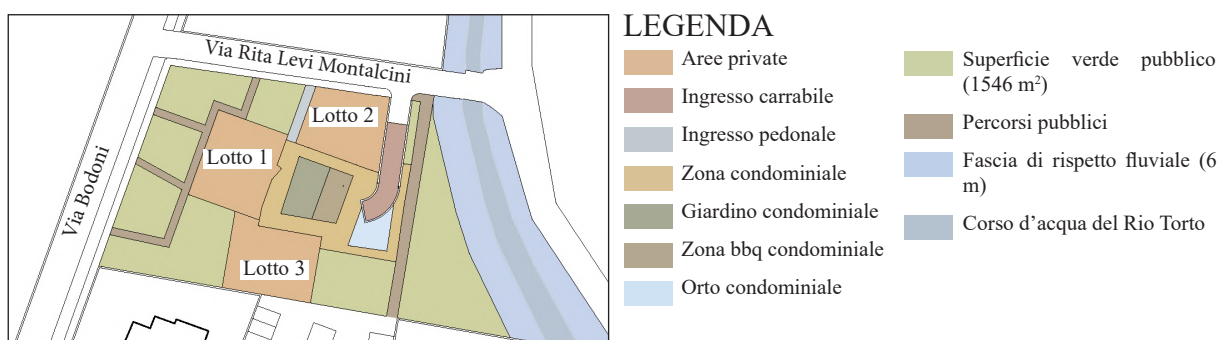


Figura 3.27._ Schema di divisione delle superfici 3.

Gli edifici unifamiliari, che si estendono per una superficie coperta pari a 305 m², sono posizionati nella zona centrale del lotto in modo da ottenere *privacy* rispetto via Giambattista Bodoni posta sul lato est e mantenere distanza dal fiume a ovest. Gli edifici sono stati orientati in modo da ottenere per tutti un affaccio della zona giorno verso la collina posta a ovest e in modo da essere serviti dalla corte interna condominiale a est.

Inoltre si è scelto di orientarli in modo che tutti avessero delle falde orientate verso sud, est o ovest in modo da sfruttare al meglio gli apporti solari per l'impianto fotovoltaico.



Figura 3.28. _ Sezione territoriale longitudinale B-B'.



Figura 3.29. _ Masterplan di progetto.

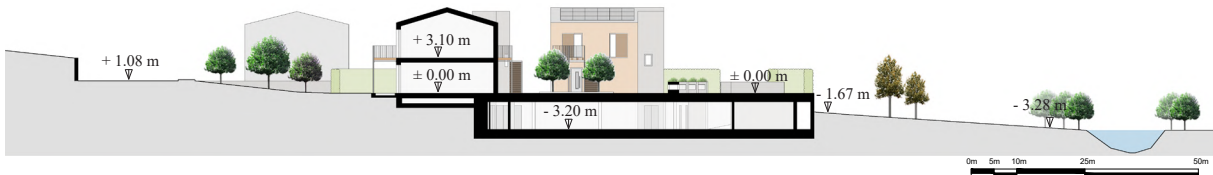


Figura 3.30. _ Sezione territoriale trasversale A-A'.

Il piano interrato è previsto che venga realizzato mediante setti in calcestruzzo armato prefabbricati. Essi presentano uno spessore superiore al 10% dell'altezza e risultano impermeabilizzati lungo la superficie a contatto con il terreno mediante manto impermeabile e membrana bugnata in polietilene estruso ad alta densità. Tale strato offre un ruolo di barriera contro l'umidità e assicura il convogliamento di grandi quantità d'acqua. Il drenaggio viene poi completato mediante apposite canaline che convogliano nel corso d'acqua limtrofo all'area di intervento. La porzione centrale è costituita da elementi portanti puntuali quali pilastri, che permettono di creare minor ingombro per la circolazione delle automobili all'interno del parcheggio. L'intera struttura poggia al di sopra di una platea di fondazione su cui è gettato il calcestruzzo di livellamento.

Le strutture di divisione delle cantine sono realizzate mediante semplici laterizi divisorii.

La copertura della porzione interrata costituisce il solaio per la zona di appannaggio residen-

ziale sovrastante. Tale porzione presenta la pavimentazione tipica dei tetti giardino con strato drenante, strato filtrante e substrato terroso.

In corrispondenza dei muri controterra non si è prevista la realizzazione di intercapedini, essenzialmente per il contenimento dei costi di realizzazione. Tuttavia, l'impermeabilizzazione delle superfici controterra, la realizzazione di idonei drenaggi e la previsione di una aerazione permanente e naturale del locale interrato, realizzata mediante aperture a soffitto e verso la rampa di accesso, di superficie libera maggiore del venticinquesimo della superficie coperta dà garanzia di protezione dall'umidità

I tre edifici sovrastanti risultano tutti edificati esternamente al comparto interrato su idonee platee vincolate alle murature di perimetro dell'interrato, risultano collegati verticalmente con il piano interrato soltanto tramite i rispettivi vani scala.

La struttura del piano interrato non cambia per tutte e tre le soluzioni costruttive dell'edificio sovrastante sia che esso sia realizzato in calcestruzzo che in legno.

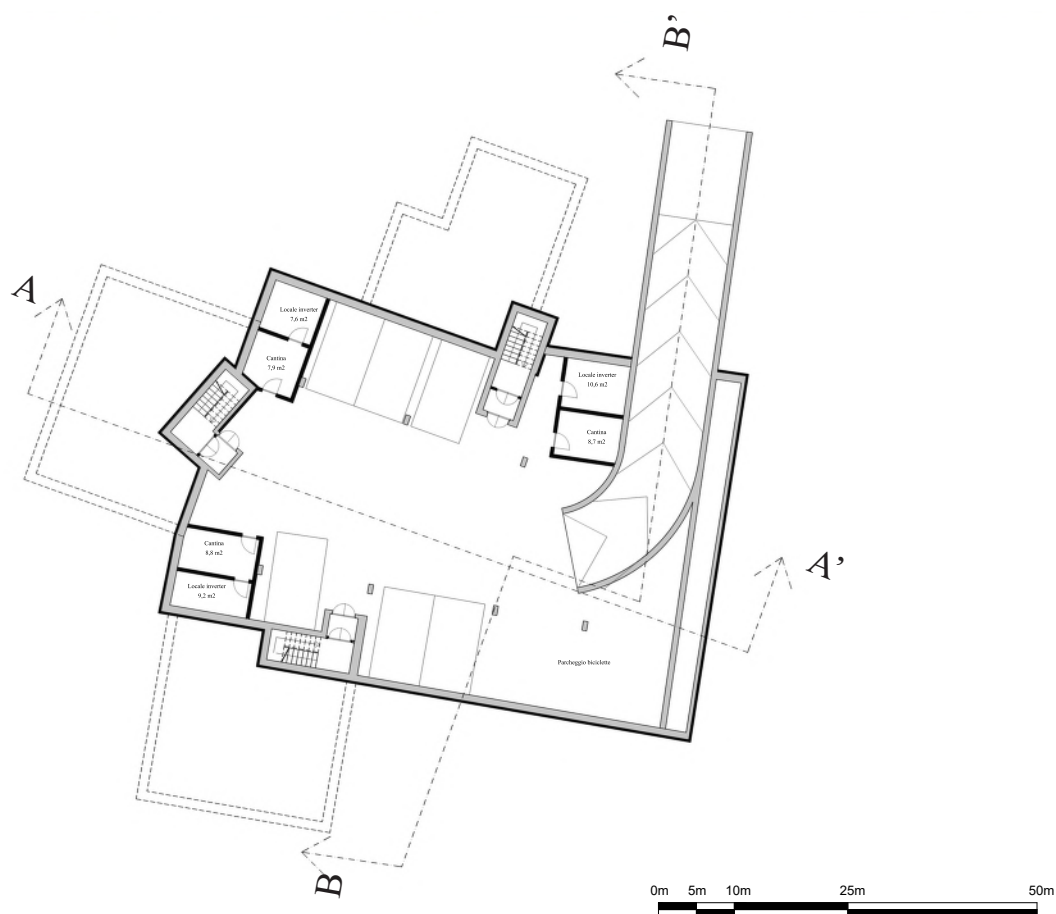


Figura 3.31._ Pianta parcheggio interrato.

3.8. Suggestioni progettuali per il progetto del complesso

La volontà di realizzare un complesso residenziale dove vi è un’alternanza di zone ad ambito privato e zone comuni ad ambito condominiale, ha portato all’analisi di progetti di “co-housing” in modo da capire quali possano essere gli spazi che possono essere di uso comune tra i residenti.

Si è visto che il termine “co-housing” è descritto sotto molteplici definizioni, tutte aventi però delle caratteristiche in comune.

Il primo fra questi è senz’altro il concetto di abitare condiviso ovvero l’alternanza di spazi ad uso privato (per garantire la privacy a ciascun residente) e spazi ad uso collettivo.

Ciò permette *in primis* di garantire omogeneità tra i residenti che partecipano attivamente alla gestione degli spazi comuni in modo da favorire la socializzazione. Tra gli spazi condivisi vi sono ad esempio gli spazi verdi, la cucina, la lavanderia, l’orto, la palestra, i parcheggi per biciclette o automobili. In alcuni casi questi spazi vengono condivisi anche da residenti esterni in modo da aumentare il grado di socializzazione.

Le dimensioni dei complessi di *housing* in condivisione sono variabili da piccoli complessi di abitazioni unifamiliari fino a edifici residenziali multipiano costituiti da decine di appartamenti. La creazione di spazi comuni varia a seconda del numero di residenti. Generalmente il modello non è consigliato quando ci si ritrova con un basso numero di residenti perchè si possono presentare difficoltà in fase di gestione degli spazi. Allo stesso tempo però se i residenti sono in numero elevato si rischiano di perdere i concetti di socializzazione e coesione.

Questi complessi, nella maggior parte dei casi, si vuole siano il più possibile “autarchici”. Ciò ha portato ad una sempre maggiore adozione delle tecniche dell’architettura bioclimatica, quindi ad un maggiore sfruttamento delle risorse rinnovabili e delle tecnologie di controllo passivo. Si sono in seguito riportati i progetti che hanno influenzato la scelta progettuale.

3.8.1. Australia Murundaka

Progettista

Daryl Pelcken Architect

Luogo

Heidelberg Heights

Numero di residenti

Trentotto residenti

Anno

2011



Figura 3.32. _ Immagine del complesso.
Fonte: Murundaka Cohousing Community < <https://www.murundakacohousing.org.au/> > (ultimo accesso 16.02.2023).

Descrizione

Si tratta di un complesso di edilizia residenziale posto a Heidelberg, a 15 km da Melbourne. Presenta una struttura in calcestruzzo e acciaio, con finiture in fibrocemento e schermature in legno e metallo. L'involucro trasparente è caratterizzato da aperture con infissi metallici con sistema di schermatura interno.

È caratterizzato da diciotto alloggi di metratura compresa tra i 46 e i 94 m². Coloro che alloggiavano al piano terra hanno un cortile privato interno.

Presenta tecnologie di controllo passivo volte alla sostenibilità ambientale come la cisterna per il recupero delle acque meteoriche e l'impianto fotovoltaico. Sono numerose le aree comuni quali la cucina con sala da pranzo, la falegnameria e l'alloggio per gli ospiti.

All'esterno vi sono zone comuni come giardino, orto e zona per il *barbecue*.

Il tutto è servito da parcheggio per automobili e biciclette.

I residenti devono provvedere alla manutenzione degli spazi ad uso condominiale e almeno una volta alla settimana devono partecipare ad una cena tra residenti.

Ispirazioni progettuali

Il progetto trae ispirazione dal caso esaminato per quanto riguarda l'organizzazione degli spazi comuni. Riprende il cortile interno con giardino di appannaggio condominiale, dotato anche di orto e zona *barbecue*. Altri spazi comunitari risultano il parcheggio per automobili e la rastrelliera per le biciclette.

Si è deciso di non adottare la cucina con sala da pranzo comune perchè il progetto prevede di ospitare solo tre famiglie in unità abitative scollegate. Inoltre per ragioni di spazi non è prevista la realizzazione dell'alloggio per ospiti.

Altro elemento ripreso sono le strategie di controllo passivo volte a rendere il complesso il più possibile "autarchico" e a basso impatto ambientale come l'impianto fotovoltaico e la cisterna di raccolta delle acque piovane.

3.8.2. Canada Roberts Creek

Progettista

Mobius Architecture Inc.

Tery Mullock Architect

Luogo

Roberts Creek

Numero di residenti

Un centinaio

Anno

2004



Figura 3.33. _ Immagine del complesso.
Fonte: Jacopo Gresleri, Cohosing, esperienze internazionali di abitare condiviso, Plug_in, 2015, p.67.

Descrizione

Si tratta di un complesso di edilizia residenziale posto a Roberts Creek, una cittadina a 30 Km da Vancouver.

Risulta costruito con unità indipendenti su un terreno da otto ettari, con edifici a strutture con finiture in legno e coperture rivestite in tegole canadesi. Gli edifici hanno tutti veranda esterna e giardino. Essi sono distribuiti lungo una strada che si addentra nel bosco circostante.

Presenta numerose aree verdi collettive, orto e “casa comune” dotata di lavanderia, alloggio per ospiti e aree ludico-didattiche per bambini.

All'esterno vi sono zone comuni come giardino, orto e zona per il *barbecue*.

All'esterno dell'area vi è il parcheggio comune per auto.

I residenti devono provvedere alla preparazione della cena comune almeno una volta a settimana.

Ispirazioni progettuali

Il caso esaminato è di ispirazione per il progetto in quanto riprende il tipo di complesso edilizio formato da più unità abitative unifamiliari indipendenti tipo “villette” dotate di giardino esterno privato. Inoltre si prevede l'utilizzo del legno come materiale di finitura esterna per creare una maggiore interazione con la natura circostante.

Sono ripresi gli spazi ad uso condominiale come giardino, orto e zona *barbecue*. Oltre all'area adibita a parcheggio per auto.

Solamente l'edificio adibito a “casa comune” non viene ripreso in quanto la presenza di sole tre famiglie rende “inutile” la creazione di aree comuni come lavanderia e sala da pranzo che verrebbero poco utilizzate, al contrario della zona *barbecue* condivisa che può essere sfruttata nella bella stagione dai residenti e da ospiti esterni.

3.8.3. Norvegia Havstein

Progettista

Ragnar Enghs arkitektkontor

Luogo

Trondheim

Numero di residenti

Dodici persone

Anno

1986

Descrizione

Il progetto risulta come un edificio in pianta a “ferro di cavallo” dove le due porzioni all'estremità sono due alloggi indipendenti. La zona centrale risulta come il luogo di vita comunitaria



Figura 3.34. _ Immagine del complesso.
Fonte: Idem, p.131.

dotato di cucina, lavanderia, sauna e zona comune di circa 200 m².

Esso è costituito da una struttura portante in muratura. All'interno si utilizzano materiali di finitura quali legno e intonaco, all'esterno è rivestito in lamiera metallica. Vi è un'alternanza di infissi in legno e pietra.

I residenti, essendo in pochi, partecipano poco alla vita comunitaria. Qualche volta viene svolta una cena settimanale. Tuttavia la presenza degli spazi comuni rafforza i legami tra i residenti.

Ispirazioni progettuali

Il progetto analizzato risulterà un'ispirazione progettuale in quanto dimostra come il concetto di "cohousing" possa essere applicato anche ad esempi riguardanti pochi nuclei familiari. Infatti una delle criticità di questo tipo di progetti è che la presenza di poche famiglie rischi di far sì che vengano poco utilizzati gli spazi ad uso collettivo.

Tuttavia il progetto non prevede una zona comunitaria coperta in quanto si tratta di un complesso indipendente e non di edifici uniti. L'unico pasto comunitario che può essere svolto dai residenti si ha nella zona *barbecue* condivisa che può accogliere anche ospiti esterni.

3.8.4. Co-Housing "Il Mucchio"

Progettista

Ristrutturazione dei residenti

Luogo

Monte San Pietro, Bologna.

Numero di residenti

Quattordici persone

Anno

1985



Figura 3.35. _ Immagine del complesso.
Fonte: Cohousing Il Mucchio < <http://www.cohousingilmucchio.it/> > (ultimo accesso 10.02.2023).

Descrizione

L'edificio in questione è oggetto di un'iniziativa di otto amici che nel 1985 hanno deciso, investendo assieme, di ricostruire un vecchio podere delle colline bolognesi, svolgendo loro stessi le mansioni di muratori, e il terreno circostante. Successivamente ciascuna coppia divenne una famiglia e ora sono diventati una forma di "Co-Housing" a tutti gli effetti. Ciascuna famiglia possiede un piccolo appartamento ma vi sono numerosi spazi ad uso comune come cucina, lavanderia e cantina.

Vi sono poi numerosi spazi esterni come orto, giardino con frutteto e ricovero degli animali di cui si prendono cura insieme.

Insieme i residenti si occupano di numerose mansioni che vanno dalla coltivazione, al pascolo fino alla commercializzazione dei loro prodotti.

Inoltre si occupano anche di attività di falegnameria e restauro di mobili antichi.

Ispirazioni progettuali

Anche questo caso è stato un'ispirazione progettuale in quanto nucleo abitato da poche famiglie e inoltre ha funto da ispirazione per la scelta degli spazi ad uso condomiale come giardino e orto.

Tuttavia il progetto prevede la creazione di unità abitative scollegate per mantenere ancora degli spazi ad uso privato volti a garantire la *privacy* dei residenti.

Inoltre a differenza del caso esaminato, dove i famigliari svolgono lavori artigianali, il progetto prevede l'area orto come un'attività secondaria perchè ciascun residente è previsto svolga una propria vita lavorativa indipendente.

3.9. Il progetto dell'edificio costituente il caso studio

3.9.1. L'utenza e gli spazi interni

L'edificio monofamiliare costituente il caso studio (appartenente al lotto 1), ricompreso nell'ambito del più ampio intervento sopra illustrato, è pensato per ospitare una famiglia composta da cinque persone. L'obiettivo è realizzare degli ambienti fluidi dove gli spazi interni siano in stretta connessione con quelli esterni, una zona giorno versatile e di carattere conviviale, che asseconi quel "way of life" ricercato da chi sceglie di vivere in ambito urbano ma non vuole rinunciare al contatto con la natura e all'ospitalità.

La tipologia di ipotetici fruitori dell'edificio in oggetto si è immaginata infatti come una famiglia giovane con tre figli, amanti della natura, attenti, sensibili e preparati riguardo le tematiche ambientali e disposti ad un investimento in certa misura più cospicuo rispetto a soluzioni abitative più costrittive in edifici plurifamiliari tipo condominio. Questo maggiore investimento iniziale deve però garantire una gestione dell'immobile economica sia dal punto di vista energetico che manutentivo.

È questa la vera sfida dell'architettura eco-compatibile.

Il presente studio, infatti non si limita alla progettazione degli spazi e dell'edificio, ma ha la finalità di valutare i costi durante l'intero ciclo di vita del progetto per dimostrare che una soluzione che può inizialmente presentare costi più alti, deve generare risparmi che coprano i costi dell'investimento iniziale.

L'edificio, realizzato a due piani in elevazione sovrastanti l'interrato comune a tutto il complesso, presenta una superficie utile netta di circa 160 m². Il piano terra ospita la zona giorno con cucina e ampio soggiorno, quello superiore le camere da letto e locali di svago.

3.9.2. L'involucro esterno: soluzioni strutturali, materiali e cromatismi

Il progetto ha avuto tra gli obiettivi principali la massimizzazione delle prestazioni bioclimatiche dell'edificio e conseguentemente la minimizzazione del suo impatto ambientale inteso non solo dal punto di vista energetico bensì anche come impatto estetico e visivo.

Quest'ultimo aspetto ha guidato nella scelta dei materiali di finitura dell'edificio, cercando per quanto possibile di scegliere materiali cromaticamente poco impattanti e il più possibile propri del luogo. Queste sono le ragioni che hanno portato a privilegiare un abbondante utilizzo del legno come materiale di rivestimento e degli elementi frangisole. Il solo corpo scala, che risulta come volume aggettante rispetto i piani prospettici e con superfici disallineate rispetto la linearità dei prospetti principali, si è previsto con finitura ad intonaco frattazzato a calce tradizionale in linea ed in continuità con la tipologia di finitura più tipica del luogo.



Figura 3.36._Prospetto est.



Figura 3.37._Prospetto nord.



Figura 3.38. _Prospetto sud.



Figura 3.39. _Prospetto ovest.

I due balconi presenti al primo piano prevedono una struttura portante principale in acciaio e pavimentazione in legno. L'utilizzo di una struttura in acciaio, molto semplice e lineare nel disegno, composta da profili commerciali verticali e orizzontali, ha consentito anche di eliminare a monte eventuali problemi di ponti termici orizzontali in corrispondenza delle aderenze con la struttura dell'edificio. Ringhiere a disegno semplice con bacchette anch'esse in acciaio ad orientamento verticale conferiscono leggerezza ai prospetti.

Questi parapetti sono posizionati sia sui balconi posti sui prospetti est e ovest, sia su tutte le porte finestre del piano primo.

La struttura dei parapetti risulta prefabbricata in modo che arrivino in cantiere solo per essere ancorati.

Nel caso dei balconi essi risultano ancorati ai profili verticali dell'edificio tramite imbullonaggio di una piastra già fissata alla struttura del parapetto mediante saldatura.

La struttura a cui la balconata si aggancia prevede dei profili verticali sezione a "T" ancorati al cordolo in calcestruzzo che, al piano interrato, funge da elemento di separazione tra la pavimentazione esterna e il giardino esterno.

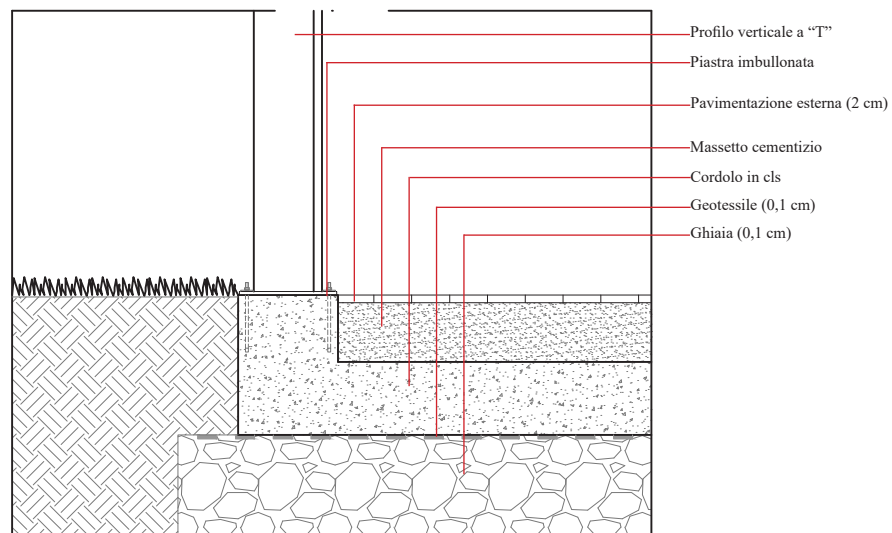


Figura 3.40. _Dettaglio attacco a terra del supporto del balcone (scala 1:20).

Ai supporti verticali dell'edificio si aggancia l'orditura di tarvi costituita da un profilo a "C" in acciaio che supporta le travi in legno le quali sostengono la pavimentazione del balcone in doghe di legno.

Sul lato opposto vi è una struttura analoga dove i profili verticali sono giuntati alla struttura portante dell'edificio che nella prima soluzione sarà in calcestruzzo, nella seconda in Xlam, nella terza a telaio in legno.

I profili orizzontali a "C" risultano poi uniti tra loro tramite controventi orizzontali a "X", essi oltre ad irrigidire la struttura, forniscono resistenza alla sollecitazione di azioni orizzontali.

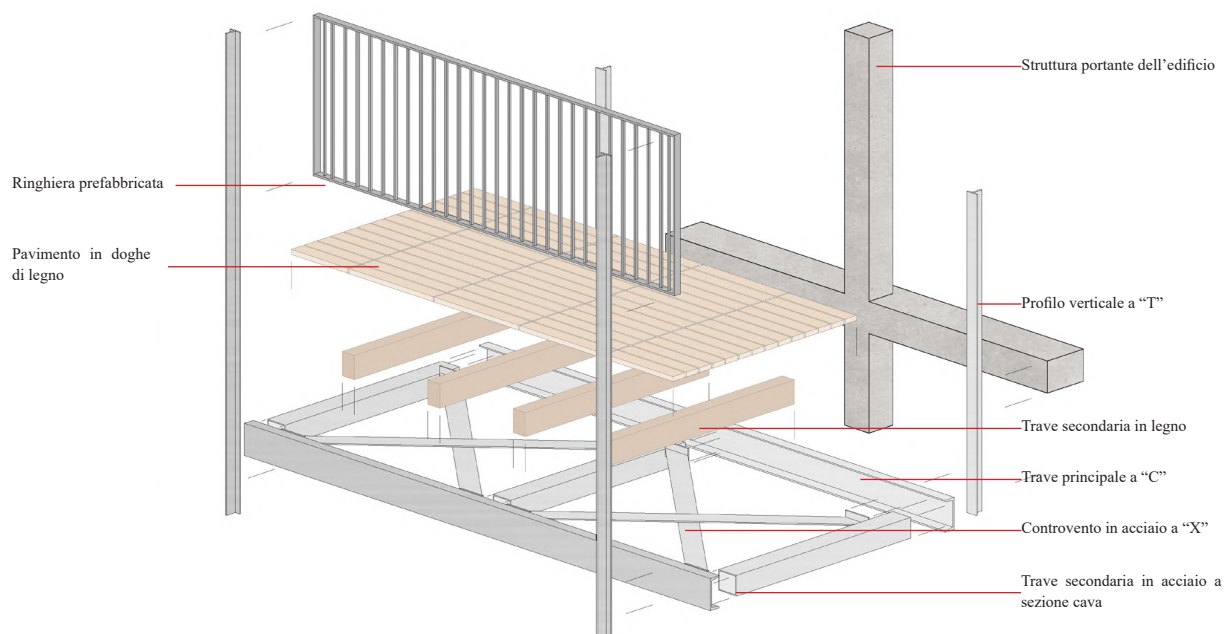


Figura 3.41. _Esploso assometrico della struttura dei balconi.

La giunzione tra le travi principali in acciaio e le travi secondarie lignee avviene tramite piastra imbullonata a “L”.

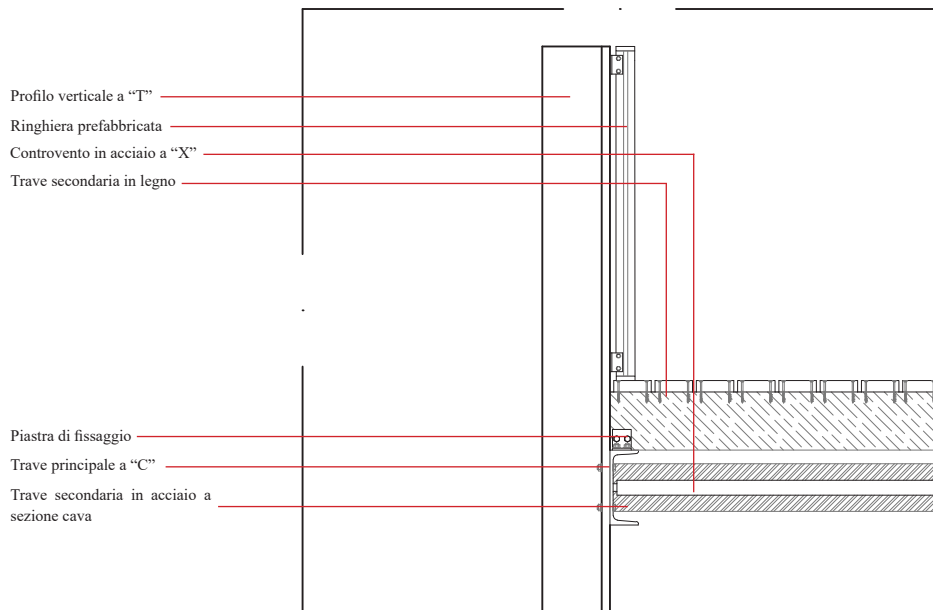


Figura 3.42._Dettaglio aggancio balcone (scala 1:20).

Le porte finestre presenti al primo piano presentano dei parapetti analoghi a barre verticali in acciaio. Essi sono prefabbricati e giuntati successivamente in cantiere tramite piastre di fissaggio ad “L”. Quest’ultime risultano giuntate al parapetto tramite saldatura e imbullonate alla muratura del foro architettonico delle aperture.

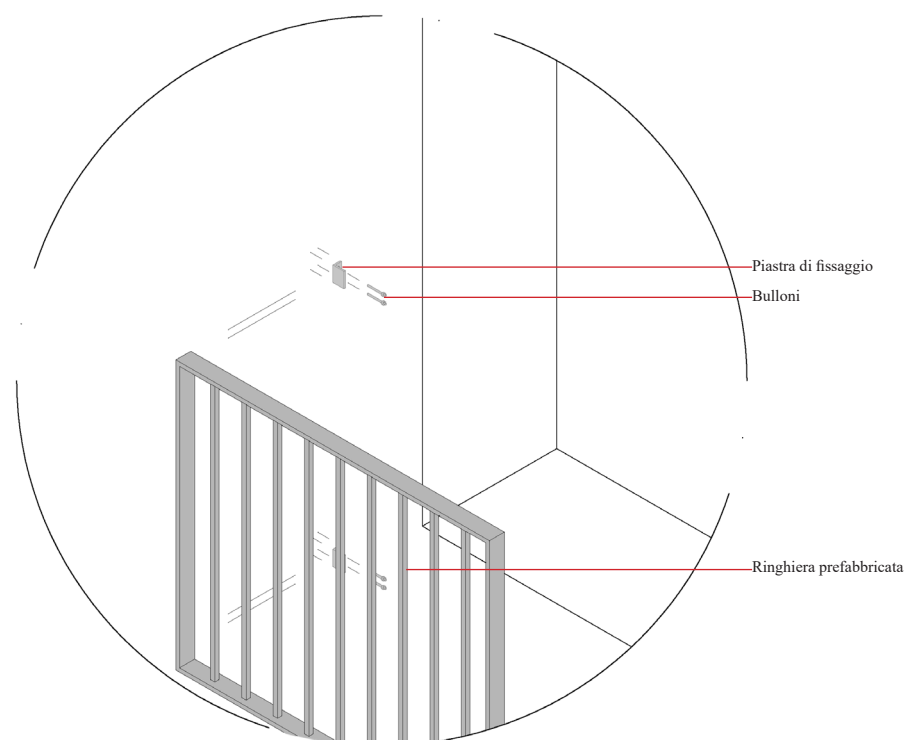


Figura 3.43._Esploso assometrico dell’aggancio delle ringhiere delle porte finestre.

Tutti gli elementi in acciaio presenti a progetto prevedono una coloritura grigio ferro naturale pertanto con la stessa finitura cromatica prevista per il manto di copertura anch'esso in lamiera d'acciaio zincata e preverniciata.

Anche i serramenti, nonostante siano realizzati in legno per ottenere un maggiore isolamento termico, presentano un rivestimento esterno di tale colorazione in modo da creare una maggiore contrapposizione con il rivestimento di facciata.

Per il manto di copertura, il materiale previsto nella coloritura indicata pareva essere la soluzione che maggiormente si raccordava con i cromatismi dei pannelli fotovoltaici su di essa installati, ottenendo così una mitigazione visiva della loro presenza.

La ricerca dell'utilizzo dei materiali locali ha dettato la scelta di utilizzare pavimentazioni in pietra di Luserna frammezzate da inserti in legno per tutte le aree esterne prossime all'edificio e per la parte sottostante il terrazzo costituente la zona di maggiore vivibilità esterna.

3.9.3. Le strategie di controllo passivo e le scelte impiantistiche

La distribuzione delle aperture verso l'esterno ha seguito la logica di privilegiare i fronti esposti a maggior apporto solare (sud ed ovest) riducendo al minimo indispensabile il numero e la dimensione di aperture sul fronte nord. Per limitare al minimo l'apporto di calore estivo attraverso le aperture, che rappresenta l'opposto al vantaggio nelle stagioni fredde, si sono previsti frangisole scorrevoli esterni in legno per tutte le finestre e porte finestre. Per la realizzazione di tali infissi si sono utilizzati serramenti con vetri basso emissivi, tripla lastra a doppia camera, telaio in legno rivestito all'esterno in alluminio.

Solo le due piccole aperture sul fronte est, aperte in corrispondenza del vano scale e del locale ufficio, non prevedono tali elementi.

La tipologia utilizzata per i frangisole, in legno, ad elementi orizzontali e scorrevoli, costituisce un elemento che rimanda alle strutture che anticamente venivano utilizzate dai contadini della zona come supporto ai prodotti agricoli in essiccazione naturale.

Anche la geometria e l'orientamento delle falde di copertura è stata suggerita dai dettami dell'architettura bioclimatica. In particolare si è prevista una copertura a due falde, est-ovest. Questo orientamento ha consentito il posizionamento di pannelli solari fotovoltaici su entrambe le falde. La pendenza di falda prevista, prossima ai 30 gradi, rende inoltre l'impianto fotovoltaico di massima resa ed efficienza in relazione all'angolo di incidenza dei raggi solari per la latitudine del luogo.

Per quanto riguarda la dotazione impiantistica di termoregolazione e di produzione di acqua calda sanitaria si è optato per l'utilizzo di un impianto alimentato ad energia elettrica con parziale apporto in autoproduzione tramite i pannelli solari fotovoltaici in copertura.

In particolare è previsto un impianto di riscaldamento invernale e refrigerazione estiva del tipo a pannelli radianti a pavimento multi zona alimentati ad acqua con unità di produzione centralizzata del tipo a pompa di calore.

Inoltre per garantire la salubrità degli ambienti interni si è previsto un impianto di ventilazione meccanica costituito da elementi cilindrici puntuali a muro provvisti di apposito recuperatore di calore. All'interno di essi l'aria viene scambiata grazie ad uno scambiatore in rame che dona all'aria ioni negativi che permettono la sua purificazione. Esso immette l'aria pura proveniente dall'esterno e contemporaneamente elimina l'aria viziata tramite apposite canaline. Il recuperatore di calore serve a "mantenere" all'interno il calore presente nell'aria che viene espulsa. Questo sistema garantisce la regolazione dell'umidità e della CO₂ negli ambienti interni.

A servizio del complesso è inoltre previsto un sistema di raccolta delle acque piovane funzionale all'irrigazione degli spazi verdi esterni, all'alimentazione delle vaschette dei WC e per la lavanderia.

La vicinanza dell'immobile al corso d'acqua del Rio Torto, inoltre, permette anche il suo utilizzo come ricettore delle acque meteoriche raccolte in eccesso.

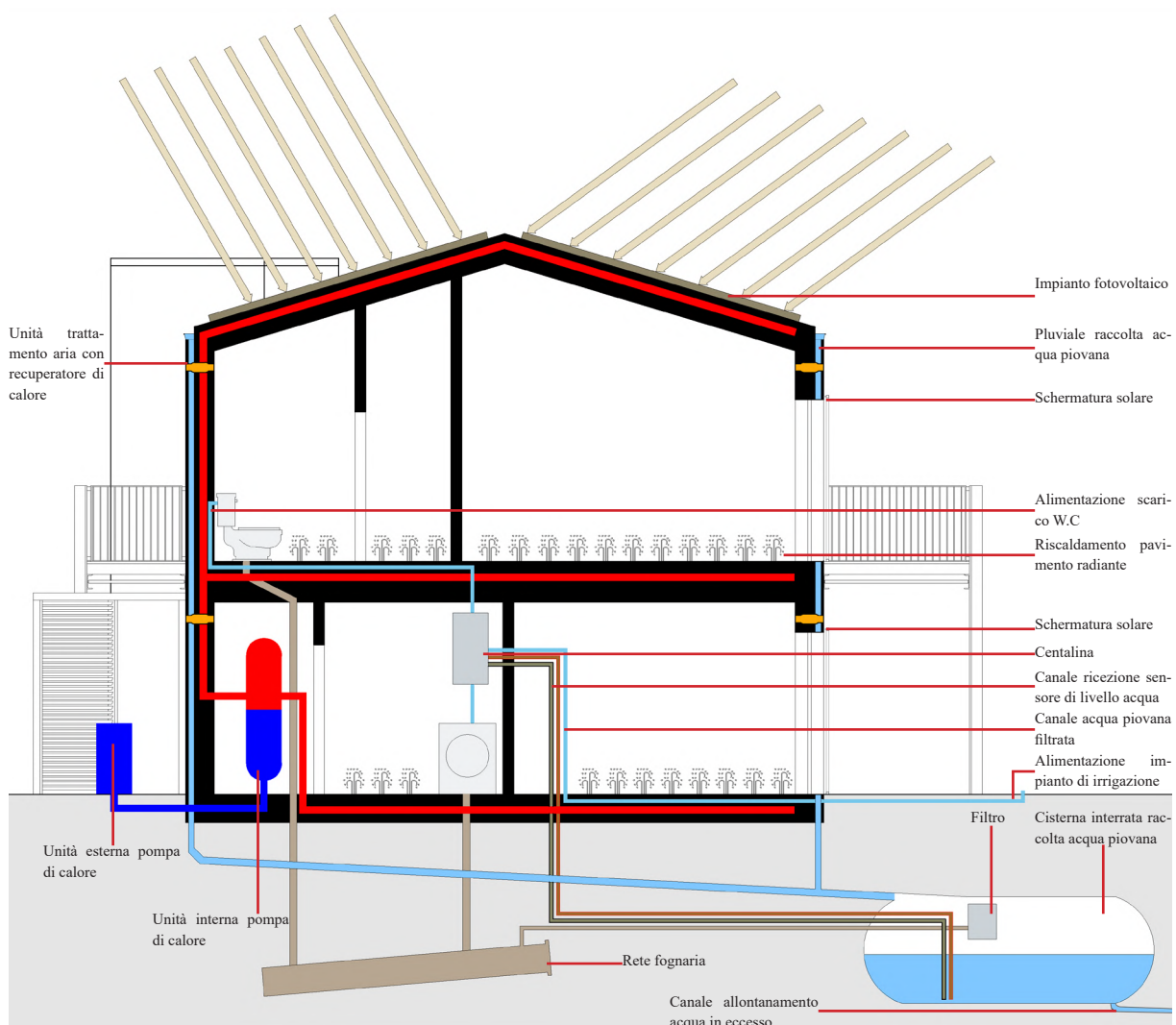


Figura 3.44. _Rappresentazione delle scelte impiantistiche.

3.10. Suggestioni progettuali per il progetto dell'edificio caso studio

La volontà di realizzare un edificio a basso impatto ambientale non può prescindere da una ricerca di edifici che possano essere spunto per la realizzazione del progetto.

3.10.1. Casa a Stoccarda

Architetto

Schlude + Ströle.

Luogo

Stoccarda, Germania.

Tipologia di progetto

Residenziale.

Anno

1997.



Figura 3.45. _ Immagine dell'edificio.

Fonte: Gauzin-Müller, Dominique, *Architettura sostenibile, 29 esempi di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale*, Milano, Edizioni Ambiente, 2009, p. 134.

Descrizione

L'edificio in questione, a destinazione d'uso residenziale è posto nella zona sud di Stoccarda. Esso è posizionato parallelamente alla strada ma possiede un giardino esterno che lo circonda. Presenta una pianta rettangolare con le falde inclinate a 45° verso est e ovest. La struttura è mista in acciaio e legno, nella porzione esterna presenta una finitura in doghe di legno e schermature scorrevoli del medesimo materiale. Presenta sul prospetto ovest una balconata con struttura in acciaio zincato.

Risulta un edificio a basso consumo energetico, con strategie di controllo passivo come forma compatta, impianto a caldaia ermetica, ottimo isolamento delle pareti e cisterna di raccolta dell'acqua piovana. Oltre ad un orientamento volto a favorire la ventilazione naturale.

Ispirazioni progettuali

Il progetto prende ispirazione da tale edificio per la forma compatta a pianta rettangolare, con tetto a falde inclinate senza passafuori. Inoltre riprende la scelta del legno come materiale di finitura nonché l'applicazione di schermature scorrevoli. Altro elemento che è stato ripreso è la balconata con struttura in acciaio. Tuttavia essa è stata modificata per la necessità di creare una pavimentazione sovrastante in legno.

Infine un ultimo elemento che è stato ripreso è la cisterna di raccolta dell'acqua piovana per l'irrigazione del giardino.

3.10.2. Edificio plurifamiliare Geiser Lana

Architetto

Manuel Benedikter.

Luogo

Lana, Alto Adige.

Tipologia di progetto

Residenziale plurifamiliare.

Anno

2006.



Figura 3.46. _ Immagine dell'edificio.

Fonte: Lantschner, Norbert, *CasaClima, il piacere di abitare*, Bolzano, Athesia, 2008., p. 163.

Descrizione

Si tratta di uno dei progetti che riprende al meglio le caratteristiche di casa a basso consumo. L'obiettivo era creare un ambiente molto luminoso verso il giardino esterno collocato verso il fronte sud. L'intero edificio è costituito da due corpi che risultano sfalsati in pianta. La forma è scatolare, compatta, con coperture inclinate senza passafuori e non presenta pensiline e balconi. Le finestre sono state ridotte al minimo sul prospetto nord, mentre per favorire l'illuminazione naturale sono presenti in maggior quantità sui prospetti sud ed est. I cromatismi sono stati scelti in modo da creare un dialogo con la chiesa del paese prossima al sito di costruzione. L'involucro trasparente è costituito da infissi con telaio in legno rivestito in alluminio. L'impianto è costituito da una caldaia a "pellets" e boiler a cui è possibile collegare un impianto fotovoltaico.

Ispirazioni progettuali

Il progetto descritto è stato di ispirazione per la realizzazione dell'edificio in quanto viene ripresa la forma scatolare, con copertura inclinata senza passafuori. Inoltre vi è una ripresa delle aperture a porta-finestra, dotate di parapetto in acciaio, realizzate tramite infissi con telaio in legno e rivestimento metallico.

LE TRE SOLUZIONI COSTRUTTIVE

04

04. LE TRE SOLUZIONI COSTRUTTIVE

La progettazione di un organismo architettonico secondo tre soluzioni di involucro edilizio a parità di finiture estetiche fa sì che vi siano alcune differenze sia a livello costruttivo che di distribuzione interna. Nei paragrafi successivi sono descritte e rappresentate nel dettaglio le tre soluzioni e le ripercussioni sulla distribuzione degli spazi interni dovute alla loro applicazione.

4.1. Prima soluzione costruttiva: soluzione tradizionale

4.1.1. *La struttura puntuale in calcestruzzo e la divisione degli spazi interni*

La prima soluzione costruttiva utilizza il sistema tradizionale ad umido in calcestruzzo e laterizio. L'isolamento in questa soluzione è costituito da materiali polimerici sintetici quali EPS e XPS.

La struttura in elevazione è realizzata mediante calcestruzzo gettato in opera. Gli elementi verticali risultano pilastri. Il vano scala invece è realizzato con setti in cls che supportano anche i gradini, realizzati con lo stesso materiale. I solai sono costituiti da travi, anch'esse in calcestruzzo armato e pignatte in laterizio intervallate da travetti gettati in opera. La planarità è ottenuta mediante un getto in calcestruzzo gettato successivamente.

Le pareti divisorie interne risultano costituite da laterizi divisorii intonacati su entrambe le facce.

Una soluzione di questo tipo fa sì che vi sia molta libertà nella distribuzione interna con ingombri puntuali. Maggiore ingombro è dato dai muri esterni che, seguendo le regole dettate dall'agenzia CasaClima risultano di spessore importante, maggiore di 50 cm.

L'edificio ottenuto, di due piani fuoriterra, presenta una superficie utile netta totale pari a circa 160 m².

Al piano terreno si è prevista la zona giorno, realizzata come già detto, in continuità con gli spazi esterni, al piano primo mansardato è presente la zona notte.

Scendendo più in dettaglio, al piano terreno è presente l'accesso sul fronte est, posto a lato del vano scala di distribuzione verticale dell'edificio. L'accesso principale si apre su un atrio di ingresso che funge da locale distributivo per tutti i locali del piano terreno e di accesso altresì al vano scala. In particolare sul fronte opposto all'ingresso, pertanto con affaccio ad ovest, verso la collina, si trova sulla destra (nel verso dell'ingresso) la cucina di dimensioni pari a circa 20 m² e pertanto idonea a fungere anche da sala da pranzo. Dalla cucina si accede in via esclusiva ad un piccolo locale destinato a dispensa. Affacciato sempre sul fronte ovest, a lato della cucina, è presente il locale salotto/soggiorno di dimensioni pari a circa 26 m². Sia la cucina che la sala pertanto affacciano all'esterno e presentano aperture tipo porte finestre che da un lato favoriscono l'ingresso della luce naturale e d'altro lato consentono un agevole accesso all'esterno nell'area sottostante il terrazzo a servizio del piano primo che rappresenta un'area esterna protetta e vivibile.

A lato della porta di ingresso principale è collocato un locale studio, attestato sui fronti sud ed est e con aperture su entrambi, di dimensioni pari a circa 14 m². Sul lato opposto, pertanto attestato sul fronte nord dell'edificio, è presente il servizio igienico di ampie dimensioni con annessa zona lavanderia.

In adiacenza al vano scala di distribuzione verticale, in prossimità dell'angolo nord/est dell'edificio si è ricavato il locale tecnico che ospita le apparecchiature dell'impianto termico (l'unità interna della prevista pompa di calore, i collettori e le pompe di circolazione d'impianto). Tale locale è accessibile esclusivamente dall'esterno per facilitare le operazioni di montaggio e manutenzione da parte degli impiantisti. Inoltre tale posizione, attestata sull'esterno e adiacente al vano scale, consente di minimizzare i percorsi delle tubazioni impiantistiche di collegamento con l'unità esterna e di ottimizzare i percorsi verticali di distribuzione ai piani.

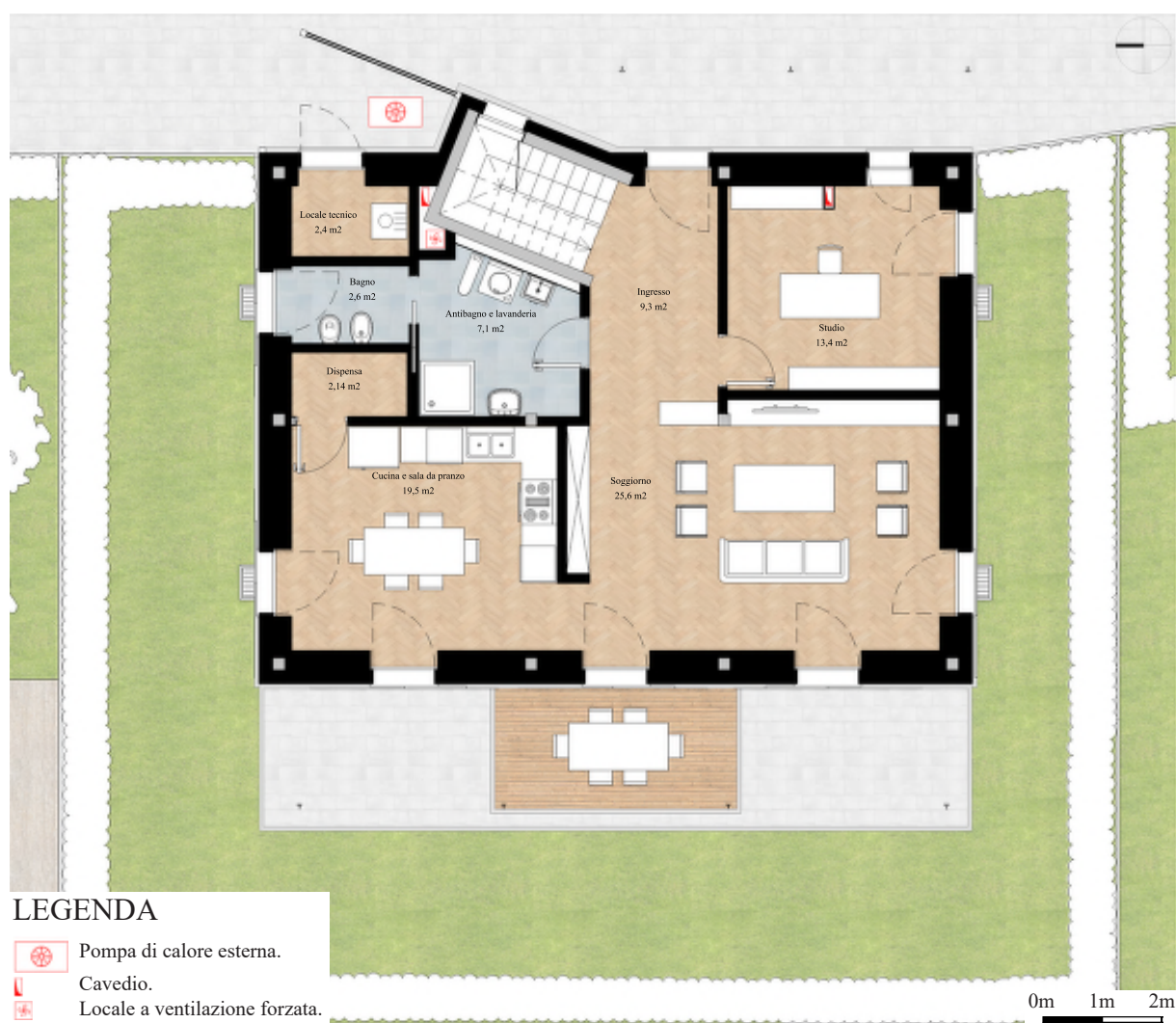


Figura 4.1._ Pianta piano terra (soluzione 1).

Tramite la scala interna si accede al piano primo mansardato con falde del tetto a vista. In particolare la scala accede ad un locale aperto di ampie dimensioni (15 m²) che oltre ad avere la funzione di vano distributivo e di collegamento del piano a tutti i locali può fungere altresì da

zona salotto e/o studio. Tale locale presenta una porta finestra di accesso al balcone presente sul fronte est dell'edificio. Da questo locale si accede alla camera matrimoniale, posta in corrispondenza dell'angolo sud/ovest, di dimensioni pari a 16 m² dotata di finestra sul fronte sud e porta finestra sul fronte ovest di accesso al terrazzo. A lato della camera matrimoniale, attestata sempre sul lato ovest sono presenti le due camere da letto, una singola (di dimensioni pari a 11 m²) centrale con unico affaccio e accesso al terrazzo, di dimensioni pari a 22 m² e la camera doppia di dimensioni pari a 14 m² posta in corrispondenza dell'angolo nord/ovest del fabbricato e con porta finestra di accesso al terrazzo del prospetto ovest e finestra sul fronte nord.

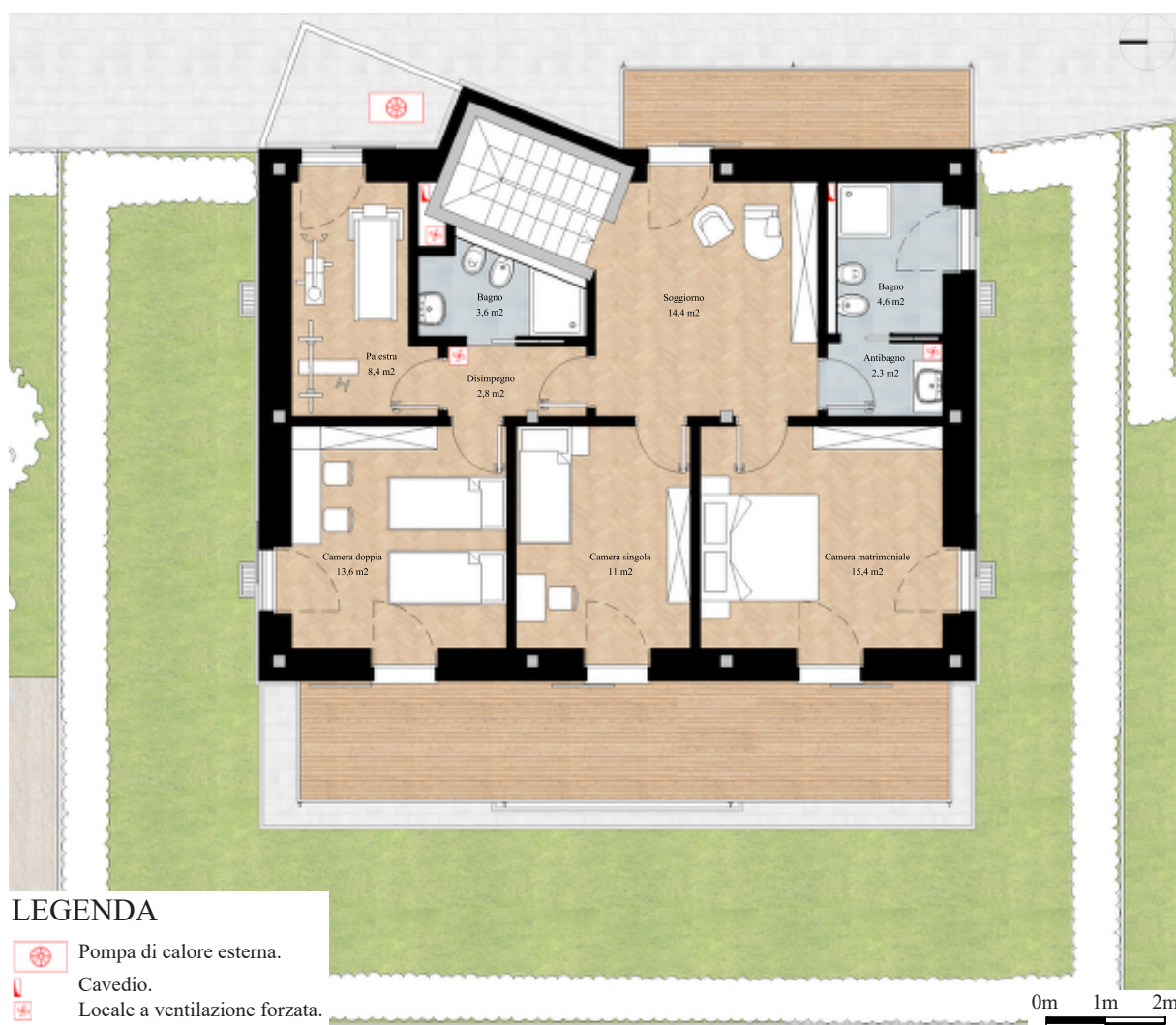


Figura 4.2. _ Pianta piano primo (soluzione 1).

Il bagno padronale, di dimensioni pari a 7 m² è attestato sul fronte sud a lato della camera matrimoniale e con un'ampia finestra aperta su tale prospetto, opposto ad esso a lato del vano scala è presente il secondo bagno, cieco e spazio antibagno anch'esso aerato forzatamente.

Un ulteriore locale, posto in corrispondenza dell'angolo nord/est del fabbricato e con porta finestra sul lato est ha la destinazione prevista di locale *fitness* e palestra.

4.2. Dettagli costruttivi

Nella prima soluzione la struttura si innesta al di sopra della fondazione, composta da una platea in calcestruzzo armato (ideale per costruire su terreno argilloso come il sito di progetto) con sovrastante un vespaio aerato con casseri "Igloo" sui quali si estende un getto di calcestruzzo rinforzato da rete elettrosaldata in acciaio. Una soluzione di questo tipo permette la circolazione dell'aria al di sotto del piano terreno abitato al fine di impedire l'umidità di risalita dal terreno e creare una barriera dal gas Radon, se presente nel terreno.

La pavimentazione esterna presenta due possibili soluzioni. Essa risulta applicata al di sopra di una struttura avente funzione di cordolo in calcestruzzo poggiante su pietrisco di riporto. Tale pavimentazione risulta o in lastre in pietra di ardesia oppure in doghe di legno da esterni. Nel primo caso il sottofondo verrà realizzato in sottofondo cementizio, nel secondo caso sarà presente una sottostruttura lignea con interposta ghiaia avente funzione drenante. Tale pavimentazione, essendo a secco, risulta di facile rimozione in fase di manutenzione.

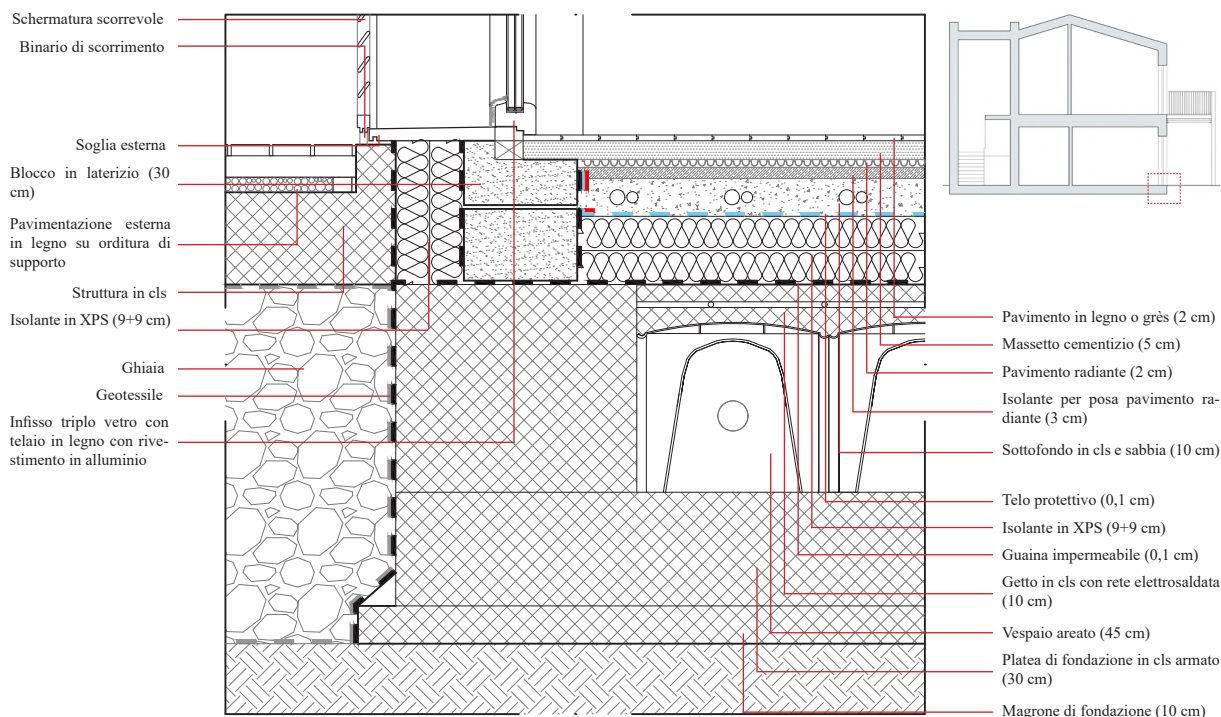


Figura 4.3. _Nodo solaio a terra - parete perimetrale con pavimentazione esterna in legno (scala 1:20)

Salendo verso l'alto si sviluppano le pareti esterne realizzate tramite blocchi in laterizio e isolante esterno in EPS. La finitura interna è in intonaco, quella esterna in doghe di legno. Il cappotto esterno è costituito da un doppio strato di isolante inserito all'interno di un'orditura lignea ancorata allo strato in laterizio della parete. Quest'ultimo, oltre a svolgere la funzione di punto di ancoraggio per i vari strati che compongono la chiusura verticale esterna, ospita i cavi di distribuzione dell'impianto elettrico.

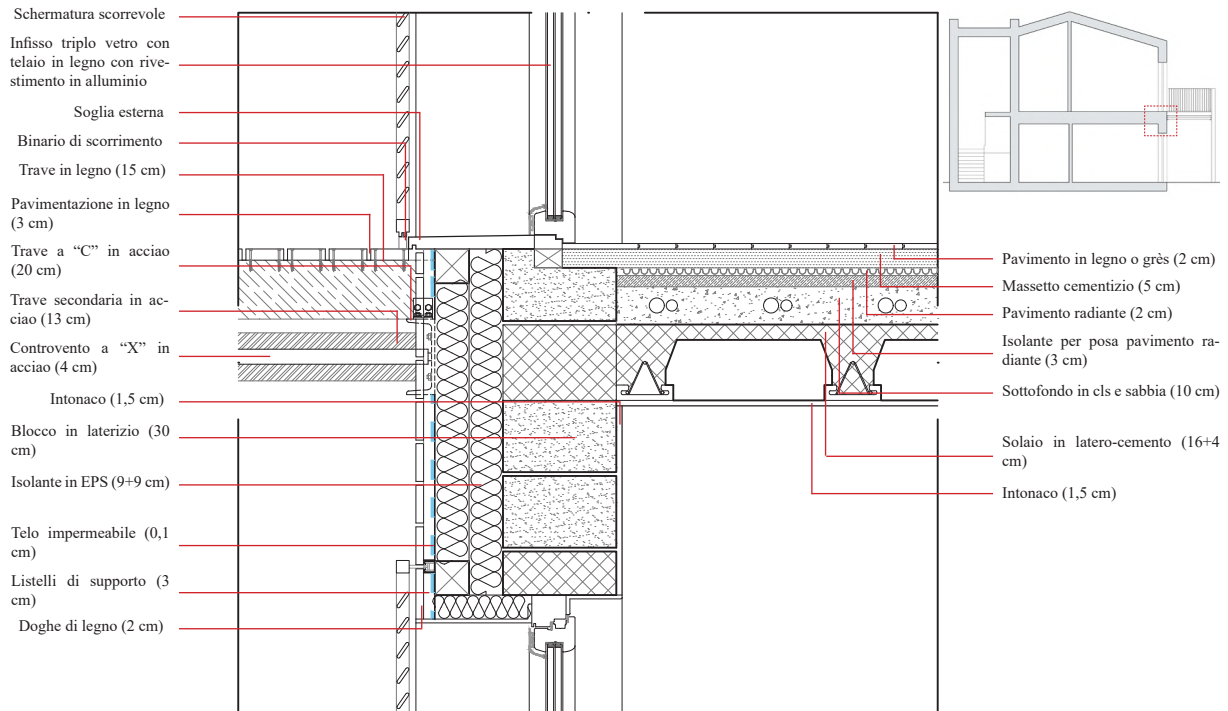


Figura 4.4. _Nodo solaio interpiiano - parete perimetrale - terrazzo (scala 1:20)

Lo strato di isolamento esterno presenta in alcuni punti delle discontinuità conseguenti alla necessità di inserire il supporto metallico a sezione “T” che verrà ancorato alla struttura in calcestruzzo armato mediante apposite piastre di ancoraggio metalliche.

Inoltre il primo strato di cappotto esterno presenterà ulteriori discontinuità conseguenti alla necessità di inserire i pluviali per lo scarico delle acque meteoriche.

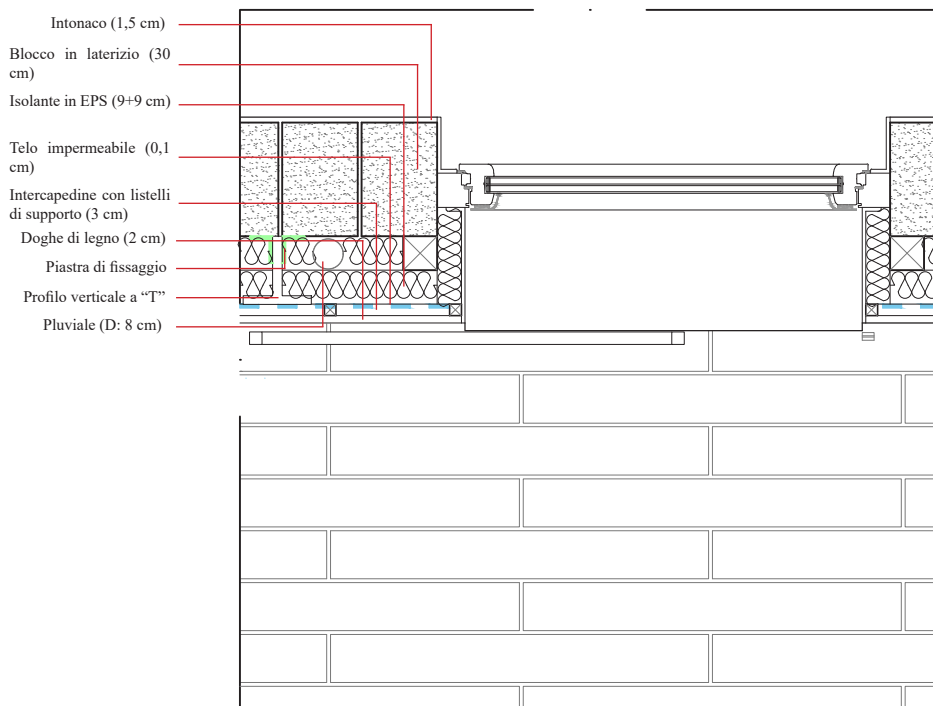


Figura 4.5. _Nodo solaio interpiiano - parete perimetrale - terrazzo (scala 1:20)

La copertura inclinata, analogamente al solaio di interpiano, è prevista con struttura in latero-cemento con isolamento in EPS e finitura in lamiera di alluminio. Il canale di gronda metallico è tassellato all'orditura lignea che contiene gli strati isolanti.

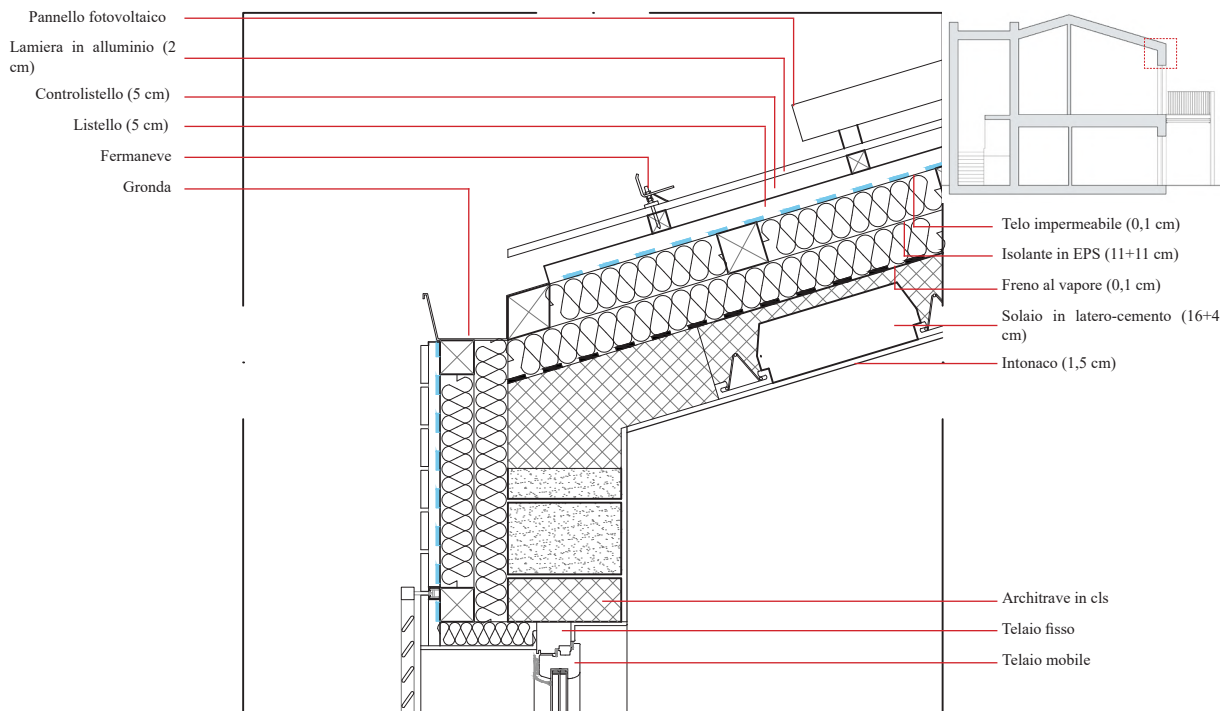


Figura 4.6. _Nodo parete esterna - copertura inclinata (scala 1:20)

La copertura, analogamente alla parete esterna, risulta ventilata.

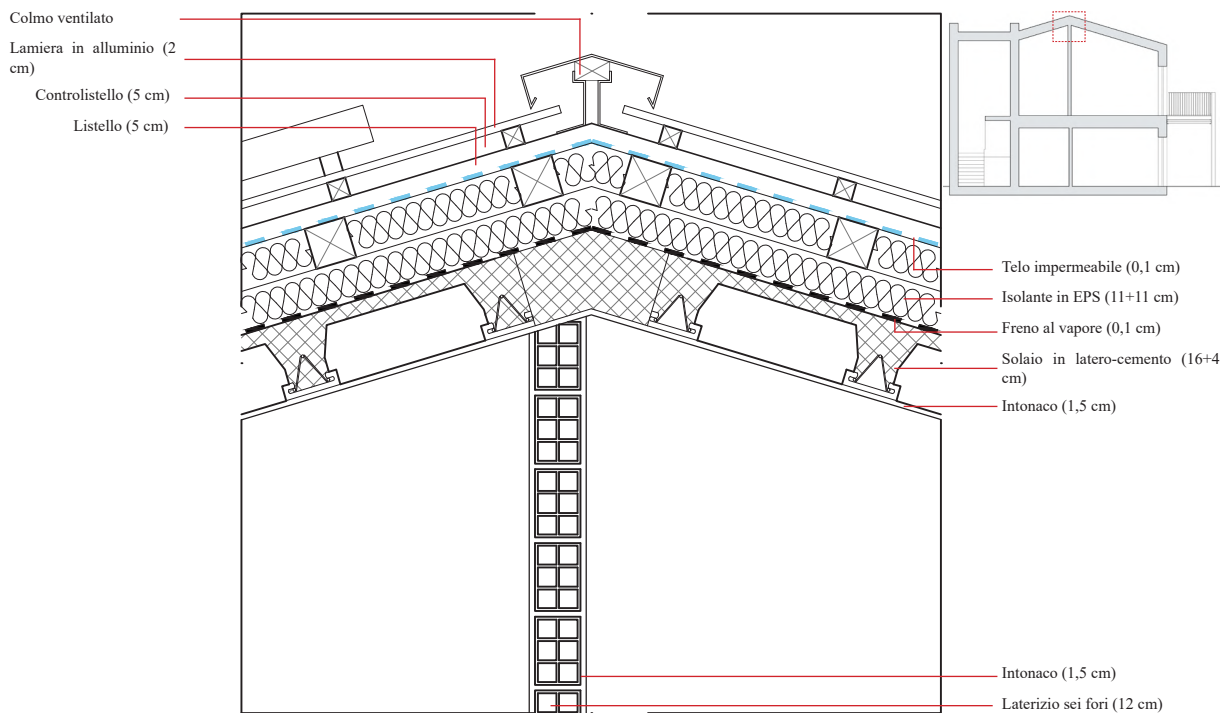


Figura 4.7. _Nodo parete divisoria interna - colmo della copertura inclinata (scala 1:20)

La copertura a verde è prevista solo sul setto in calcestruzzo armato gettato in opera unito ai setti del medesimo materiale del vano scala. I setti in questione fungono da punto di appoggio per le travi interpiano e di copertura.

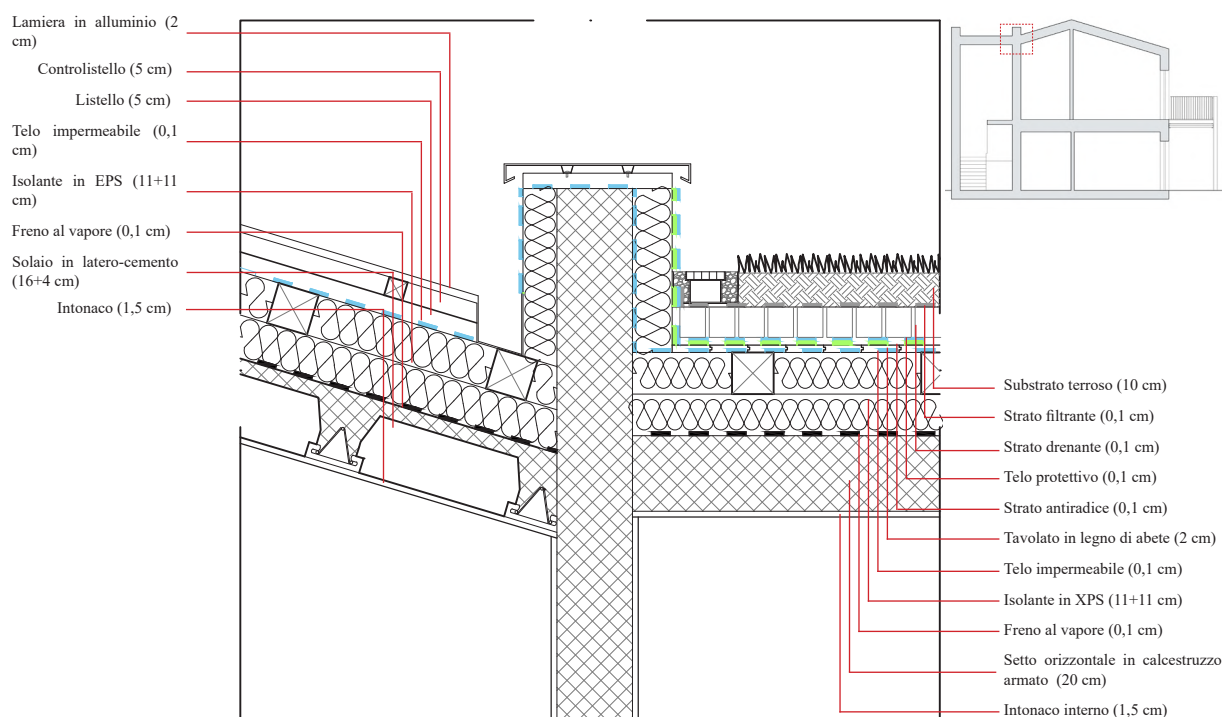


Figura 4.8. _Nodo copertura inclinata - copertura verde (scala 1:20)

4.3. Materiali isolanti utilizzati

I materiali per l'isolamento utilizzati nella soluzione progettuale risultano il polistirene estruso "XPS" e il polistirene espanso "EPS".

Il primo è stato utilizzato per l'isolamento del solaio a terra e della porzione di copertura piana a verde. Il secondo per le pareti esterne e la copertura inclinata.

4.3.1. Polistirene estruso "XPS"



Figura 4.9. _Lastra isolante in XPS.

Fonte: Com-edil < <https://www.comedilgrazioli.it/tegole-e-isolanti/7320-polistirene-estruso-125x60x5-cm-xps-isolante-al-mq.html> > (ultimo accesso 30.09.2023).

Si tratta di un materiale isolante ottenuto da granuli di stirene e agenti espandenti. Il processo di produzione risulta molto energivoro e porta a consumi di risorse elevati. Inoltre gli agenti espandenti sono responsabili dell'emissione di gas serra. Presenta una porosità a celle chiuse che impedisce la propagazione del calore. È un materiale durevole, resistente a compressione, impermeabile all'acqua, pertanto può essere utilizzato per l'isolamento in luoghi umidi. Esso ha una quotazione economica compresa tra i 200 e i 300 €/m³.

Ha l'inconveniente di essere infiammabile di conseguenza necessita di additivi.

Risulta riciclabile a fine vita a meno che non siano stati utilizzati additivi per aumentare la resistenza al fuoco.

4.3.2. Polistirene espanso "EPS"



Figura 4.10. _Lastra isolante in EPS 80.

Fonte: BiblusNet < <https://www.infobuildenergia.it/prodotti/lastre-e-pannelli-per-isolamento-termico-fassatherm/> > (ultimo accesso 30.09.2023).

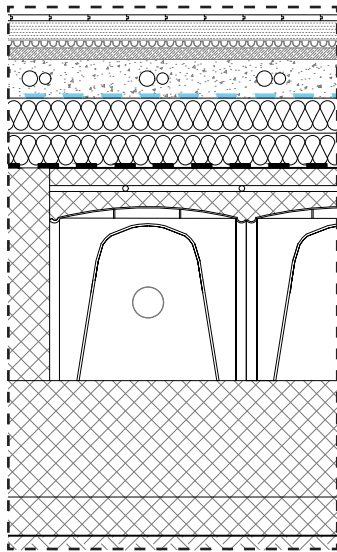
Si tratta di un materiale isolante appartenente alla famiglia degli idrocarburi è costituito da numerosi monomeri dello "stirene", ricavato dal petrolio. Il processo di produzione risulta molto energivoro e rilascia grandi quantitativi di CO₂. Presenta una porosità a celle chiuse che impedisce la propagazione del calore. È un materiale durevole, resistente al fuoco e impermeabile all'acqua, pertanto può essere utilizzato per l'isolamento in luoghi umidi. È un materiale economico avente un prezzo compreso tra i 50 e i 250 €/m³. Non è resistente a compressione pertanto non può essere utilizzato per l'isolamento di solai calpestabili.

A fine vita, a meno che non sia stato utilizzato per isolare intercapedini, non risulta riutilizzabile. Non è riciclabile può essere smaltito solamente in discarica o tramite termovalorizzazione.

4.4. Calcolo delle proprietà delle chiusure esterne

Nelle pagine successive sono riportati i calcoli delle proprietà di ciascuna chiusura opaca dell'edificio. Si è intervenuti sullo spessore dei vari materiali in modo da ottenere elementi con grandezze fisiche simili tra le tre soluzioni. Tali grandezze risultano utili per calcolare il fabbisogno energetico per l'edificio.

4.4.1. Solaio a terra



STRATIGRAFIA

- Pavimento in parquet o grès (s: 2 cm)
- Massetto cementizio (s: 5 cm)
- Pavimento radiante (s: 2 cm)
- Guaina posa pavimento radiante (s: 3 cm)
- Massetto portaimpanti in cls e sabbia (s: 10 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Isolante in XPS (s: 9+9 cm)
- Guaina bitumata (s:0,1 cm)
- Vespaio areato con soletta collaborante (s:45+10 cm)
- Platea di fondazione in cls armato (s:30 cm)
- Magrone di fondazione (s:10 cm)

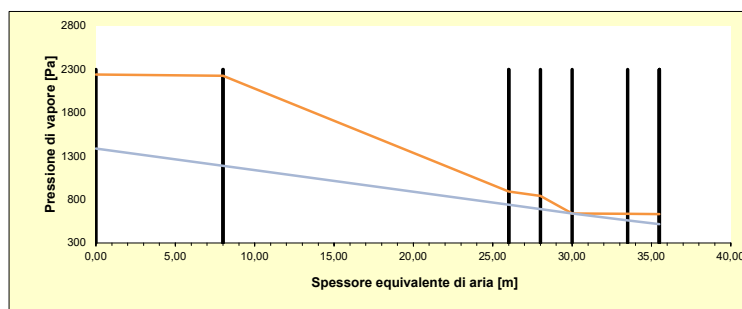
PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 5,183 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 8,107 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,004 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 71,3 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 111,5 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 7,195 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,139 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,025

Sfasamento

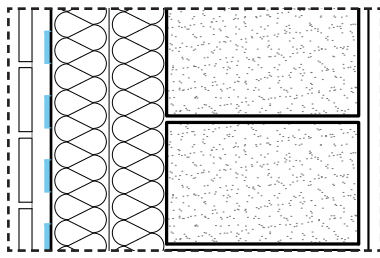
- 1,15 h
- 3,77 h
- 7,09 h

VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale. Nel mese di dicembre è gennaio vi è 1g/m² di condensa interstiziale. Tale quantità può evaporare nei mesi successivi.

4.4.2. Parete esetrna



STRATIGRAFIA

- Doghe di legno (s: 2 cm)
- Listelli di supporto (s: 3 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Isolante in EPS (s:9+9 cm)
- Blocco in laterizio (s:30 cm)
- Intonaco interno (s:1,5 cm)

PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 2,983 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 0,225 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,009 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 41,0 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 3,1 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 7,099 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,141 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,061

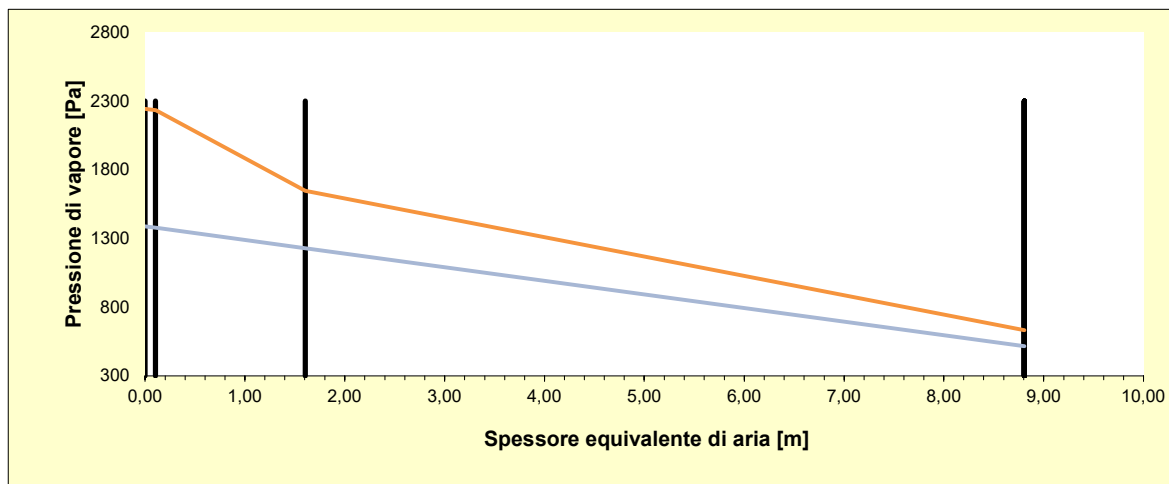
Sfasamento

2,69 h

1,87 h

8,68 h

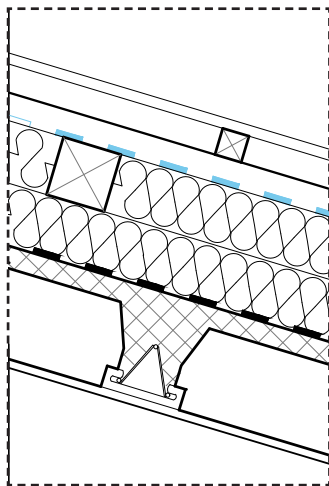
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.4.3. Copertura inclinata



STRATIGRAFIA

- Lamiera di alluminio (s: 2 cm)
- Controlistello (s: 5 cm)
- Listello (s: 5 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Isolante in EPS (s:11+11 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Solaio in latero - cemento (s:16+4 cm)
- Intonaco interno (s:1,5 cm)

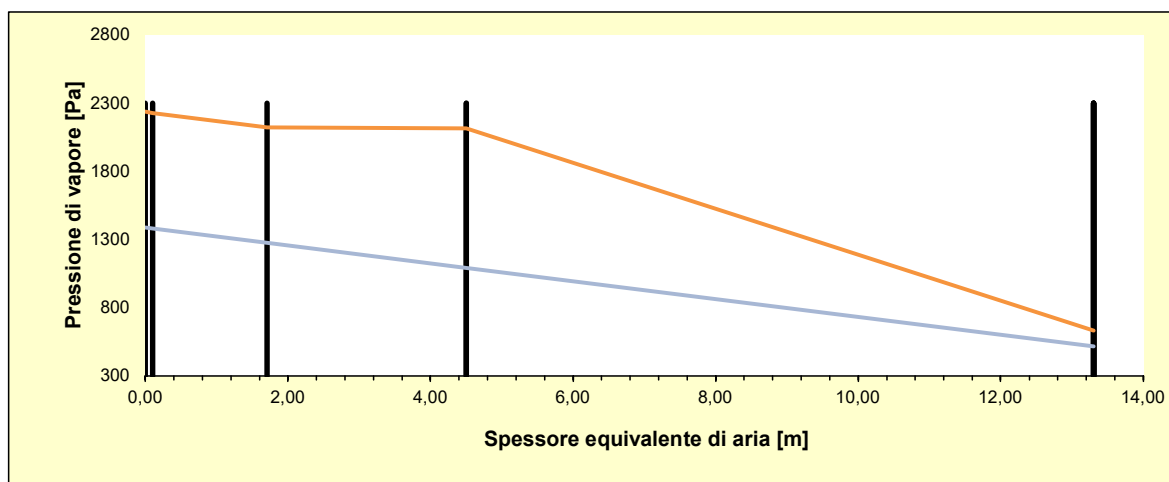
PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 4,838 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 0,303 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,019 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 66,8 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 4,4 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,740 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,148 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,130

Sfasamento

- 1,67 h
- 2,91 h
- 11,87 h

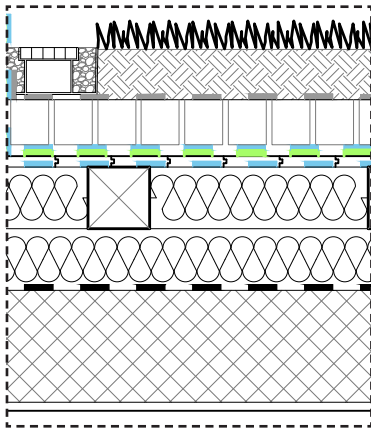
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.4.4. Copertura a verde



STRATIGRAFIA

- Substrato terroso (s: 10 cm)
- Strato filtrante (s: 0,1 cm)
- Strato drenante (s: 10 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Strato antiradice (s: 0,1 cm)
- Tavolato in legno di abete (s: 2 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Isolante in XPS (s:11+11 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Setto orizzontale in calcestruzzo armato (s:20 cm)
- Intonaco interno (s:1,5 cm)

PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 7,038 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 10,665 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,004 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 96,7 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 146,6 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,757 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,148 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,024

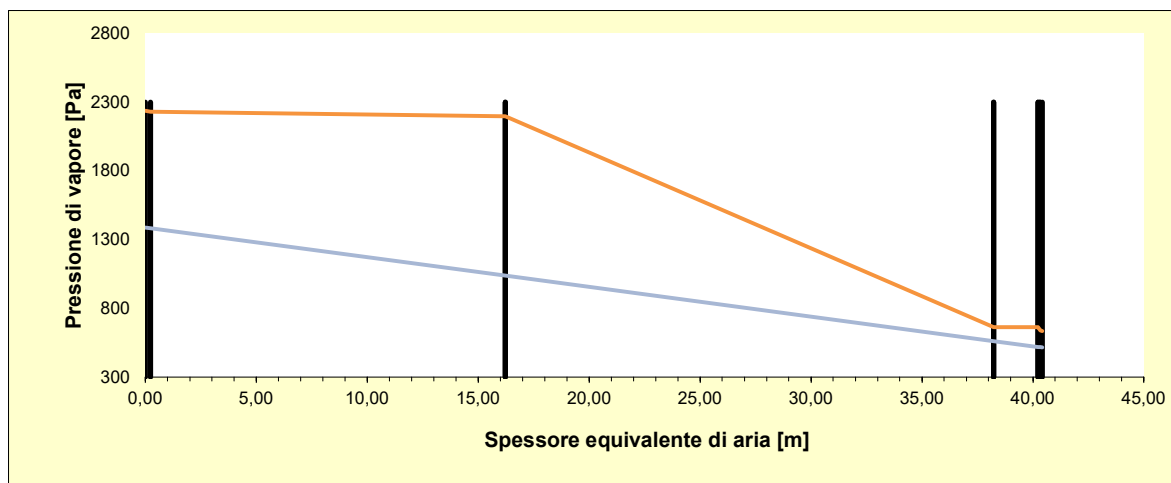
Sfasamento

0,90 h

1,93 h

3,87 h

VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.5. Seconda soluzione costruttiva: Xlam

4.5.1. La struttura portante in Xlam e la divisione degli spazi interni

La seconda soluzione costruttiva utilizza il sistema costruttivo a secco in legno Xlam. L'isolamento in questa soluzione è costituito da materiali naturali quali la fibra di legno.

L'utilizzo di questo tipo di struttura, in fase progettuale porta ad una distribuzione interna analoga alla precedente ma con alcune sostanziali differenze dovute alla presenza del pannello portante continuo interno. Esso, data la sua funzione strutturale, non consente di avere aperture di grandi dimensioni. Di conseguenza si è ridotta l'apertura tra l'ingresso ed il soggiorno.

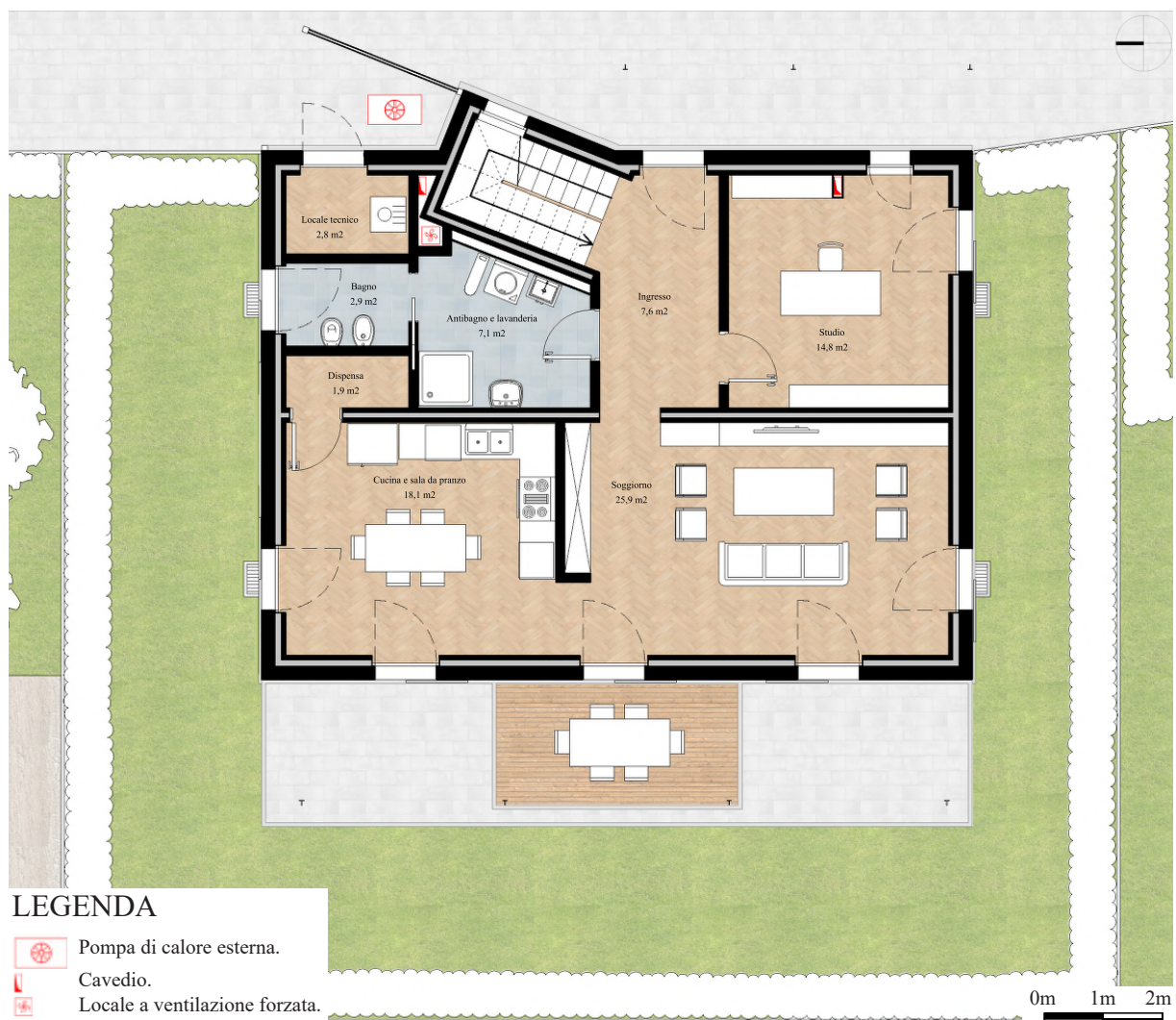


Figura 4.11._ Pianta piano terra (soluzione 2).

Il primo piano presenta anch'esso una distribuzione simile alla prima soluzione. Tuttavia la presenza del setto portante interno, posto in posizione analoga al piano terra, porta a differenze riguardanti la metratura delle stanze.

Inoltre, per ragioni di spazio, la controparete del bagno a fianco del vano scala che ospita gli scarichi dei sanitari si trova a fianco della doccia.

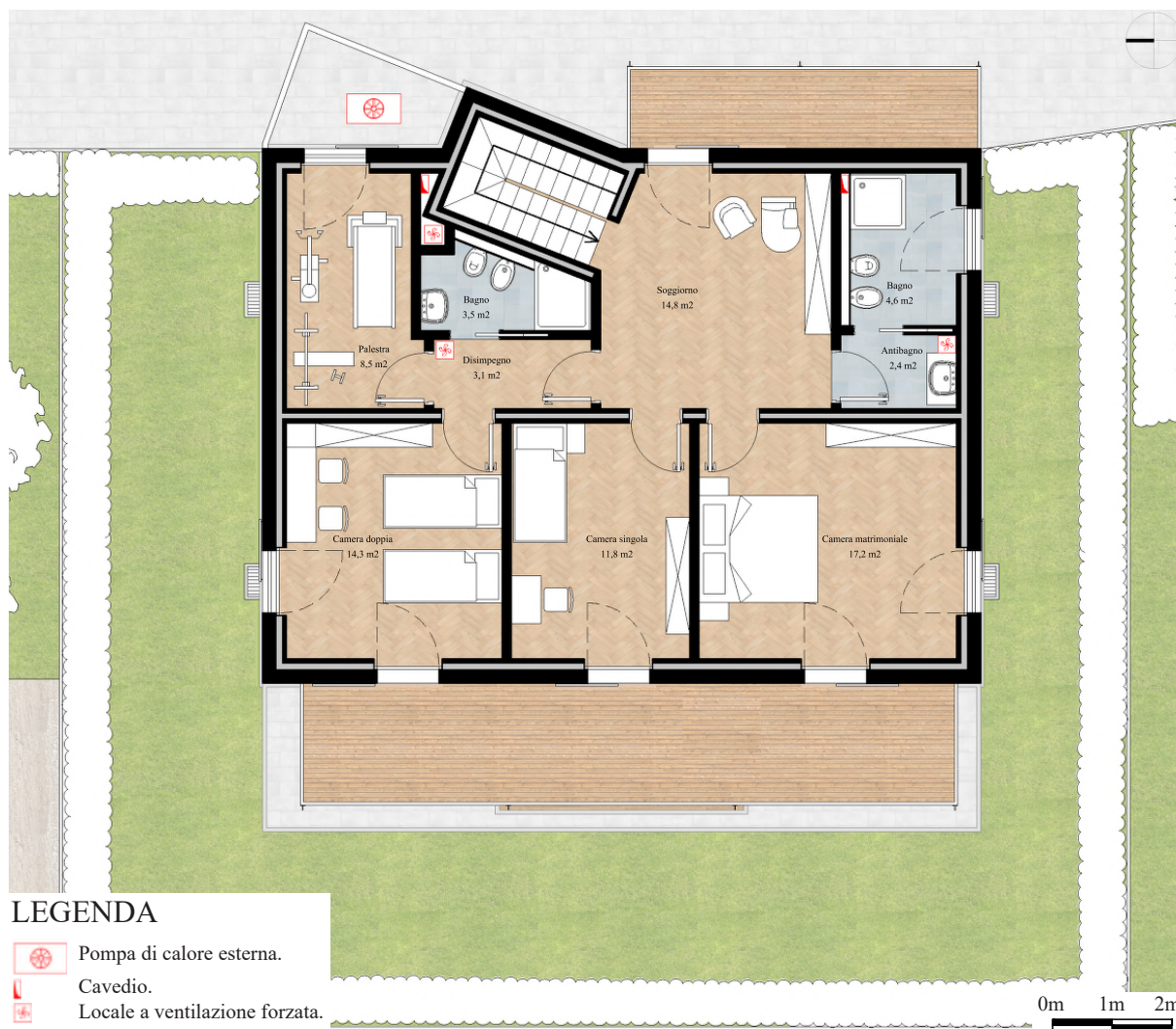


Figura 4.12._ Pianta piano primo (soluzione 2).

4.6. Dettagli costruttivi

La struttura in Xlam della seconda soluzione, analogamente alla prima, si innesta al di sopra di una platea in calcestruzzo armato con cordoli di fondazione e vespaio aerato con igloo e getto di completamento armato con rete elettrosaldata. Tale chiusura risulta isolata mediante due strati in XPS.

Sulla struttura di fondazione si innesta la parete esterna in Xlam giuntata tramite piastra metallica e chiodo per la giunzione con il pannello e bullone per la giunzione con il cls. La parete esterna è isolata al piano terra con uno zoccolo in XPS resistente all'umidità di risalita.

Il pacchetto pavimento sovrastante è realizzato interamente a secco ed è costituito da un primo strato realizzato in granulato a secco in argilla espansa. Tale strato ospita l'impianto elettrico e le tubature di servizio idrico e gli scarichi delle acque nere. Al di sopra è presente il pacchetto a pavimento radiante poggiante su uno strato isolante in lana di legno ad alta densità.

La pavimentazione interna realizzata in parquet ligneo o grès è costruita a secco su uno strato di sottopavimento costituito da pannelli in fibrogesso, il secondo con tubi per l'impianto a pa-

vimento radiante incorporati. Se il pavimento è in legno è necessario applicare un materassino sottopavimento.

La pavimentazione esterna in lastre di ardesia o legno è costruita in modo analogo alla soluzione precedente.

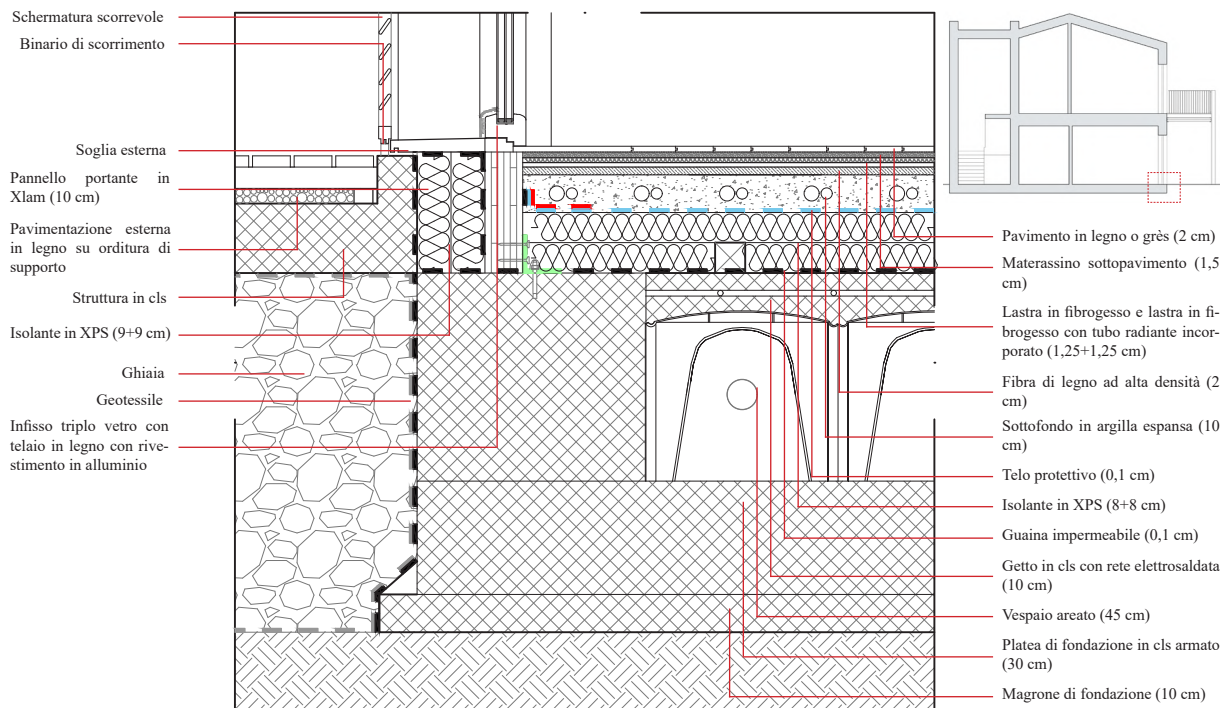


Figura 4.13._Nodo solaio a terra - parete perimetrale con pavimentazione esterna in legno (scala 1:20)

Le chiusure verticali opache sono realizzate tramite struttura portante in legno Xlam. Tale strato, oltre a svolgere una funzione portante per l'edificio, funge da punto di ancoraggio per il doppio strato di isolamento esterno costituito da isolante in fibra di legno. L'isolante è montato su una doppia orditura di listelli avvitati allo strato in Xlam.

I listelli orizzontali della seconda orditura costituiscono il punto di ancoraggio per il binario delle schermature esterne e per i listelli orizzontali della facciata ventilata con finitura esterna in doghe di legno orizzontali. Il cappotto esterno presenterà delle discontinuità dettate dalla necessità del passaggio dei pluviali di gronda.

Verso l'interno la parete presenta uno strato interno in fibra di legno interposta a listelli lignei verticali e finitura costituita da doppia lastra in gesso con rasatura di stucco esterna.

Lo strato interno di isolante in fibra di legno funge da strato di passaggio per i cavi dell'impianto elettrico e per le tubature di servizio dell'impianto idrosanitario.

La partizione interna orizzontale presenta un pannello portante in Xlam agganciato ai pannelli lignei della parete esterna tramite piastra di fissaggio metallica con chiodi al pannello sovrastante e tramite vite a quello sottostante.

La finitura inferiore della partizione è costituita da un controsoffitto in cartongesso. Il pacchetto pavimento è costruito in modo analogo a quello del solaio a terra.

La balconata esterna presenta una struttura analoga alla prima soluzione progettuale, risulta a

secco, supportata da due profili a "T" verticali, da due travi principali a "C" collegate tramite controventi metallici, travi secondarie lignee e finitura in lastre di legno.

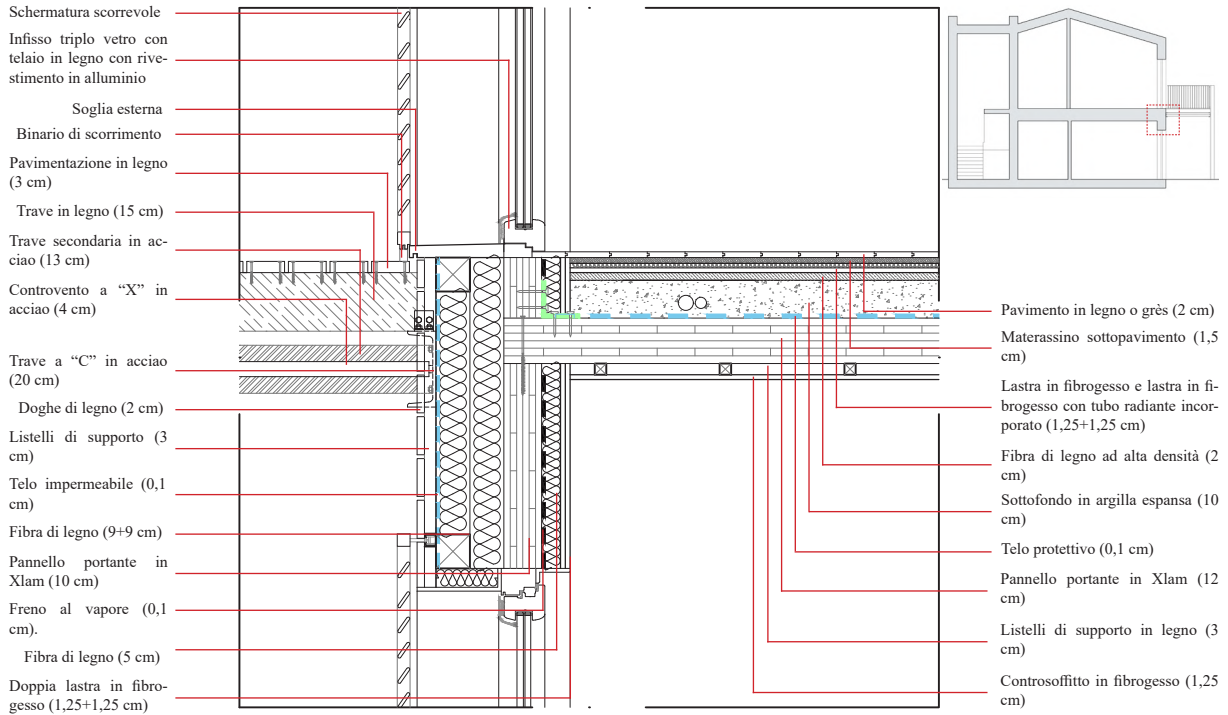


Figura 4.14._Nodo solaio interpiano - parete perimetrale - balconata esterna (scala 1:20)

Lo strato di isolante esterno presenterà delle interruzioni dovute alla necessità di far passare il supporto verticale a "T" della balconata esterna ancorata alla struttura portante dell'edificio per mezzo di apposite piastre metalliche.

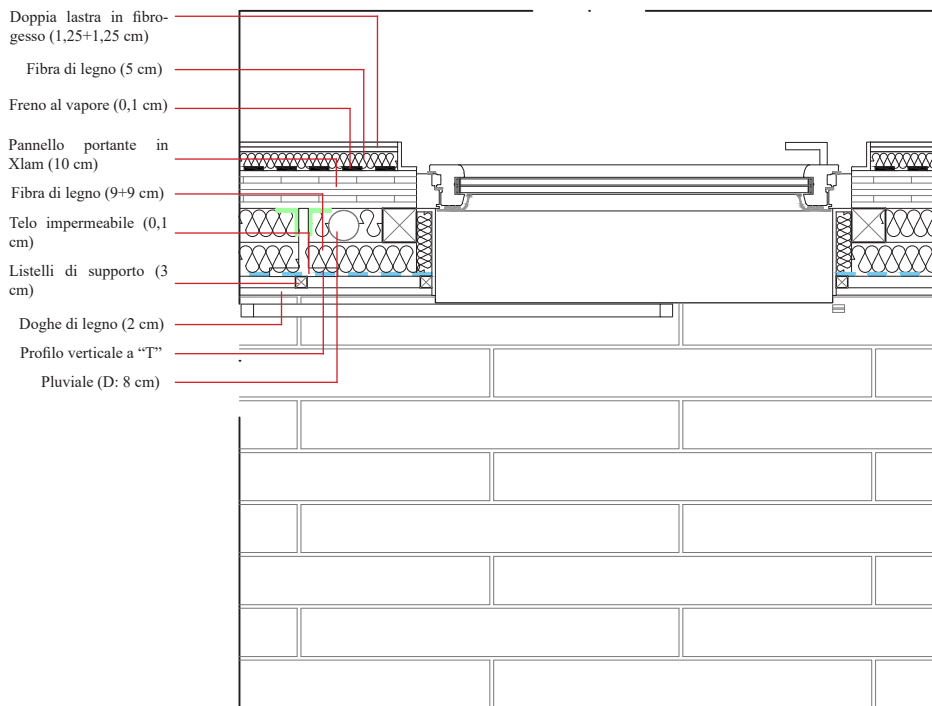


Figura 4.15._Nodo solaio interpiano - parete perimetrale - balconata esterna (scala 1:20)

La copertura inclinata, risulta anche essa costituita da un pannello portante in legno Xlam, ancorato a quello della parete verticale tramite una vite autoforante. Al di sopra di esso si innesta un doppio strato di materiale isolante in fibra di legno ancorato per mezzo di una doppia orditura di listelli in legno di abete. Sopra tale orditura è agganciato un ulteriore strato in fibra di legno ad alta densità in modo da aumentare il potere isolante e la resistenza del pacchetto al calpestio degli operai impiegati al montaggio del tetto.

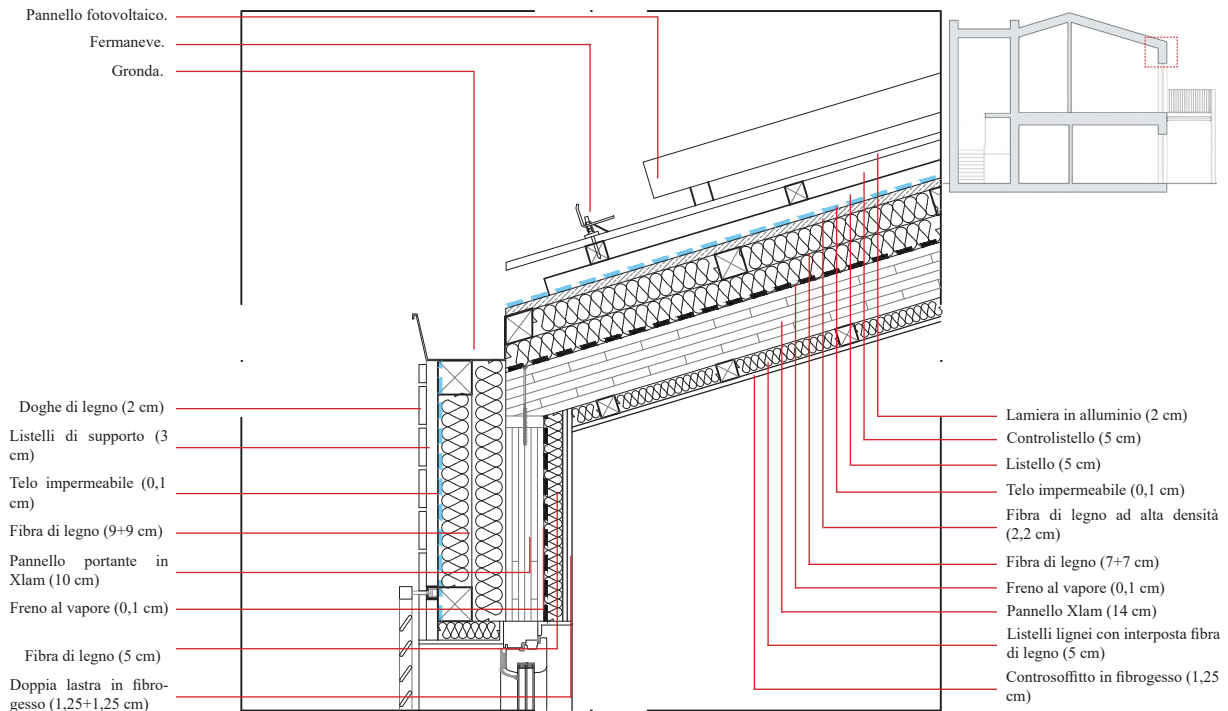


Figura 4.16. _Nodo parete perimetrale - copertura inclinata (scala 1:20)

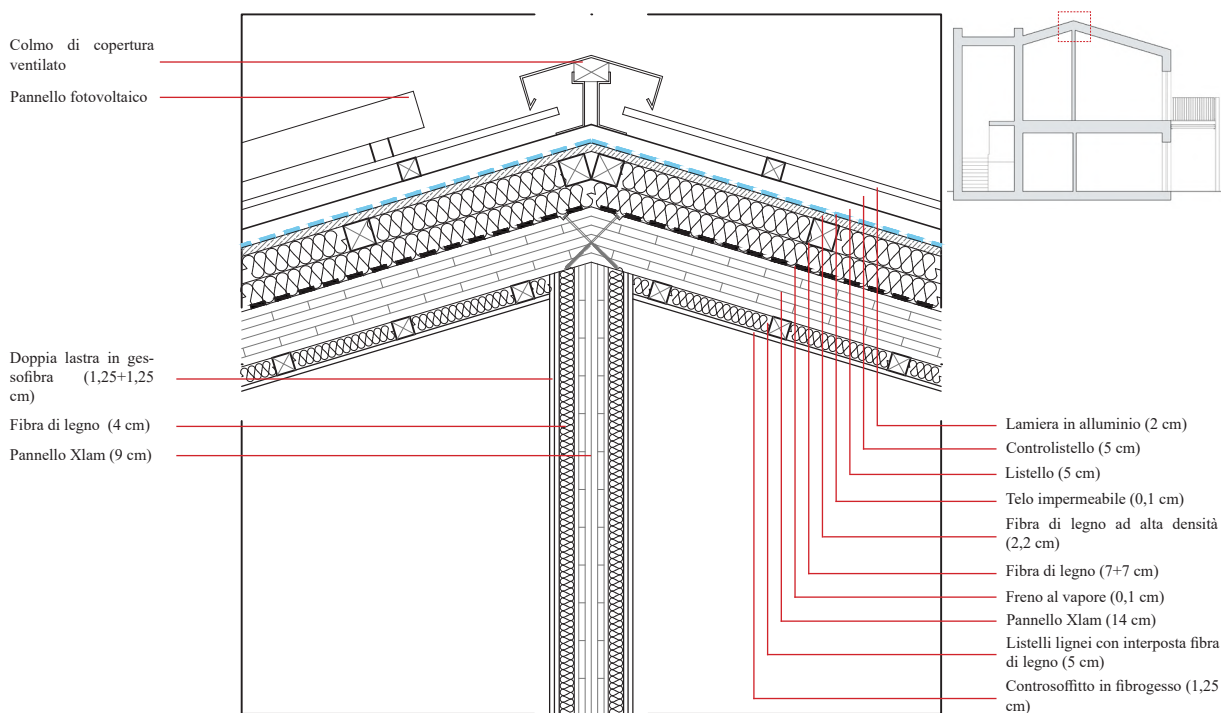


Figura 4.17. _Nodo copertura inclinata - parete interna portante (scala 1:20)

Il corpo scala è caratterizzato da pareti portanti in Xlam. La scala interna è realizzata anche essa in legno Xlam ancorata alle pareti portanti mediante piastre di ancoraggio e chiodi. La copertura di tale corpo è anche essa un pannello portante che regge gli strati costituenti una copertura a giardino.

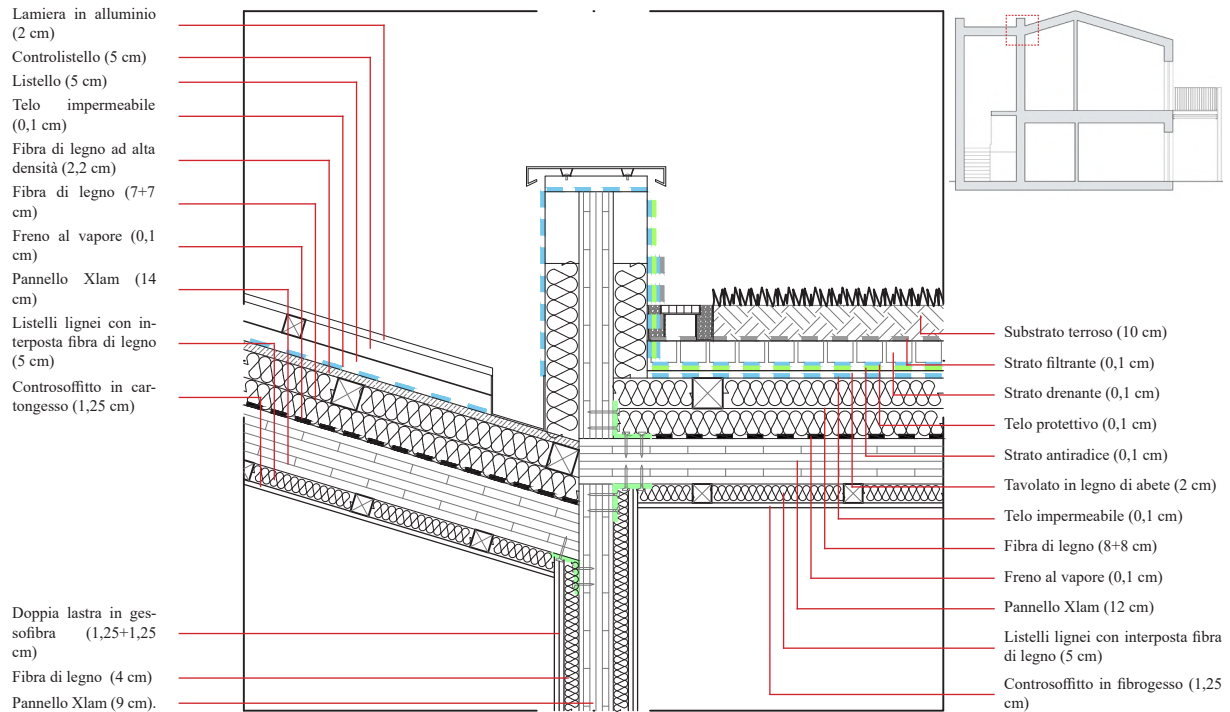


Figura 4.18. _Nodo copertura inclinata - copertura verde (scala 1:20)

4.7. Materiali isolanti utilizzati

I materiali per l'isolamento utilizzati nella soluzione progettuale risultano la fibra di legno, la fibra di legno ad alta densità e l'argilla espansa

4.7.1. Fibra di legno



Figura 4.19. Lastra isolante in fibra di legno.

Fonte: Barra e Barra < <https://www.barraebarra.com/fibra-di-legno/> > (ultimo accesso 30.09.2023).

Si tratta di un materiale isolante ottenuto da fibre di legno di scarico e impastate con acqua, solfato di alluminio e additivo idrofobico. Il processo di produzione risulta poco energivoro utilizzando fonti rinnovabili e non crea emissioni. È un materiale durevole, riciclabile e se non trattato con bitumi biodegradabile. Sul mercato ha un prezzo compreso tra i 150 e i 300 €/m³.

È infiammabile ma non produce gas tossici. Ha l'inconveniente di non resistere all'umidità e presenta una scarsa resistenza a compressione.

4.7.2. Fibra di legno ad alta densità

Si tratta di fibra di legno additivata con magnesite caustica "MgO" che funge da legante. Ha ottime prestazioni di isolamento termo-acustico. Il processo di produzione risulta poco energivoro utilizzando fonti rinnovabili e non crea emissioni. È un materiale durevole, riciclabile e se non trattato con bitumi, biodegradabile. Presenta un prezzo compreso tra i 200 e i 550 €/m³. È infiammabile e non produce gas tossici.

Ha l'inconveniente di non essere riciclabile, può essere usato solo come inerte nel calcestruzzo.

4.7.3. Argilla espansa



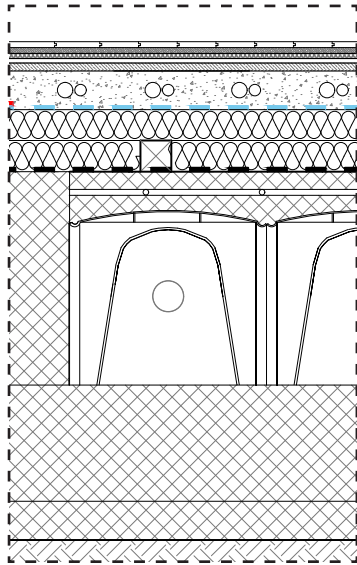
Figura 4.20. Argilla espansa.

Fonte: Leca < <https://www.leca.it/chi-siamo/cose-leca/> > (ultimo accesso 30.09.2023).

Argilla cotta in forno fino ad ottenere l'espansione dei granuli. Presenta un'ottima resistenza a compressione e un buon grado di isolamento termico e acustico. Ha l'inconveniente che il processo produttivo libera CO₂ e consuma risorse ambientali. È un materiale durevole, resistente a fuoco e riutilizzabile a fine vita. Può essere riciclato come inerte per calcestruzzo. Ha l'inconveniente che assorbe umidità. Presenta un prezzo compreso tra i 50 e i 250 €/m³.

4.8. Calcolo delle proprietà delle chiusure esterne

4.8.1. Solaio a terra



STRATIGRAFIA

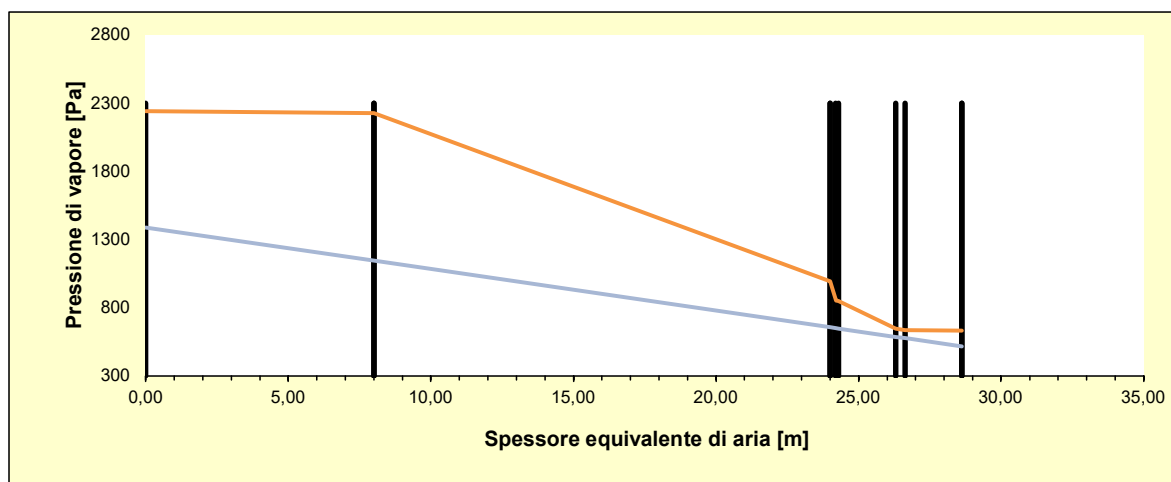
- Pavimento in parquet o grès (s: 2 cm)
- Materassino sottopavimento (s: 1,5 cm)
- Lastra in fibrogesso con tubo radiante (s: 1,25 cm)
- Lastra in fibrogesso (s: 2 cm)
- Fibra di legno ad alta densità (s: 2 cm)
- Massetto a secco in argilla espansa (s: 10 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Isolante in XPS (s: 8+8 cm)
- Guaina bitumata (s:0,1 cm)
- Vespaio areato con soletta collaborante (s:45+10 cm)
- Platea di fondazione in cls armato (s:30 cm)
- Magrone di fondazione (s:10 cm)

PARAMETRI

Sfasamento

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 5,182 W/m²K 1,15 h
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 4,670 W/m²K 4,50 h
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,004 W/m²K 6,96 h
- Capacità termica aerica interna (k_i): 71,3 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 64,2 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 7,201 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,139 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,032

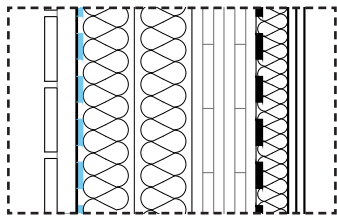
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.8.2. Parete esterna



STRATIGRAFIA

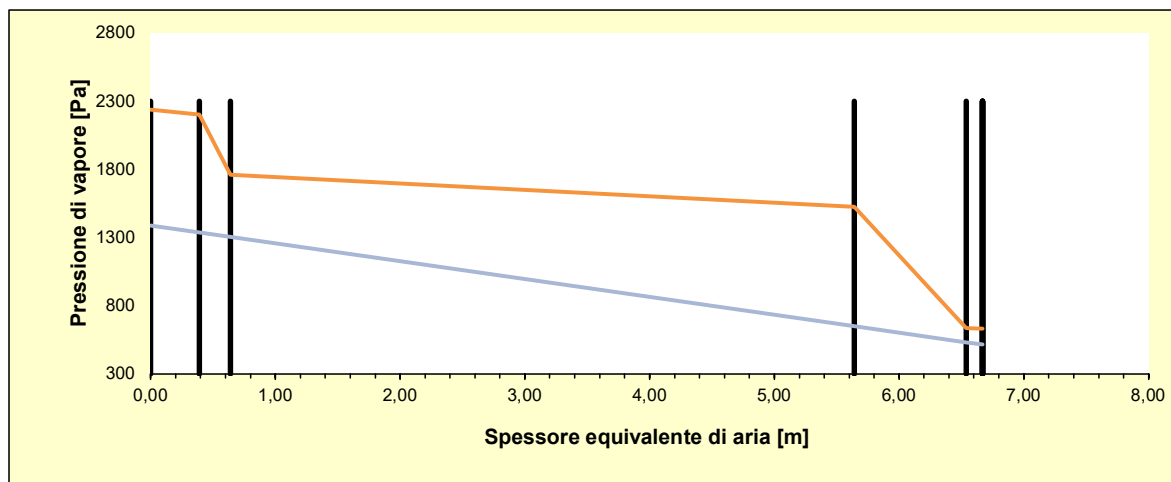
- Doghe di legno (s: 2 cm)
- Listelli di supporto (s: 3 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Fibra di legno (s:9+9 cm)
- Pannello Xlam (s:10 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Fibra di legno (s:5 cm)
- Doppia lastra in fibrogesso (s:1,25+1,25 cm)

PARAMETRI

Sfasamento

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 2,658 W/m²K 3,55 h
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 0,963 W/m²K 2,90 h
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,005 W/m²K 4,51 h
- Capacità termica aerica interna (k_i): 36,5 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 13,2 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,783 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,147 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,033

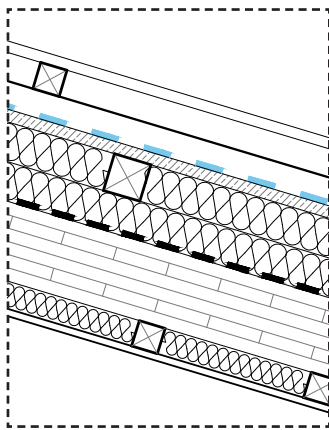
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.8.3. Copertura inclinata



STRATIGRAFIA

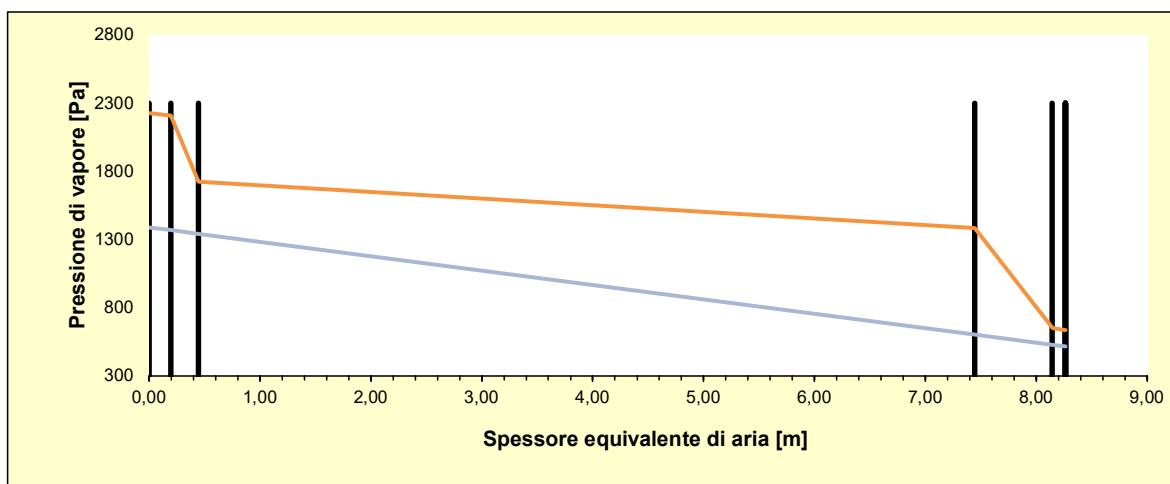
- Lamiera di alluminio (s: 2 cm)
- Controlistello (s: 5 cm)
- Listello (s: 5 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Fibra di legno ad alta densità (s: 2,2 cm)
- Fibra di legno (s: 7+7 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Pannello Xlam (s: 14 cm)
- Fibra di legno (s: 5 cm)
- Lastra in fibrogesso (s: 1,25 cm)

PARAMETRI

Sfasamento

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 1,692 W/m²K 3,89 h
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 1,010 W/m²K 3,98 h
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,010 W/m²K 9,09 h
- Capacità termica aerica interna (k_i): 23,2 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 13,9 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,454 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,155 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,061

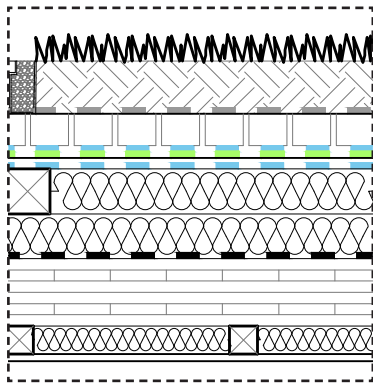
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.8.4. Copertura a verde



STRATIGRAFIA

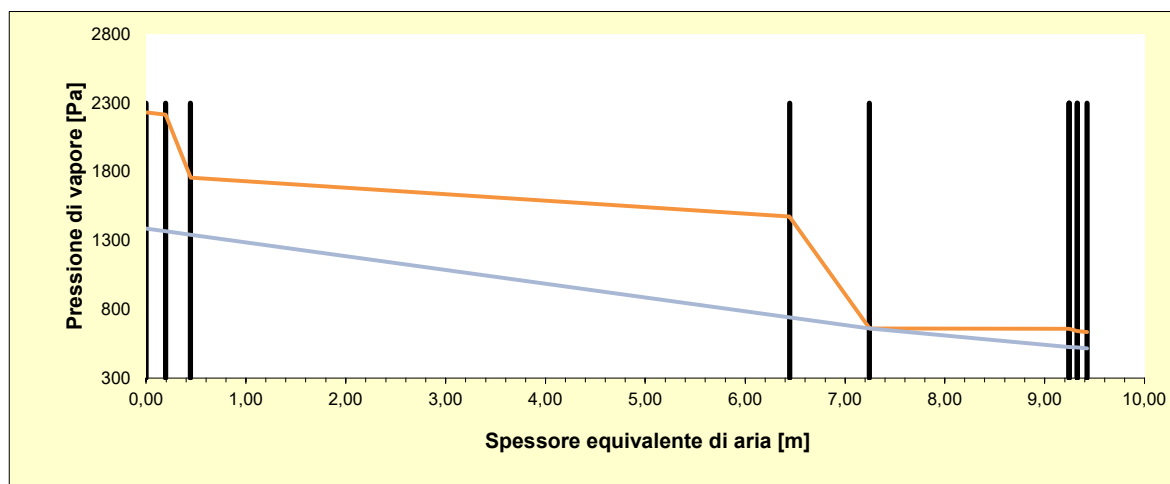
- Substrato terroso (s: 10 cm)
- Strato filtrante (s: 0,1 cm)
- Strato drenante (s: 10 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Strato antiradice (s: 0,1 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Tavolato in legno di abete (s: 2 cm)
- Isolante in fibra di legno (s: 8+8 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Pannello Xlam (s: 12 cm)
- Fibra di legno (s: 5 cm)
- Lastra in fibrogesso (s: 1,25 cm)

PARAMETRI

Sfasamento

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 1,691 W/m²K 3,89 h
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 10,805 W/m²K 1,90 h
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,003 W/m²K 2,10 h
- Capacità termica aerica interna (k_i): 23,2 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 148,6 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,561 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,152 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,017

VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Nel mese di dicembre è gennaio vi è 18 g/m² di condensa interstiziale. Tale quantità può evaporare nei mesi successivi.

4.9. Terza soluzione costruttiva: telaio in legno

4.9.1. Il telaio in legno e la divisione degli spazi interni

La terza soluzione costruttiva utilizza il sistema costruttivo a secco a telaio in legno sia per la struttura portante, sia per quella delle pareti esterne e dei tramezzi divisorii interni. L'isolamento in questa soluzione è costituito da materiali derivanti dalla produzione del riso della ditta "RiceHouse" quali paglia e lolla.

L'utilizzo di questo tipo di struttura, in fase progettuale porta ad una distribuzione interna analoga alla prima soluzione in calcestruzzo poichè anche in questo caso vi è l'utilizzo di una struttura puntuale.

Un ulteriore vantaggio garantito dall'utilizzo di questa soluzione è che si ha un aumento delle superfici degli ambienti dovuto all'utilizzo di pareti di spessore ridotto.

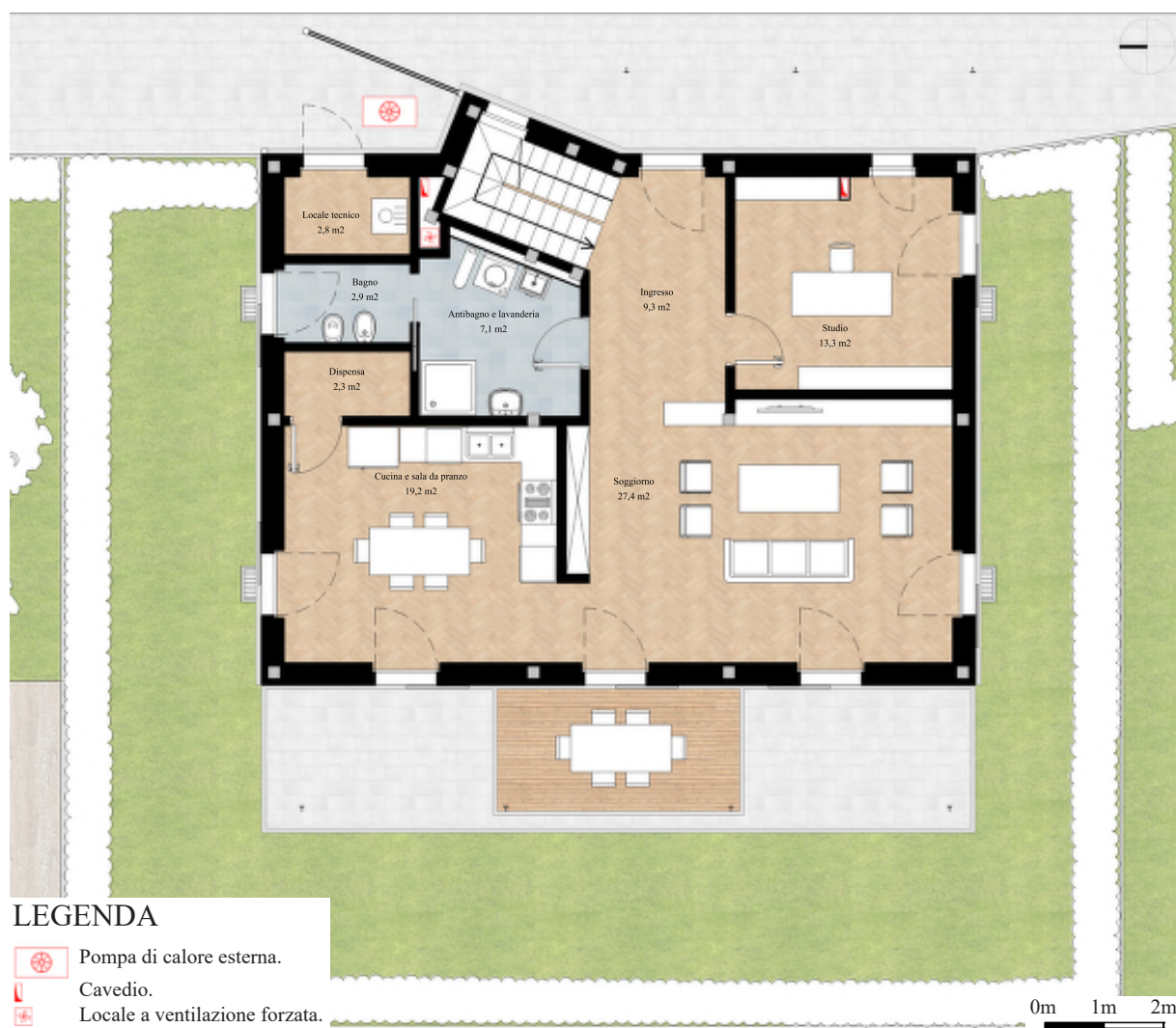


Figura 4.21._ Pianta piano terra (soluzione 3).

Anche al primo piano, vi è una distribuzione analoga alla prima soluzione, con un aumento della metratura dei locali.

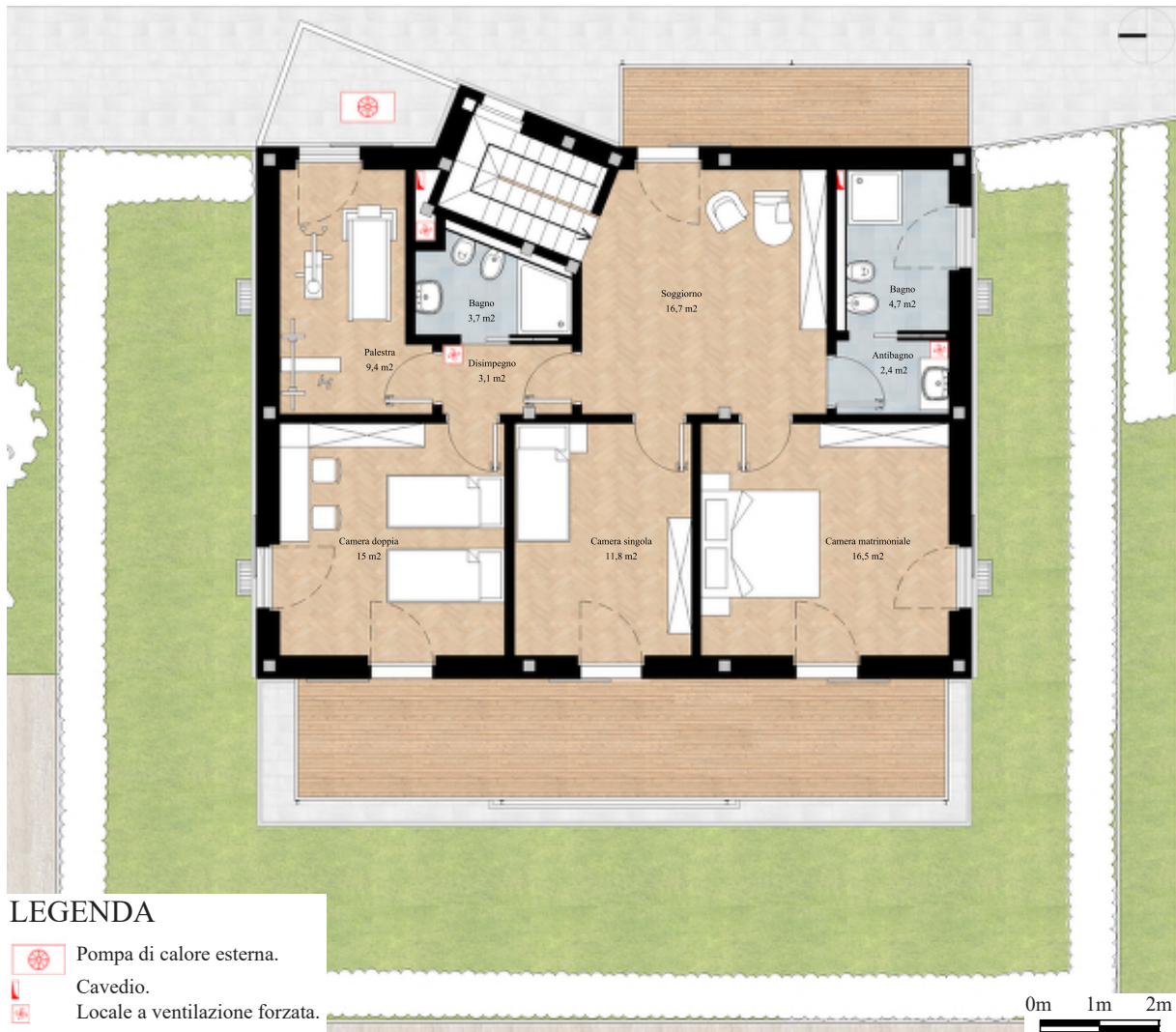


Figura 4.22._ Pianta piano primo (soluzione 3).

4.10. Il sistema costruttivo a telaio in legno: applicazione progettuale e dettagli costruttivi

La struttura lignea della terza soluzione, analogamente alle prime due, si innesta al di sopra di una platea in calcestruzzo armato con cordoli di fondazione e vespaio aerato con igloo e getto di completamento armato con rete elettrosaldata.

Nella scelta del solaio a terra, la terza soluzione progettuale riprende elementi della seconda soluzione sostituendo il granulato in argilla espansa con l'inerte naturale in lolla di riso "RH-L" come elemento di riempimento per il sottofondo a secco destinato ad ospitare l'impianto elettrico, le tubature idriche di alimentazione e le tubature di scarico delle acque nere.

Anche in questo caso la platea di fondazione funge da supporto inferiore per la struttura in elevazione verticale costituita da travi e pilastri in legno lamellare. La giunzione avviene mediante piastre di fissaggio imbullonate. La separazione tra lo strato in calcestruzzo e le strutture avviene mediante apposita guaina bituminosa.

La parete in elevazione è costituita da porzioni multistrato realizzate tramite telaio a montanti e traversi in legno lamellare. Al piano terra il traverso inferiore è sostituito da un elemento ligneo tipo "trave". L'isolamento controterra è effettuato mediante zoccolatura in isolante in XPS.

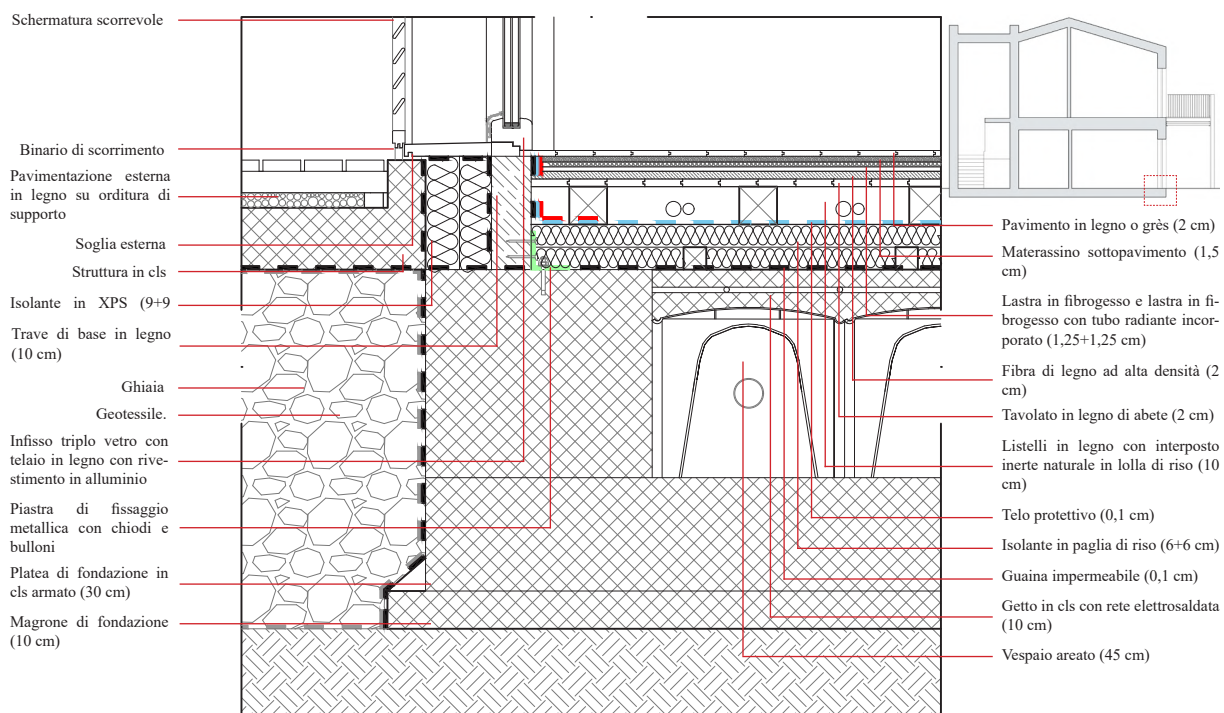


Figura 4.23. _Nodo solaio a terra - parete perimetrale con pavimentazione esterna in legno (scala 1:20)

Analogamente la pavimentazione esterna in legno è realizzata come nelle prime due soluzioni tramite sottostruttura lignea inserita nel cordolo in calcestruzzo e interstizi riempiti con ghiaia avente funzione drenante.

Le chiusure esterne verticali sono realizzate tramite pannelli intelaiati prefabbricati con interposto isolante in paglia di riso. La finitura interna è costituita da doppia lastra in gessofibra con stucco di finitura. La finitura esterna riprende la facciata ventilata in doghe di legno ad eccezione

del corpo scala dove è prevista l'applicazione sul cappotto esterno dell'intonaco "RH500" della ditta "Ricehouse". Tale prodotto è un intonaco per interni ed esterni costituito da calce e pula di riso. È resistente a muffe e batteri e, di conseguenza, risulta durevole. Risulta un materiale facilmente smaltibile a fine vita.

Il solaio interpiano è costituito da un'orditura di travi principali e secondarie in legno e perlinato di copertura. Presenta un controsoffitto in cartongesso agganciato all'orditura lignea come finitura inferiore. Il pacchetto pavimento è analogo a quello del solaio a terra.

Sui prospetti est ed ovest vi è la balconata interna costruita in modo analogo alle soluzioni precedenti.

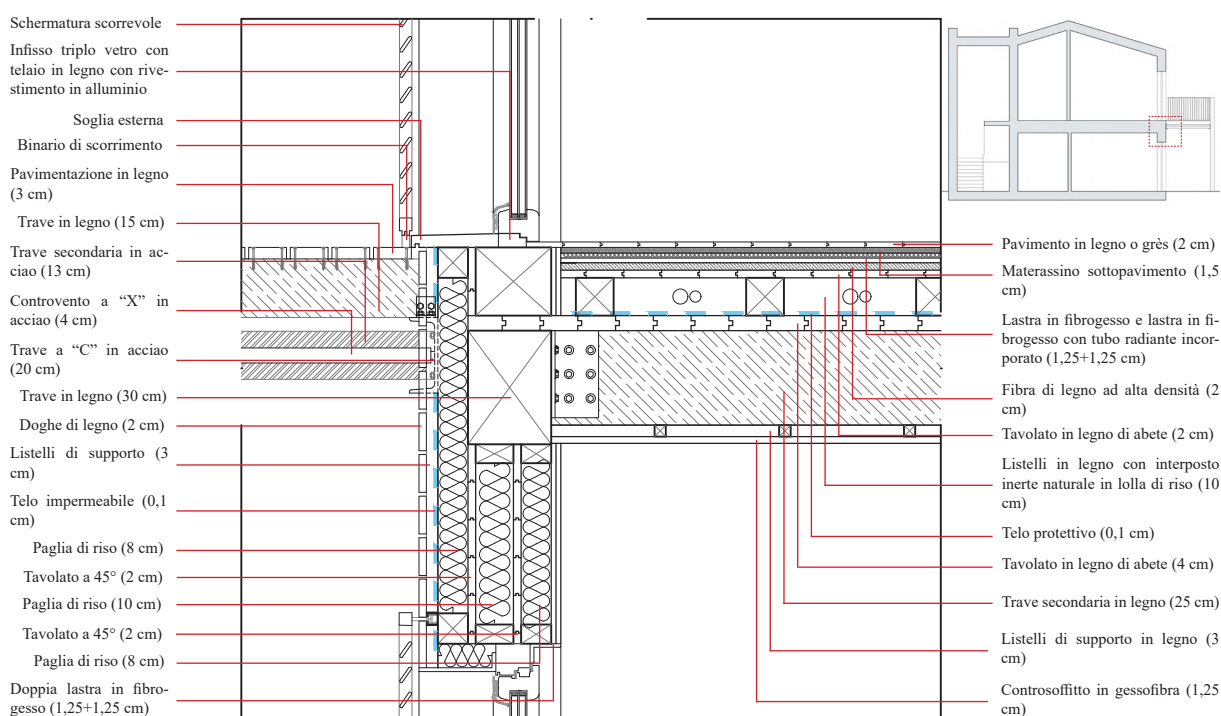


Figura 4.24. _Nodo solaio interpiano - parete perimetrale - balconata esterna (scala 1:20)

La parete esterna è costituita da tre strati di materiale isolante. Il primo interno più sottile che ospita anche l'impianto elettrico, le tubature idriche e quelle di scarico delle acque nere. Esso risulta intervallato da listelli lignei verticali che fungono da supporto per le lastre in cartongesso interne.

Successivamente vi è un secondo strato di isolante montato su telaio ligneo, a separazione dei due strati vi è un perlinato ligneo con perline a 45°. Solitamente come strato di separazione, in questi casi, si utilizzano i pannelli "OSB" perchè più economici ma si è preferito usare il perlinato perchè non vi è presenza di collanti nocivi¹⁴.

Successivamente vi è il secondo perlinato ligneo a sostegno dell'orditura che porta lo strato di

¹⁴ Il pannello OSB è ottenuto tramite trucioli di legno di riciclo che vengono compattati tramite pressione a caldo oppure attraverso specifici collanti. Vi è il lato positivo che si tratta di legno riciclato, resistente alle sollecitazioni. Tuttavia vi sono problemi legati all'utilizzo di collanti che presentano sostanze tossiche che rendono anche difficile il riciclaggio a fine vita.

isolante esterno. A quest'ultima orditura si agganciano anche i binari per lo scorrimento delle schermature esterne.

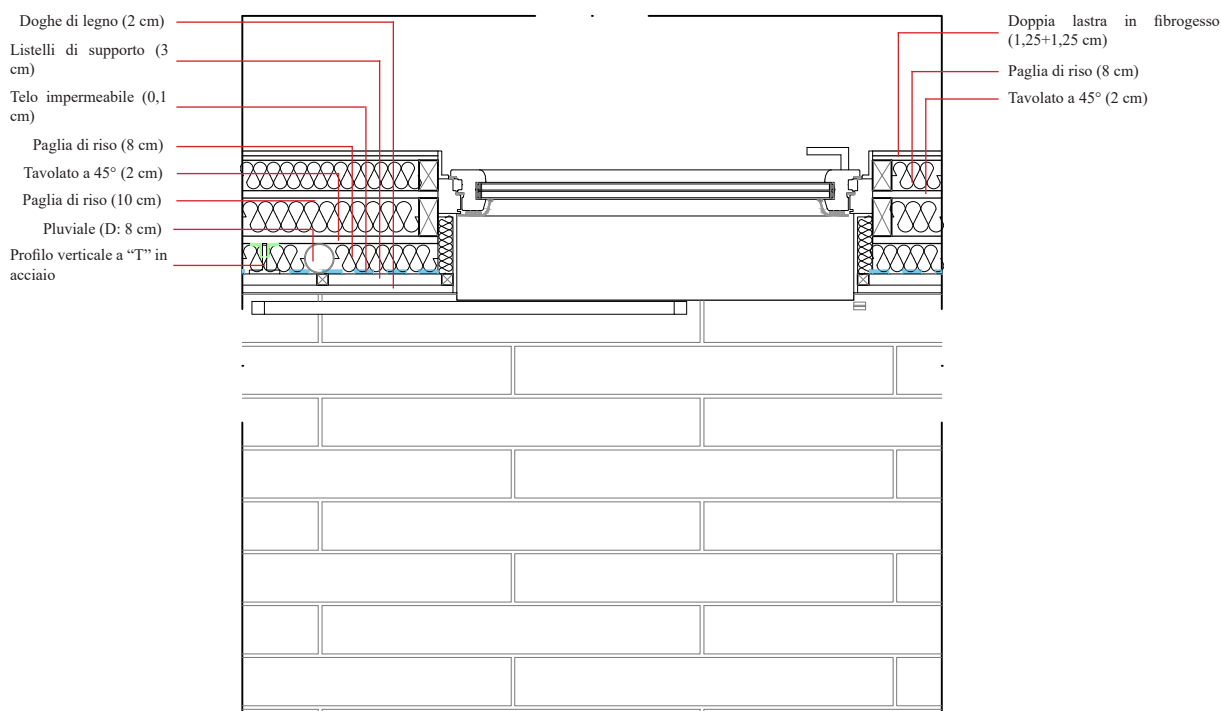


Figura 4.25. _Nodo solaio interpiano - parete perimetrale - balconata esterna (pianta) (scala 1:20)

Una peculiarità di questa soluzione progettuale, come ben visibile sulle tavole di progetto delle piante dell'edificio, è che i profili verticali a "T", inseriti nello spessore di isolante esterno, risultano di sezione minore rispetto le altre due soluzioni, di conseguenza dovranno essere presenti in maggior quantità. Tale soluzione è dettata dalla volontà progettuale di inserire il profilo verticale all'interno del cappotto esterno che, in questa soluzione, risulta più sottile.

Lo strato di cappotto esterno presenterà ulteriori discontinuità dettate dalla necessità di inserire al suo interno i pluviali per l'allontanamento delle acque meteoriche.

La copertura inclinata, realizzata mediante orditura di tavi lignee principali e secondarie. Presenta una finitura sul lato interno costituita da una lastra di cartongesso ancorata ad un'orditura di supporto in listelli in legno di abete. L'isolamento è costituito da una doppia listellatura lignea con interposto isolante in paglia di riso.

La copertura risulta ventilata con doppia orditura lignea a sostegno della lamiera in copertura.

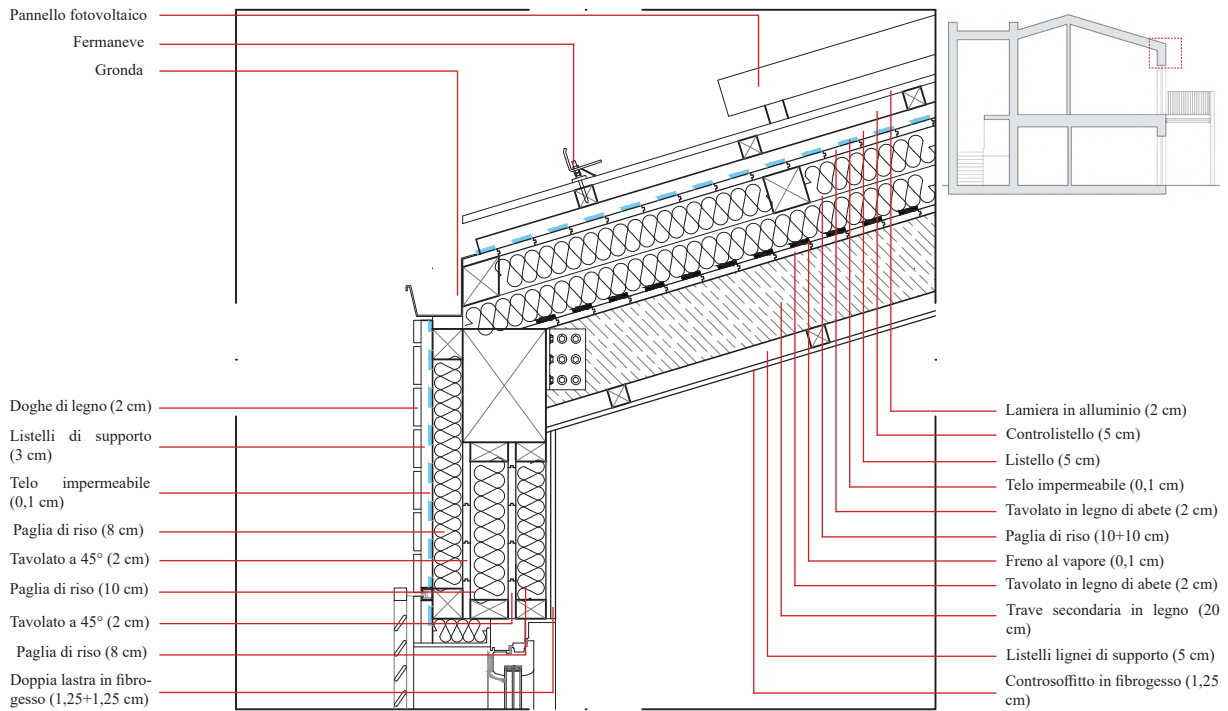


Figura 4.26._ Nodo parete esterna - copertura inclinata (scala 1:20)

Le travi, analogamente al solaio di interpiano, sono giuntate tramite giunzione a secco con piastra di fissaggio metallica a “L” con chiodi.

Il tetto risulta ventilato con il colmo che presenta apposita apertura per terminare la ventilazione ancorato alla listellatura sottostante.

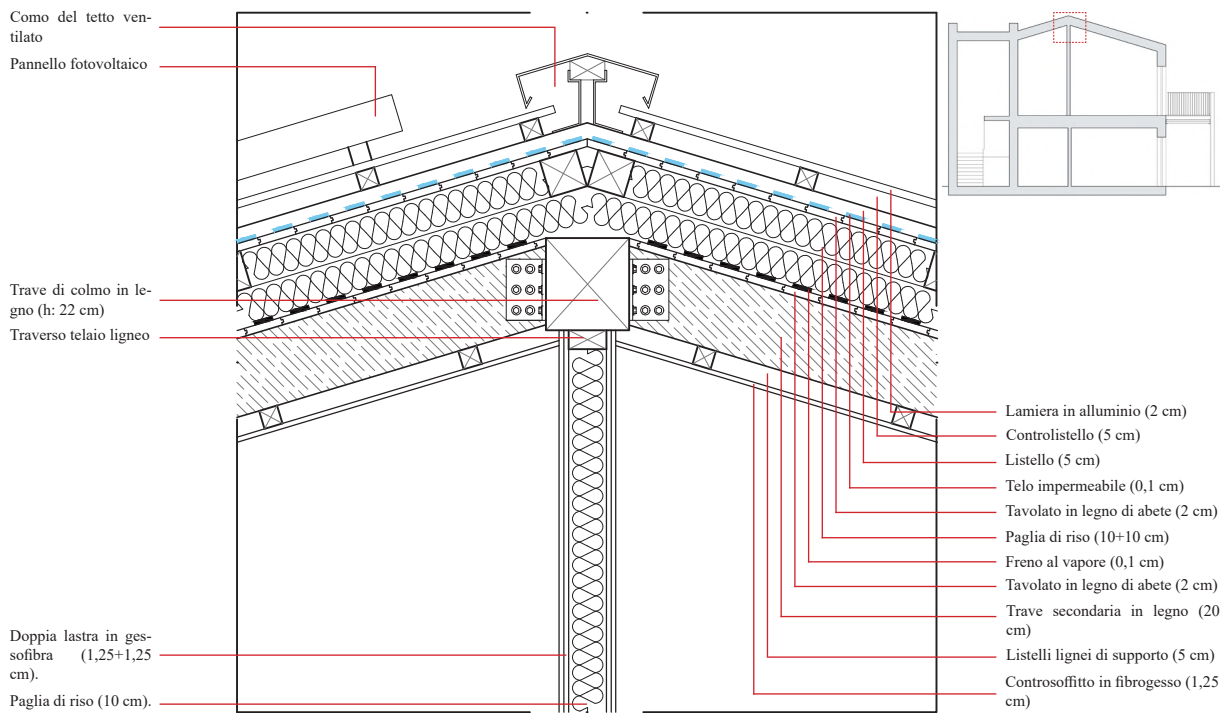


Figura 4.27._ Nodo parete esterna - colmo copertura inclinata (scala 1:20)

La copertura a verde in questa soluzione poggia sopra ad una struttura a telaio ligneo che ospita all'interno la scala costituita da una struttura lignea ancorata al telaio

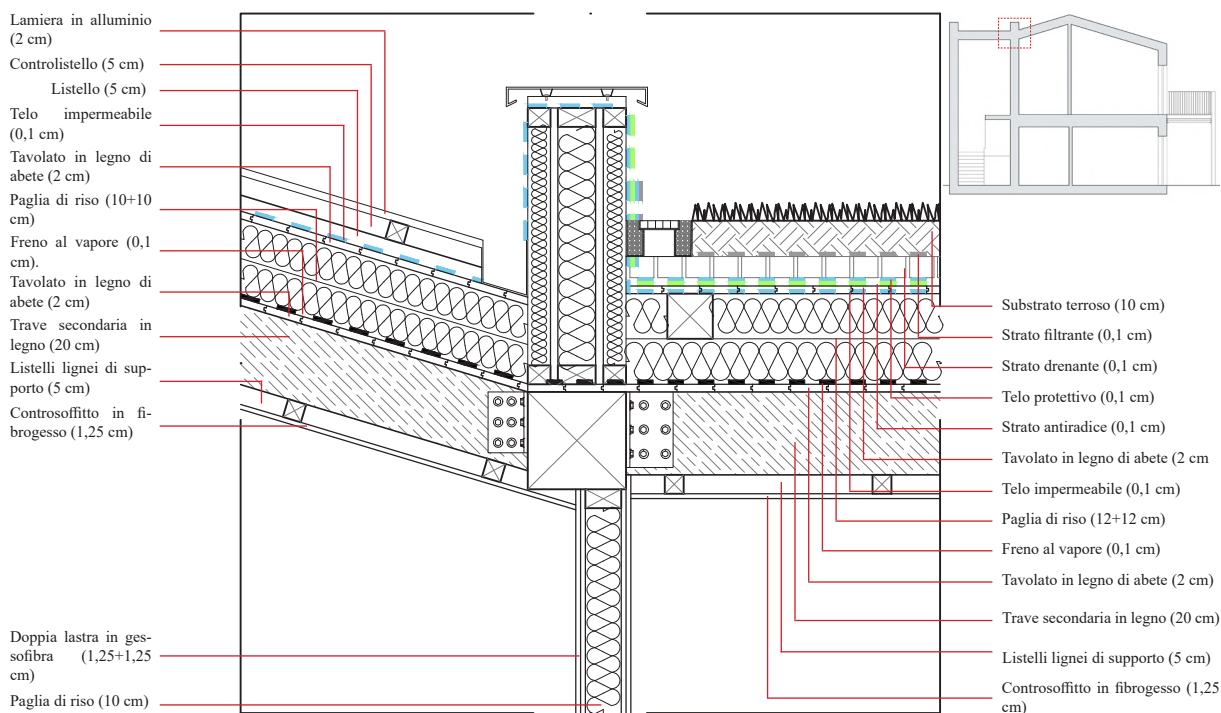


Figura 4.28._ Nodo parete divisoria interna - copertura inclinata - copertura verde (scala 1:20)

4.11. Materiali isolanti utilizzati

4.11.1. Ricehouse

I materiali per l'isolamento termo-acustico nella terza soluzione progettuale provengono dalla ditta "Ricehouse".

Ricehouse è una startup nata a Biella nel 2016 da un'idea dell'architetta Tiziana Monterisi e dal geologo Alessio Colombo. "È un esempio completo di economia circolare che, grazie allo sviluppo di una linea di prodotti per l'edilizia derivanti dall'impiego degli scarti di lavorazione agricola ed industriale del riso, offre la possibilità di risolvere i problemi ambientali direttamente connessi allo smaltimento degli stessi"¹⁵.

Ricehouse ha creato una sinergia dialogando con aziende agricole, esperti dei diversi settori come design, arredamento e moda, invitandoli ad accogliere i processi innovativi da loro proposti.

L'obiettivo è studiare prodotti per l'edilizia ad alto contenuto di riciclato, quindi poco costosi in termini di materia prima, che consentano di ottenere alta efficienza energetica, ottime prestazioni di isolamento acustico ed elevato confort abitativo (soprattutto in termini di salubrità dell'aria indoor) e che siano riciclabili.

¹⁵ Fonte: Ricehouse < <https://www.ricehouse.it/la-nostra-storia/> > (ultimo accesso 05.10.2022).

Parallelamente si studiano nuove tecniche di assemblaggio e posa in opera, offrendo consulenza ai progettisti e ai costruttori.



Figura 4.29._ Il logo e lo slogan di RiceHouse

Fonte: Bruni, Simone, *Studio di un nuovo pannello isolante per l'edilizia composto da paglia di riso trinciata e legante vegetale*, Rel. Jean Marc Tulliani, Torino, Politecnico, Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, aa. 2020/2021, p. 9.

4.11.2. RH-50

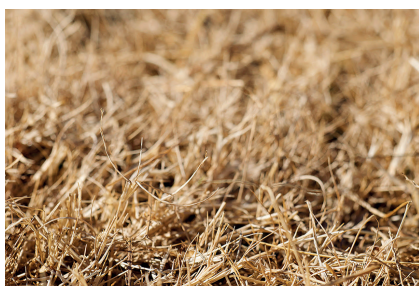


Figura 4.30._ Paglia di riso.

Fonte: RiceHouse < <https://www.ricehouse.it/> > (ultimo accesso 05.10.2022).

4.11.3. RH-L



Figura 4.31._ Lolla di riso.

Fonte: Idem (ultimo accesso 30.09.2023).

Questi materiali vengono prodotti utilizzando in particolare la lolla e la paglia di riso che diventano costituente principale di pannelli per il tamponamento e per l'isolamento termo-acustico e costituente di materiali umidi come intonaci o sottofondi.

L'obiettivo è creare dei materiali che possano soppiantare i prodotti per l'edilizia tradizionale, come calcestruzzo e laterizio, offrendo vantaggi sia dal punto di vista ambientale che economico.

I materiali utilizzati nel progetto sono il pannello in paglia di riso "RH-30" e l'inerte naturale in lolla di riso "RH-L".

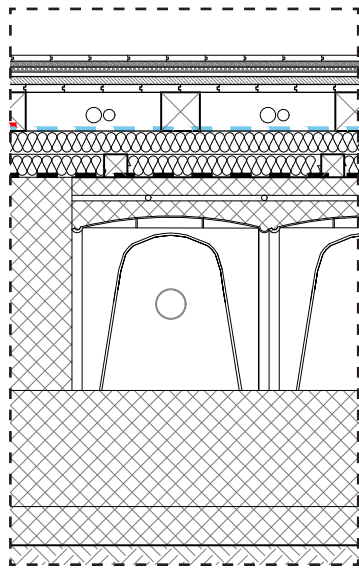
Isolante semi-rigido ottenuto da paglia di riso pressata e addizionata con fibre di poliestere (costituenti l' 8% in volume del totale). Presenta ottime proprietà di isolamento termico e acustico, è salubre e garantisce ottimi livelli di comfort abitativo. Risulta inattaccabile da funghi e insetti garantendo così la durabilità del materiale. Presenta inoltre un'ottima resistenza al fuoco. È un materiale ecologico, riciclabile, costituito al 92% da materiale riciclato e contribuisce alla sostenibilità ambientale in quanto sottrae CO₂ dall'atmosfera.

Inerte riciclato in lolla di riso. Non presenta sostanze aggiuntive. Possiede ottime capacità di isolamento termico e acustico. Contribuisce alla sostenibilità ambientale in quanto sottrae CO₂ dall'atmosfera.

È un materiale ecologico, riutilizzabile e riciclabile a fine vita per la realizzazione di intonaci, calcestruzzi e sottofondi.

4.12. Calcolo delle proprietà delle chiusure esterne

4.12.1. Solaio a terra



STRATIGRAFIA

- Pavimento in parquet o grès (s: 2 cm)
- Materassino sottopavimento (s: 1,5 cm)
- Lastra in fibrogesso con tubo radiante (s: 1,25 cm)
- Lastra in fibrogesso (s: 2 cm)
- Fibra di legno ad alta densità (s: 2 cm)
- Perlinato in legno di abete (s: 2 cm)
- Massetto a secco in inerte in lolla di riso (s: 10 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Isolante in paglia di riso (s: 6+6 cm)
- Guaina bitumata (s:0,1 cm)
- Vespaio areato con soletta collaborante (s:45+10 cm)
- Platea di fondazione in cls armato (s:30 cm)
- Magrone di fondazione (s:10 cm)

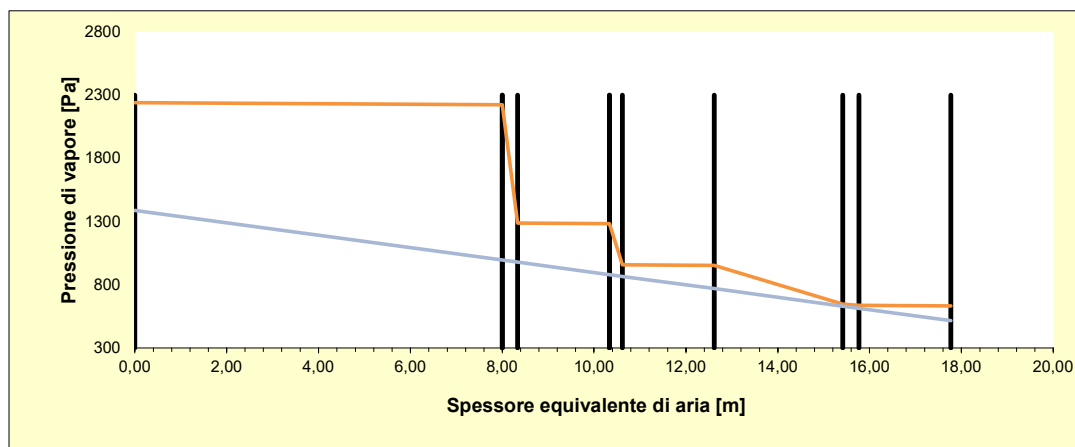
PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 5,172 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 4,701 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,002 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 71,1 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 64,6 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 7,034 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,142 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,017

Sfasamento

- 1,15 h
- 4,58 h
- 5,13 h

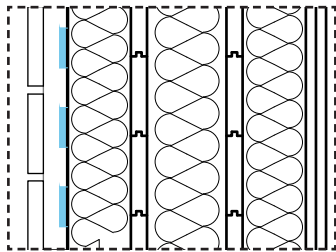
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.12.2. Parete esterna



STRATIGRAFIA

- Doghe di legno (s: 2 cm)
- Listelli di supporto (s: 3 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Isolante in paglia di riso (s: 8 cm)
- Perlinato a 45° (s: 2 cm)
- Isolante in paglia di riso (s: 10 cm)
- Perlinato a 45° (s: 2 cm)
- Isolante in paglia di riso (8 cm)
- Doppia lastra in gessofibra (s: 1,25+1,25 cm)

PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 2,419 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 0,547 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,020 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 33,4 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 7,7 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 7,222 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,138 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,148

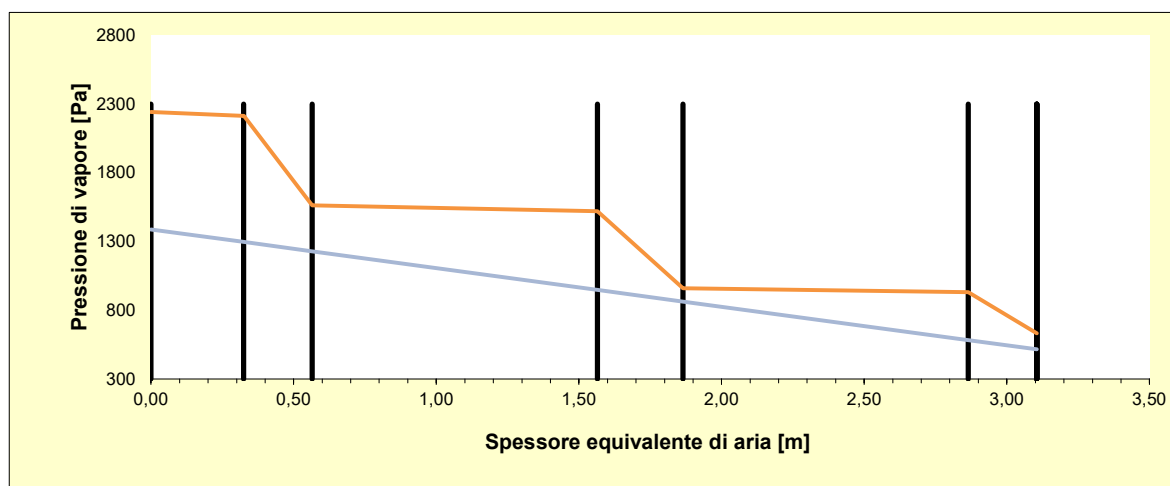
Sfasamento

3,89 h

2,11 h

11,49 h

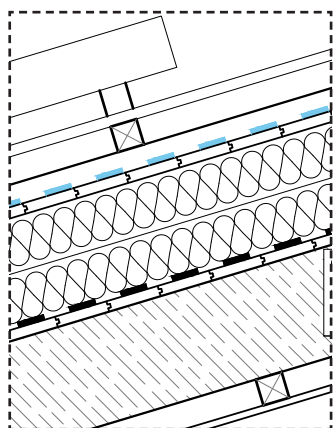
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Non vi è condensa interstiziale.

4.12.3. Copertura inclinata



STRATIGRAFIA

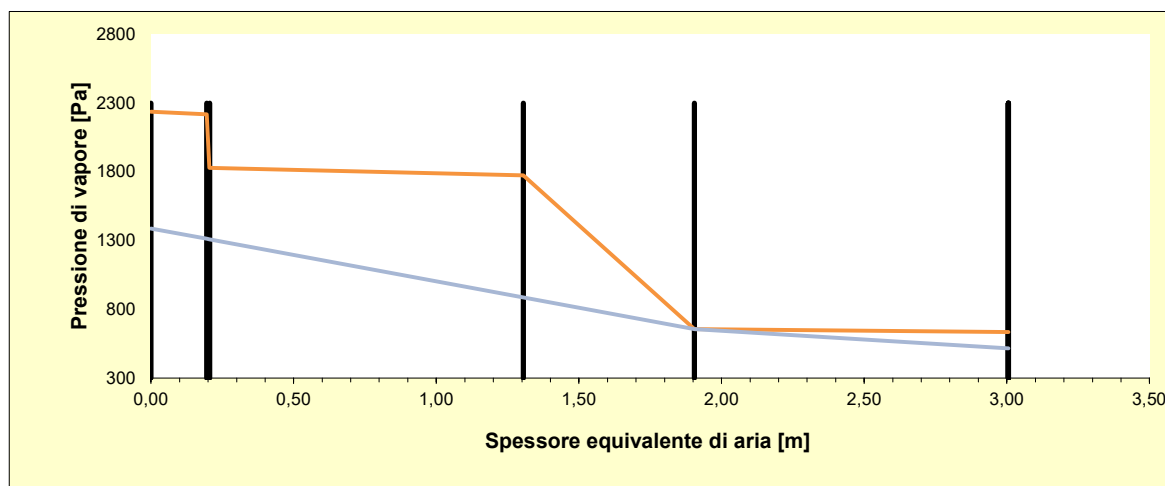
- Lamiera di alluminio (s: 2 cm)
- Controlistello (s: 5 cm)
- Listello (s: 5 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Perlinato in legno di abete (s: 2 cm)
- Isolante in paglia di riso (s: 10+10 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Perlinato in legno di abete (s: 2 cm)
- Trave secondaria in legno (s: 20 cm)
- Listelli di supporto in legno (s:5 cm)
- Lastra in gessofibra (s:1,25 cm)

PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 1,714 W/m²K 3,95 h
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 1,547 W/m²K 4,57 h
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,055 W/m²K -9,32 h
- Capacità termica aerica interna (k_i): 24,7 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 21,9 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,723 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,149 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,371

Sfasamento

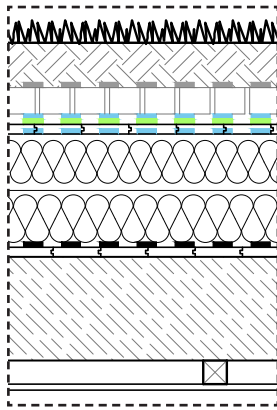
VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Vi è condensa interstiziale nei mesi da novembre a febbraio. Tuttavia si resta nei limiti accettati da normativa, di conseguenza evapora nei mesi estivi.

4.12.4. Copertura a verde



STRATIGRAFIA

- Substrato terroso (s: 10 cm)
- Strato filtrante (s: 0,1 cm)
- Strato drenante (s: 10 cm)
- Telo protettivo (s: 0,1 cm)
- Strato antiradice (s: 0,1 cm)
- Tavolato in legno di abete (s: 2 cm)
- Telo impermeabile (s: 0,1 cm)
- Isolante in paglia di riso (s: 12+12 cm)
- Freno al vapore (s: 0,1 cm)
- Tavolato in legno di abete (s: 2 cm)
- Trave secondaria in legno (s: 22 cm)
- Listelli di supporto in legno (s: 5 cm)
- Lastra in gesso (s: 1,25 cm)

PARAMETRI

- Ammettenza termica interna (Y_{ii}): 2,774 W/m²K
- Ammettenza termica esterna (Y_{ee}): 10,805 W/m²K
- Trasmittanza termica periodica (Y_{ie}): 0,008 W/m²K
- Capacità termica aerica interna (k_i): 38,1 KJ/m²K
- Capacità termica aerica esterna (k_e): 148,5 KJ/m²K
- Resistenza termica (R): 6,849 m²K/W
- Trasmittanza termica (U): 0,146 W/m²K
- Fattore di attenuazione (f): 0,057

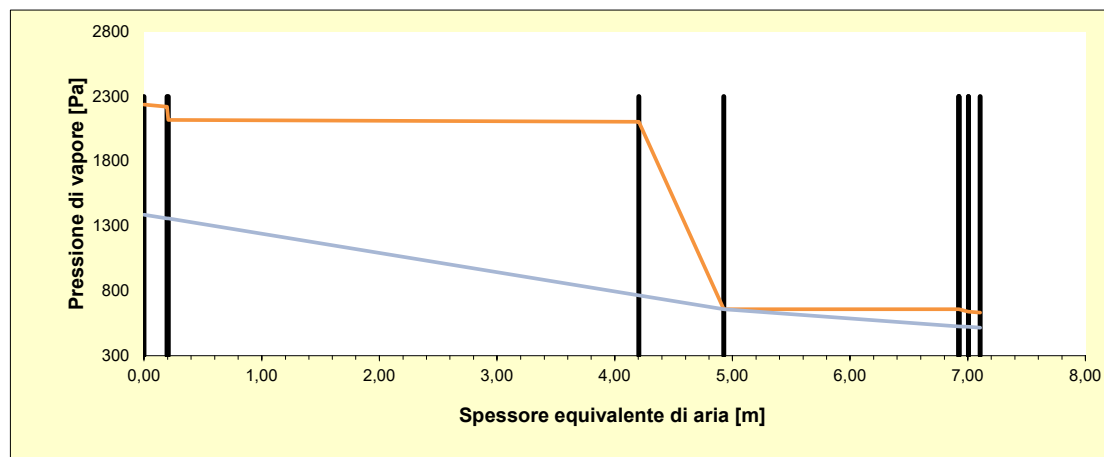
Sfasamento

2,40 h

1,90 h

5,12 h

VERIFICA DIAGRAMMA DI GLASER



Non vi è condensa superficiale.

Vi è condensa interstiziale nei mesi da novembre a febbraio. Tuttavia si resta nei limiti accettati da normativa, di conseguenza evapora nei mesi estivi.

4.13. Considerazioni

In estrema sintesi, dell'analisi comparativa delle tre soluzioni costruttive, risulta che tutte sono sostanzialmente sovrapponibili, con un vantaggio dimensionale dei vani per la soluzione a telaio in legno.

Pertanto, complessivamente, a livello di distribuzione interna risulta sicuramente preferibile la soluzione a telaio in legno. Essa infatti, oltre a consentire un'ampia e pressochè totale libertà nel posizionamento delle aperture interne ed esterne, garantisce anche la maggiore superficie utile dei locali a parità di impronta esterna dell'edificio. La peculiarità di poter prevedere l'allocatione dello strato isolante all'interno delle strutture di tamponamento esterno riassume pertanto lo spessore delle stesse a totale vantaggio della superficie utile.

Analogamente alla struttura in "xlam", presenta vantaggi dovuti al fatto che si utilizza una soluzione a secco di rapido montaggio, con conseguenti risparmi in fase di cantiere.

Presenta facilità negli interventi di manutenzione e sostituzione, con conseguenti risparmi in termini di costi nella fase di gestione. Oltre alla possibilità del completo smontaggio con conseguente separazione totale dei materiali a fine vita.

La soluzione a telaio in legno inoltre, a differenza dell'"xlam", presenta un costo iniziale più contenuto.

Anche sotto il profilo ecologico risulta la soluzione più ottimale in quanto i materiali utilizzati provengono da fonti rinnovabili e sono riciclati e riciclabili a fine vita tramite sottoprodotti. Oltre ad essere naturali e privi di sostanze tossiche. In alcuni casi risultano riutilizzabili.

La criticità, in termini ecologici, è rappresentata dalla distanza tra il sito di cantiere e il luogo di approvvigionamento.

**VALUTAZIONE ECOLOGICA DEL
PROGETTO**

05

05. VALUTAZIONE ECOLOGICA DEL PROGETTO

5.1. Introduzione agli strumenti di valutazione

Negli ultimi anni l'aumento dell'attenzione riguardo le problematiche ambientali legate e conseguenti al settore edilizio ha spinto i tecnici ad adottare strumenti e criteri atti ad analizzare in maniera oggettiva e valutabile la sostenibilità ambientale inerente ad ogni fase del processo edilizio dalla cantierizzazione al fine vita in un'ottica di *Life cycle analysis*.

In numerosi paesi si sono adottate metodologie per la certificazione energetico-ambientale.

“La certificazione non deve essere vista meramente come la descrizione delle prestazioni dell'edificio, ma anche come l'occasione di formulare suggerimenti su possibili e fattibili interventi migliorativi, nello spirito di perseguire risparmi energetici e riduzione degli impatti ambientali rispetto alla situazione riscontrata. La certificazione può costituire un valido aiuto per il consumatore, ai fini della scelta della sua abitazione, con particolare riguardo alle caratteristiche energetiche e di benessere. Consente, inoltre, al venditore di evidenziare le qualità che valorizzano la costruzione”¹⁶.

I sistemi di valutazione sviluppati si basano su metodi a punteggio, in modo da fornire un valore sulla qualità ambientale dell'edificio e permettere al progettista di confrontare diverse soluzioni e scegliere tra diverse alternative progettuali.

Tra i principali strumenti di valutazione ricordiamo:

- BREEAM: si tratta di uno strumento di valutazione energetico-ambientale che valuta l'edificio basandosi su nove aree di valutazione, dove per ciascuna di esse viene assegnato un punteggio. Tale punteggio viene poi pesato in percentuale e ad ogni percentuale viene assegnato un giudizio sulla qualità energetico-ambientale dell'edificio.

La procedura per la certificazione si svolge sia in fase progettuale, sia al termine del cantiere così da tenere in conto anche le varianti in corso d'opera.

- HQE: analizza quattorci “indicatori” distinguendoli in due aree, la prima riguardo la riduzione degli impatti sull'ambiente esterno e la seconda orientata al confort abitativo interno. Anche in questo caso il sistema analizza tutte le fasi del ciclo di vita dell'immobile. Esso è applicabile sia ai casi di nuova costruzione, sia di ristrutturazione.

- LEED: strumento di autocertificazione nato negli Stati Uniti e successivamente adottato in numerosi paesi, applicato dal progettista per “verificare quante e quali misure ecologiche siano state adottate e implementate nella costruzione”¹⁷.

- ITACA: protocollo redatto dall'omonimo Ente, è stato approvato dalle Regioni, dalle Amministrazioni Statali e dagli organismi rappresentativi delle categorie di settore come strumento

¹⁶ Cumo, Fabrizio; Di Matteo, Umberto; Burlandi, Sabrina, *ITACA. Applicazione critica del protocollo per la valutazione della sostenibilità energetica e ambientale degli edifici. Casi studio in edilizia residenziale e terziaria*, Roma, Gangemi, 2012, p. 46.

¹⁷ Cumo, F.; Di Matteo, U., Burlandi, S., Idem, pag. 52.

per la valutazione dell'ecologicità di un progetto. Anche in questo caso si è in presenza di un metodo a punteggio basato su trentaquattro schede che definiscono ogni elemento concorrente alla sostenibilità di un progetto.

Quest'ultimo risulterà lo strumento applicato per una valutazione e comparazione del grado di ecologicità delle tre soluzioni progettuali, in quanto considera le proprietà intrinseche di ciascun materiale utilizzato come ad esempio la quantità di materiale riciclato e da fonte rinnovabile presente al suo interno, nonché il grado di riciclabilità di ciascuno di essi a fine vita. Inoltre esso permette di suddividere l'organismo edilizio in classi di unità tecnologiche in modo da analizzare quale genera maggiore impatto.

5.2. La struttura del Protocollo ITACA

Il protocollo è nato inizialmente per lo studio di edifici residenziali, successivamente si è esteso anche a progetti di edilizia commerciale, terziaria e industriale. Si può applicare sia ad interventi di nuova costruzione, sia ad interventi di ristrutturazione o ampliamento di volumetrie esistenti. A differenza dei metodi precedentemente illustrati esso risulta applicabile a qualsiasi area geografica perchè non tiene conto di elementi quali normative, condizioni climatiche e ambientali.

“Il Protocollo è stato sino ad oggi prevalentemente adottato ad integrazione di regolamenti edilizi di Regioni, Province e Comuni, ciascuno di questi Enti può, all'occorrenza, definire quali siano gli eventuali nuovi ambiti di intervento”¹⁸.

Esso è costituito da trentaquattro schede suddivise nelle cinque aree seguenti

- Qualità del sito
- Consumo di risorse
- Carichi ambientali
- Qualità dell'ambiente interno
- Qualità del servizio

La valutazione viene effettuata tramite un punteggio che varia da -1 a +5 e a ciascun valore corrisponde una scala di valutazione. Il punteggio “-1”, ad esempio, indica il livello più basso di prestazione, pertanto fuori scala per la normativa vigente. Il punteggio “0” rappresenta la soglia di minima rispondenza ai requisiti indicati dalla normativa.

Punteggi crescenti indicano un miglioramento sempre più marcato rispetto la soglia minima indicata dalla normativa vigente. Il valore “+5” rappresenta un significativo miglioramento così da potersi considerare una soluzione corrispondente di carattere sperimentale.

¹⁸ Giordano, Roberto, *I prodotti per l'edilizia sostenibile; la compatibilità dei materiali nel processo edilizio*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2003, p. 46.

5.3. Applicazione progettuale

Di seguito è riportata l'applicazione del protocollo limitatamente agli aspetti di riciclabilità dei materiali.

In particolare tale analisi consente di ottenere un giudizio oggettivo relativo al “consumo di risorse” inteso come consumo di materiali. Si è deciso di applicare il Protocollo Itaca, alle tre diverse soluzioni costruttive impiegate, in ragione del fatto che le tre diverse soluzioni differiscono fra loro essenzialmente per i materiali impiegati per la realizzazione delle strutture e per gli elementi di tamponamento.

L'analisi del fabbisogno energetico invece verrà condotta per il calcolo del “*life cycle costing assessment*” trattato nel capitolo successivo.

In particolare del protocollo Itaca si sono eseguiti i calcoli limitatamente ai parametri B.4.6. (Materiali riciclati/recuperati), B.4.7. (Materiali da fonti rinnovabili).

Per le percentuali in peso di materiali riciclati e da fonte rinnovabile si è fatto riferimento a percentuali indicate su schede tecniche oppure forniti da apposite aziende.

Per i valori di densità dei calcestruzzi si è fatto riferimento alle “norme tecniche per le costruzioni aggiornate il 17 gennaio 2018”. In particolare per il calcestruzzo armato si è supposto un valore pari a 2500 kg/m³ ed un valore pari a 2400 kg/m³ per il magrone di fondazione considerato come “calcestruzzo ordinario”¹⁹.

5.3.1. Calcolo del parametro B.4.6. “materiali riciclati/recuperati”

Il parametro B.4.6. si riferisce alla quantità di materiali riciclati/recuperati presenti nella soluzione progettuale. In particolare si riferisce al rapporto in percentuale tra il volume di materiale ricilato e il volume totale dei materiali. Confrontando il valore ottenuto con i rispettivi della scala di prestazione si ottiene la valutazione a punteggio (vedi allegato 9.1.1. per la scheda di valutazione del parametro).

Per la prima soluzione costruttiva ad umido, se si esprime in percentuale il rapporto tra il volume di materiale riciclato (ottenuto dal peso del materiale per la percentuale in peso di riciclato) e il volume totale, si rientra in un range di punteggio appena sufficiente.

Tale punteggio è sicuramente influenzato dal fatto che il materiale avente maggiore influenza nel volume totale è il calcestruzzo. Esso deve rispettare una percentuale di riciclato in peso corrispondente al 5% secondo quanto stabilito dai “Criteri ambientali minimi”. Tuttavia negli ultimi anni si è riuscito ad aumentare tale valore arrivando a confezionare calcestruzzi, aventi resistenza caratteristica cubica a compressione pari a 55 MPa, con un quantitativo di aggregati

¹⁹ Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, *Aggiornamento delle << Norme tecniche per le costruzioni >>*, 2018, p. 46.

grossi di riciclo pari al 20% in peso²⁰.

Inoltre il risultato dimostra come il laterizio risulti un materiale che contribuisce in maniera rilevante alla generazione di rifiuti in quanto a fine vita non può essere sottoposto a trasformazioni per tornare ad un prodotto analogo a quello di partenza.

Anche i materiali isolanti come EPS e XPS risultano più “inquinanti” in quanto di composizione polimerica derivanti da risorse non rinnovabili.

CALCOLO PARAMETRO B.4.6. (MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI) PRIMA SOLUZIONE PROGETTUALE				
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Magrone	13	2400	20%	2,6
Platea in cls armato	30,9	2500	20%	6,18
Cordoli in cls armato	12,9	2500	20%	2,58
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		60%	16,77
Getto in cls di completamento	7,8	2500	20%	1,56
Guaina bitumata	0,104	185	0%	0
Isolante in XPS	12,64	35	10%	1,264
Telo protettivo	0,083	185	0%	0
Massetto cementizio	3,95	1000	0%	0
Sottofondo in cls e sabbia	3,95	2000	0%	0
Pavimento in legno	1,02	2000	0%	0
Grés	0,165	2000	70%	0,1155
TOTALE	114,462			31,0695
STRUTTURA DI ELEVAZIONE VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Pilastri in cls armato	2,95	2500	20%	0,59
Setto murario verticale in cls armato	13	2500	20%	2,6
Setto murario orizzontale in cls armato	1,26	2500	20%	0,252
Travi in cls armato	6,85	2500	20%	1,37
Pignatte in laterizio	27,52	2500	0%	0
Getto di completamento in cls	6,88	2500	20%	1,376
TOTALE	58,46			6,188
PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Intonaco interno	1,185	1600	0%	0
Massetto cementizio	3,9	1000	0%	0
Sottofondo in cls e sabbia	3,9	2000	0%	0
Pavimento in legno	1,05	2100	0%	0
Grés	0,18	345	70%	0,126
TOTALE	10,215			0,126
PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Intonaco interno	3,3	1600	0%	0
Blocco in laterizio	53,7	700	0%	0
Isolante in EPS	41,76	15	10%	4,176
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listelli di supporto	0,38	2000	0%	0
Doghe di legno	4,5	2000	0%	0
Intonaco esterno	0,18	1600	0%	0
TOTALE	103,82			4,176

²⁰ ABICERT, l'ente di certificazione < <https://www.abicert.it/aggregati-riciclati/#:~:text=Oggi%20%C3%A8%20possibile%20confezionare%20un,composto%20di%20frammenti%20di%20calcestruzzo> > (ultimo accesso 09.03.2023).

PARETE DIVISORIA INTERNA (PIANO TERRA)	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Intonaco interno	888,3	1600	0%	0
Laterizio divisorio	559,29	700	0%	0
TOTALE	1447,59			0

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Intonaco interno	1,35	1600	0%	0
Freno al vapore	0,108	300	0%	0
Listelli isolante	3,7	2000	0%	0
Isolante in EPS	48,4	35	10%	4,84
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listello	0,2	2000	0%	0
Controlistello	0,1	2000	0%	0
Lamiera	2,18	2700	0%	0
TOTALE	56,258			4,84

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Intonaco interno	0,0645	1600	0%	0
Freno al vapore	0,0043	300	0%	0
Isolante in XPS	0,9	35	10%	0,09
Listelli isolante	0,4	2000	0%	0
Telo impermeabile	0,0043	300	0%	0
Tavolato ligneo	0,086	2000	0%	0
Strato antiradice	0,0043	300	0%	0
Telo protettivo	0,0043	300	100%	0,0043
Strato drenante	0,0043	1000	0%	0
Strato filtrante	0,344	300	0%	0
Terreno	0,43	1800	100%	0,43
TOTALE	2,246			0,5243

TOTALE COMPLESSIVO	1793,051			46,9238
---------------------------	-----------------	--	--	----------------

Figura 5.1._Calcolo del parametro B.4.6. “materiali riciclati” per la prima soluzione costruttiva ad umido.

La seconda soluzione con struttura portante in pannelli in legno Xlam, presenta un punteggio rientrante nel range di “buono”, con una percentuale di riciclato pari al 43% in peso. Tale punteggio è influenzato dall’utilizzo dei materiali per l’isolamento e per le finiture interne. Nel primo caso la fibra di legno, utilizzata per isolare le pareti esterne, le pareti interne montate a secco e le coperture risulta un materiale sostenibile perchè costituito da legno di riciclo sottoposto a pressatura a caldo e incollaggio tramite acqua e solfato di alluminio. Anche il cartongesso che presenta un quantitativo di riciclato del 20% in peso risulta una buona soluzione. In particolare, se si confronta con il laterizio risulta una soluzione migliore perchè contribuisce ad aumentare la percentuale di materia prima seconda nel progetto.

Infine è importante valutare l’influenza dei pannelli in legno “Xlam” e dei profili lignei utilizzati per il montaggio delle pareti divisorie interne che sono stati considerati con una percentuale di riciclato nulla. Di conseguenza ciò ha avuto una notevole influenza sul risultato finale. Tuttavia è importante considerare che in un progetto il legno potrebbe essere di riutilizzo. Tale tecnica però nel caso dei pannelli prefabbricati non risulta sempre applicabile perchè si dovrebbe costruire un manufatto architettonico con forme e volumetrie analoghe a quello di partenza.

CALCOLO PARAMETRO B.4.6. (MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI) SECONDA SOLUZIONE PROGETTUALE				
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Magrone	13	2400	20%	2,6
Platea in cls armato	30,9	2500	20%	6,18
Cordoli in cls armato	12,9	2500	20%	2,58
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		60%	16,77
Getto in cls di completamento	7,8	2500	20%	1,56
Guaina bitumata	0,104	185	5%	0,0052
Isolante in XPS	12	35	10%	1,2
Listelli isolante	2	2000	0%	0
Telo protettivo	0,083	185	0%	0
Sottofondo in argilla espansa	5,9	680	0%	0
Fibra di legno ad alta densità	1,08	240	100%	1,08
Sottofondo in pannelli di gesso	2,1	1150	18%	0,378
Pavimento in legno	1,08	2000	0%	0
Grés	0,18	2000	70%	0,126
TOTALE	117,077			32,4792
STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Setti verticali in Xlam (10 cm)	25,64	500	0%	0
Setti verticali in Xlamn (9 cm)	7,4	500	0%	0
Setto orizzontale in Xlam (12 cm)	11,5	500	0%	0
Setto orizzontale in Xlam (14 cm)	14,3	500	0%	0
TOTALE	58,84			0
PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,335	1150	18%	0,2403
Listelli di supporto	0,28	2000	0%	0
Strato di separazione	0,092	1200	0%	0
Sottofondo in argilla espansa	3,9	680	0%	0
Fibra di legno ad alta densità	1,05	240	100%	1,05
Sottofondo in pannelli di gesso	2,1	1150	18%	0,378
Pavimento in legno	1,08	2000	0%	0
Grés	0,18	2000	70%	0,126
TOTALE	10,017			1,7943
PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Cartongesso	5,5	1150	18%	0,99
isolante in fibra di legno (5 cm)	13	50	100%	13
isolante in fibra di legno (18 cm)	41	160	100%	41
Telo protettivo	0,228	1200	0%	0
Listelli di supporto	0,38	2000	0%	0
Doghe di legno	4,5	2000	0%	0
Intonaco esterno	0,18	1600	0%	0
TOTALE	64,788			54,99
PARETE DIVISORIA INTERNA (PIANO TERRA)	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Cartongesso	9,2	1150	18%	1,656
Isolante in fibra di legno (10 cm)	15	160	100%	15
Montanti in legno	4	2000	0%	0
TOTALE	24,2			16,656
COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,335	1150	18%	0,2403
Isolante in fibra di legno (5 cm)	3,7	50	100%	3,7
Listelli isolante	0,7	2000	0%	0

Isolante in fibra di legno (14 cm)	14	160	100%	14
Listelli isolante	3	2000	0%	0
Isolante in fibra di legno ad alta densità (2,2 cm)	4,84	240	100%	4,84
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listello	0,2	2000	0%	0
Controlistello	0,1	2000	0%	0
Lamiera	2,18	2700	0%	0
TOTALE	22,435			22,7803

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	0,0645	1150	18%	0,01161
Isolante in fibra di legno (5 cm)	0,215	50	100%	0,215
Listelli isolante	0,1	2000	0%	0
Isolante in fibra di legno (16 cm)	0,8	160	100%	0,8
Listelli isolante	0,3	2000	0%	0
Telo impermeabile	0,0043	300	0%	0
Tavolato ligneo	0,086	2000	0%	0
Strato antiradice	0,0043	300	0%	0
Telo protettivo	0,0043	300	100%	0,0043
Strato drenante	0,0043	1000	0%	0
Strato filtrante	0,344	300	0%	0
Terreno	0,43	1800	100%	0,43
TOTALE	2,2567			1,46091

TOTALE COMPLESSIVO	299,6137			130,16071
---------------------------	-----------------	--	--	------------------

Figura 5.2. _Calcolo del parametro B.4.6. “materiali riciclati” per la seconda soluzione in “Xlam”.

Con la terza soluzione a telaio in legno si ottiene una percentuale alta di materiale riciclato pari al 64% del volume totale. Con tale soluzione il giudizio risulta “ottimo”. Ciò perchè come nella soluzione precedente si utilizza un isolante (la paglia di riso) che è un materiale completamente riciclato.

La percentuale più alta è dovuta al fatto che con il telaio rispetto ai pannelli ”Xlam” il legno (considerato nuovo) è presente in minor quantità.

CALCOLO PARAMETRO B.4.6. (MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI) TERZA SOLUZIONE PROGETTUALE				
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Magrone	13	2400	20%	2,6
Platea in cls armato	30,9	2500	20%	6,18
Cordoli in cls armato	12,9	2500	20%	2,58
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		60%	16,77
Getto in cls di completamento	7,8	2500	20%	1,56
Guaina bitumata	0,104	185	5%	0,0052
Isolante in paglia di riso	9	35	92%	8,28
Listelli isolante	2,4	2000	0%	0
Telo protettivo	0,09	185	0%	0
Sottofondo in lolla di riso	7	680	100%	7
Listelli sottofondo	1,25	2000	0%	0
Perlinato in legno di abete	1,7	2000	100%	1,7
Fibra di legno ad alta densità	2,2	240	100%	2,2
Sottofondo in pannelli di gesso	2,2	1150	18%	0,396
Pavimento in legno	1,5	2000	0%	0
Grés	0,2	2000	70%	0,14
TOTALE	120,194			49,4112

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Pilastrini in legno	4,6	450	0%	0
Travi principali in legno	6,5	450	0%	0
Travi secondarie in legno	4,5	450	0%	0
TOTALE	15,6			0

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,2975	1150	18%	0,23355
Listelli di supporto	0,25	2000	0%	0
Perlinato in legno di abete	1,8	1200	0%	0
Sottofondo in lolla di riso	5,6	680	100%	5,6
Listelli sottofondo	1,25	2000	0%	0
Perlinato in legno di abete (4 cm)	3,14	2000	0%	0
Perlinato in legno di abete	1,7	2000	100%	1,7
Fibra di legno ad alta densità	2,15	240	100%	2,15
Sottofondo in pannelli di gesso	2,15	1150	18%	0,387
Pavimento in legno	1,5	2000	0%	0
Grés	0,2	2000	70%	0,14
TOTALE	21,0375			10,21055

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Cartongesso	5,5	1150	18%	0,99
Isolante in paglia di riso (8 cm)	87	50	92%	80,04
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	2,95	160	0%	0
Isolante in paglia di riso (10 cm)	90	50	92%	82,8
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	4	2000	0%	0
Isolante in paglia di riso (8 cm)	17,36	50	92%	15,9712
Telo impermeabile	0,228	300	0%	0
Listelli di supporto	0,38	2000	0%	0
Doghe di legno	4,5	2000	0%	0
Intonaco RH500	0,18	1600	40%	0,072
TOTALE	212,098			179,8732

PARETE DIVISORIA INTERNA (PIANO TERRA)	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Cartongesso	12	1150	18%	2,16
Isolante in paglia di riso (10 cm)	15	160	92%	13,8
Montanti in legno	4	2000	0%	0
TOTALE	31			15,96

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,335	1150	18%	0,2403
Listelli isolante	0,1	50	0%	0
Perlinato in legno di abete	1,6	2000	0%	0
Isolante in paglia di riso (20 cm)	16	160	92%	14,72
Listelli isolante	0,75	2000	0%	0
Perlinato in legno di abete	1,6	240	0%	0
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listello	0,2	2000	0%	0
Controlistello	0,1	2000	0%	0
Lamiera	2,18	2700	0%	0
TOTALE	24,085			14,9603

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale riciclato (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	0,0645	1150	18%	0,01161
Listelli isolante	0,215	2000	0%	0
Perlinato in legno di abete	0,086	160	0%	0

Isolante in paglia di riso (24 cm)	0,12	2000	92%	0,1104
Perlinato in legno di abete	0,086	300	0%	0
Telo impermeabile	0,0043	2000	0%	0
Strato antiradice	0,0043	300	0%	0
Telo protettivo	0,0043	300	100%	0,0043
Strato drenante	0,0043	1000	0%	0
Strato filtrante	0,344	300	0%	0
Terreno	0,43	1800	100%	0,43
TOTALE	1,3627			0,55631
TOTALE COMPLESSIVO	425,3772			270,97156

Figura 5.3. _ Calcolo del parametro B.4.6. “materiali riciclati” per la terza soluzione a telaio in legno.

5.3.2. Calcolo del parametro B.4.7. “materiali da fonti rinnovabili”

Procedendo in modo analogo al parametro precedente è possibile valutare la percentuale sul volume totale di materiale da fonte rinnovabile presente in ciascuna soluzione.

La prima soluzione risulta anche la “meno ecologica” secondo il parametro B.4.7. “materiali da fonti rinnovabili”, con una percentuale sul volume totale di materiale da fonte rinnovabile pari a 1%. Ciò è dovuto al fatto che il calcestruzzo e il laterizio sono materiali che utilizzano sostanze come argille, calcari e acqua che sono risorse non rinnovabili. A tale proposito secondo i criteri ambientali minimi si è deciso di intervenire imponendo una percentuale di riciclato al suo interno per limitare l’estrazione di risorse per la realizzazione di edifici di nuova costruzione. Con tale soluzione i materiali che prevedono l’utilizzo di fonti rinnovabili si limitano solamente al legno per le finiture.

Risorse non rinnovabili sono anche utilizzate per la realizzazione dei sottofondi per il pavimento e i massetti portaimpanti anche essi costituiti da materiali cementizi.

Inoltre la soluzione presenta isolanti termo acustici policarburici costituiti in gran parte da sostanze che stanno scarseggiando e ottenuti da processi produttivi energivori, causa di rilevanti emissioni.

CALCOLO PARAMETRO B.4.7. (MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI) PRIMA SOLUZIONE PROGETTUALE				
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Magrone	13	2400	0%	0
Platea in cls armato	30,9	2500	0%	0
Cordoli in cls armato	12,9	2500	0%	0
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		0%	0
Getto in cls di completamento	7,8	2500	0%	0
Guaina bitumata	0,104	185	0%	0
Isolante in XPS	12,64	35	0%	0
Telo protettivo	0,083	185	0%	0
Massetto cementizio	3,95	1000	0%	0
Sottofondo in cls e sabbia	3,95	2000	0%	0
Pavimento in legno	1,02	2000	100%	1,02
Grés	0,165	2000	0%	0
TOTALE	114,462			1,02
STRUTTURA DI ELEVAZIONE VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Pilastrini in cls armato	2,95	2500	0%	0
Setto murario verticale in cls armato	13	2500	0%	0

Setto murario orizzontale in cls armato	1,26	2500	0%	0
Travi in cls armato	6,85	2500	0%	0
Pignatte in laterizio	27,52	2500	0%	0
Getto di complattamento in cls	6,88	2500	0%	0
TOTALE	58,46			0

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Intonaco interno	1,185	1600	0%	0
Massetto cementizio	3,9	1000	0%	0
Sottofondo in cls e sabbia	3,9	2000	0%	0
Pavimento in legno	1,05	2100	100%	1,05
Grés	0,18	345	0%	0
TOTALE	10,215			1,05

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Intonaco interno	3,3	1600	0%	0
Blocco in laterizio	53,7	700	0%	0
Isolante in EPS	41,76	15	0%	0
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listelli di supporto	0,38	2000	100%	0,38
Doghe di legno	4,5	2000	100%	4,5
Intonaco esterno	0,18	1600	0%	0
TOTALE	103,82			4,88

PARETE DIVISORIA INTERNA (PIANO TERRA)	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Intonaco interno	888,3	1600	0%	0
Laterizio divisorio	559,29	700	0%	0
TOTALE	1447,59			0

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Intonaco interno	1,35	1600	0%	0
Freno al vapore	0,108	300	0%	0
Listelli isolante	3,7	2000	100%	3,7
Isolante in EPS	48,4	35	0%	0
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listello	0,2	2000	100%	0,2
Controlistello	0,1	2000	100%	0,1
Lamiera	2,18	2700	0%	0
TOTALE	56,258			4

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Intonaco interno	0,0645	1600	0%	0
Freno al vapore	0,0043	300	0%	0
Isolante in XPS	0,9	35	0%	0
Listelli isolante	0,4	2000	100%	0,4
Telo impermeabile	0,0043	300	0%	0
Tavolato ligneo	0,086	2000	100%	0,086
Strato antiradice	0,0043	300	0%	0
Telo protettivo	0,0043	300	0%	0
Strato drenante	0,0043	1000	0%	0
Strato filtrante	0,344	300	0%	0
Terreno	0,43	1800	100%	0,43
TOTALE	2,246			0,916

TOTALE COMPLESSIVO	1793,051			11,866
---------------------------	-----------------	--	--	---------------

Figura 5.4._Calcolo del parametro B.4.7. “materiali da fonti rinnovabili” per la prima soluzione costruttiva ad umido.

La seconda soluzione presenta una percentuale alta, prossima al 52%, tale da rientrare nella categoria “ottimo” in quanto i pannelli “Xlam” fanno sì che il legno abbia un'influenza in peso

molto rilevante. Il legno infatti è considerato una risorsa al 100% rinnovabile, secondo quanto detto da Thomas Schrentewein “ogni anno nei nostri boschi cresce il doppio del legno che consumiamo”²¹. Di conseguenza anche le finiture e i listelli di supporto concorrono ad un aumento del punteggio finale, nonchè l’isolamento termico e acustico in fibra di legno suo derivato. Nel caso di quest’ultimo, tuttavia la percentuale risulta un po’ più bassa, prossima all’ 85% perchè vi è una percentuale in peso di collanti.

CALCOLO PARAMETRO B.4.7. (MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI) SECONDA SOLUZIONE PROGETTUALE				
SOLAIO A TERRA	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Magrone	13	2400	0%	0
Platea in cls armato	30,9	2500	0%	0
Cordoli in cls armato	12,9	2500	0%	0
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		0%	0
Getto in cls di completamento	7,8	2500	0%	0
Guaina bitumata	0,104	185	0%	0
Isolante in XPS	12	35	0%	0
Listelli isolante	2	2000	100%	2
Telo protettivo	0,083	185	0%	0
Sottofondo in argilla espansa	5,9	680	0%	0
Fibra di legno ad alta densità	1,08	240	100%	1,08
Sottofondo in pannelli di gesso	2,1	1150	20%	0,42
Pavimento in legno	1,08	2000	100%	1,08
Grés	0,18	2000	0%	0
TOTALE	117,077			4,58

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Setti verticali in Xlam (10 cm)	25,64	500	100%	25,64
Setti verticali in Xlamn (9 cm)	7,4	500	100%	7,4
Setto orizzontale in Xlam (12 cm)	11,5	500	100%	11,5
Setto orizzontale in Xlam (14 cm)	14,3	500	100%	14,3
TOTALE	58,84			58,84

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,335	1150	20%	0,267
Listelli di supporto	0,28	2000	100%	0,28
Strato di separazione	0,092	1200	0%	0
Sottofondo in argilla espansa	3,9	680	0%	0
Fibra di legno ad alta densità	1,05	240	100%	1,05
Sottofondo in pannelli di gesso	2,1	1150	20%	0,42
Pavimento in legno	1,08	2000	100%	1,08
Grés	0,18	2000	0%	0
TOTALE	10,017			3,097

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Cartongesso	5,5	1150	20%	1,1
isolante in fibra di legno (5 cm)	13	50	85%	11,05
isolante in fibra di legno (18 cm)	41	160	85%	34,85
Telo protettivo	0,228	1200	0%	0
Listelli di supporto	0,38	2000	100%	0,38
Doghe di legno	4,5	2000	100%	4,5
Intonaco esterno	0,18	1600	0%	0
TOTALE	64,788			51,88

PARETE DIVISORIA INTERNA (PIANO TERRA)	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Cartongesso	9,2	1150	20%	1,84

²¹ Schrentewein, T., *CasaClima: Costruire in legno* cit., p. 12.

Isolante in fibra di legno (10 cm)	15	160	85%	12,75
Montanti in legno	4	2000	100%	4
TOTALE	28,2			18,59

COPERTURA INCLINATA	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,335	1150	20%	0,267
Isolante in fibra di legno (5 cm)	3,7	50	85%	3,145
Listelli isolante	0,7	2000	100%	0,7
Isolante in fibra di legno (14 cm)	14	160	85%	11,9
Listelli isolante	3	2000	100%	3
Isolante in fibra di legno ad alta densità (2,2 cm)	4,84	240	85%	4,114
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listello	0,2	2000	100%	0,2
Controlistello	0,1	2000	100%	0,1
Lamiera	2,18	2700	0%	0
TOTALE	30,275			23,426

COPERTURA A VERDE	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	0,0645	1150	20%	0,0129
Isolante in fibra di legno (5 cm)	0,215	50	85%	0,18275
Listelli isolante	0,1	2000	100%	0,1
Isolante in fibra di legno (16 cm)	0,8	160	85%	0,68
Listelli isolante	0,3	2000	100%	0,3
Telo impermeabile	0,0043	300	0%	0
Tavolato ligneo	0,086	2000	100%	0,086
Strato antiradice	0,0043	300	0%	0
Telo protettivo	0,0043	300	0%	0
Strato drenante	0,0043	1000	0%	0
Strato filtrante	0,344	300	0%	0
Terreno	0,43	1800	100%	0,43
TOTALE	2,3567			1,79165

TOTALE COMPLESSIVO	311,5537			162,20465
---------------------------	-----------------	--	--	------------------

Figura 5.5. _Calcolo del parametro B.4.7. “materiali da fonti rinnovabili” per la seconda soluzione in “Xlam”.

La terza soluzione, con la struttura a telaio in legno, analogamente al parametro del paragrafo precedente presenta una percentuale in peso più alta della seconda soluzione pari al 68%. In quanto vi è meno legno utilizzato.

CALCOLO PARAMETRO B.4.7. (MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI) TERZA SOLUZIONE PROGETTUALE				
SOLAIO A TERRA	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Magrone	13	2400	0%	0
Platea in cls armato	30,9	2500	0%	0
Cordoli in cls armato	12,9	2500	0%	0
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		0%	0
Getto in cls di completamento	7,8	2500	0%	0
Guaina bitumata	0,104	185	0%	0
Isolante in paglia di riso	9	35	92%	8,28
Listelli isolante	2,4	2000	100%	2,4
Telo protettivo	0,09	185	0%	0
Sottofondo in lolla di riso	7	680	100%	7
Listelli sottofondo	1,25	2000	100%	1,25
Perlinato in legno di abete	1,7	2000	100%	1,7
Fibra di legno ad alta densità	2,2	240	100%	2,2
Sottofondo in pannelli di gesso	2,2	1150	20%	0,44
Pavimento in legno	1,5	2000	100%	1,5
Grés	0,2	2000	0%	0
TOTALE	120,194			24,77

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Pilastri in legno	4,6	450	100%	4,6
Travi principali in legno	6,5	450	100%	6,5
Travi secondarie in legno	4,5	450	100%	4,5
TOTALE	15,6			15,6

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,2975	1150	20%	0,2595
Listelli di supporto	0,25	2000	100%	0,25
Perlinato in legno di abete	1,8	1200	100%	1,8
Sottofondo in lolla di riso	5,6	680	100%	5,6
Listelli sottofondo	1,25	2000	100%	1,25
Perlinato in legno di abete (4 cm)	3,14	2000	100%	3,14
Perlinato in legno di abete	1,7	2000	100%	1,7
Fibra di legno ad alta densità	2,15	240	100%	2,15
Sottofondo in pannelli di gesso	2,15	1150	20%	0,43
Pavimento in legno	1,5	2000	100%	1,5
Grés	0,2	2000	0%	0
TOTALE	21,0375			18,0795

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Cartongesso	5,5	1150	20%	1,1
Isolante in paglia di riso (8 cm)	87	50	92%	80,04
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	2,95	160	100%	2,95
Isolante in paglia di riso (10 cm)	90	50	92%	82,8
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	4	2000	100%	4
Isolante in paglia di riso (8 cm)	17,36	50	92%	15,9712
Telo impermeabile	0,228	300	0%	0
Listelli di supporto	0,38	2000	100%	0,38
Doghe di legno	4,5	2000	100%	4,5
Intonaco RH500	0,18	1600	40%	0,072
TOTALE	212,098			191,8132

PARETE DIVISORIA INTERNA (PIANO TERRA)	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Cartongesso	12	1150	20%	2,4
Isolante in paglia di riso (10 cm)	15	160	92%	13,8
Montanti in legno	4	2000	100%	4
TOTALE	31			20,2

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	1,335	1150	20%	0,267
Listelli isolante	0,1	50	100%	0,1
Perlinato in legno di abete	1,6	2000	100%	1,6
Isolante in paglia di riso (20 cm)	16	160	92%	14,72
Listelli isolante	0,75	2000	100%	0,75
Perlinato in legno di abete	1,6	240	100%	1,6
Telo impermeabile	0,22	300	0%	0
Listello	0,2	2000	100%	0,2
Controlistello	0,1	2000	100%	0,1
Lamiera	2,18	2700	0%	0
TOTALE	24,085			19,337

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Percentuale da fonte rinnovabile (B)	Volume*B
Controsoffitto in cartongesso	0,0645	1150	20%	0,0129
Listelli isolante	0,215	2000	100%	0,215
Perlinato in legno di abete	0,086	160	100%	0,086
Isolante in paglia di riso (24 cm)	0,12	2000	92%	0,1104
Perlinato in legno di abete	0,086	300	100%	0,086
Telo impermeabile	0,0043	2000	0%	0
Strato antiradice	0,0043	300	0%	0
Telo protettivo	0,0043	300	0%	0

Strato drenante	0,0043	1000	0%	0
Strato filtrante	0,344	300	0%	0
Terreno	0,43	1800	100%	0,43
TOTALE	1,3627			0,9403
TOTALE COMPLESSIVO	425,3772			290,74

Figura 5.6._Calcolo del parametro B.4.7. “materiali da fonti rinnovabili” per la terza soluzione a telaio in legno.

5.4. Considerazioni

L'applicazione del protocollo ITACA dimostra che tra le tre soluzioni di involucro edilizio la migliore risulta la terza, con struttura a telaio in legno e materiali per l'isolamento dell'azienda “RiceHouse”.

L'elemento che sicuramente esercita un peso maggiore nel punteggio risulta il legno, esso contribuisce alla sostenibilità ambientale in quanto materiale da fonte rinnovabile e riutilizzabile/riciclabile a fine vita. Su questo ultimo punto è importante fare una considerazione.

Esso può essere riutilizzato perchè giuntato mediante assemblaggio a secco. Tuttavia esso necessita di interventi volti a incrementare la sua resistenza all'umidità che riducono il grado di riciclabilità perchè realizzati tramite l'applicazione di vernici. Criticità maggiore si ha se questi solventi contengono sostanze nocive che si liberano durante la combustione. Viceversa esso può essere termovalorizzato a fine vita e in tal caso non emette sostanze tossiche ma libera solamente la CO₂ accumulata durante la vita.

Cosa certa è che il legno è una risorsa al 100% rinnovabile, trasformata a fine vita mediante cippatura e sfibratura in prodotti di qualità inferiore quali pannelli isolanti e truciolari mineralizzati.

Discorso diverso è per il riutilizzo, perchè gli elementi lignei in linea teorica potrebbero essere presi in quanto tali e riutilizzati in un nuovo organismo edilizio. La procedura risulta però complicata con la prefabbricazione, in particolare nel caso dei pannelli “Xlam”, perchè essendo sagomati secondo precise volumetrie da progetto, potrebbero essere applicati solamente a progetti analoghi a quello di partenza. Più semplice è il riutilizzo degli elementi appartenenti a telai fabbricati in loco, in particolari i montanti e le traverse dei tramezzi interni, che sono semplici da smontare ed è facile che siano uguali in un altro progetto.

Discorso analogo vale per i materiali isolanti, essi se di origine naturale e assemblati a secco possono essere riciclati in materiali analoghi a quello di partenza oppure compostabili o termovalorizzabili.

Se utilizzati per isolare intercapedini, o se non presentano danni alla loro struttura di tipo meccanico o dovuto a cause fisiche quali umidità e funghi, possono essere presi e come tali utilizzati per un altro progetto.

Il discorso per il riutilizzo vale anche per gli isolanti di origine minerale e sintetica. Tuttavia questi ultimi risultano poco sostenibili perchè derivanti da risorse non rinnovabili.

Per valutare la sostenibilità di un materiale sarebbe però necessaria un'analisi del ciclo di vita

più approfondita perchè vi sono dei materiali che vengono considerati come sostenibili ma ottenuti da processi energivori legati allo sfruttamento di fonti non rinnovabili.

Inoltre è importante considerare che, al momento, non si può fare a meno dell'utilizzo di isolanti di origine sintetica in quanto in ogni progetto vi è la necessità di isolare chiusure controterra e gli isolanti naturali non possono essere utilizzati a tale scopo in quanto sensibili all'umidità.

Si può concludere dicendo che al fine della sostenibilità ogni materiale ha il suo impatto ambientale come consumo di risorse, ma si può intervenire preferendo materiali naturali e tecniche di assemblaggio a secco che facilitano la separazione dei materiali a fine vita e di conseguenza il riciclaggio e la riduzione dei rifiuti.

**VALUTAZIONE ECONOMICA
DEL PROGETTO**

06

06. VALUTAZIONE ECONOMICA DEL PROGETTO

6.1. Introduzione

Le problematiche ambientali degli ultimi decenni, la crisi economica che ha colpito i vari settori, compreso quello dell'edilizia e la crisi ambientale che ha spinto ad avviare progetti di efficientamento energetico del patrimonio edilizio esistente, hanno portato a riflettere sulla correlazione tra la sfera ambientale ed economica. Il campo dell'estimo e della valutazione degli immobili ha sicuramente risentito di queste problematiche. Inoltre proprio la componente "costo" ha iniziato a essere introdotta come grandezza fondamentale nei progetti di architetture a basso consumo energetico.

Se fino a pochi anni fa la progettazione dei manufatti edilizi era influenzata esclusivamente dai costi ottenuti in fase di realizzazione dell'opera, ora, grazie all'introduzione di nuove tecnologie di controllo passivo, sistemi impiantistici che sfruttano le risorse rinnovabili e materiali che permettono un migliore isolamento dell'involucro, si iniziano anche a considerare i costi nel corso della vita utile del manufatto.

L'introduzione di una nuova tecnologia, per esempio un cappotto termico, presenta sicuramente maggiori costi iniziali, ma può portare a risparmi che nel tempo coprono il costo di investimento.

Gli strumenti ed i metodi di calcolo e valutazione previsionale estesa a tutto il ciclo di vita dell'edificio risultano particolarmente utili quando si vogliono confrontare diverse soluzioni progettuali. Essi consentono infatti al progettista di presentare all'utenza il bilancio complessivo dei costi dell'edificio in esame, non solo limitatamente alla fase realizzativa, bensì estesa e comprendente sia le fasi di utilizzo sia l'eventuale momento di dismissione dello stesso.

6.2. Quadro normativo in materia di sostenibilità energetica ed economica

Nel corso degli ultimi anni sono stati pubblicati numerosi testi normativi che riguardano la coniugazione tra la sostenibilità e la sfera economica. Si può ricordare:

- La "Direttiva Europea 2002/91/CE" che ha introdotto il certificato di prestazione energetica (EPC)²². Successivamente tale norma è stata aggiornata con la Direttiva Europea 2010/31/UE (EPBD recast) che ha reso questo certificato obbligatorio per tutti gli edifici di nuova costruzione all'interno dell'Unione Europea. Esso permette di ottenere informazioni sui costi relativi al riscaldamento ed al raffrescamento in funzione della classe energetica indicata sull'attestato.

Essa è stata revisionata con la direttiva 2018/844/UE (EPBD), con l'obiettivo di incrementare la classe energetica degli edifici in Europa.

²² Si tratta di un documento che fornisce indicazioni sui consumi energetici degli edifici.

- Le linee guida del Regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012. “Esso istituisce un quadro metodologico comparativo per calcolare i livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi”²³. Tale guida costituisce il fondamento per lo strumento della “Discounted Cashflow Analysis”.
- I testi prescrittivi di valenza planetaria come le normative ISO 14040:2006 e le ISO 15686:2008, esse definiscono i concetti di Life Cycle Assessment, attraverso l’introduzione di strumenti per studiare l’impatto ambientale di un bene o servizio lungo tutto il ciclo di vita. In particolare la ISO 15686:2008 norma il “Whole Life Cost”(WLC) che racchiude anche i concetti di “Global Cost” e “Cost Optimal”.

In Italia, le norme ISO sono state recepite. In materia di certificazione energetica vi sono numerose direttive:

- Il Decreto del Presidente della Repubblica del 26 giugno 2009 del Ministero dello Sviluppo Economico che fornisce degli strumenti cooperativi tra Stato, Regioni e Province Autonome per la certificazione energetica degli edifici.
- Il Decreto del presidente della Repubblica del 16 aprile 2013, n. 75 che definisce la figura di esperto a cui affidare la certificazione energetica degli edifici.
- Il Decreto legge del 4 giugno 2013, n.63. Esso è stato successivamente modificato dalla Legge del 27 dicembre 2019 n. 160, Articolo 1. Quest’ultimo fornisce le disposizioni per il recepimento della Direttiva Europea 2010/31/UE e del consiglio del 19 maggio 2010. Istituisce delle forme di incentivazione per interventi che migliorano la prestazione energetica degli edifici. Una parte degli interventi ricompresi in questa norma sono stati incentivati con l’aumento dell’aliquota al 110% nell’ambito dei pacchetti di aiuti previsto dopo la pandemia COVID-19.

6.3. Analisi dei costi nel ciclo di vita edilizio (Life Cycle Costing)

Per valutare i costi durante tutto il ciclo di vita di un progetto è fondamentale chiarire il concetto di “Whole Life Cost” che ricomprende quelli di “Life Cycle Cost ²⁴”, “Global Cost” e “Cost Optimal”. Esso è inteso come la somma di tutti i costi e i ricavi che si presentano durante il ciclo di vita di un progetto, dalla fase di pianificazione a quella di fine vita. Per ricavi si intendono tutti i risparmi che possono concorrere durante la vita del progetto come ad esempio i risparmi sui costi di gestione. Sia il “Whole Life Cost” che il “Life Cycle Cost” tengono in conto la componente del costo ambientale. La differenza tra i due criteri è che il primo tiene in conto anche

²³ Fregonara, Elena, *Valutazione sostenibilità progetto. Life cycle thinking e indirizzi internazionali*, Milano, FrancoAngeli, 2015, p. 18.

²⁴ Il concetto di “Life Cycle Cost” si può considerare sotto due aspetti. Il “Life Cycle Cost in Use” che comprende solamente i costi nelle fasi di manutenzione e fine vita dell’immobile e il “Life Cycle Cost in Construction” che considera anche i costi nelle fasi di progettazione e costruzione.

costi legati alle esternalità, quelli cioè non direttamente connessi alla costruzione e di tutti i “ricavi” che si possono ottenere durante la vita del progetto. Fra questi ultimi sono ricompresi ad esempio i risparmi che si possono ottenere durante la gestione dell’immobile.

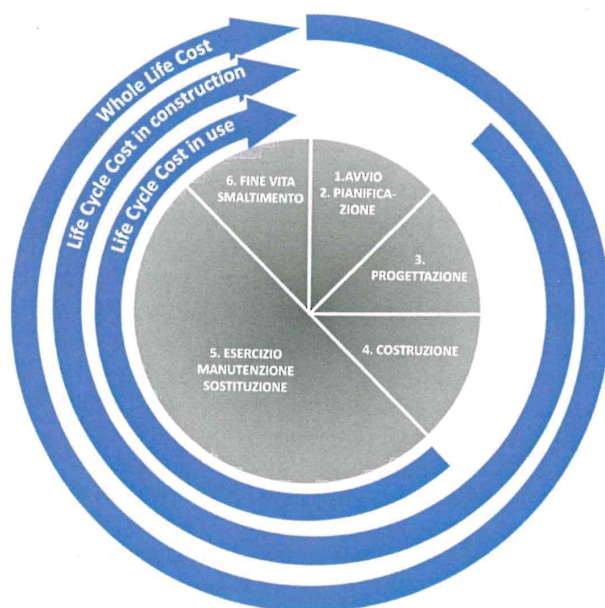


Figura 6.1. _ Ciclo di vita edilizio e costi: WLC e LCC (o total LCC o Global Cost).
 Fonte: Fregonara, Elena, *Valutazione sostenibilità progetto. Life cycle thinking e indirizzi internazionali*, Milano, FrancoAngeli, 2015, p. 20.

Altro parametro utile all’analisi economica è quello di “Global Cost”, esso è definito come la somma di tutti i costi che concorrono nella vita del progetto. Esso risulta pertanto la somma del costo di investimento iniziale più tutti i costi attualizzati che vengono sostenuti negli anni di vita dell’edificio per ciascun componente.

Nel processo di calcolo di tale parametro risulta necessario considerare i dati finanziari dedotti da analisi di mercato come i saggi di interesse o quelli di inflazione.

Al costo attualizzato di ciascun componente verrà quindi sottratto il rispettivo valore residuo stimato alla fine del periodo di calcolo.

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{€} \text{ (borsa)} & = & \text{€} \text{ (pile)} + \text{€} \text{ (casa)} & + & \sum & \left(\text{€} \text{ (ingranaggi)} - \text{€} \text{ (cassa di riproduzione)} \right) \\
 \text{GLOBAL} & & \text{COSTI DI} & & & \text{COSTI DI} & \text{VALORE} \\
 \text{COST} & & \text{INVESTIMENTO} & & & \text{GESTIONE} & \text{RESIDUO DEI} \\
 & & \text{INIZIALI} & & & \text{ATTUALIZZATI} & \text{COMPONENTI}
 \end{array}$$

Figura 6.2. _ Rappresentazione formula per il calcolo del Global Cost.

Riferendosi al concetto di ciclo di vita edilizio, nel caso della valutazione economica di edifici, si fa riferimento alla seguente formula:

$$LCC = C_i + \sum_{t=0}^N \frac{C_g + C_m}{(1+r)^t} \pm V_r \left(\frac{1}{(1+r)^N} \right)$$

Figura 6.3. Rappresentazione formula per il calcolo del Life Cycle Cost.
Fonte: Fregonara, E., Idem, p. 104.

Dove C_i rappresenta il costo di investimento iniziale, C_g e C_m i relativi costi di gestione e manutenzione che si riferiscono ad un determinato anno t , N è il numero di anni preso a riferimento per il calcolo, r è il saggio di attualizzazione, V_r è il valore finale di ciascun componente.

Il calcolo del Global Cost è uno strumento utile per valutare la fattibilità economica di interventi volti al miglioramento delle prestazioni energetiche di un edificio, per quantificare i risparmi ottenuti dall'applicazione di un intervento di efficientamento e valutare alternative progettuali. Altro parametro di estremo interesse ed utilità è rappresentato dal "Cost Optimal". Esso "rappresenta il livello di prestazione energetica ottimale in funzione dei costi: ossia è il costo più basso che può garantire la qualità di energia necessaria per il soddisfacimento del bisogno energetico dell'edificio, durante il suo ciclo di vita economico stimato"²⁵.

6.4. Indicatori di convenienza economica

Per esplicitare il calcolo di valutazione dei costi durante la vita di progetto sono utilizzati i seguenti indicatori:

- VAN (Valore Attuale Netto): rappresenta i costi attualizzati durante la vita di progetto, esso considera anche i ricavi/benefici. Se si tratta di una *Life Cycle Cost Analysis*, tale valore viene considerato sotto forma di Costo Attuale Netto che non considera i flussi in entrata ma solo le componenti di costo. I benefici vengono letti in chiave di benefici ambientali come riduzione di emissioni, risparmio di energia o utilizzo di materiali riciclati.
- PBP (Pay-Back Period): inteso come il tempo necessario perché un determinato risparmio ripetuto nel corso del tempo permetta il recupero dei costi di investimento iniziali. Non considera però i flussi in entrata alla fine di questo periodo. Esso è molto utile quando si vogliono confrontare più soluzioni progettuali alternative oppure quando si vuole valutare la convenienza economica di un determinato investimento.
- NS (Net Savings) e NB (Net Benefits): rappresentano i risparmi e i benefici netti in fase di esercizio, ridotti dei costi di investimento aggiuntivi per raggiungerli. Questi risparmi possono essere calcolati come la differenza tra l'analisi LCC di un caso base e quella di un'alternativa progettuale.
- SIR (Savings to Investment Ratio): esso permette di valutare i risparmi in fase di gestione in rapporto con i costi di investimento. Un investimento può essere considerato positivo se tale

²⁵ Fregonara, E., *Valutazione sostenibilità progetto. Life cycle thinking e indirizzi internazionali* cit., p. 24-25.

parametro è maggiore di 1.

- AIRR (Adjusted Internal Rate of Return): rappresenta il rendimento di un progetto lungo un certo periodo di riferimento, tenendo conto dei reinvestimenti intermedi. Perché un investimento sia positivo deve essere superiore al tasso di sconto impiegato per il calcolo del NPV.

- AC (Annual Cost): rappresenta il costo annuale equivalente ovvero un ammontare annuo che sommato nell'arco del periodo su cui viene analizzato, eguaglia il costo totale netto di progetto. Esso tiene conto del valore del denaro nel corso degli anni. Se utilizzato per comparare soluzioni progettuali, quella più conveniente presenterà tale valore più basso.

6.5. Life Cycle Assessment

Il *Life Cycle Assessment* (LCA) è uno strumento di valutazione dell'impatto ambientale di un prodotto o di un servizio durante il suo ciclo di vita dall'estrazione delle materie prime fino alla dismissione del manufatto, in un approccio "from the cradle to grave" (dalla culla alla tomba). Esso quantifica l'impatto ambientale come consumo di risorse in termini di consumo di materiali, energia, emissioni e rifiuti prodotti. Per rappresentare il risultato si riferisce a determinate "categorie di impatto", tra queste vi è ad esempio la valutazione dell'effetto serra antropico rappresentando i risultati sottoforma di CO₂ equivalente.

Utilizzando tale strumento è possibile valutare qual è la fase del ciclo di vita che genera maggiore impatto.

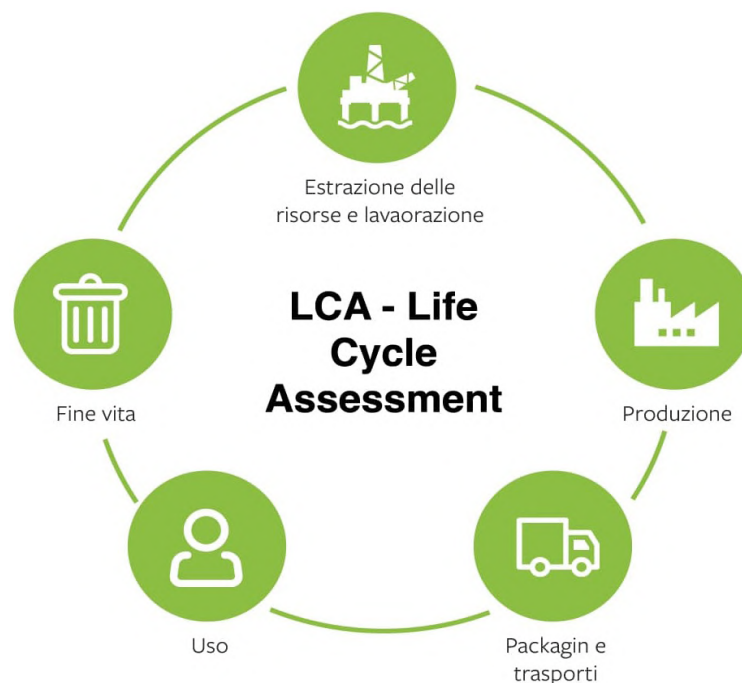


Figura 6.4._ Life Cycle Assessment

Fonte: rete clima < <https://www.reteclima.it/lca-life-cycle-assessment-analisi-del-ciclo-di-vita/> > (ultimo accesso 10.03.2023).

La metodologia LCA è regolamentata dalla norma UNI EN ISO 14040/44:2006. Come indicato dalla norma è strutturata secondo quattro fasi principali:

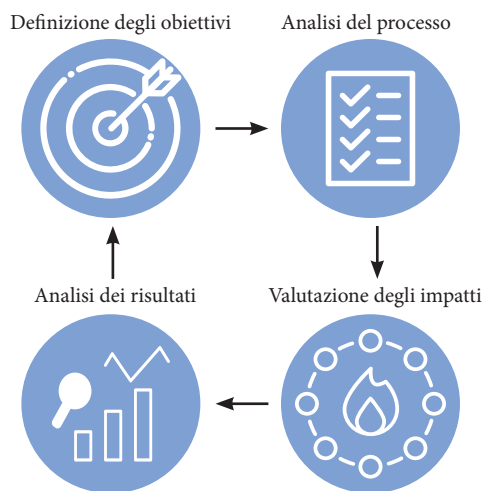


Figura 6.5._ Fasi dell' analisi "LCA".

- Una prima fase in cui si definiscono gli obiettivi dell'analisi e quanto essa deve essere approfondita.
- Una seconda fase in cui si definiscono le fasi del processo e i dati di input e di output in termini di energia e materie prime necessarie in modo da poter simulare il sistema reale.
- Una terza fase in cui si valutano le emissioni in termini di energia consumata, emissioni e rifiuti prodotti.
- Una quarta fase in cui si esegue un'interpretazione dei risultati e si valutano le prestazioni energetiche, ambientali e si possono iniziare a valutare degli scenari migliorativi.

Il metodo *Life Cycle Assessment* permette anche di valutare le risorse risparmiate, l'energia proveniente da fonti rinnovabili e i materiali riciclabili durante le fasi di smaltimento²⁶.

6.6. Life Cycle Costing Assessment

Il metodo *Life Cycle Costing Assessment* permette di unire i risultati, ottenuti tramite le due analisi precedentemente illustrate, in modo da analizzare congiuntamente le relazioni e i parallelismi tra i due metodi di valutazione del ciclo di vita di un progetto. Esso permette di analizzare, ad esempio, la ripercussione economica in termini di costi o risparmi di un investimento volto ad aumentare il grado di ecologicità di un progetto.

L'applicazione del metodo presenta tuttavia diverse criticità. La prima di esse è conseguenza del fatto che l'LCA fornisce risultati in termini di punteggio, mentre l'LCC in termini monetari. La seconda è rappresentata dal fatto che i due criteri riguardano due ambiti differenti, ovvero dell'ecologia e dell'economia. In ultimo l'LCC si basa su grandezze che a medio/lungo termine possono essere solamente stimate, come ad esempio l'inflazione o il tasso di sconto, peraltro indispensabili per il calcolo dell'attualizzazione.

Sono tuttavia entrambi strumenti di valutazione del ciclo di vita di un progetto, ciò significa che trattano le stesse fasi di vita e, conseguentemente, gli indicatori qualitativi dell'analisi LCA possono essere tradotti in quantitativi economici in un'analisi LCC.

Tali correlazioni sono particolarmente utili nell'analisi della fase di produzione dei materiali dove il costo di produzione è direttamente proporzionale alla quantità di energia utilizzata, alle materie prime estratte e alle emissioni di anidride carbonica prodotte.

²⁶ In questo caso l'approccio può essere analizzato come "from cradle to cradle"(dalla culla alla culla).

Ad esempio se si considera un progetto di efficientamento energetico sotto il profilo ambientale si valutano i consumi in KWh/m² annuo, sotto il profilo economico il costo dell'energia. In questo caso entrambe le grandezze hanno un valore monetario.

Altra correlazione diretta tra la sfera economica e ambientale può essere valutata durante le fasi di smaltimento, il quantitativo di rifiuti prodotti risulta infatti direttamente proporzionale ai costi di smaltimento, conseguentemente utilizzare materiali disassemblabili consente risparmi notevoli su queste voci.

6.7. Applicazione progettuale: comparazione economica delle tre soluzioni

L'analisi prevede di applicare i concetti di valutazione dei costi nel ciclo di vita del progetto al caso studio esaminato in modo da comparare sotto il profilo economico le tre soluzioni progettuali.

Il processo di calcolo utilizzato è simile a quello illustrato nella Tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile "*L'uso del legno per un'edilizia sostenibile. Analisi LCCA per una progettazione consapevole*", candidati Enrico Brossa e Maria Samanda Cipolla, Relatore Jean-Marc Tulliani, Correlatore Diego Ferrando, discussa presso il Politecnico di Torino nel luglio 2014.

Il calcolo ha inizio con la stima dei costi di costruzione mediante computo metrico estimativo, successivamente si esplicita il calcolo sotto il profilo ambientale in termini di energia consumata e CO₂ prodotta. Si procede poi con una valutazione dei costi di gestione, di manutenzione degli strati di finitura, ed in ultimo dei costi di smaltimento. Tale calcolo è applicato solamente ai due piani fuori terra dell'edificio in analisi (l'interrato è realizzato con i medesimi materiali).

6.7.1. Costo di costruzione

Per costo di costruzione si intende la somma dei costi iniziali relativi agli oneri per l'allestimento del cantiere e il costo dei materiali con annessa manodopera²⁷. Il calcolo si è eseguito mediante computo metrico estimativo ricorrendo al "Prezziario di riferimento per opere e lavori pubblici nella Regione Piemonte nella sua edizione del Luglio 2022" e al listino prezzi della ditta "RiceHouse".

Nel casi in cui si è avuta la macrovoce comprendente i soli materiali, si è aggiunta quella relativa alla posa in opera.

A supporto del calcolo è stato redatto il relativo cronoprogramma dei lavori in modo da poter valutare la durata del cantiere e stimare la differenza di costi nelle tre soluzioni. Da tale documento risulta che nel caso di soluzioni tecnologiche a secco come pannelli in legno "Xlam" o

²⁷ Per il calcolo dei costi di costruzione vedere il computo metrico estimativo per ciascuna soluzione di involucro edilizio all'allegato 9.5.

telaio ligneo vi è un risparmio in termini economici dovuti alla durata ridotta dei lavori.

6.7.2. Costo ambientale

Il costo ambientale è un valore in termini monetari che permette di quantificare l'impatto economico dovuto al consumo di energia e all'anidride carbonica prodotta. Esso è calcolato riferendosi all'energia incorporata prodotta da fonti non rinnovabili e alla CO₂ incorporata per ciascun materiale appartenente alle tre soluzioni costruttive.

Il prezzo dell'energia è fornito da bolletta. In questo caso si è considerata l'azienda "eviso luce" con un valore pari a 0,35 €/kWh. Il valore dell'"embodied energy" per ciascuna soluzione costruttiva si calcola moltiplicando il prezzo commerciale per i kWh/m² annuo (EP_{CEP50}). Quest'ultimo ottenuto dall'energia incorporata di ciascun materiale costituente la soluzione, trasformato in kWh, e diviso per la metratura di progetto.

I valori calcolati risultano i seguenti:

- Per la prima soluzione progettuale si è trovato un valore di 536.306,87 kWh, corrispondenti a 3.310,54 kWh/m² annuo.

- Per la seconda un valore di 477.026,64 kWh, che corrispondono a 2.944,61 kWh/m² annuo.

- Nel terzo caso un valore di 450.681,92 kWh, che corrispondono a 2.781,99 kWh/m² annuo.

Per valutare l'impatto economico dovuto alle emissioni di anidride carbonica si è moltiplicato il valore della CO₂ incorporata di ciascun materiale per un valore stimato di "Carbon tax".

Nell'immagine sottostante sono riportati i valori della tassa sul carbonio degli stati europei che l'hanno già adottata.

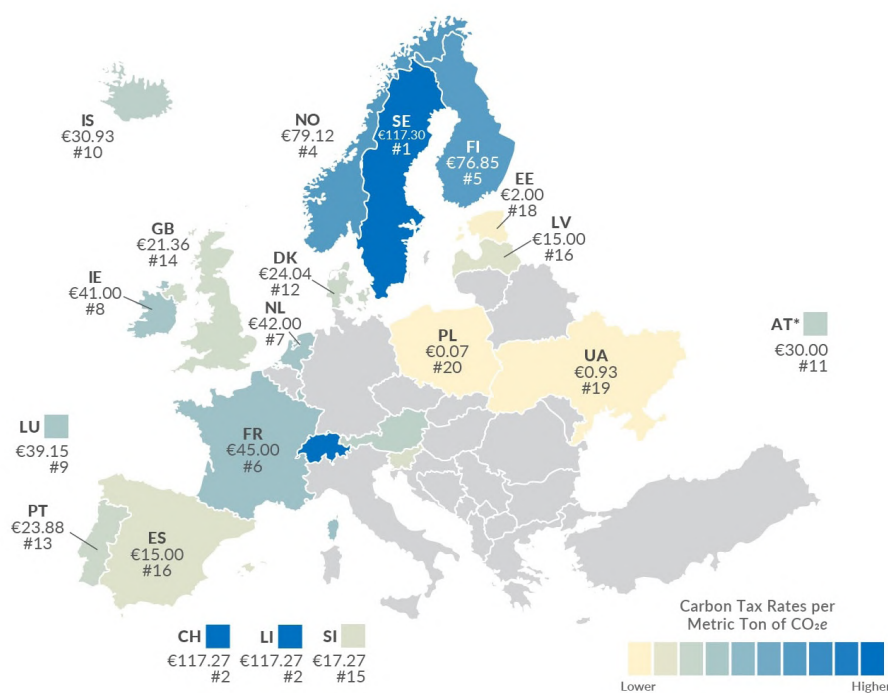


Figura 6.6._ Tasse sul Carbonio in Europa. Tasse per tonnellata di CO₂, aggiornata in data 01/04/2022.

Fonte: Tax Foundation < <https://taxfoundation.org/carbon-taxes-in-europe-2022/> > (ultimo accesso 14.03.2023).

Per il calcolo, si è considerato un valore pari alla media di quelle indicati in figura pari a 43 €/ton.

Il valore sulla CO₂ emessa è relativo a ciascun materiale che la immette, i materiali che assorbono anidride carbonica non sono sottoposti al pagamento di alcuna tassa. Un valore negativo significherebbe che l'imposta non dovrà essere pagata.

I valori ottenuti per ciascuna soluzione risultano i seguenti:

- Nel primo caso vi è un valore di “Embodied carbon” totale di 150.854,84 kg corrispondente a 931,20 kg/m² annuo se rapportato alla superficie utile di progetto.
- Nel secondo 76.179,79 kg corrispondenti a 470,25 kg/m² annuo.
- Infine nel terzo 71.140,93 kg corrispondenti a 439,14 kg/m² annuo.

Il costo ambientale relativo all'energia e alla CO₂ incorporata, per le tre soluzioni, è rappresentato nella tabella sottostante.

Sistema costruttivo	EP _{CEP50} (KWh/m ²)	Costo Embodied Energy	EP _{CEP50} (Kg/m ² anno) CO ₂	TOTALE	
TRADIZIONALE	3.310,54	187.707,40 €	931,20	6.486,76 €	194.194,16 €
XLAM	2.944,61	166.959,32 €	470,25	3.275,73 €	166.959,32 €
TELAIO	2.781,99	157.738,67 €	439,14	3.059,06 €	160.797,73 €
m ² di calpestio	162				
Anni vita utile	50				
Costo energia (€/KWh)	0,35				
Costo CO ₂ (€/Kg)	0,043				

Figura 6.7._ Costo ambientale relativo alle tre soluzioni progettuali.

Il risultato dimostra come la prima soluzione risulti più energivora e impattante rispetto le restanti due in legno²⁸.

²⁸ Per il calcolo dell'energia incorporata e della CO₂ incorporata, vedere gli allegati da 9.7 e 9.8.

6.7.3. Costo di gestione

Il costo di gestione riguarda il costo, da pagare tutti gli anni di vita utile del progetto, relativo alle spese per il riscaldamento e il raffrescamento dell'immobile. Esso è ottenibile tramite la conoscenza del fabbisogno annuale di energia derivante da fonte non rinnovabile indicato sull' "attestato di prestazione energetica dell'edificio".

Anche in questo caso si può valutare che la soluzione in legno risulta più prestante sotto il profilo energetico, in quanto il materiale utilizzato porta a una notevole riduzione dei ponti termici. In particolare non vi è ponte termico tra il pilastro all'angolo e lo strato di cappotto esterno.

Sistema costruttivo	EPi (kWh/m ² annuo)	TOTALE
Soluzione tradizionale	7,65	433,76 €
Soluzione Xlam	5,91	335,10 €
Soluzione telaio	5,47	310,15 €
m ² di calpestio	162	
Periodo di riferimento (anni)	50	
Costo energia (euro/KWh)	0,35	

Figura 6.8._ Costi di gestione.

Come si voleva dimostrare, un fabbisogno energetico annuale più basso comporta un maggiore sfruttamento delle risorse rinnovabili. Di conseguenza, oltre ad un vantaggio ambientale, vi è anche un vantaggio economico con costi più bassi ogni anno.

6.7.4. Costo di manutenzione

Per il calcolo del costo di manutenzione si considera il costo necessario per la sostituzione degli elementi di finitura interni ed esterni per ciascuna classe di unità tecnologica.

In particolare per la prima soluzione si è considerato un intervento di rifacimento dell'intonaco interno, per le restanti due del cartongesso. I materiali esterni soggetti a sostituzione saranno rispettivamente le doghe di legno della parete ventilata e l'intonaco di finitura del corpo scala. Questi interventi è previsto che vengano svolti una sola volta nel corso della vita utile ma che siano spalmati durante tutto il ciclo di vita del progetto.

Per il calcolo di tali costi, in modo analogo a quanto fatto per il calcolo del costo di costruzione si è utilizzato il "Prezziario di riferimento per opere e lavori pubblici nella Regione Piemonte nella sua edizione del Luglio 2022" e al listino prezzi della ditta "RiceHouse" per valutare il prezzo dei materiali, della manodopera inclusa e degli oneri di cantiere per i lavori. In questo caso tra i noli sono considerati i ponteggi esterni e il trasporto del materiale di scarto fino al centro di smaltimento rifiuti²⁹.

²⁹ Il prezzo delle opere di costruzione e manutenzione, per le tre soluzioni di involucro edilizio è osservabile all'allegato 9.5.

Sistema costruttivo	Costo materiale e manodopera	Costo di cantiere	TOTALE	Quota annuale
Soluzione tradizionale	19.065,05 €	4.699,00 €	23.764,05 €	475,28 €
Soluzione Xlam	18.415,38 €	3.556,00 €	21.971,38 €	439,43 €
Soluzione telaio	17.085,13 €	3.556,00 €	20.641,13 €	412,82 €

Figura 6.9._ Calcolo del costo di manutenzione.

6.7.5. Costo ambientale degli interventi di manutenzione

Analogamente a quanto fatto per il calcolo del costo ambientale in fase di costruzione, si è calcolato il costo ambientale degli interventi di manutenzione, riferito all'energia e alla CO₂ incorporata dei vari materiali "spalmato" nel corso degli anni di vita utile del progetto.

Nel caso dell'embodied energy i risultati ottenuti risultano i seguenti:

- Per la prima soluzione progettuale si è trovato un valore di 77.832,93 kWh, corrispondenti a 480,45 kWh/m² annuo.
- Per la seconda un valore di 39.139,52 kWh, che corrispondono a 241,60 kWh/m² annuo.
- Nel terzo caso un valore di 40.754,43 kWh corrispondenti a 251,57 kWh/m² annuo.

Il calcolo dell'anidride carbonica incorporata dimostra che gli interventi sulle soluzioni progettuali a secco aventi finiture interne in cartongesso, materiale in cui il bilancio della CO₂ è negativo, fanno sì che nel bilancio complessivo non si debba pagare la tassa sull'immissione, di conseguenza si hanno risparmi in fase di vita progettuale³⁰.

Sistema costruttivo	EP _{CEP50} (kWh/m ²)	Embodied Energy	EP _{CEP50} (kg/m ² annuo)	CO ₂	TOTALE	Quota annuale
Soluzione tradizionale	480,45	27.241,53 €	66,15	460,79 €	27.702,32 €	554,05 €
Soluzione Xlam	241,60	13.698,83 €	0,52	3,59 €	13.702,42 €	274,05 €
Soluzione telaio	251,57	14.264,05 €	0,52	3,59 €	14.267,64 €	285,35 €
m ² di calpestio riferimento (anni)	162					
Costo energia (euro/KWh)	50					
Costo CO ₂ (euro/Kg)	0,35					
	0,043					

Figura 6.10._ Costo ambientale interventi di manutenzione.

³⁰ Per il calcolo dell'energia e della CO₂ incorporata per le tre soluzioni in fase di manutenzione, fare riferimento alle tabelle all' allegato 9.9.

6.7.6. Costo di smaltimento

L'ultimo costo calcolato, alla fine del periodo di vita utile del progetto è il costo di smaltimento che si ottiene moltiplicando il peso del materiale da smaltire per il prezzo di smaltimento fornito da apposite aziende che si occupano del ritiro di materiale derivante da demolizioni.

Il peso del materiale da smaltire si calcola considerando il grado di riciclabilità. Esso deriva da informazioni tratte da schede tecniche, dato su cui non si può essere precisi perchè per valutare la riciclabilità bisogna esaminare il suo stato di conservazione a fine vita.

La prima soluzione ad umido presenta il prezzo di smaltimento più alto in quanto la tecnologia di assemblaggio rende più complicata la separazione con il conseguente riciclaggio.

CALCOLO COSTO DI SMALTIMENTO STRUTTURA TRADIZIONALE						
SOLAIO A TERRA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE	
Magrone	31.200,00	20%	24,96	18,00	449,28 €	
Platea in cls armato	77.250,00	20%	61,80	18,00	1.112,40 €	
Cordoli in cls armato	32.250,00	20%	25,80	18,00	464,40 €	
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	675,00	20%	0,54	18,00	9,72 €	
Getto in cls di completamento	19.500,00	20%	15,60	18,00	280,80 €	
Guaina bitumata	185,00	0%	0,19	18,00	3,33 €	
Isolante in XPS	35,00	0%	0,04	18,00	0,63 €	
Telo protettivo	185,00	0%	0,19	18,00	3,33 €	
Massetto cementizio	3.950,00	0%	3,95	18,00	71,10 €	
Sottofondo in cls e sabbia	7.900,00	0%	7,90	18,00	142,20 €	
Pavimento in legno	2.040,00	0%	2,04	18,00	36,72 €	
Grés	330,00	0%	0,33	18,00	5,94 €	
TOTALE					2.579,85 €	

STRUTTURA DI ELEVAZIONE VERTICALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE	
Pilastrini in cls armato	7.375,00	20%	5,90	18,00	106,20 €	
Setto murario verticale in cls armato	32.500,00	20%	26,00	18,00	468,00 €	
Setto murario orizzontale in cls armato	3.150,00	20%	2,52	18,00	45,36 €	
Travi in cls armato	17.125,00	20%	13,70	18,00	246,60 €	
Pignatte in laterizio	68.800,00	20%	55,04	18,00	990,72 €	
Getto di completamento in cls	17.200,00	20%	13,76	18,00	247,68 €	
TOTALE					2.104,56 €	

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE	
Intonaco interno	1.896,00	0%	1,896	18	34,13 €	
Massetto cementizio	3.900,00	20%	3,12	18	56,16 €	
Sottofondo in cls e sabbia	7.800,00	20%	6,24	18	112,32 €	
Pavimento in legno	2.205,00	0%	2,205	18	39,69 €	
Grés	62,10	0%	0,0621	18	1,12 €	
TOTALE					243,42 €	

PARETE ESTERNA VERTICALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE	
Intonaco interno	5.280,00	0%	5,28	18	95,04 €	
Blocco in laterizio	37.590,00	20%	30,072	18	541,30 €	
Isolante in EPS	626,40	85%	0,09396	18	1,69 €	
Telo impermeabile	66,00	100%	0	18	- €	
Listelli di supporto	760,00	100%	0	18	- €	
Doghe di legno	9.000,00	100%	0	18	- €	
Intonaco esterno	288,00	0%	0,288	18	5,18 €	
TOTALE					643,21 €	

PARETE DIVISORIA INTERNA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE	
Intonaco interno	27.200,00	0%	27,2	18	489,60 €	
Laterizio divisorio	6.440,00	0%	6,44	18	115,92 €	
TOTALE					605,52 €	

COPERTURA INCLINATA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Intonaco interno	2.160,00	0%	2,16	18	38,88 €
Freno al vapore	32,40	0%	0,0324	18	0,58 €
Listelli isolante	7.400,00	100%	0	18	- €
Isolante in EPS	1.694,00	85%	0,2541	18	4,57 €
Telo impermeabile	66,00	100%	0	18	- €
Listello	400,00	100%	0	18	- €
Controlistello	200,00	100%	0	18	- €
Lamiera	5.886,00	100%	0	18	- €
TOTALE					44,04 €

COPERTURA A VERDE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Intonaco interno	103,20	0%	0,1032	18	1,86 €
Freno al vapore	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Isolante in XPS	31,50	85%	0,004725	18	0,09 €
Listelli isolante	800,00	100%	0	18	- €
Telo impermeabile	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Tavolato ligneo	172,00	100%	0	18	- €
Strato antiradice	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Telo protettivo	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Strato drenante	4,30	100%	0	18	- €
Strato filtrante	103,20	0%	0,1032	18	1,86 €
Terreno	774,00	100%	0	18	- €
TOTALE					3,89 €

COSTO TOTALE 6.224,49 €

Figura 6.11. _ Costo di smaltimento per la prima soluzione.

La seconda soluzione, essendo realizzata in legno, risulta più economica in fase di smaltimento in quanto il legno risulta al 100% riciclabile. Bisogna però considerare che il tutto è supposto in linea teorica perchè per valutare il grado di riciclaggio del materiale bisogna valutare il suo stato di conservazione.

CALCOLO COSTO DI SMALTIMENTO STRUTTURA IN XLAM					
SOLAIO A TERRA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Magrone	31.200,00	20%	24,96	18	449,28 €
Platea in cls armato	77.250,00	20%	61,8	18	1.112,40 €
Cordoli in cls armato	32.250,00	20%	25,8	18	464,40 €
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	675,00	20%	0,54	18	9,72 €
Getto in cls di completamento	19.500,00	20%	15,6	18	280,80 €
Guaina bitumata	19,24	20%	0,015392	18	0,28 €
Isolante in XPS	420,00	100%	0	18	- €
Listelli isolante	4.000,00	100%	0	18	- €
Telo protettivo	370,00	100%	0	18	- €
Sottofondo in argilla espansa	4.012,00	100%	0	18	- €
Fibra di legno ad alta densità	259,20	100%	0	18	- €
Sottofondo in pannelli di gesso	2.415,00	100%	0	18	- €
Pavimento in legno	2.160,00	70%	0,648	18	11,66 €
Grés	360,00	70%	0,108	18	1,94 €
TOTALE					2.330,49 €

STRUTTURA PORTANTE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Setti verticali in Xlam (10 cm)	12.820,00	100%	0	18	- €
Setti verticali in Xlam (9 cm)	3.700,00	100%	0	18	- €
Setto orizzontale in Xlam (12 cm)	5.750,00	100%	0	18	- €
Setto orizzontale in Xlam (14 cm)	7.150,00	100%	0	18	- €
TOTALE					- €

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Controsoffitto in cartongesso	1.535,25	85%	0,2302875	18	4,15 €
Listelli di supporto	560,00	100%	0	18	- €
Strato di separazione	110,40	100%	0	18	- €
Sottofondo in argilla espansa	2.652,00	100%	0	18	- €
Fibra di legno ad alta densità	252,00	100%	0	18	- €

Sottofondo in pannelli di gesso	2.415,00	100%	0	18	- €
Pavimento in legno	2.160,00	70%	0,648	18	11,66 €
Grés	360,00	70%	0,108	18	1,94 €
TOTALE					17,75 €

PARETE ESTERNA VERTICALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Cartongesso	6.325,00	85%	0,94875	18	17,08 €
isolante in fibra di legno (5 cm)	650,00	85%	0,0975	18	1,76 €
isolante in fibra di legno (18 cm)	6.560,00	85%	0,984	18	17,71 €
Telo protettivo	273,60	100%	0	18	- €
Listelli di supporto	760,00	100%	0	18	- €
Doghe di legno	9.000,00	100%	0	18	- €
Intonaco esterno	288,00	0%	0,288	18	5,18 €
TOTALE					41,73 €

PARETE DIVISORIA INTERNA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Cartongesso	10.580,00	100%	0	18	- €
Isolante in fibra di legno (10 cm)	2.400,00	85%	0,36	18	6,48 €
Montanti in legno	8.000,00	100%	0	18	- €
TOTALE					6,48 €

COPERTURA INCLINATA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Controsoffitto in cartongesso	1.535,25	85%	0,2302875	18	4,15 €
Isolante in fibra di legno (5 cm)	185,00	85%	0,02775	18	0,50 €
Listelli isolante	1.400,00	100%	0	18	- €
Isolante in fibra di legno (14 cm)	2.240,00	85%	0,336	18	6,05 €
Listelli isolante	6.000,00	100%	0	18	- €
Isolante in fibra di legno ad alta densità (2,2 cm)	1.161,60	85%	0,17424	18	3,14 €
Telo impermeabile	66,00	100%	0	18	- €
Listello	400,00	100%	0	18	- €
Controlistello	200,00	100%	0	18	- €
Lamiera	5.886,00	100%	0	18	- €
TOTALE					13,83 €

COPERTURA A VERDE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Controsoffitto in cartongesso	74,18	85%	0,0112625	18	0,20 €
Isolante in fibra di legno (5 cm)	10,75	85%	0,0016125	18	0,03 €
Listelli isolante	200,00	100%	0	18	- €
Isolante in fibra di legno (16 cm)	128,00	85%	0,0192	18	0,35 €
Listelli isolante	600,00	100%	0	18	- €
Telo impermeabile	1,29	100%	0	18	- €
Tavolato ligneo	172,00	0%	0,172	18	3,10 €
Strato antiradice	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Telo protettivo	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Strato drenante	4,30	100%	0	18	- €
Strato filtrante	103,20	0%	0,1032	18	1,86 €
Terreno	774,00	100%	0	18	- €
TOTALE					5,57 €

COSTO TOTALE					2.415,85 €
---------------------	--	--	--	--	-------------------

Figura 6.12._ Costo di smaltimento per la seconda soluzione.

La terza soluzione risulta ancora più economica in quanto i materiali dell'azienda "RiceHouse" presentano un grado di riciclabilità più alto.

CALCOLO COSTO DI SMALTIMENTO STRUTTURA A TELAIO					
SOLAIO A TERRA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Magrone	31.200,00	20%	24,96	18	449,28 €
Platea in cls armato	77.250,00	20%	61,8	18	1.112,40 €
Cordoli in cls armato	32.250,00	20%	25,8	18	464,40 €
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	675,00	20%	0,54	18	9,72 €
Getto in cls di completamento	19.500,00	20%	15,6	18	280,80 €
Guaina bitumata	19,24	20%	0,015392	18	0,28 €
Isolante in paglia di riso	315,00	100%	0	18	- €
Listelli isolante	4.800,00	100%	0	18	- €
Telo protettivo	16,65	100%	0	18	- €
Sottofondo in lolla di riso	4.760,00	100%	0	18	- €
Listelli sottofondo	2.500,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete	3.400,00	100%	0	18	- €
Fibra di legno ad alta densità	528,00	100%	0	18	- €
Sottofondo in pannelli di gesso	2.530,00	100%	0	18	- €
Pavimento in legno	3.000,00	70%	0,9	18	16,20 €
Grés	400,00	70%	0,12	18	2,16 €
TOTALE					2.335,24 €

STRUTTURA PORTANTE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Pilastrini in legno	2.070,00	100%	0	18	- €
Travi principali in legno	2.925,00	100%	0	18	- €
Travi secondarie in legno	2.025,00	100%	0	18	- €
TOTALE					- €

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Controsoffitto in cartongesso	1.492,13	85%	0,22381875	18	4,03 €
Listelli di supporto	500,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete	2.160,00	100%	0	18	- €
Sottofondo in lolla di riso	3.808,00	100%	0	18	- €
Listelli sottofondo	2.500,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete (4 cm)	6.280,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete	3.400,00	100%	0	18	- €
Fibra di legno ad alta densità	516,00	85%	0,0774	18	1,39 €
Sottofondo in pannelli di gesso	2.472,50	100%	0	18	- €
Pavimento in legno	3.000,00	70%	0,9	18	16,20 €
Grés	400,00	70%	0,12	18	2,16 €
TOTALE					23,78 €

PARETE ESTERNA VERTICALE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Cartongesso	6.325,00	85%	0,94875	18	17,08 €
Isolante in paglia di riso (8 cm)	4.350,00	90%	0,435	18	7,83 €
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	472,00	100%	0	18	- €
Isolante in paglia di riso (10 cm)	4.500,00	90%	0,45	18	8,10 €
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	8.000,00	100%	0	18	- €
Isolante in paglia di riso (8 cm)	868,00	100%	0	18	- €
Telo impermeabile	68,40	100%	0	18	- €
Listelli di supporto	760,00	100%	0	18	- €
Doghe di legno	9.000,00	100%	0	18	- €
Intonaco RH500	288,00	0%	0,288	18	5,18 €
TOTALE					38,19 €

PARETE DIVISORIA INTERNA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Cartongesso	13.800,00	85%	2,07	18	37,26 €
Isolante in paglia di riso (10 cm)	2.400,00	90%	0,24	18	4,32 €
Montanti in legno	8.000,00	100%	0	18	- €
TOTALE					41,58 €

COPERTURA INCLINATA	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Controsoffitto in cartongesso	1.535,25	85%	0,2302875	18	4,15 €
Listelli isolante	5,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete	3.200,00	100%	0	18	- €
Isolante in paglia di riso (20 cm)	2.560,00	90%	0,256	18	4,61 €
Listelli isolante	1.500,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete	384,00	100%	0	18	- €
Telo impermeabile	66,00	100%	0	18	- €
Listello	400,00	100%	0	18	- €
Controlistello	200,00	100%	0	18	- €
Lamiera	5.886,00	100%	0	18	- €
TOTALE					8,75 €

COPERTURA A VERDE	Peso (Kg)	Grado di riciclabilità (%)	Quantità da smaltire (ton)	Costo smaltimento (euro/ton)	TOTALE
Controsoffitto in cartongesso	74,18	85%	0,01112625	18	0,20 €
Listelli isolante	430,00	100%	0	18	- €
Perlinato in legno di abete	13,76	100%	0	18	- €
Isolante in paglia di riso (24 cm)	240,00	90%	0,024	18	0,43 €
Perlinato in legno di abete	25,80	100%	0	18	- €
Telo impermeabile	8,60	100%	0	18	- €
Strato antiradice	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Telo protettivo	1,29	0%	0,00129	18	0,02 €
Strato drenante	4,30	100%	0	18	- €
Strato filtrante	103,20	0%	0,1032	18	1,86 €
Terreno	774,00	100%	0	18	- €
TOTALE					2,54 €

TOTALE					2.450,08 €
---------------	--	--	--	--	-------------------

Figura 6.13._ Costo di smaltimento per la terza soluzione.

6.7.7. Calcolo del costo totale

Ottenuti tutti i “dati di input” si può passare al calcolo del VAN (Valore Attuale Netto) o NPV (*Net Present Value*) calcolato per le tre soluzioni in modo da confrontarle sotto il profilo economico.

Il valore si ottiene sommando tutti i costi relativi alle diverse fasi di vita del progetto, lungo tutti gli anni di vita utile. Esso si ottiene dalla seguente formula:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Figura 6.14._ Formula calcolo VAN.

Fonte: Fregonara, Elena, *Valutazione sostenibilità progetto. Life cycle thinking e indirizzi internazionali* cit., p. 123.

Dove C_t sono i costi sommati lungo il periodo di tempo t , r è il tasso di interesse annuo usato per il calcolo, assunto pari al 5%.

ANALISI COSTI STRUTTURA TRADIZIONALE						
COSTI	Costruzione	1° Anno	2° Anno	(...)	50° Anno	Demolizione
COSTO DI COSTRUZIONE	220.355,15 €			(...)		
COSTO AMBIENTALE	194.194,16 €			(...)		
COSTO DI GESTIONE		433,76 €	433,76 €	(...)	433,76 €	
COSTI DI MANUTENZIONE		475,28 €	475,28 €	(...)	475,28 €	
COSTO AMBIENTALE INTERVENTI DI MANUTENZIONE		554,05 €	554,05 €	(...)	554,05 €	
COSTO DI SMALTIMENTO				(...)		6.224,49 €
TOTALE COSTI	414.549,31 €	1.463,08 €	1.463,08 €	(...)	1.463,08 €	6.224,49 €
		Annuo				
Saggio attualizzazione						5%
VAN STRUTTURA TRADIZIONALE	€	420.739,22 €				
ANALISI COSTI STRUTTURA IN XLAM						
COSTI	Costruzione	1° Anno	2° Anno	(...)	50° Anno	Demolizione
COSTO DI COSTRUZIONE	299.524,70 €			(...)		
COSTO AMBIENTALE	166.959,32 €			(...)		
COSTO DI GESTIONE		335,10 €	335,10 €	(...)	335,10 €	
COSTI DI MANUTENZIONE		439,43 €	439,43 €	(...)	439,43 €	
COSTO AMBIENTALE INTERVENTI DI MANUTENZIONE		274,05 €	274,05 €	(...)	274,05 €	
COSTO DI SMALTIMENTO				(...)		2.415,85 €
TOTALE COSTI	466.484,02 €	1.048,57 €	1.048,57 €	(...)	1.048,57 €	2.415,85 €
		Annuo				
Saggio attualizzazione						5%
VAN STRUTTURA IN XLAM	€	462.692,70 €				
ANALISI COSTI STRUTTURA A TELAIO						
COSTI	Costruzione	1° Anno	2° Anno	(...)	50° Anno	Demolizione
COSTO DI COSTRUZIONE	232.698,17 €			(...)		
COSTO AMBIENTALE	160.797,73 €			(...)		
COSTO DI GESTIONE		310,15 €	310,15 €	(...)	310,15 €	
COSTI DI MANUTENZIONE		412,82 €	412,82 €	(...)	412,82 €	
COSTO AMBIENTALE INTERVENTI DI MANUTENZIONE		285,35 €	285,35 €	(...)	285,35 €	
COSTO DI SMALTIMENTO				(...)		2.450,08 €
TOTALE COSTI	393.495,91 €	1.008,32 €	1.008,32 €	(...)	1.008,32 €	2.450,08 €
		Annuo				
Saggio attualizzazione						5%
VAN STRUTTURA A TELAIO	€	392.483,13 €				

Figura 6.15._ Calcolo VAN delle tre soluzioni.

Il calcolo del “Valore Attuale Netto” applicato alle tre soluzioni, dimostra come il sistema costruttivo tradizionale in calcestruzzo e laterizio, a tutt’oggi più utilizzato e ritenuto più economico, in realtà lo è sicuramente al momento della realizzazione in cantiere, ma non se si considera l’intero ciclo di vita utile dell’edificio con i relativi costi ambientali.

A fine periodo infatti risulta più oneroso del sistema a telaio in legno, mentre ha dei costi leggermente inferiori al sistema in “xlam”.

In fase di costruzione, i prezzi di listino dei materiali sono pressochè sovrapponibili se si considerano la soluzione in cls e quella a telaio, mentre risulta più costosa quella in “xlam”.

Le differenze si presentano invece in termini di costi ambientali. Dal VAN infatti si evidenzia come la soluzione tradizionale già in fase di costruzione abbia un costo ambientale più elevato in termini di CO₂ e energia incorporata, rispetto le due soluzioni in legno che sono pressochè sovrapponibili. Analogamente costi ambientali più elevati si riscontrano nel corso della vita utile del manufatto in relazione ad operazioni di sostituzione dei materiali (la soluzione tradizionale necessita di una spesa annua prossima ai 550 €, contro i 270 € e i 285 € annui delle due soluzioni a secco) e in fase di dismissione per lo smaltimento in discarica.

Bisogna però precisare che, la conclusione per cui la soluzione a telaio in legno risulta economicamente la più vantaggiosa, è valida in linea teorica, in quanto l’Italia non ha ancora introdotto una tassa sulle emissioni di CO₂, peraltro la sensibilità crescente in ambito ambientale e la particolare congiuntura suggeriscono che ciò non tarderà ad avvenire.

I risultati ricavati dal calcolo del “VAN” rappresentano la vera essenza e l’importanza del tema analizzato e trattato nel presente studio, ossia la stretta connessione fra l’ambito ecologico e quello economico dimostrando in modo oggettivo come le emissioni di sostanze inquinanti ed il consumo di risorse non rinnovabili abbiano come conseguenza anche costi più elevati.

CONCLUSIONI

07

07. CONCLUSIONI

Lo scopo del presente lavoro di tesi è l'analisi comparativa, condotta su un edificio unifamiliare a basso consumo energetico, fra tre diverse tipologie di struttura ed involucro, tutte riconducibili alla stessa soluzione volumetrica, distributiva, estetica, di dotazione impiantistica e di qualità dell'abitare.

Tale confronto avviene tra una soluzione tradizionale a umido (calcestruzzo e laterizio) e due a secco, delle quali una con sistema costruttivo in Xlam e l'altra con struttura a telaio in legno e materiali derivanti dagli scarti della produzione del riso (*Ricehouse*).

L'analisi che ne deriva è stata condotta prendendo in esame tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio (costruzione, gestione, manutenzione e dismissione) e ha utilizzato come parametro oggettivo di valutazione un dato di tipo economico. Per tradurre le varie fasi, compresi i loro aspetti ambientali, in valori economici omogenei, quindi paragonabili, si è fatto ricorso all'applicazione di criteri scientifici quali il protocollo ITACA e la "*Life cycle costing assessment analysis*". Essi consentono infatti di valorizzare in maniera omogenea i costi di realizzazione, di gestione, di manutenzione e di dismissione di un edificio considerando anche i costi derivanti dall'impatto ambientale dei materiali utilizzati.

L'applicazione di questi criteri consente di stilare una classifica, dalla quale risulta che la soluzione più conveniente è la soluzione a secco con telaio in legno; tuttavia questi dati non possono essere interpretati in maniera univoca bensì alla luce di un'analisi complessa, che prenda in considerazione diversi obiettivi.

Infatti, considerando l'intero ciclo di vita del manufatto (come previsto dalla *Life cycle costing assessment analysis*), la soluzione con struttura a telaio in legno è senz'altro la più vantaggiosa in quanto si attesta sui 393.000 € contro i 420.000 € della soluzione tradizionale ad umido e i 463.000 € della soluzione in "xlam" (in quest'ultima vi è una forte incidenza del costo iniziale del materiale rispetto all'altra soluzione a secco). Ma, valutando singolarmente le varie fasi di vita dell'edificio, si nota come la soluzione in cls si correli ad un minore costo in fase di costruzione rispetto alle altre, quindi se ci si limitasse all'investimento iniziale la scelta dovrebbe propendere per la soluzione a umido. Però, se si prendono ad esame le fasi successive, come gestione, manutenzione e soprattutto dismissione, emerge una maggiore convenienza in relazione alle soluzioni a secco, capace di abbattere i costi iniziali di costruzione e, nel caso specifico della soluzione a telaio, di renderla complessivamente meno costosa.

Inoltre, dato che le spese di costruzione e di manutenzione sono considerate sia sotto il profilo dei costi connessi ai materiali e alla manodopera, sia sotto il profilo ambientale (cioè l'impatto monetario dovuto al costo dell'energia e della CO₂ incorporata nei materiali), le soluzioni a secco, che utilizzano prodotti naturali derivanti da fonti rinnovabili e che hanno una bassa energia incorporata, risultano assai più convenienti anche sotto l'aspetto della sostenibilità ambientale. L'analisi ambientale condotta non ha però tenuto in considerazione gli impatti ambientali della CO₂ derivanti dall'eventuale utilizzo di legno da costruzione non locale. Solo conoscendo la

reale provenienza del legname impiegato si sarebbe potuto implementare tale calcolo ed ottenere di conseguenza risultati meno distanti tra la soluzione a telaio in legno e la soluzione ad umido, e dunque un margine di convenienza minore.

Oltre ad una maggiore attenzione verso l'ambiente, le soluzioni a secco si caratterizzano sul piano pratico per una maggiore rapidità nella posa in opera, una maggiore flessibilità a fronte di eventuali futuri interventi di modifica delle partiture interne per mutate esigenze, una maggiore salubrità dei materiali e una maggiore efficienza energetica legata alla riduzione dei ponti termici e all'utilizzo di isolanti più performanti. In particolare, l'analisi condotta sulle tre soluzioni, a parità di prestazioni di isolamento delle chiusure esterne, volumetria edilizia e impianto utilizzato, dimostra che le due soluzioni a secco necessitano di un fabbisogno di energia non rinnovabile annuo per il riscaldamento e il raffrescamento inferiore di circa 2 kWh/m². E questo dato, oggi come non mai, con le quotazioni sempre crescenti delle fonti energetiche, è da chiunque fortemente auspicabile.

Per gli aspetti sopra considerati, specificatamente, la soluzione con struttura a telaio abbinata a materiali per l'isolamento *Ricehouse* risulta sicuramente la soluzione preferibile.

L'ecologicità delle strutture a secco rispetto a quella a umido si manifesta, in modo ancora più marcato, nel fine vita dell'edificio. Al momento della dismissione, le strutture a secco sono disassemblabili e quindi consentono la separazione selettiva delle componenti da destinare poi al riutilizzo o al riciclaggio, mentre la soluzione in calcestruzzo presenta il problema dello smaltimento in discarica.

Un'ulteriore precisazione riguarda i materiali per l'isolamento e la finitura derivanti dalla filiera risicola. Essi fanno sì che l'investimento sia ancora più sostenibile rispetto ai materiali "ecologici" tradizionali, quali lana di legno o di roccia. Questi, non solo hanno un prezzo di acquisto più basso e sono durevoli in quanto più resistenti all'umidità e al fuoco, ma soprattutto hanno un grado di riciclabilità molto elevato. In aggiunta, l'utilizzo della paglia di riso rappresenta un esempio virtuoso di economia circolare, perché si tratta di impiegare a fini costruttivi un materiale che è da considerarsi a tutti gli effetti uno scarto, risolvendo le problematiche legate al suo smaltimento. È evidente, dunque, una doppia valenza ecologica. Un'evidenza di questa maggiore ecologicità è riscontrabile nel protocollo ITACA, che attribuisce un giudizio di valutazione "ottimo" alla soluzione che utilizza prodotti *Ricehouse*.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

08

08. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

TESTI

- Lantschner, Norbert, *CasaClima, il piacere di abitare*, Bolzano, Athesia, 2008.
- Benedetti, Cristina, *Le guide pratiche del Master CasaClima. Volume 1, Appunti di fisica tecnica*, Bolzano, Bozen-Bolzano university press, 2014.
- Benedetti, Cristina, *Le guide pratiche del Master CasaClima. Volume 2, Materiali isolanti*, Bolzano, Bozen-Bolzano university press, 2014.
- Benedetti, Cristina, *Le guide pratiche del Master CasaClima. Volume 7, Umidità e tenuta all'aria*, Bolzano, Bozen-Bolzano university press, 2014.
- Bollea, Giacinto, *Saluzzo, un invito alla città*, Saluzzo, Fusta editore, 2016.
- Francesconi, Lorenzo, *Saluzzo, mi piace!*, Saluzzo, Fusta Editore, 2019.
- Gresleri, Jacopo, *Cohosing, esperienze internazionali di abitare condiviso*, Busalla, Plug_in, 2015.
- Gauzin-Müller, Dominique, *Architettura sostenibile, 29 esempi di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale*, Milano, Edizioni Ambiente, 2009.
- Campioli, Andrea; Lavagna, Monica, *Tecniche e architettura*, Torino, Città studi, 2013.
- Erlacher, Peter; Erlacher, Ruben, *CasaClima in muratura: un manuale*, Bolzano, Raetia, 2007.
- Montanari, Guido; Dellapiana, Elena, *Una storia dell'architettura contemporanea*, Torino, UTET Università, 2015.
- Schrentewein, Thomas, *CasaClima: Costruire in legno*, Bolzano, Raetia, 2008.
- Callegari, Guido; Zanuttini, Roberto; *Boislab: il legno per un'architettura sostenibile*, Firenze, Alinea Editrice s.r.l., 2010.
- Benedetti, Cristina, *Costruire in legno, edifici a basso consumo energetico*, Bolzano, Bozen-Bolzano university press, 2014.
- Jones, Barbara, *Costruire con le balle di paglia. Manuale pratico per la progettazione e la costruzione*, Firenze, Terra nuova edizioni, 2011.
- Cumo, Fabrizio; Di Matteo, Umberto; Burlandi, Sabrina, *ITACA. Applicazione critica del protocollo per la valutazione della sostenibilità energetica e ambientale degli edifici. Casi studio in edilizia residenziale e terziaria*, Roma, Gangemi, 2012.
- Giordano, Roberto, *I prodotti per l'edilizia sostenibile; la compatibilità dei materiali nel processo edilizio*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2003.
- Fregonara, Elena, *Valutazione sostenibilità progetto. Life cycle thinking e indirizzi internazionali*, Milano, FrancoAngeli, 2015.

DOCUMENTI

- Brundtland, Gro Harlem, *Report of the World Commission on Environment and Develop-*

- ment: Our Common Future*, United Nations, 1987, file:///C:/Users/Utente/Downloads/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf), (ultimo accesso 15.09.2022).
- *Rapporto rifiuti speciali - Edizione 2019*, ISPRA, (https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/RapRifiutiSpeciali2019n.309_versintegrale_Rev11Ottobre2019_new.pdf), (ultimo accesso 20.09.2022)
 - Palmero, Paola, *slides del corso “Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l’architettura”, Lezione 5_Materiali per l’isolamento termico.*
 - Piano regolatore generale, progetto definitivo, *tav A3.a - Assetto dei vincoli.*
 - Piano regolatore generale, progetto definitivo, *tav A11.a - Linee di soglia dei costi differenziali per l’urbanizzazione delle aree di nuovo impianto.*
 - Schickhofer, Gerhard; Bernasconi, Andrea; Traetta, Gianluigi, *Costruzione di edifici di legno*, promo_legno, (<https://www.promolegno.com/fileadmin/promolegno/media.it/corsi/base-docu/costruzione-edificilegno-docucorsobase-promolegno.pdf>), (ultimo accesso 08.03.2023).
 - Xlam Dolomiti, Scheda tecnica: *Xlam Dolomiti Production, The wood building R-evolution.*
 - Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, *Aggiornamento delle << Norme tecniche per le costruzioni >>*, 2018.
 - ANIT, Associazione Nazionale per l’Isolamento Termico e acustico, *Leggi e norme*, (<https://www.anit.it/wp-content/uploads/2022/08/Gazzetta6agosto22-CAM.pdf>), (ultimo accesso 09.03.2023).
 - Consiglio Direttivo 21 aprile 2011, *PROTOCOLLO ITACA Nazionale 2011 RESIDENZIALE*, (https://www.itaca.org/documenti/news/PROTOCOLLO_ITACA_2011_R_CD_21042011.pdf), (ultimo accesso 15.03.2023).
 - Regione Piemonte, *Prezziario di riferimento per opere e lavori pubblici nella Regione Piemonte nella sua edizione del Luglio 2022.*
 - RiceHouse, *RH - Listino prezzi.*

TESI DI LAUREA

- Boerio, Elisabetta; Morbelli, Erika, *Composizione, tecnologia ed energia: tre ipotesi di residenze sociali in classe A*, rel. Valentino Manni, Cesare Griffa, Marco Simonetti, Torino, Politecnico, Corso di laurea specialistica in Architettura, aa. 2008/2009.
 - Ciocchetti, Valentina, *Percorso di conoscenza per la valutazione del rischio sismico: il Falcone di Saluzzo (CN)*. Rel. Rosalba Ientile, Monica Naretto, Torino, Politecnico, Corso di laurea specialistica in Architettura per il restauro e la valorizzazione del patrimonio, aa. 2012/2013.
 - Bruni, Simone, *Studio di un nuovo pannello isolante per l’edilizia composto da paglia di riso trinciata e legante vegetale*, Rel. Jean Marc Tulliani, Torino, Politecnico, Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, aa. 2020/2021.
- Giaccone, Giorgia, *Da scarti agroalimentari a prodotti per l’architettura e il design: sviluppo di un pannello con lolla di riso*, Rel. Elena Piera Montacchini, Angela Lacirignola, Tiziana Mon-

terisi, Silvia Tedesco, Torino, Politecnico, Corso di laurea specialistica in Architettura per il Progetto Sostenibile, a.a. 2019/2020.

- Piccirillo, Beatrice, *La paglia negli interventi di riqualificazione*, Rel. Elena Piera Montacchini, Maria Cristina Azzolino, Angela Lacirignola, Torino, Politecnico, Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, a.a. 2019/2020.

- Brossa Enrico; Cipolla, Maria Samanda, *L'uso del legno per un'edilizia sostenibile : analisi LCCA per una progettazione consapevole.*, Rel. Jean Marc Christian Tulliani, Diego Giuseppe Ferrando, Torino, Politecnico, Corso di laurea magistrale in Architettura Per Il Progetto Sostenibile, aa. 2013/2014.

SITI INTERNET

- Rinnovabili.it < <https://www.rinnovabili.it/ambiente/cambiamenti-climatici/concentrazione-atmosferica-di-co2/> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- Divisionenergia < <https://www.divisionenergia.it/news/materiali-per-lisolamento-termico> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- Ecofine, aerogel solutions < <https://www.ecofine.it/prestazioni-a-confronto> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- Risposta, fabbrica serramenti pvc < <https://www.rispostaserramenti.com/isolamento-termico-il-mercato-europeo-vale-115-ml-d-e-predilige-le-fibre-naturali/> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- Eco-innovazione < <https://www.eco-innovazione.it/materiali-isolanti-termici-innovativi/> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- CasaClima < <https://www.agenziacasaclima.it/it/certificazione-edifici/classi-casaclima/casa-clima-gold-1411.html> > (ultimo accesso 20.09.2022).

- Moto-On The Road < <https://www.moto-ontheroad.it/on-the-road/reportage-in-moto/saluzzo/> > (ultimo accesso 08.02.2023).

- Certifico < <https://www.certifico.com/impianti/documenti-impianti/337-documenti-impianti-riservati/7099-zone-climatiche-tabella-a-aggiornata-d-p-r-412-1993> > (ultimo accesso 08.02.2023).

- Weather Spark < <https://it.weatherspark.com/y/55320/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Saluzzo-Italia-tutto-l'anno#:~:text=Saluzzo%20ha%20alcune%20variazioni%20stagionali,piogge%20medie%20di%202022%20millimetri.> > (ultimo accesso 08.02.2023).

- Murundaka Cohousing Community < <https://www.murundakacohousing.org.au/> > (ultimo accesso 16.02.2023).

- Cohousing Il Mucchio < <http://www.cohousingilmucchio.it/> > (ultimo accesso 10.02.2023).

- Consorzio Poroton Italia < <https://www.poroton.it/soluzioni-costruttive/muratura-isolante/> > (ultimo accesso 08.02.2023).

- BiblusNet < <https://biblus.acca.it/solai-laterocementizi-caratteristiche-tipologie-esempio-teo>

rico/ > (ultimo accesso 08.02.2023).

- Esperto casaclima.com < <https://espertocasaclima.com/2020/05/11/blocco-laterizio-inerzia-massa/> > (ultimo accesso 06.03.2023).

- Fagiolari constructions < <https://www.fagiolarisrl.it/it/blog/piano-di-demolizione-quando-e-obbligatorio-15#:~:text=1.,delle%20varie%20strutture%20da%20demolire.> > (ultimo accesso 06.03.2023).

- Com-edil < <https://www.comedilgrazioli.it/tegole-e-isolanti/7320-polistirene-estruso-125x60x5-cm-xps-isolante-al-mq.html> > (ultimo accesso 30.09.2023).

- BiblusNet < <https://www.infobuildenergia.it/prodotti/lastre-e-pannelli-per-isolamento-termico-fassatherm/> > (ultimo accesso 30.09.2023).

- Abitazioni Ecologiche < <https://www.abitazioniecologiche.it/tecnica-e-servizi/sistemi-costruttivi/evoluzione-della-tradizione.html> > (ultimo accesso 08.03.2023).

- tecnologiaduepuntozero < <https://www.tecnologiaduepuntozero.it/2019/01/21/pannelli-legno-trasformato/> > (ultimo accesso 01.10.2022).

- Progetto edilizia zero < <http://www.progettoenergiazero.com/2017/11/17/x-lam-modalita-e-tipologie-di-connesione/> > (ultimo accesso 01.10.2022).

- Xlam Dolomiti < <https://www.xlamdolomiti.it/schede-tecniche-xlam-e-documentazione> > (ultimo accesso 01.10.2022).

gno-trasformato/ > (ultimo accesso 01.10.2022).

- Progetto edilizia zero < <http://www.progettoenergiazero.com/2017/11/17/x-lam-modalita-e-tipologie-di-connesione/> > (ultimo accesso 01.10.2022).

- Barra e Barra < <https://www.barraebarra.com/fibra-di-legno/> > (ultimo accesso 30.09.2023).

- Leca < <https://www.leca.it/chi-siamo/cose-leca/> > (ultimo accesso 30.09.2023).

- Ricehouse < <https://www.ricehouse.it/la-nostri-storia/> > (ultimo accesso 05.10.2022).

- Ricehouse < <https://www.ricehouse.it/> > (ultimo accesso 05.10.2022).

- Ricehouse < <https://www.ricehouse.it/> > (ultimo accesso 05.10.2022).

- Ricehouse < <https://www.ricehouse.it/filiera-di-valorizzazione/> > (ultimo accesso 05.10.2022).

- ABICERT, l'ente di certificazione < <https://www.abicert.it/aggregati-riciclati/#:~:text=Oggi%20%C3%A8%20possibile%20confezionare%20un,composto%20di%20frammenti%20di%20calcestruzzo> > (ultimo accesso 09.03.2023).

- rete clima < <https://www.reteclima.it/lca-life-cycle-assessment-analisi-del-ciclo-di-vita/> > (ultimo accesso 10.03.2023).

- Tax Foundation < <https://taxfoundation.org/carbon-taxes-in-europe-2022/> > (ultimo accesso 14.03.2023).

- ANIMA, Confindustria meccanica varia < <https://www.anima.it/cosa-facciamo/area-tecnica/energia/direttiva-2018-844-ue-epbd-efficienza-energetica-degli-edifici-.kl#:~:text=La%20revisione%20della%20direttiva%20sulla,vigore%20il%209%20luglio%202018> > (ultimo accesso 09.05.2023).

ALLEGATI

09

09. ALLEGATI

9.1. Protocollo ITACA Residenziale

9.1.1. Scheda di punteggio criterio B.4.6 Materiali riciclati/recuperati.

CRITERIO B.4.6	Destinazione d'uso	Criterio valido per:	
		RESIDENZIALE	Nuova costruzione
Materiali riciclati/recuperati			
AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA		
B. Consumo di risorse	B.4 Materiali eco-compatibili		
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO		
Favorire l'impiego di materiali riciclati e/o di recupero per diminuire il consumo di nuove risorse.	nella categoria	nel sistema completo	
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA		
Percentuale in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento.	%		
SCALA DI PRESTAZIONE			
	%	PUNTI	
NEGATIVO	-	-1	
SUFFICIENTE	0	0	
BUONO	30	3	
OTTIMO	50	5	
METODO E STRUMENTI DI VERIFICA			
<p>NB Il metodo di verifica descritto deve essere applicato considerando gli elementi di involucro opaco e trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame. Sono quindi da escludersi elementi della struttura portante, degli elementi di contenimento e dei materiali di riporto utilizzati per i riempimenti (vespai, etc.). Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione si fa riferimento alle sezioni considerate all'interno della relazione tecnica di cui all'articolo 4, comma 25 del D.P.R. 59/09. Inoltre l'analisi va condotta sull'intero edificio nel caso di nuova costruzione e sugli elementi interessati dall'intervento nel caso di progetto di ristrutturazione.</p>			
<p>Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Calcolare il volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame (A); 2. Calcolare il volume complessivo dei materiali che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame che appartengono alla categoria "materiali riciclati e/o di recupero"(B); 3. Calcolare la percentuale dei materiali e componenti riciclati e/o di recupero rispetto alla totalità dei materiali/componenti impiegati nell'intervento: $B/A \times 100$ 4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. 			
<p>Protocollo ITACA Nazionale 2011 - RESIDENZIALE - Versione basata su SBT007 di iISBE</p>			

9.1.2. Scheda di punteggio criterio B.4.7 Materiali da fonti rinnovabili

CRITERIO B.4.7	Destinazione d'uso	Criterio valido per:	
	RESIDENZIALE	Nuova costruzione	Ristrutturazione
Materiali da fonti rinnovabili			
AREA DI VALUTAZIONE B. Consumo di risorse	CATEGORIA B.4 Materiali eco-compatibili		
ESIGENZA Ridurre il consumo di materie prime non rinnovabili.	PESO DEL CRITERIO nella categoria		nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE Percentuale in volume dei materiali provenienti da fonti rinnovabili utilizzati nell'intervento.	UNITA' DI MISURA %		
SCALA DI PRESTAZIONE			
	%	PUNTI	
NEGATIVO	-	-1	
SUFFICIENTE	0	0	
BUONO	30	3	
OTTIMO	50	5	
METODO E STRUMENTI DI VERIFICA			
<p>NB Il metodo di verifica descritto deve essere applicato considerando gli elementi di involucro opaco e trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame. Sono quindi da escludersi elementi della struttura portante, degli elementi di contenimento e dei materiali di riporto utilizzati per i riempimenti (vespai, etc.). Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione si fa riferimento alle sezioni considerate all'interno della relazione tecnica di cui all'articolo 4, comma 25 del D.P.R. 59/09. Inoltre l'analisi va condotta sull'intero edificio nel caso di nuova costruzione e sugli elementi interessati dall'intervento nel caso di progetto di ristrutturazione.</p> <p>Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Calcolare il volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame (A); 2. Calcolare il volume complessivo dei materiali che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame che appartengono alla categoria "materiali provenienti da fonte rinnovabile"(B); nota: Per "materiale da fonte rinnovabile" si intende un materiale in grado di rigenerarsi nel tempo (ovvero di origine vegetale o animale). 3. Calcolare la percentuale dei materiali e componenti da fonte rinnovabile rispetto alla totalità dei materiali/componenti impiegati nell'intervento: $B/A \times 100$ 4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. 			
Protocollo ITACA Nazionale 2011 - RESIDENZIALE - Versione basata su SBTool 2007 di iiSBE			

9.2. Contratto di fornitura dell'energia elettrica



CONDIZIONI PARTICOLARI DI FORNITURA
Documento aggiornato il 30/11/2022
Valido per adesioni entro il 31/12/2022

TIPOLOGIA DI CONTRATTO: PUNTA UDINE NOV 2022

SERVIZI DI VENDITA: Prezzo della componente energia Quota energia eVISO. L'offerta prevede due opzioni di prezzo della componente energia che sarà applicato all'energia elettrica prelevata e alle relative perdite di rete (definite dalla delibera AEEG ARG/elt 107/09 e successive modifiche e integrazioni).

	media ultimi 12 mesi	giu 2022	lug 2022	ago 2022	set 2022	ott 2022	nov 2022
Per Fasce							
<input type="checkbox"/> Quota energia eVISO in F3 da Lunedì a Sabato (23:00 - 7:00), Domenica e festivi.	€/kWh: 0,295	0,264	0,422	0,551	0,418	0,194	0,199
<input type="checkbox"/> Quota energia eVISO in F2 da Lunedì a Venerdì (7:00 - 8:00; 19:00 - 23:00) e Sabato (7:00 - 23:00).	€/kWh: 0,350	0,313	0,504	0,642	0,502	0,258	0,257
<input type="checkbox"/> Quota energia eVISO in F1 da Lunedì a Venerdì (8:00 - 19:00).	€/kWh: 0,350	0,317	0,528	0,590	0,490	0,252	0,290
Bioraria							
<input type="checkbox"/> Quota energia eVISO in F2 ed F3 da Lunedì a Venerdì (00:00 - 8:00; 19:00 - 24:00) Sabato Domenica e festivi.	€/kWh: 0,312	0,279	0,449	0,578	0,446	0,216	0,217
<input type="checkbox"/> Quota energia eVISO in F1 da Lunedì a Venerdì (8:00 - 19:00).	€/kWh: 0,350	0,317	0,528	0,590	0,490	0,252	0,290

I prezzi sopra riportati, riferiti come esempio, variano mensilmente e sono indicizzati secondo i prezzi mensili medi del Prezzo Unico Nazionale (PUN) per fascia oraria. Le fasce orarie sono definite in base alla delibera n. 181/06 dell'AEEG e successive modifiche ed integrazioni.

SERVIZI DI DISPACCIAMENTO, DI RETE ED ONERI GENERALI

I prezzi sopra riportati non includono i corrispettivi per i servizi di dispacciamento sbilanciamento (Corrisp. Sbil. Art. n°40 Delib. AEEG 111/06 che sarà pari al massimo tra 0,010 €/kWh e il PUN mensile in fascia F1 moltiplicato per un fattore correttivo pari a 0,049), differenziale commercializzazione maggior tutela, corrispettivo mercato capacità (delibera 566/2021/R/eel, che sarà il massimo tra 0,015 €/kWh ed il valore calcolato usando i coefficienti stabiliti da TERNA per il mercato libero sulla base del profilo orario rilevato sul vostro misuratore, e laddove non disponibile sulla base del profilo del fabbisogno italiano MGP GME moltiplicato per un fattore correttivo tra il profilo MGP GME e il profilo medio di eVISO pari a 1,096. Tale componente è arrotondata alla terza cifra decimale superiore e si applica anche alle perdite di rete standard), servizi di rete (trasporto, distribuzione, misura, penali energia reattiva) effettuati dal Distributore e da Terna, nonché gli oneri generali del sistema elettrico e gli oneri di commercializzazione. Gli importi indicati non comprendono IVA ed imposte. Qualora al momento della fatturazione i valori dei servizi elencati non fossero resi disponibili dal Distributore e/o da Terna e/o dall'AEEG, EVISO stimerà tali componenti in base ai relativi dati storici o a misurazioni effettuate con strumenti propri. Non appena il Distributore e/o Terna pubblicherà il consuntivo di tali valori, EVISO effettuerà gli eventuali conguagli o rettifiche.

ALTRI CORRISPETTIVI

Il corrispettivo a copertura dei costi di commercializzazione Quota fissa eVISO calcolato su base mensile è pari a:

in caso di consumi fino a	100 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 9,80
in caso di consumi da 101 kWh/mese a	200 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 13,99
in caso di consumi da 201 kWh/mese a	500 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 16,99
in caso di consumi da 501 kWh/mese a	900 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 22,99
in caso di consumi da 901 kWh/mese a	1.350 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 27,99
in caso di consumi da 1.351 kWh/mese a	2.700 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 32,99
in caso di consumi superiori a	2.700 kWh/mese	Quota fissa eVISO €	: € 33,99

PAGAMENTI

La frequenza di fatturazione avrà periodicità mensile. A fronte della fornitura, EVISO emetterà le fatture in formato da pagarsi esclusivamente tramite addebito su conto corrente SDD, entro il giorno 10 del mese seguente la fornitura oppure al primo giorno tecnico bancario utile successivo. Nei casi di mancata copertura finanziaria dell'SDD, ovvero a seguito della intimazione di pagamento, il prezzo della componente Quota energia eVISO sarà aumentato di 0,01 €/kWh e sarà sospesa qualsiasi condizione particolare ovvero sconto sulla Quota fissa mensile eVISO.

DURATA

Qualora tra i punti serviti ve ne sia almeno uno in Media Tensione, in deroga a quanto stabilito agli art.li 4.1 ed art.11, comma 11.1.2 delle condizioni generali di contratto il presente accordo ha durata di 24 mesi, successivamente è tacitamente prorogato di anno in anno per ulteriori 12 mesi in mancanza di disdetta. Il Cliente rinuncia espressamente alla facoltà di recedere dal contratto prima dello scadere dei 24 mesi a decorrere dalla data di effettiva somministrazione di energia elettrica ed in caso di rinnovo a decorrere dalla data di applicazione delle nuove condizioni qui descritte.

NOTE

Ad integrazione di quanto previsto nelle Condizioni Generali di Fornitura, l'esecuzione del contratto e quindi l'attivazione delle forniture è in ogni caso condizionata alla circostanza che: i) i Siti non risultino sospesi per morosità del Cliente al momento della richiesta di attivazione del servizio di trasmissione e distribuzione; ii) il cliente finale non risulti oggetto di una richiesta di indennizzo formulata da un precedente fornitore in relazione a morosità pregresse del cliente finale ai sensi della delibera dell'Aeeg Arg/com 219/10i contenente "Disposizioni per il funzionamento del Sistema Indennitario di cui all'Allegato B della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 11 dicembre 2009, ARG/elt 191/09.". Avvio del contratto. L'avvio dell'esecuzione del contratto avverrà entro i termini previsti dall'AEEG. Il presente contratto annulla e sostituisce ogni altra precedente intesa intervenuta tra le parti. Gli importi indicati non comprendono IVA ed imposte.

METODO DI INDICIZZAZIONE

PUN: media oraria dei prezzi zonali del Mercato del Giorno Prima (MGP), ponderata con gli acquisti totali, al netto degli acquisti dei pompaggi e delle zone estere. Il Mercato del Giorno Prima è la sede di negoziazione e vendita regolata dal Gestore dei Mercati Energetici.

I prezzi proposti sono indicizzati alla media mensile del PUN. I prezzi sono arrotondati alla terza cifra decimale superiore.

Per gli indici aggiornati e qualsiasi chiarimento i nostri operatori sono disponibili al numero verde 800 586744.

Formula per la costruzione della Quota energia eVISO = kappa x indice al mese "m"

Quota energia eVISO al mese "m" in fascia F3 = 1,0929 x media aritmetica nelle ore di fascia F3 del PUN orario del mese "m"

Quota energia eVISO al mese "m" in fascia F2 = 1,0648 x media aritmetica nelle ore di fascia F2 del PUN orario del mese "m"

Quota energia eVISO al mese "m" in fascia F1 = 1,0642 x media aritmetica nelle ore di fascia F1 del PUN orario del mese "m"

Quota energia eVISO al mese "m" in fascia F2+F3 = 1,0737 x media aritmetica nelle ore di fascia F2+F3 del PUN orario del mese "m"

DATA _____

FIRMA _____

Il sottoscritto dichiara di aver preso piena conoscenza di quanto stabilito nelle sezioni "ALTRI CORRISPETTIVI", "PAGAMENTI" e "DURATA" e di approvare incondizionatamente senza alcuna riserva ai sensi dell'art. 1341 e 1342 c.c..

DATA _____

FIRMA _____

9.3. Preventivo smaltimento rifiuti di cantiere



Prot. 43/23 pp del 18 Gennaio 2023

Oggetto : SMALTIMENTO MACERIE DA DEMOLIZIONE – SALUZZO VIA BODONI

A seguito della Sua gradita richiesta, sulla base delle informazioni ricevute, siamo con la presente a formulare la ns. migliore offerta relativa allo svolgimento del servizio di cui all'oggetto da effettuarsi c/o cantiere sito a *Saluzzo in Via Bodoni*, come di seguito indicato:

➤ Primo posizionamento cassone da 3 mc -7 mc – 25 mc	€/cad.	110,00 + iva.
➤ Noleggio giornaliero cassone	€/cad.	2,00 + iva.
➤ Cambio cassone e trasporto ad impianto autorizzato	€/viaggio	170,00 + iva.

Le aree destinate all'alloggiamento dei cassoni dovranno essere tali da garantire le necessarie manovre in sicurezza.

➤ Costo smaltimento <u>solo macerie pulite</u> CER 170904		
Importo minimo fatturabile a formulario € 60,00 + iva	€/Ton.	15,00 + iva.

Non dovranno essere presenti rifiuti e sostanze di natura diversa dagli inerti (es. cavi, guaine, metallo, plastica, pannelli isolanti , ferro , lana di vetro/roccia, polistirolo).

Eventuali materiali rinvenuti non catalogabili con il codice CER sopra riportato, comporteranno l'addebito per i successivi costi di cernita e smaltimento.

DIMENSIONI CASSONI E SPAZI PER MOVIMENTAZIONE

Mc. 3 SISTEMA MULTIBENNA: lungh.2,30 mt; largh.1,50 mt; spazio utile per alloggiare il cassone 3,00 mt; larghezza mezzo che consegna 2,20 mt; altezza 2,65 mt con braccia, lunghezza mt. 5– carico max q.li 30

Mc. 7 SISTEMA MULTIBENNA: lungh.3,5 mt; largh. 1.82 mt; spazio utile per alloggiare il cassone 4,00 mt; larghezza mezzo che consegna 2,70 mt; altezza 3,40 mt con braccia, lunghezza mt. 7– carico max q.li 80


















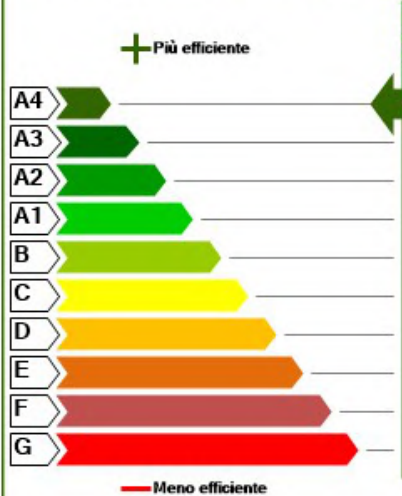

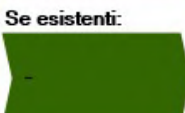




Mc. 25 SISTEMA SCARRABILE: lungh.6,20 mt largh. 2,50 mt – spazio utile per alloggiare il cassone mt. 20 circa (autocarro 3 assi). Considerare che per rispettare i limiti di portata, il riempimento utile è circa metà della capacità del cassone – carico max q.li 110

Sono escluse dalla presente offerta le voci non espressamente citate (oneri per accesso ztl , permessi , occupazione suolo pubblico , ecc)

A seguito del trasporto del rifiuto all'impianto autorizzato al ritiro, Vi verranno rilasciate copie formulario di identificazione rifiuto, comprovanti gli avvenuti regolari conferimenti.

9.4. Attestato di prestazione energetica

9.4.1. Prima soluzione

	ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: 18/01/2033							
DATI GENERALI								
Destinazione d'uso <input checked="" type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: E.1 (1)	Oggetto dell'attestato <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____						
Dati identificativi								
	Regione : PIEMONTE Comune : Saluzzo Indirizzo : _____ Piano : _____ Interno : _____ Coordinate GIS : 0.000000 N - 0.000000 E	Zona climatica : E Anno di costruzione : 2023 Superficie utile riscaldata (m ²) : 162.13 Superficie utile raffrescata (m ²) : 162.13 Volume lordo riscaldato (m ³) : 790.77 Volume lordo raffrescato (m ³) : 790.77						
Comune catastale H727	Sezione	Foglio	Particella					
Subalterni da a da a da a								
Altri subalterni								
Servizi energetici presenti								
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale <input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/>  Illuminazione <input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose						
PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO								
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.								
Prestazione energetica del fabbricato <table border="1"> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					Prestazione energetica globale 	Riferimenti Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi:  Se esistenti: 
INVERNO	ESTATE							
								
								

PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	636 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 7.65
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio		
<input type="checkbox"/>	Olio combustibile		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 75.05
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico	3571 kWh	
<input type="checkbox"/>	Solare termico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 2
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro		

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE

INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nren} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
R_{EN} 1		no	0.00	A4 0.00	A4 0.00 kWh/m ² anno
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					

ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	8244.32 kWh/anno	Vettore energetico: Energia elettrica
-------------------	-------------------------	--

ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

V – Volume riscaldato	790.77	m ³
S – Superficie disperdente	511.80	m ²
Rapporto S/V	0.65	
EP _{H,nd}	45.53	kWh/m ² anno
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0.0273	-
Y _{IE}	0.0244	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EP _{ren}	EP _{nren}
Climatizzazione invernale	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	12.10	84.7	η_H	47.95	5.81
Climatizzazione estiva	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	11.90	189.2	η_C	4.29	0.00
Prod. acqua calda sanitaria	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	12.10	72.7	η_W	19.69	1.37
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili	Impianto fotovoltaico	2023		Solare fotovoltaico	12.00	0.0		0.00	0.00
Ventilazione meccanica	Ventilatori	2023		Energia elettrica da rete	0.06	0.0		3.11	0.47
Illuminazione									
Trasporto di persone o cose									

INFORMAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

La sezione riporta informazioni sulle opportunità, anche in termini di strumenti di sostegno nazionali o locali, legate all'esecuzione di diagnosi energetiche e interventi di riqualificazione energetica, comprese le ristrutturazioni importanti.

--

SOGGETTO CERTIFICATORE

<input type="checkbox"/> Ente/Organismo pubblico	<input checked="" type="checkbox"/> Tecnico abilitato	<input type="checkbox"/> Organismo/Società
Nome e Cognome / Denominazione		
Indirizzo	- - ()	
E-mail		
Telefono		
Titolo		
Ordine/iscrizione	di /	
Dichiarazione di indipendenza	<i>Il sottoscritto certificatore, consapevole delle responsabilità assunte ai sensi degli artt.359 e 481 del Codice Penale, DICHIARA di aver svolto con indipendenza ed imparzialità di giudizio l'attività di Soggetto Certificatore del sistema edificio impianto oggetto del presente attestato e l'assenza di conflitto di interessi ai sensi dell'art.3 del D.P.R. 16 aprile 2013, n. 75.</i>	
Informazioni aggiuntive		

SOPRALLUOGHI E DATI DI INGRESSO

E' stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio obbligatorio per la redazione del presente APE?	si
---	----

SOFTWARE UTILIZZATO

Il software utilizzato risponde ai requisiti di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti rispetto ai valori ottenuti per mezzo dello strumento di riferimento nazionale?	si
Ai fini della redazione del presente attestato è stato utilizzato un software che impieghi un metodo di calcolo semplificato?	no

Il presente attestato è reso, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'articolo 15, comma 1 del D.Lgs 192/2005 così come modificato dall'articolo 12 del D.L 63/2013.

 Data di emissione 18/01/2023

Firma e timbro del tecnico o firma digitale _____

LEGENDA E NOTE PER LA COMPILAZIONE

Il presente documento attesta la **prestazione** e la **classe energetica** dell'edificio o dell'unità immobiliare, ovvero la quantità di energia necessaria ad assicurare il comfort attraverso i diversi servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in condizioni convenzionali d'uso. Al fine di individuare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica, l'attestato riporta informazioni specifiche sulle prestazioni energetiche del fabbricato e degli impianti. Viene altresì indicata la classe energetica più elevata raggiungibile in caso di realizzazione delle misure migliorative consigliate, così come descritte nella sezione **"raccomandazioni"** (pag.2).

PRIMA PAGINA

Informazioni generali: tra le informazioni generali è riportata la motivazione alla base della redazione dell'APE. Nell'ambito del periodo di validità, ciò non preclude l'uso dell'APE stesso per i fini di legge, anche se differenti da quelli ivi indicati.

Prestazione energetica globale (EPgl,nren) : fabbisogno annuale di energia primaria non rinnovabile relativa a tutti i servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in base al quale è identificata la classe di prestazione dell'edificio in una scala da A4 (edificio più efficiente) a G (edificio meno efficiente).

Prestazione energetica del fabbricato: indice qualitativo del fabbisogno di energia necessario per il soddisfacimento del confort interno, indipendente dalla tipologia e dal rendimento degli impianti presenti. Tale indice da un'indicazione di come l'edificio, d'estate e d'inverno, isola termicamente gli ambienti interni rispetto all'ambiente esterno. La scala di valutazione qualitativa utilizzata osserva il seguente criterio:

	QUALITA' ALTA		QUALITA' MEDIA		QUALITA' BASSA
---	----------------------	---	-----------------------	--	-----------------------

I valori di soglia per la definizione del livello di qualità, suddivisi per tipo di indicatore, sono riportati nelle Linee guida per l'attestazione energetica degli edifici di cui al decreto previsto dall'articolo 6, comma 12 del d.lgs. 192/2005.

Edificio a energia quasi zero: edificio ad altissima prestazione energetica, calcolata conformemente alle disposizioni del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 e del decreto ministeriale sui requisiti minimi previsto dall'articolo 4, comma 1 del d.lgs. 192/2005. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ). Una spunta sull'apposito spazio adiacente alla scala di classificazione indica l'appartenenza dell'edificio oggetto dell'APE a questa categoria.

Riferimenti: raffronto con l'indice di prestazione globale non rinnovabile di un edificio simile ma dotato dei requisiti minimi degli edifici nuovi, nonché con la media degli indici di prestazione degli edifici esistenti simili, ovvero contraddistinti da stessa tipologia d'uso, tipologia costruttiva, zona climatica, dimensioni ed esposizione di quello oggetto dell'attestato.

SECONDA PAGINA

Prestazioni energetiche degli impianti e consumi stimati: la sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile dell'immobile oggetto di attestazione. Tali indici informano sulla percentuale di energia rinnovabile utilizzata dall'immobile rispetto al totale. La sezione riporta infine una stima del quantitativo di energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard, suddivisi per tipologia di fonte energetica utilizzata.

Raccomandazioni: di seguito si riporta la tabella che classifica le tipologie di intervento raccomandate per la riqualificazione energetica e la ristrutturazione importante.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE EDIFICIO/UNITA' IMMOBILIARE - Tabella dei Codici

Codice	TIPO DI INTERVENTO
R_{EN1}	FABBRICATO - INVOLUCRO OPACO
R_{EN2}	FABBRICATO - INVOLUCRO TRASPARENTE
R_{EN3}	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - INVERNO
R_{EN4}	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - ESTATE
R_{EN5}	ALTRI IMPIANTI
R_{EN6}	FONTE RINNOVABILI

TERZA PAGINA


La terza pagina riporta la quantità di energia prodotta in situ ed esportata annualmente, nonché la sua tipologia. Riporta infine, suddivise in due sezioni relative rispettivamente al fabbricato e agli impianti, i dati di maggior dettaglio alla base del calcolo.

9.4.2. Seconda soluzione

	ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: 18/01/2033	
---	---	---







DATI GENERALI

Destinazione d'uso <input checked="" type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: E.1 (1)	Oggetto dell'attestato <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____
---	--	--

FOTO EDIFICIO 	Regione : PIEMONTE Comune : Saluzzo Indirizzo : _____ Piano : _____ Interno : _____ Coordinate GIS : 0.000000 N - 0.000000 E	Zona climatica : E Anno di costruzione : 2023 Superficie utile riscaldata (m²) : 162.13 Superficie utile raffrescata (m²) : 162.13 Volume lordo riscaldato (m³) : 757.06 Volume lordo raffrescato (m³) : 757.06
--	--	--

















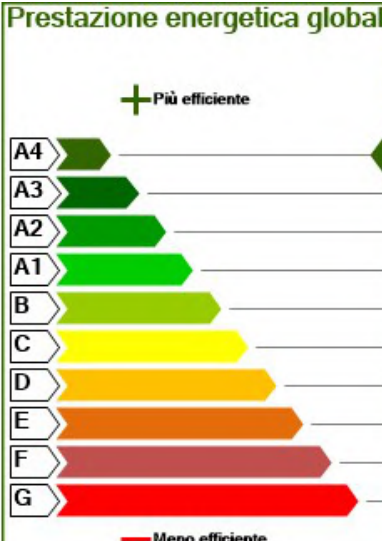








Comune catastale	H727	Sezione	Foglio	Particella
Subalterni	da a da a	da a	da a	da a
Altri subalterni				

Servizi energetici presenti

<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale	<input checked="" type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica	<input type="checkbox"/>  Illuminazione
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 50%;">INVERNO</th> <th style="width: 50%;">ESTATE</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0f7fa;"></td> <td style="background-color: #ffe0b2;"></td> </tr> <tr> <td>  </td> <td>  </td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE			  	  	Prestazione energetica globale  <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">CLASSE ENERGETICA A4</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">5.91 kWh/m²anno</p>	Riferimenti Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi: <div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px; text-align: center; width: 50px; margin: 5px auto;">A4 (55.77)</div> Se esistenti: <div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px; text-align: center; width: 50px; margin: 5px auto;">-</div>
INVERNO	ESTATE							
								
  	  							

PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	491 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 5.91
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio		
<input type="checkbox"/>	Olio combustibile		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 70.58
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico	3500 kWh	
<input type="checkbox"/>	Solare termico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 1
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro		

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE

INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nren} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
R_{EN} 1		no	0.00	A4 0.00	A4 0.00 kWh/m ² anno
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					

ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	8315.46 kWh/anno	Vettore energetico: Energia elettrica
-------------------	-------------------------	--

ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

V – Volume riscaldato	757.06	m ³
S – Superficie disperdente	494.17	m ²
Rapporto S/V	0.65	
EP _{H,nd}	40.55	kWh/m ² anno
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0.0272	-
Y _{IE}	0.0076	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EP _{ren}	EP _{nren}
Climatizzazione invernale	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	12.10	85.4	η_H	43.14	4.32
Climatizzazione estiva	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	11.90	189.0	η_C	4.56	0.00
Prod. acqua calda sanitaria	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	12.10	73.1	η_W	19.75	1.18
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili	Impianto fotovoltaico	2023		Solare fotovoltaico	12.00	0.0		0.00	0.00
Ventilazione meccanica	Ventilatori	2023		Energia elettrica da rete	0.06	0.0		3.13	0.41
Illuminazione									
Trasporto di persone o cose									

INFORMAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

La sezione riporta informazioni sulle opportunità, anche in termini di strumenti di sostegno nazionali o locali, legate all'esecuzione di diagnosi energetiche e interventi di riqualificazione energetica, comprese le ristrutturazioni importanti.

--

SOGGETTO CERTIFICATORE

<input type="checkbox"/> Ente/Organismo pubblico	<input checked="" type="checkbox"/> Tecnico abilitato	<input type="checkbox"/> Organismo/Società
Nome e Cognome / Denominazione		
Indirizzo	- - ()	
E-mail		
Telefono		
Titolo		
Ordine/iscrizione	di /	
Dichiarazione di indipendenza	<i>Il sottoscritto certificatore, consapevole delle responsabilità assunte ai sensi degli artt.359 e 481 del Codice Penale, DICHIARA di aver svolto con indipendenza ed imparzialità di giudizio l'attività di Soggetto Certificatore del sistema edificio impianto oggetto del presente attestato e l'assenza di conflitto di interessi ai sensi dell'art.3 del D.P.R. 16 aprile 2013, n. 75.</i>	
Informazioni aggiuntive		

SOPRALLUOGHI E DATI DI INGRESSO

E' stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio obbligatorio per la redazione del presente APE?	si
---	----

SOFTWARE UTILIZZATO

Il software utilizzato risponde ai requisiti di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti rispetto ai valori ottenuti per mezzo dello strumento di riferimento nazionale?	si
Ai fini della redazione del presente attestato è stato utilizzato un software che impieghi un metodo di calcolo semplificato?	no

Il presente attestato è reso, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'articolo 15, comma 1 del D.Lgs 192/2005 così come modificato dall'articolo 12 del D.L 63/2013.

 Data di emissione 18/01/2023

Firma e timbro del tecnico o firma digitale _____

LEGENDA E NOTE PER LA COMPILAZIONE

Il presente documento attesta la **prestazione** e la **classe energetica** dell'edificio o dell'unità immobiliare, ovvero la quantità di energia necessaria ad assicurare il comfort attraverso i diversi servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in condizioni convenzionali d'uso. Al fine di individuare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica, l'attestato riporta informazioni specifiche sulle prestazioni energetiche del fabbricato e degli impianti. Viene altresì indicata la classe energetica più elevata raggiungibile in caso di realizzazione delle misure migliorative consigliate, così come descritte nella sezione "raccomandazioni" (pag.2).

PRIMA PAGINA

Informazioni generali: tra le informazioni generali è riportata la motivazione alla base della redazione dell'APE. Nell'ambito del periodo di validità, ciò non preclude l'uso dell'APE stesso per i fini di legge, anche se differenti da quelli ivi indicati.

Prestazione energetica globale (EPgl,nren) : fabbisogno annuale di energia primaria non rinnovabile relativa a tutti i servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in base al quale è identificata la classe di prestazione dell'edificio in una scala da A4 (edificio più efficiente) a G (edificio meno efficiente).

Prestazione energetica del fabbricato: indice qualitativo del fabbisogno di energia necessario per il soddisfacimento del confort interno, indipendente dalla tipologia e dal rendimento degli impianti presenti. Tale indice da un'indicazione di come l'edificio, d'estate e d'inverno, isola termicamente gli ambienti interni rispetto all'ambiente esterno. La scala di valutazione qualitativa utilizzata osserva il seguente criterio:

	QUALITA' ALTA		QUALITA' MEDIA		QUALITA' BASSA
---	----------------------	---	-----------------------	--	-----------------------

I valori di soglia per la definizione del livello di qualità, suddivisi per tipo di indicatore, sono riportati nelle Linee guida per l'attestazione energetica degli edifici di cui al decreto previsto dall'articolo 6, comma 12 del d.lgs. 192/2005.

Edificio a energia quasi zero: edificio ad altissima prestazione energetica, calcolata conformemente alle disposizioni del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 e del decreto ministeriale sui requisiti minimi previsto dall'articolo 4, comma 1 del d.lgs. 192/2005. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ). Una spunta sull'apposito spazio adiacente alla scala di classificazione indica l'appartenenza dell'edificio oggetto dell'APE a questa categoria.

Riferimenti: raffronto con l'indice di prestazione globale non rinnovabile di un edificio simile ma dotato dei requisiti minimi degli edifici nuovi, nonché con la media degli indici di prestazione degli edifici esistenti simili, ovvero contraddistinti da stessa tipologia d'uso, tipologia costruttiva, zona climatica, dimensioni ed esposizione di quello oggetto dell'attestato.

SECONDA PAGINA

Prestazioni energetiche degli impianti e consumi stimati: la sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile dell'immobile oggetto di attestazione. Tali indici informano sulla percentuale di energia rinnovabile utilizzata dall'immobile rispetto al totale. La sezione riporta infine una stima del quantitativo di energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard, suddivisi per tipologia di fonte energetica utilizzata.

Raccomandazioni: di seguito si riporta la tabella che classifica le tipologie di intervento raccomandate per la riqualificazione energetica e la ristrutturazione importante.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE EDIFICIO/UNITA' IMMOBILIARE - Tabella dei Codici

Codice	TIPO DI INTERVENTO
R_{EN1}	FABBRICATO - INVOLUCRO OPACO
R_{EN2}	FABBRICATO - INVOLUCRO TRASPARENTE
R_{EN3}	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - INVERNO
R_{EN4}	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - ESTATE
R_{EN5}	ALTRI IMPIANTI
R_{EN6}	FONTE RINNOVABILI

TERZA PAGINA

La terza pagina riporta la quantità di energia prodotta in situ ed esportata annualmente, nonché la sua tipologia. Riporta infine, suddivise in due sezioni relative rispettivamente al fabbricato e agli impianti, i dati di maggior dettaglio alla base del calcolo.

9.4.3. Terza soluzione

	ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: 18/01/2033	
---	---	---







DATI GENERALI

Destinazione d'uso <input checked="" type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: E.1 (1)	Oggetto dell'attestato <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____
---	--	--

FOTO EDIFICIO	Regione : PIEMONTE Comune : Saluzzo Indirizzo : _____ Piano : _____ Interno : _____ Coordinate GIS : 0.000000 N - 0.000000 E	Zona climatica : E Anno di costruzione : 2023 Superficie utile riscaldata (m²) : 162.13 Superficie utile raffrescata (m²) : 162.13 Volume lordo riscaldato (m³) : 752.51 Volume lordo raffrescato (m³) : 752.51
---------------	--	--










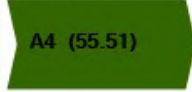





Comune catastale	H727	Sezione	Foglio	Particella
Subalterni	da a da a	da a	da a	da a
Altri subalterni				

Servizi energetici presenti

<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale	<input checked="" type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica	<input type="checkbox"/>  Illuminazione
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 50%;">INVERNO</th> <th style="width: 50%;">ESTATE</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					Prestazione energetica globale  <p style="text-align: center;"> EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO CLASSE ENERGETICA A4 5.47 kWh/m²anno </p>	Riferimenti Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi:  Se esistenti: 
INVERNO	ESTATE							
								
								

PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	455 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 5.47
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio		
<input type="checkbox"/>	Olio combustibile		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 69.36
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico	3488 kWh	
<input type="checkbox"/>	Solare termico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 1
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro		

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE

INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nren} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
R_{EN} 1		no	0.00	A4 0.00	A4 0.00 kWh/m ² anno
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					
R_{EN}					

ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	8328.01 kWh/anno	Vettore energetico: Energia elettrica
-------------------	-------------------------	--

ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

V – Volume riscaldato	752.51	m ³
S – Superficie disperdente	489.78	m ²
Rapporto S/V	0.65	
EP _{H,nd}	39.16	kWh/m ² anno
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0.0270	-
Y _{IE}	0.0768	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EP _{ren}	EP _{nren}
Climatizzazione invernale	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	12.10	85.6	η_H	41.78	3.96
Climatizzazione estiva	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	11.90	192.4	η_C	4.68	0.00
Prod. acqua calda sanitaria	HP elettrica aria-acqua	2023		Energia elettrica da rete	12.10	73.3	η_W	19.76	1.12
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili	Impianto fotovoltaico	2023		Solare fotovoltaico	12.00	0.0		0.00	0.00
Ventilazione meccanica	Ventilatori	2023		Energia elettrica da rete	0.06	0.0		3.14	0.39
Illuminazione									
Trasporto di persone o cose									

INFORMAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

La sezione riporta informazioni sulle opportunità, anche in termini di strumenti di sostegno nazionali o locali, legate all'esecuzione di diagnosi energetiche e interventi di riqualificazione energetica, comprese le ristrutturazioni importanti.

--

SOGGETTO CERTIFICATORE

<input type="checkbox"/> Ente/Organismo pubblico	<input checked="" type="checkbox"/> Tecnico abilitato	<input type="checkbox"/> Organismo/Società
Nome e Cognome / Denominazione		
Indirizzo	- - ()	
E-mail		
Telefono		
Titolo		
Ordine/iscrizione	di /	
Dichiarazione di indipendenza	<i>Il sottoscritto certificatore, consapevole delle responsabilità assunte ai sensi degli artt.359 e 481 del Codice Penale, DICHIARA di aver svolto con indipendenza ed imparzialità di giudizio l'attività di Soggetto Certificatore del sistema edificio impianto oggetto del presente attestato e l'assenza di conflitto di interessi ai sensi dell'art.3 del D.P.R. 16 aprile 2013, n. 75.</i>	
Informazioni aggiuntive		

SOPRALLUOGHI E DATI DI INGRESSO

E' stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio obbligatorio per la redazione del presente APE?	<i>si</i>
---	-----------

SOFTWARE UTILIZZATO

Il software utilizzato risponde ai requisiti di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti rispetto ai valori ottenuti per mezzo dello strumento di riferimento nazionale?	<i>si</i>
Ai fini della redazione del presente attestato è stato utilizzato un software che impieghi un metodo di calcolo semplificato?	<i>no</i>

Il presente attestato è reso, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'articolo 15, comma 1 del D.Lgs 192/2005 così come modificato dall'articolo 12 del D.L 63/2013.

 Data di emissione 18/01/2023

Firma e timbro del tecnico o firma digitale _____

LEGENDA E NOTE PER LA COMPILAZIONE

Il presente documento attesta la **prestazione** e la **classe energetica** dell'edificio o dell'unità immobiliare, ovvero la quantità di energia necessaria ad assicurare il comfort attraverso i diversi servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in condizioni convenzionali d'uso. Al fine di individuare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica, l'attestato riporta informazioni specifiche sulle prestazioni energetiche del fabbricato e degli impianti. Viene altresì indicata la classe energetica più elevata raggiungibile in caso di realizzazione delle misure migliorative consigliate, così come descritte nella sezione **"raccomandazioni"** (pag.2).

PRIMA PAGINA

Informazioni generali: tra le informazioni generali è riportata la motivazione alla base della redazione dell'APE. Nell'ambito del periodo di validità, ciò non preclude l'uso dell'APE stesso per i fini di legge, anche se differenti da quelli ivi indicati.

Prestazione energetica globale (EPgl,nren) : fabbisogno annuale di energia primaria non rinnovabile relativa a tutti i servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in base al quale è identificata la classe di prestazione dell'edificio in una scala da A4 (edificio più efficiente) a G (edificio meno efficiente).

Prestazione energetica del fabbricato: indice qualitativo del fabbisogno di energia necessario per il soddisfacimento del confort interno, indipendente dalla tipologia e dal rendimento degli impianti presenti. Tale indice da un'indicazione di come l'edificio, d'estate e d'inverno, isola termicamente gli ambienti interni rispetto all'ambiente esterno. La scala di valutazione qualitativa utilizzata osserva il seguente criterio:

	QUALITA' ALTA		QUALITA' MEDIA		QUALITA' BASSA
---	----------------------	---	-----------------------	--	-----------------------

I valori di soglia per la definizione del livello di qualità, suddivisi per tipo di indicatore, sono riportati nelle Linee guida per l'attestazione energetica degli edifici di cui al decreto previsto dall'articolo 6, comma 12 del d.lgs. 192/2005.

Edificio a energia quasi zero: edificio ad altissima prestazione energetica, calcolata conformemente alle disposizioni del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 e del decreto ministeriale sui requisiti minimi previsto dall'articolo 4, comma 1 del d.lgs. 192/2005. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ). Una spunta sull'apposito spazio adiacente alla scala di classificazione indica l'appartenenza dell'edificio oggetto dell'APE a questa categoria.

Riferimenti: raffronto con l'indice di prestazione globale non rinnovabile di un edificio simile ma dotato dei requisiti minimi degli edifici nuovi, nonché con la media degli indici di prestazione degli edifici esistenti simili, ovvero contraddistinti da stessa tipologia d'uso, tipologia costruttiva, zona climatica, dimensioni ed esposizione di quello oggetto dell'attestato.

SECONDA PAGINA

Prestazioni energetiche degli impianti e consumi stimati: la sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile dell'immobile oggetto di attestazione. Tali indici informano sulla percentuale di energia rinnovabile utilizzata dall'immobile rispetto al totale. La sezione riporta infine una stima del quantitativo di energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard, suddivisi per tipologia di fonte energetica utilizzata.

Raccomandazioni: di seguito si riporta la tabella che classifica le tipologie di intervento raccomandate per la riqualificazione energetica e la ristrutturazione importante.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE EDIFICIO/UNITA' IMMOBILIARE - Tabella dei Codici

Codice	TIPO DI INTERVENTO
R_{EN1}	FABBRICATO - INVOLUCRO OPACO
R_{EN2}	FABBRICATO - INVOLUCRO TRASPARENTE
R_{EN3}	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - INVERNO
R_{EN4}	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - ESTATE
R_{EN5}	ALTRI IMPIANTI
R_{EN6}	FONTE RINNOVABILI

TERZA PAGINA

La terza pagina riporta la quantità di energia prodotta in situ ed esportata annualmente, nonché la sua tipologia. Riporta infine, suddivise in due sezioni relative rispettivamente al fabbricato e agli impianti, i dati di maggior dettaglio alla base del calcolo.

9.5. Computo metrico estimativo (opere di costruzione e manutenzione)

9.5.1. Prima soluzione

MACROVOCE A: ALLESTIMENTO CANTIERE							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
28.A05.D25	BAGNO CHIMICO PORTATILE per cantieri edili, in materiale plastico, con superfici interne ed esterne facilmente lavabili, con funzionamento non elettrico, dotato di un WC alla turca ed un lavabo, completo di serbatoio di raccolta delle acque nere della capacità di almeno 200 l, di serbatoio di accumulo dell'acqua per il lavabo e per lo scarico della capacità di almeno 50 l, e di connessioni idrauliche acque chiare e scure. Dimensioni orientative 120 x 120 x 240 cm. Il WC dovrà avere una copertura costituita da materiale che permetta una corretta illuminazione interna, senza dover predisporre un impianto elettrico. Compreso trasporto, montaggio, smontaggio, preparazione della base, manutenzione e spostamento durante le lavorazioni. Compreso altresì servizio di pulizia periodica settimanale (4 passaggi/mese) e il relativo scarico presso i siti autorizzati.						
28.A05.D25.005	nolo primo mese o frazione di mese	cad.	1			179,11	179,11 €
28.A05.D25.010	nolo per ogni mese o frazione di mese successivo al primo	cad.	9			123,14	1.108,26 €
01.P24.E65	Nolo di gru a torre compreso l'onere del manovratore addetto per il tempo di effettivo impiego						
01.P24.E65.005	Con braccio fino a m 20	h	1	36,91	61.03 %	60,48	12.096,00 €
01.P25.A75	Nolo di ponteggio tubolare esterno a telai prefabbricati compreso trasporto, montaggio, smontaggio nonché ogni dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura pre-						

	vista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).						
01.P25. A75.005	Per i primi 30 giorni	m ²	254			14	3.556,00 €
01.P25. A75.010	Per ogni mese oltre il primo	m ²	254			2,25	5.143,50 €
28.A05.E05	RECINZIONE perimetrale di protezione in rete estrusa in polietilene ad alta densità HDPE peso 240 g/m ² , di vari colori a maglia ovoidale, resistente ai raggi ultravioletti, indeformabile, fornita e posta in opera mediante appositi paletti di sostegno in ferro zincato fissati nel terreno a distanza di 1 m. Sono compresi: l'uso per la durata dei lavori; il tondo di ferro, l'infissione nel terreno per almeno 70 cm dello stesso; le tre legature per ognuno; il filo zincato posto alla base, in mezzeria ed in sommità, passato sulle maglie della rete al fine di garantirne, nel tempo, la stabilità e la funzione; la manutenzione per tutto il periodo di durata dei lavori, sostituendo, o riparando le parti non più idonee; lo smantellamento, l'accatastamento e l'allontanamento a fine opera.	m					
28.A05. E05.020	altezza 2,00 m	m	68			7,48	508,64 €
TOTALE MACROVOCE A							22.591,51 €
MACROVOCE B: NUOVE COSTRUZIONI							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
Struttura di fondazione							
01.A11.A50	Realizzazione di soletta areata con casseri a perdere modulari in polipropilene riciclato (igloo) comprensiva di sottofondo in calcestruzzo magro dello spessore minimo di 5 cm per la formazione del piano di posa, getto di calcestruzzo per il riempimento dei vuoti, successiva soletta superiore in calcestruzzo classe di resistenza minima 20/25 spessore minimo 8 cm armata con rete elettrosaldata 6/10x10.						

01.A11. A50.025	per l'impiego di casseri modulari (Igloo) con altezze oltre i 40 cm e fino a 50 cm	m ²	65	24,74	29.39%	84,19	5.472,35 €
03.P10.B01	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche.						
03.P10. B01.005	Rotolo	m ²	104				2.133,04 €
01.A04.B30	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206 per strutture di elevazione (pilastri, travi, solai in latero-cemento e a soletta piena, corpi scala e nuclei ascensore). Classe di esposizione ambientale XC1 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, CI 0.4. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere.						
	Classe di resistenza a compressione minima C25/30	m ³	44	6,13	4.47%	137,06	6.030,64 €
01.A04.C20	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito con l'ausilio della gru compreso il nolo della stessa						
01.A04. C20.015	In strutture armate	m ³	44	53,74	89.41%	60,1	2.644,40 €
01.A04.E00	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile						
01.A04. E00.005	Di calcestruzzo cementizio armato	m ³	44	6,14	63.51%	9,67	425,48 €
01.A04.H30	Casseratura per il contenimento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						
01.A04. H30.005	In legname di qualunque forma	m ²	279	28,9	84.80%	34,08	9.508,32 €
01.A04.F20	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, trafilato a freddo, classe tecnica B450A, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo						

	gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido						
01.A04.F20.005	In barre raddrizzate ottenute da bobine, nei diametri da 6 mm a 16 mm	kg	6600	0,71	30.79%	2,29	15.144,00 €
TOTALE							41.328,23 €
Struttura in elevazione							
01.A07.E32	Realizzazione di solaio piano in laterocemento gettato in opera con blocchi in laterizio di alleggerimento a norma UNI 9730 1/a, compreso l'impalcato di sostegno provvisorio costituito da tavolato continuo fino ad un'altezza di cm 350 dal piano di appoggio, il getto di completamento in calcestruzzo >= C20/25 (Rck 25), l'acciaio d'armatura dei travetti, la formazione di rompitratta ed ogni altra opera accessoria per la corretta posa in opera						
01.A07.E32.015	Utilizzando blocchi 1/a UNI 9730-16x38x27, spessore 16+4=20 cm	m ²	172	51,83	49.27%	105,2	18.094,40 €
01.A04.B30	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206 per strutture di elevazione (pilastri, travi, solai in latero-cemento e a soletta piena, corpi scala e nuclei ascensore). Classe di esposizione ambientale XC1 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere.						
	Classe di resistenza a compressione minima C25/30	m ³	10	6,13	4.47%	137,06	1.370,60 €
01.A04.C20	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito con l'ausilio della gru compreso il nolo della stessa						
01.A04.C20.015	In strutture armate	m ³	10	53,74	89.41%	60,1	601,00 €
01.A04.E00	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile						
01.A04.E00.005	Di calcestruzzo cementizio armato	m ³	10	6,14	63.51%	9,67	96,70 €

01.A04.H30	Casseratura per il contenimento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						
01.A04.H30.005	In legname di qualunque forma	m ²	177,7	28,9	84.80%	34,08	6.056,02 €
01.A04.F20	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, trafilato a freddo, classe tecnica B450A, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido						
01.A04.F20.005	In barre raddrizzate ottenute da bobine, nei diametri da 6 mm a 16 mm	kg	1500	0,71	30.79%	2,29	3.435,00 €
TOTALE							29.653,72 €
Vano scala							
01.A04.B30	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206 per strutture di elevazione (pilastri, travi, solai in latero-cemento e a soletta piena, corpi scala e nuclei ascensore). Classe di esposizione ambientale XC1 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere.						
	Classe di resistenza a compressione minima C25/30	m ³	15	6,13	4.47%	137,06	2.055,90 €
01.A04.C20	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito con l'ausilio della gru compreso il nolo della stessa						
01.A04.C20.015	In strutture armate	m ³	15	53,74	89.41%	60,1	901,50 €
01.A04.E00	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile						
01.A04.E00.005	Di calcestruzzo cementizio armato	m ³	15	6,14	63.51%	9,67	145,05 €
01.A04.H30	Casseratura per il contenimento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						

	mento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						
01.A04.H30.005	In legname di qualunque forma	m ²	75	28,9	84.80%	34,08	2.556,00 €
01.A04.F20	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, trafilato a freddo, classe tecnica B450A, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido						
01.A04.F20.005	In barre raddrizzate ottenute da bobine, nei diametri da 6 mm a 16 mm	kg	2250	0,71	30.79%	2,29	5.152,50 €
01.A10.B30	Intonaco lisciato di superficie comunque sagomata di canali o di altre opere simili, eseguite allo scoperto con malta cementizia nella proporzione di kg 700 di cemento pozzolanico e m ³ 1 di sabbia						
01.A10.B30.015	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm 1.5 compreso	m ²	69	20,93	88.68%	23,6	1.628,40 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	6,7	20,29	34.93%	58,09	389,20 €
TOTALE							12.828,55 €
Piano terra							
01.P09.A55	Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kPa (secondo la norma UNI EN 13164), Euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,036 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno						
01.P09.A55.005	spessore 80 mm	m ²	158			21,04	3.324,32 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali						

	per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	158	6,76	100.00%	6,76	1.068,08 €
01.A11.A40	Sottofondo per pavimenti di spessore fino a cm 15						
01.A11.A40.005	Formato con calcestruzzo cementizio avente resistenza caratteristica di kg/cm ² 150, per ogni cm di spessore e per superfici di almeno m ² 0,20	m ²	79	2,92	77.25%	3,78	298,62 €
01.A11.A40.015	Eseguito in conglomerato leggero a base di argilla espansa per ogni cm di spessore e per superfici di almeno m ² 0,20	m ²	79	2,6	58.24%	4,46	352,34 €
01.A12.B75	Posa in opera di pavimento o rivestimento eseguito in piastrelle di gres ceramico fine porcellanato, anche con fascia lungo il perimetro o disposto a disegni, realizzata mediante l'uso di speciale adesivo in polvere a base cementizia per piastrelle ceramiche, applicato con spatola dentata per uno spessore di mm 2-5, addizionato con malta a base di resine sintetiche ed idrofobanti per la formazione e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12.B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	11	30,43	93.84%	32,43	356,73 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	68	20,29	34.93%	58,09	3.950,12 €
01.A10.A10	Rinzafo eseguito con malta di calce dolce su						

	pareti, solai, soffitti, travi, ecc, sia in piano che in curva, compresa l'esecuzione dei raccordi negli angoli, delle zanche di separazione tra pareti e orizzontamenti, e della profilatura degli spigoli in cemento con esclusione del gesso						
01.A10.A10.005	Per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore fino a cm 2	m ²	12	20,35	95.04%	21,41	256,92 €
01.A10.B20	Intonaco eseguito con malta di cemento, su rinzaffo, in piano od in curva, anche con aggiunta di coloranti, compresa l'esecuzione dei raccordi delle zanche e la profilatura degli spigoli in cemento con l'esclusione del gesso						
01.A10.B20.005	Eseguito fino ad una altezza di m 4, per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore di cm 0.5	m ²	12	10,72	93.52%	11,46	137,52 €
01.A10.B30	Intonaco lisciato di superficie comunque sagomata di canali o di altre opere simili, eseguite allo scoperto con malta cementizia nella proporzione di kg 700 di cemento pozzolanico e m ³ 1 di sabbia						
01.A10.B30.015	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm 1.5 compreso	m ²	151	20,93	88.68%	23,6	3.563,60 €
01.P09.A21	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 200 kPa e densità compresa tra 20-36 kg/m ³ (secondo la norma UNI EN 13163), Euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di zoccolature e perimetrali						
01.P09.A21.055	spessore 180 mm	m ²	130			67,69	8.799,70 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e						

	deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	130	6,76	100.00%	6,76	878,80€
01.A05.B80	Muratura di tamponamento mediante mattoni o blocchi in laterizio, con resistenza al fuoco classe REI 180, legati con giunti di malta per murature del tipo M2, esclusa l'asportazione delle parti lesionate						
01.A05.B80.025	Spessore cm 30	m ²	91	40,12	44.73%	89,7	8.162,70€
01.A06.A10	Tramezzi in mattoni legati con malta di calce						
01.A06.A10.045	In mattoni forati dello spessore di cm 12 e per una superficie complessiva di almeno m ² 1	m ²	62	40,3	72.14%	55,86	3.463,32€
01.A17.A70	Fornitura e posa in opera di travi, travetti e simili in legno lamellare con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, nessuna opera esclusa; Escluso il nolo di gru						
01.A17.A70.005	In abete (Picea abies, Abies Alba) per edifici di civile abitazione	m ³	0,18	459,89	15.90%	2.892,36	520,62€
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2	1.049,17	57.34%	1.829,73	3.659,46€
TOTALE							38.792,85 €
Primo piano							
01.A10.B30	Intonaco liscio di superficie comunque sagomata di canali o di altre opere simili, eseguite allo scoperto con malta cementizia nella proporzione di kg 700 di cemento pozzolanico e m ³ 1 di sabbia						
01.A10.B30.015	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm	m ²	283	20,93	88.68%	23,6	6.678,80 €

	1.5 compreso						
01.A11.A40	Sottofondo per pavimenti di spessore fino a cm 15						
01.A11.A40.005	Formato con calcestruzzo cementizio avente resistenza caratteristica di kg/cm ² 150, per ogni cm di spessore e per superfici di almeno m ² 0,20	m ²	78	2,92	77.25%	3,78	294,84 €
01.A11.A40.015	Eseguito in conglomerato leggero a base di argilla espansa per ogni cm di spessore e per superfici di almeno m ² 0,20	m ²	78	2,6	58.24%	4,46	347,88 €
01.A12.B75	Posa in opera di pavimento o rivestimento eseguito in piastrelle di gres ceramico fine porcellanato, anche con fascia lungo il perimetro o disposto a disegni, realizzata mediante l'uso di speciale adesivo in polvere a base cementizia per piastrelle ceramiche, applicato con spatola dentata per uno spessore di mm 2-5, addizionato con malta a base di resine sintetiche ed idrofobanti per la formazione e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12.B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	12	30,43	93.84%	32,43	389,16 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	70	20,29	34.93%	58,09	4.066,30 €
01.P09.A21	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 200 kPa e densità compresa tra 20-36 kg/m ³ (secondo la norma UNI EN 13163), Euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di zoccolature e perimetrali						

01.P09. A21.055	spessore 180 mm	m ²	102			67,69	6.904,38 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09. G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	102	6,76	100.00%	6,76	689,52 €
01.A05.B80	Muratura di tamponamento mediante mattoni o blocchi in laterizio, con resistenza al fuoco classe REI 180, legati con giunti di malta per murature del tipo M2, esclusa l'asportazione delle parti lesionate						
01.A05. B80.025	Spessore cm 30	m ²	88	40,12	44.73%	89,7	7.893,60 €
01.A17.A70	Fornitura e posa in opera di travi, travetti e simili in legno lamellare con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, nessuna opera esclusa; Escluso il nolo di gru						
01.A17. A70.005	In abete (Picea abies, Abies Alba) per edifici di civile abitazione	m ³	0,2	459,89	15.90%	2.892,36	578,47 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,5	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.574,33 €
01.A06.A10	Tramezzi in mattoni legati con malta di calce						
01.A06. A10.045	In mattoni forati dello spessore di cm 12 e per una superficie complessiva di almeno m ² 1	m ²	144	40,3	72.14%	55,86	8.043,84 €
TOTALE							40.461,12 €
Copertura							

01.P09.A21	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 200 kPa e densità compresa tra 20-36 kg/m ³ (secondo la norma UNI EN 13163), Euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di zoccolature e perimetrali						
01.P09.A21.040	spessore 120 mm	m ²	220			52,32	11.510,40 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	220	6,76	100.00%	6,76	1.487,20 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	4	1.049,17	57.34%	1.829,73	7.318,92 €
01.A09.B80	Fornitura e posa di membrana impermeabilizzante per la formazione della barriera al vapore, costituita da un tessuto composito rinforzato (feltro di vetro con poliestere) e impregnato con bitume ibrido, dello spessore di circa 2,5 mm.						
01.A09.B80.005	In opera su coperture piane o inclinate, mediante applicazione a fiamma o fissaggio meccanico e saldatura dei giunti a fiamma con cannello di sicurezza.	m ²	108	4,07	28.44%	14,32	1.546,56€
01.A09.A70	Tetto in lastre di lamiera di alluminio, con nervature grecate longitudinali,						

	posate su correnti di larice rosso aventi sezione cm 6x8, fissate con apposite staffe, viti o bulloni, dato in opera, compresi i colmi ed i displuvi						
01.A09.A70.005	Lamiera tipo allusic, esclusa la grossa orditura	m ²	109	40,57	67.76%	59,88	6.526,92€
01.A10.B30	Intonaco liscio di superficie comunque sagomata di canali o di altre opere simili, eseguite allo scoperto con malta cementizia nella proporzione di kg 700 di cemento pozzolanico e m ³ 1 di sabbia						
01.A10.B30.015	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm 1.5 compreso	m ²	90	20,93	88.68%	23,6	2.124,00€
01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico, saldatura con solvente o aria calda, sigillatura, avvolgimento corpi fuori uscenti e finitura bocchettoni pluviali						
01.A09.B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrato, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	109	10,45	95.34%	10,96	1.194,64€
TOTALE							31.708,64 €
Copertura a verde							
01.A10.B30	Intonaco liscio di superficie comunque sagomata di canali o di altre opere simili, eseguite allo scoperto con malta cementizia nella proporzione di kg 700 di cemento pozzolanico e m ³ 1 di sabbia						
01.A10.B30.015	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm 1.5 compreso	m ²	4,3	20,93	88.68%	23,6	101,48€
01.A04.B30	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206 per strutture di elevazione (pilastri, travi, solai in latero-cemento e a soletta piena, corpi scala e nuclei ascensore). Classe di esposizione ambientale XC1 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4. Fornitura a						

	pie d'opera, escluso ogni altro onere.						
	Classe di resistenza a compressione minima C25/30	m ³	1,26	6,13	4.47%	137,06	172,70 €
01.A04.C20	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito con l'ausilio della gru compreso il nolo della stessa						
01.A04.C20.015	In strutture armate	m ³	1,26	53,74	89.41%	60,1	75,73 €
01.A04.E00	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile						
01.A04.E00.005	Di calcestruzzo cementizio armato	m ³	1,26	6,14	63.51%	9,67	12,18 €
01.A04.H30	Casseratura per il contenimento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						
01.A04.H30.005	In legname di qualunque forma	m ²	8,6	28,9	84.80%	34,08	293,09 €
01.A04.F20	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, trafilato a freddo, classe tecnica B450A, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido						
01.A04.F20.005	In barre raddrizzate ottenute da bobine, nei diametri da 6 mm a 16 mm	kg	189	0,71	30.79%	2,29	432,81 €
1.P09.A54	Rotoli ottenuti dall'accoppiaggio tra una membrana bituminosa impermeabilizzante e pannelli isolanti in polistirene espanso estruso (XPS) ad alta densità, esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione maggiore di 300 kPa (secondo la norma UNI EN 13163), Euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda inferiore a 0,036 W/mK. Per isolamento termico di coperture						

1.P09. A54.045	spessore 120 mm	m ³	5			52,32	261,60 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09. G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	5	6,76	100.00%	6,76	33,80 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,4	1.049,17	57.34%	1.829,73	731,89 €
01.A09.B80	Fornitura e posa di membrana impermeabilizzante per la formazione della barriera al vapore, costituita da un tessuto composito rinforzato (feltro di vetro con poliestere) e impregnato con bitume ibrido, dello spessore di circa 2,5 mm.						
01.A09. B80.005	In opera su coperture piane o inclinate, mediante applicazione a fiamma o fissaggio meccanico e saldatura dei giunti a fiamma con cannello di sicurezza.	m ²	5	4,07	28.44%	14,32	71,60 €
01.A09.A95	Realizzazione di tetto in abete (Picea abies, Abies alba) a tegole curve, ventilato, atto a garantire una trasmittanza inferiore a 0,30 W/mq K e ad accogliere la posa su doppio strato di materiale isolante (con lambda compreso tra 0,030 e 0,040) per un massimo di spessore di 15 cm, esclusa la grossa travatura e compresa ogni altra provvista, formato da: perline spessore 2 cm, correnti di abete di sega aventi sezione di cm 15x7 disposti su UNICO strato						

	per la posa del materiale isolante e inchiodati alla distanzinterassiale di cm 55-60, tavolato di spessore 2,5 cm con sovrapposti listelli sottotegola e di areazione in abete di sezione cm 5x7 interasse di cm 18, compresa la posa di membrane impermeabili quali freno al vapore e guaina; esclusa la fornitura e la posa di materiale isolante						
01.A09.A95.005	tavolato in abete (Picea abies, Abies alba)	m ²	5	35,21	39.63%	88,85	444,25 €
03.A09.A02	Fornitura e posa in opera di copertura a verde pensile secondo norma UNI 11235 su solaio isolato, costituita da Sistema tecnologico multistrato composto da: -foglio antiradice in cloruro di polivinile morbido (PVC-P), resistente agli olii e alle sostanze bituminose con spessore pari a circa 0,8 mm saldato al solaio caldo o a freddo; feltro di accumulo idrico e di protezione meccanica, in fibra di polipropilene con inserto di rinforzo; -elementi modulari di accumulo, drenaggio e aerazione in polietilene riciclato termoformato con incavi per l'accumulo idrico, aperture per l'aerazione e la diffusione della pressione di vapore e rete multidirezionale di canali per il drenaggio sulla faccia inferiore; e -telo filtrante, in geotessile non tessuto in polietilene/polipropilene incrudito a caldo, ad elevata resistenza meccanica con uno spessore di ca. 1,0 mm e infine il Substrato per inverdimenti pensili.						
03.A09.A02.005	Per colture di verde estensivo a perenni o equivalente. Con elementi modulari di accumulo sp. ca. 2,5 cm e substrato per inverdimenti pensili estensivi con spessore pari a 12 cm compreso il coefficiente di compattezza. Spessore totale del sistema pari a 14,5 cm±5%; peso a massima saturazione idrica del sistema esclusa vegetazione non superiore a 190 kg/	m ²	5	16,68	23.20%	71,88	359,40 €

	m ² ; capacità di accumulo idrico del sistema non inferiore a 44 l/m ² .						
TOTALE							2.990,53 €
TOTALE MACROVOCE B							197.763,64 €
MACROVOCE C: INTERVENTI DI MANUTENZIONE							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
01.A10.B30	Intonaco lisciato di superficie comunque sagomata di canali o di altre opere simili, eseguite allo scoperto con malta cementizia nella proporzione di kg 700 di cemento pozzolanico e m ³ 1 di sabbia						
01.A10.B30.015	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm 1.5 compreso	m ²	597,3	20,93	88.68%	23,6	14.096,28 €
01.A10.A10	Rinzaffo eseguito con malta di calce dolce su pareti, solai, soffitti, travi, ecc, sia in piano che in curva, compresa l'esecuzione dei raccordi negli angoli, delle zanche di separazione tra pareti e orizzontamenti, e della profilatura degli spigoli in cemento con esclusione del gesso						
01.A10.A10.005	Per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore fino a cm 2	m ²	12	20,35	95.04%	21,41	256,92 €
01.A10.B20	Intonaco eseguito con malta di cemento, su rinzaffo, in piano od in curva, anche con aggiunta di coloranti, compresa l'esecuzione dei raccordi delle zanche e la profilatura degli spigoli in cemento con l'esclusione del gesso						
01.A10.B20.005	Eseguito fino ad una altezza di m 4, per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore di cm 0.5	m ²	12	10,72	93.52%	11,46	137,52 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,5	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.574,33 €

01.P26.A60	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti.						
01.P26.A60.010	In impianto di trattamento autorizzato, fino alla distanza di 5 km	m ³	2,5	0,89	45.51%	1,95	4,875 €
TOTALE MACROVOCE C							19.069,92 €

MACROVOCE D: ALLESTIMENTO CANTIERE PER OPERE DI MANUTENZIONE

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
01.P25.A75	Nolo di ponteggio tubolare esterno a telai prefabbricati compreso trasporto, montaggio, smontaggio nonché ogni dispositivo necessario per la conformita' alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).						
01.P25.A75.005	Per i primi 30 giorni	m ²	254			14	3.556,00 €
01.P25.A75.010	Per ogni mese oltre il primo	m ²	254			2,25	1.143,00 €
TOTALE MACROVOCE D							4.699,00 €

9.5.2. Seconda soluzione

MACROVOCE A: ALLESTIMENTO CANTIERE							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
28.A05.D25	BAGNO CHIMICO PORTATILE per cantieri edili, in materiale plastico, con superfici interne ed esterne facilmente lavabili, con funzionamento non elettrico, dotato di un WC alla turca ed un lavabo, completo di serbatoio di raccolta delle acque nere della capacità di almeno 200 l, di serbatoio di accumulo dell'acqua per il lavabo e per lo scarico della capacità di almeno 50 l, e di connessioni idrauliche acque chiare e scure. Dimensioni orientative 120 x 120 x 240 cm. Il WC dovrà avere una copertura costituita da materiale che permetta una corretta illuminazione interna, senza dover predisporre un impianto elettrico. Compreso trasporto, montaggio, smontaggio, preparazione della base, manutenzione e spostamento durante le lavorazioni. Compreso altresì servizio di pulizia periodica settimanale (4 passaggi/mese) e il relativo scarico presso i siti autorizzati.						
28.A05.D25.005	nolo primo mese o frazione di mese	cad.	1			179,11	179,11 €
28.A05.D25.010	nolo per ogni mese o frazione di mese successivo al primo	cad.	5			123,14	615,70 €
01.P24.E65	Nolo di gru a torre compreso l'onere del manovratore addetto per il tempo di effettivo impiego						
01.P24.E65.005	Con braccio fino a m 20	h	1	36,91	61.03 %	60,48	7.257,60 €
01.P25.A75	Nolo di ponteggio tubolare esterno a telai prefabbricati compreso trasporto, montaggio, smontaggio nonché ogni dispositivo necessario per la conformita' alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effet-						

	tuata in proiezione verticale).						
01.P25. A75.005	Per i primi 30 giorni	m ²	254			14	3.556,00 €
01.P25. A75.010	Per ogni mese oltre il primo	m ²	254			2,25	2.857,50 €
28.A05.E05	RECINZIONE perimetrale di protezione in rete estrusa in polietilene ad alta densità HDPE peso 240 g/m ² , di vari colori a maglia ovoidale, resistente ai raggi ultravioletti, indeformabile, fornita e posta in opera mediante appositi paletti di sostegno in ferro zincato fissati nel terreno a distanza di 1 m. Sono compresi: l'uso per la durata dei lavori; il tondo di ferro, l'infissione nel terreno per almeno 70 cm dello stesso; le tre legature per ognuno; il filo zincato posto alla base, in mezzeria ed in sommità, passato sulle maglie della rete al fine di garantirne, nel tempo, la stabilità e la funzione; la manutenzione per tutto il periodo di durata dei lavori, sostituendo, o riparando le parti non più idonee; lo smantellamento, l'accatastamento e l'allontanamento a fine opera.	m					
28.A05. E05.020	altezza 2,00 m	m	68			7,48	508,64 €

TOTALE MACROVOCE A

14.974,55 €

MACROVOCE B: NUOVE COSTRUZIONI

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
Struttura di fondazione							
01.A11.A50	Realizzazione di soletta areata con casseri a perdere modulari in polipropilene riciclato (igloo) comprensiva di sottofondo in calcestruzzo magro dello spessore minimo di 5 cm per la formazione del piano di posa, getto di calcestruzzo per il riempimento dei vuoti, successiva soletta superiore in calcestruzzo classe di resistenza minima 20/25 spessore minimo 8 cm armata con rete elettrosaldata 6/10x10.						
01.A11. A50.025	per l'impiego di casseri modulari (Igloo) con altezze oltre i 40 cm e fino a 50 cm	m ²	65	24,74	29.39%	84,19	5.472,35 €

03.P10.B01	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche.						
03.P10.B01.005	Rotolo	m ²	104				2.133,04 €
01.A04.B30	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206 per strutture di elevazione (pilastri, travi, solai in latero-cemento e a soletta piena, corpi scala e nuclei ascensore). Classe di esposizione ambientale XC1 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere.						
	Classe di resistenza a compressione minima C25/30	m ³	43,8	6,13	4.47%	137,06	6.003,23 €
01.A04.C20	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito con l'ausilio della gru compreso il nolo della stessa						
01.A04.C20.015	In strutture armate	m ³	43,8	53,74	89.41%	60,1	2.632,38 €
01.A04.E00	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile						
01.A04.E00.005	Di calcestruzzo cementizio armato	m ³	43,8	6,14	63.51%	9,67	423,55 €
01.A04.H30	Casseratura per il contenimento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						
01.A04.H30.005	In legname di qualunque forma	m ²	279	28,9	84.80%	34,08	9.508,32 €
01.A04.F20	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, trafilato a freddo, classe tecnica B450A, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido						

01.A04. F20.005	In barre raddrizzate ottenute da bobine, nei diametri da 6 mm a 16 mm	kg	6570	0,71	30.79%	2,29	15.045,30 €
TOTALE							41.218,16 €
Struttura in elevazione							
01.A17.A71	<p>Fornitura e posa in opera di pannelli strutturali in legno multistrato XLAM in tavole di legno di abete (Picea abies, Abies alba) o di larice (Larix decidua) a 3, 5 e 7 strati incrociati. Il prodotto dovrà avere marcatura CE per i prodotti da costruzione e relativa dichiarazione di Prestazione (DoP) come previsto dal regolamento UE n. 305/2011 o, qualora non sussista l'obbligo di marcatura CE, qualificati secondo le NTC in vigore. Sono compresi nel prezzo la lavorazione dei pannelli con centro di taglio a controllo numerico, i tagli, gli sfridi, i fori per porte e finestre. Nel prezzo sono inclusi gli oneri per l'adonea ferramenta provvisoria necessaria per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato, eventuali lavorazioni di incastro e accoppiamento, le viti, gli angolari, le staffe per il fissaggio della struttura, gli idonei profili per l'abbattimento acustico, i tappi in legno per il mascheramento dei punti di fissaggio, perfettamente allineati, la nastratura e quant'altro per garantire la perfetta sigillatura all'aria. Nel prezzo e' compreso il trasporto in cantiere ma non il trattamento con prodotto impregnante che verra' compensato a parte. Il prodotto deve essere accompagnato dai disegni costruttivi di cantiere, dalle istruzioni di montaggio e dall'eventuale piano di manutenzione, forniti dal produttore o dal progettista e accettati dalla D.L. In accordo alla normativa vigente, la ditta esecutrice delle lavorazioni che non sia anche produttrice, dovrà essere accreditata presso il Servizio Tecnico Centrale del CSLLPP come centro di trasformazione di elementi strutturali in legno ed essere in possesso dell'attestato di qualifica-</p>						

	zione.						
01.A17.A71.005	a 3 strati, in legno di abete (Picea abies, Abies alba)	m ³	7,4	340,18	18,28%	1.860,92	13.770,81 €
01.A17.A71.010	a 5 strati, in legno di abete (Picea abies, Abies alba)	m ³	51,44	340,07	18,87%	1.802,19	92.704,65 €
TOTALE							41.218,16 €
Vano scala							
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	6,7	20,29	34,93%	58,09	389,20 €
TOTALE							389,20 €
Piano terra							
01.P09.A55	Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kPa (secondo la norma UNI EN 13164), Euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,036 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno						
01.P09.A55.005	spessore 80 mm	m ²	172			21,04	3.618,88 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2	1.049,17	57,34%	1.829,73	3.659,46 €
02.P60.O45	Riempimento costituito da argilla espansa posata a secco con sovrastante imboiaccatura in ragione di 60 kg di cemento per metro cubo (in sacchi) in opera spessore minimo 25 cm						
02.P60.O45.010		m ³	5,9	29,2	14,06%	207,65	1.225,14 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati,						

	imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	5,4	1.049,17	57.34%	1.829,73	9.880,54 €
03.P05.F01	Elementi per sottofondi a secco. Pannello da sottofondo a secco, formato da due lastre in gesso - cellulosa incollate in modo sfalsato e accoppiate con pannelli in fibra di legno						
03.P05.F01.010	Spessore singola lastra 1,25 cm	m ²	168			28,17	4.732,56 €
01.A12.B75	Posa in opera di pavimento o rivestimento eseguito in piastrelle di gres ceramico fine porcellanato, anche con fascia lungo il perimetro o disposto a disegni, realizzata mediante l'uso di speciale adesivo in polvere a base cementizia per piastrelle ceramiche, applicato con spatola dentata per uno spessore di mm 2-5, addizionato con malta a base di resine sintetiche ed idrofobanti per la formazione e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12.B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	12	30,43	93.84%	32,43	389,16 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	72	20,29	34.93%	58,09	4.182,48 €
01.A10.A10	Rinzafo eseguito con malta di calce dolce su pareti, solai, soffitti, travi, ecc, sia in piano che in curva, compresa l'esecuzione dei raccordi negli angoli, delle zanche di separazione tra pareti e orizzontamenti, e della profilatura degli spigoli in cemento con esclusione del gesso						

01.A10.A10.005	Per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore fino a cm 2	m ²	12	20,35	95.04%	21,41	256,92 €
01.A10.B20	Intonaco eseguito con malta di cemento, su rinzaffo, in piano od in curva, anche con aggiunta di coloranti, compresa l'esecuzione dei raccordi delle zanche e la profilatura degli spigoli in cemento con l'esclusione del gesso						
01.A10.B20.005	Eseguito fino ad una altezza di m 4, per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore di cm 0.5	m ²	12	10,72	93.52%	11,46	137,52 €
03.P09.I11	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate. Densità 200 Kg/m ³ . Per cappotti esterni, intonacabile. Lambda <= W/mK						
03.P09.I11.015	Spessore 60 mm	m ²	162,4			24,2	3.930,08 €
03.P09.I11.020	Spessore 80 mm	m ²	108			31,63	3.416,04 €
03.P09.I11.025	Spessore 100 mm	m ²	108			39,53	4.269,24 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali simili) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	611,4	6,76	100.00%	6,76	4.133,06 €
03.P05.D05	Pannelli per tramezzi leggeri per tamponamento struttura portante in legno esenti da prodotti di sintesi, non radioattivi. In fibre di gesso						
03.P05.D05.010	Spessore 1,25 cm	m ²	246			9,35	1.180,35 €
03.P05.D05	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate; assemblate senza collanti chimici; resistenti al fuoco, resistenti alla compressione, traspiranti, esente da sostanze tossiche e nocive. Per l'isolamento termo-acustico di coperture, intercapedine						

	e solai. Densità 45 Kg/m ³ . Lambda <= 0,040 W/mK						
03.P09. I01.030	Spessore 120 mm	m ²	61			19,35	1.180,35 €
01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico, saldatura con solvente o aria calda, sigillatura, avvolgimento corpi fuori uscenti e finitura bocchettoni pluviali						
01.A09. B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrato, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	108	10,45	95.34%	10,96	1.183,68 €
01.A17.A70	Fornitura e posa in opera di travi, travetti e simili in legno lamellare con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, nessuna opera esclusa; Escluso il nolo di gru						
01.A17. A70.005	In abete (Picea abies, Abies Alba) per edifici di civile abitazione	m ³	0,174	459,89	15.90%	2.892,36	503,27€
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,03	1.049,17	57.34%	1.829,73	3.714,35€
TOTALE							38.792,85 €
Primo piano							
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
01.A17. A40.015	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	83,6	35,56	73.67%	48,27	4.035,37€

01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,28	1.049,17	57.34%	1.829,73	512,32 €
02.P60.O45	Riempimento costituito da argilla espansa posata a secco con sovrastante imboiaccatura in ragione di 60 kg di cemento per metro cubo (in sacchi) in opera spessore minimo 25 cm						
02.P60.O45.010		m ³	83,24	29,2	14.06%	207,65	17.284,79 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,7	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.940,27 €
03.P05.F01	Elementi per sottofondi a secco. Pannello da sottofondo a secco, formato da due lastre in gesso - cellulosa incollate in modo sfalsato e accoppiate con pannelli in fibra di legno						
03.P05.F01.010	Spessore singola lastra 1,25 cm	m ²	83,24			28,17	2.344,87 €
01.A12.B75	Posa in opera di pavimento o rivestimento eseguito in piastrelle di gres ceramico fine porcellanato, anche con fascia lungo il perimetro o disposto a disegni, realizzata mediante l'uso di speciale adesivo in polvere a base cementizia per piastrelle ceramiche, applicato con spatola dentata per uno spessore di mm 2-5, addizionato con malta a base di resine sintetiche ed idrofobanti per la formazione						

	e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12.B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	10,8	30,43	93.84%	32,43	350,24 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	72,44	20,29	34.93%	58,09	4.208,04 €
03.P09.I11	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate. Densità 200 Kg/m ³ . Per cappotti esterni, intonacabile. Lambda <= W/mK						
03.P09.I11.015	Spessore 60 mm	m ²	177,2			24,2	4.288,24 €
03.P09.I11.020	Spessore 80 mm	m ²	116,28			31,63	3.677,94 €
03.P09.I11.025	Spessore 100 mm	m ²	116,28			39,53	4.596,55 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	483,06	6,76	100.00%	6,76	3.265,49 €
01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico, saldatura con solvente o aria calda, sigillatura, avvolgimento corpi fuori uscanti e finitura bocchettoni pluviali						
01.A09.B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrate, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	116,28	6,76	100.00%	6,76	1.274,43 €

	e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12. B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	10,8	30,43	93.84%	32,43	350,24 €
03.P05.D05	Pannelli per tramezzi leggeri per tamponamento struttura portante in legno esenti da prodotti di sintesi, non radioattivi. In fibre di gesso						
03.P05. D05.010	Spessore 1,25 cm	m ²	306,76			9,35	2.868,21 €
03.P05.D05	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate; assemblate senza collanti chimici; resistenti al fuoco, resistenti alla compressione, traspiranti, esente da sostanze tossiche e nocive. Per l'isolamento termo-acustico di coperture, intercapedine e solai. Densità 45 Kg/m ³ . Lambda <= 0,040 W/mK						
03.P05. D05.010	Spessore 120 mm	m ²	73,3			19,35	1.418,36 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	1,76	1.049,17	57.34%	1.829,73	3.220,32 €
01.A17.A70	Fornitura e posa in opera di travi, travetti e simili in legno lamellare con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, nessuna opera esclusa; Escluso il nolo di gru						
01.A17. A70.005	In abete (Picea abies, Abies Alba) per edifici di civile abitazione	m ³	0,194	459,89	15.90%	2.892,36	561,12 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazio-						

	ni e ferramenta occorren- ti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quanti- tativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,37	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.336,46 €
TOTALE							63.183,01 €
Copertura							
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica sem- plice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
03.A03. B01.010	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	83,6	35,56	73.67%	48,27	4.035,37€
01.A17.A40	Legname lavorato su mi- sura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazio- ni e ferramenta occorren- ti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccoli- ni, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quanti- tativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,7	1.049,17	57.34%	1.829,73	1.280,81 €
03.P09.I01	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate; assemblate senza collanti chimici; resistenti al fuo- co, resistenti alla com- pressione, traspiranti, esente da sostanze tossi- che e nocive. Per l'isola- mento termo-acustico di coperture, intercapedine e solai. Densità 45 Kg/ m ³ . Lambda <= 0,040 W/mK						
03.P09. I01.005	Spessore 50 mm	m ²	73,9			8,93	659,93 €
01.A17.A40	Legname lavorato su mi- sura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazio- ni e ferramenta occorren- ti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccoli- ni, piani d'armadio ecc.						

01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,3	1.049,17	57.34%	1.829,73	548,92 €
03.P09.I02	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate; assemblate senza collanti chimici; resistenti al fuoco, resistenti alla compressione, traspiranti, esente da sostanze tossiche e nocive. Per l'isolamento termo-acustico di coperture, intercapedine e solai. Densità 100 Kg/m ³ . Lambda <= 0,040 W/mK						
03.P09. I02.005	Spessore 20 mm	m ²	84,73			8,44	715,12 €
03.P09.I01	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate; assemblate senza collanti chimici; resistenti al fuoco, resistenti alla compressione, traspiranti, esente da sostanze tossiche e nocive. Per l'isolamento termo-acustico di coperture, intercapedine e solai. Densità 45 Kg/m ³ . Lambda <= 0,040 W/mK						
03.P09. I02.005	Spessore 140 mm	m ²	84,73			23,29	1.973,36 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09. G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	243,36	6,76	100.00%	6,76	1.645,11 €
01.A09.A70	Tetto in lastre di lamiera di alluminio, con nervature grecate longitudinali, posate su correnti di larice rosso aventi sezione cm 6x8, fissate con apposite staffe, viti o bulloni, dato in opera, compresi i colmi ed i displuvi						
01.A09. A70.005	Lamiera tipo allusic, esclusa la grossa orditura	m ²	108,54	40,57	67.76%	59,88	6.499,38€

01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico,						
01.A09.B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrato, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	102,41	10,45	95.34%	10,96	1.122,41 €
TOTALE							18.480,41 €
Copertura a verde							
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
03.A03.B01.010	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	4,3	35,56	73.67%	48,27	207,56€
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,2	1.049,17	57.34%	1.829,73	365,95 €
03.P09.I01	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate; assemblate senza collanti chimici; resistenti al fuoco, resistenti alla compressione, traspiranti, esente da sostanze tossiche e nocive. Per l'isolamento termo-acustico di coperture, intercapedine e solai. Densità 45 Kg/m ³ . Lambda <= 0,040 W/mK						
03.P09.I01.005	Spessore 50 mm	m ²	5			8,93	44,65 €
03.P09.I11	Pannelli in fibra di legno infeltrite e stabilizzate. Densità 200 Kg/m ³ . Per cappotti esterni, intonacabile. Lambda <= W/mK						

03.P09. I11.025	Spessore 100 mm	m ²	4,3			39,53	169,98 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09. G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	9,3	6,76	100.00%	6,76	62,87 €
01.A17. A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,3	1.049,17	57.34%	1.829,73	548,92 €
01.A09.A95	Realizzazione di tetto in abete (Picea abies, Abies alba) a tegole curve, ventilato, atto a garantire una trasmittanza inferiore a 0,30 W/mq K e ad accogliere la posa su doppio strato di materiale isolante (con lambda compreso tra 0,030 e 0,040) per un massimo di spessore di 15 cm, esclusa la grossa travatura e compresa ogni altra provvista, formato da: perline spessore 2 cm, correnti di abete di sega aventi sezione di cm 15x7 disposti su UNICO strato per la posa del materiale isolante e inchiodati alla distanza interassiale di cm 55-60, tavolato di spessore 2,5 cm con sovrapposti listelli sottotegola e di areazione in abete di sezione cm 5x7 interasse di cm 18, compresa la posa di membrane impermeabili quali freno al vapore e guaina; esclusa la fornitura e la posa di materiale isolante						
01.A09. A95.005	tavolato in abete (Picea abies, Abies alba)	m ²	4,3	35,21	39.63%	88,85	382,06 €

03.A09.A02	Fornitura e posa in opera di copertura a verde pensile secondo norma UNI 11235 su solaio isolato, costituita da Sistema tecnologico multistrato composto da: -foglio antiradice in cloruro di polivinile morbido (PVC-P), resistente agli olii e alle sostanze bituminose con spessore pari a circa 0,8 mm saldato al solaio caldo o a freddo; feltro di accumulo idrico e di protezione meccanica, in fibra di polipropilene con inserto di rinforzo; -elementi modulari di accumulo, drenaggio e aerazione in polietilene riciclato termoformato con incavi per l'accumulo idrico, aperture per l'aerazione e la diffusione della pressione di vapore e rete multidirezionale di canali per il drenaggio sulla faccia inferiore; e -telo filtrante, in geotessile non tessuto in polietilene/polipropilene incrudito a caldo, ad elevata resistenza meccanica con uno spessore di ca. 1,0 mm e infine il Substrato per inverdimenti pensili.						
03.A09.A02.005	Per colture di verde estensivo a perenni o equivalente. Con elementi modulari di accumulo sp. ca. 2,5 cm e substrato per inverdimenti pensili estensivi con spessore pari a 12 cm compreso il coefficiente di compattazione. Spessore totale del sistema pari a 14,5 cm±5%; peso a massima saturazione idrica del sistema esclusa vegetazione non superiore a 190 kg/m²; capacità di accumulo idrico del sistema non inferiore a 44 l/m².	m²	4,3	16,68	23.20%	71,88	309,08 €
TOTALE							2.091,06 €
TOTALE MACROVOCE B							284.550,15 €
MACROVOCE C: INTERVENTI DI MANUTENZIONE							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
03.P05.D05	Pannelli per tramezzi leggeri per tamponamento struttura portante in legno esenti da prodotti di sintesi, non radioattivi. In fibre di gesso						

03.P05. D05.010	Spessore 1,25 cm	m ²	552,76			9,35	5.168,31 €
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
03.A03. B01.010	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	171,5	35,56	73.67%	48,27	8.278,31 €
01.A10.A10	Rinzaffo eseguito con malta di calce dolce su pareti, solai, soffitti, travi, ecc, sia in piano che in curva, compresa l'esecuzione dei raccordi negli angoli, delle zanche di separazione tra pareti e orizzontamenti, e della profilatura degli spigoli in cemento con esclusione del gesso						
01.A10. A10.005	Per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore fino a cm 2	m ²	12	20,35	95.04%	21,41	256,92 €
01.A10.B20	Intonaco eseguito con malta di cemento, su rinzaffo, in piano od in curva, anche con aggiunta di coloranti, compresa l'esecuzione dei raccordi delle zanche e la profilatura degli spigoli in cemento con l'esclusione						
01.A10. B20.005	Eseguito fino ad una altezza di m 4, per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore di cm 0.5	m ²	12	10,72	93.52%	11,46	137,52 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,5	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.574,33 €
01.P26.A60	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti.						

01.P26. A60.010	In impianto di trattamento autorizzato, fino alla distanza di 5 km	m ³	2,5	0,89	45.51%	1,95	4.875 €
--------------------	--	----------------	-----	------	--------	------	---------

TOTALE MACROVOCE C

18.420,25 €

MACROVOCE D: ALLESTIMENTO CANTIERE PER OPERE DI MANUTENZIONE

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
01.P25.A75	Nolo di ponteggio tubolare esterno a telai prefabbricati compreso trasporto, montaggio, smontaggio nonché ogni dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).						
01.P25. A75.005	Per i primi 30 giorni	m ²	254			14	3.556,00 €

TOTALE MACROVOCE D

3.556,00 €

9.5.3. Terza soluzione

MACROVOCE A: ALLESTIMENTO CANTIERE							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
28.A05.D25	BAGNO CHIMICO PORTATILE per cantieri edili, in materiale plastico, con superfici interne ed esterne facilmente lavabili, con funzionamento non elettrico, dotato di un WC alla turca ed un lavabo, completo di serbatoio di raccolta delle acque nere della capacità di almeno 200 l, di serbatoio di accumulo dell'acqua per il lavabo e per lo scarico della capacità di almeno 50 l, e di connessioni idrauliche acque chiare e scure. Dimensioni orientative 120 x 120 x 240 cm. Il WC dovrà avere una copertura costituita da materiale che permetta una corretta illuminazione interna, senza dover predisporre un impianto elettrico. Compreso trasporto, montaggio, smontaggio, preparazione della base, manutenzione e spostamento durante le lavorazioni. Compreso altresì servizio di pulizia periodica settimanale (4 passaggi/mese) e il relativo scarico presso i siti autorizzati.						
28.A05.D25.005	nolo primo mese o frazione di mese	cad.	1			179,11	179,11 €
28.A05.D25.010	nolo per ogni mese o frazione di mese successivo al primo	cad.	5			123,14	615,70 €
01.P24.E65	Nolo di gru a torre compreso l'onere del manovratore addetto per il tempo di effettivo impiego						
01.P24.E65.005	Con braccio fino a m 20	h	1	36,91	61.03 %	60,48	7.257,60 €
01.P25.A75	Nolo di ponteggio tubolare esterno a telai prefabbricati compreso trasporto, montaggio, smontaggio nonché ogni dispositivo necessario per la conformita' alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effet-						

	tuata in proiezione verticale).						
01.P25. A75.005	Per i primi 30 giorni	m ²	254			14	3.556,00 €
01.P25. A75.010	Per ogni mese oltre il primo	m ²	254			2,25	2.857,50 €
28.A05.E05	RECINZIONE perimetrale di protezione in rete estrusa in polietilene ad alta densità HDPE peso 240 g/m ² , di vari colori a maglia ovoidale, resistente ai raggi ultravioletti, indeformabile, fornita e posta in opera mediante appositi paletti di sostegno in ferro zincato fissati nel terreno a distanza di 1 m. Sono compresi: l'uso per la durata dei lavori; il tondo di ferro, l'infissione nel terreno per almeno 70 cm dello stesso; le tre legature per ognuno; il filo zincato posto alla base, in mezzeria ed in sommità, passato sulle maglie della rete al fine di garantirne, nel tempo, la stabilità e la funzione; la manutenzione per tutto il periodo di durata dei lavori, sostituendo, o riparando le parti non più idonee; lo smantellamento, l'accatastamento e l'allontanamento a fine opera.	m					
28.A05. E05.020	altezza 2,00 m	m	68			7,48	508,64 €

TOTALE MACROVOCE A

14.974,55 €

MACROVOCE B: NUOVE COSTRUZIONI

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
Struttura di fondazione							
01.A11.A50	Realizzazione di soletta areata con casseri a perdere modulari in polipropilene riciclato (igloo) comprensiva di sottofondo in calcestruzzo magro dello spessore minimo di 5 cm per la formazione del piano di posa, getto di calcestruzzo per il riempimento dei vuoti, successiva soletta superiore in calcestruzzo classe di resistenza minima 20/25 spessore minimo 8 cm armata con rete elettrosaldata 6/10x10.						
01.A11. A50.025	per l'impiego di casseri modulari (Igloo) con altezze oltre i 40 cm e fino a 50 cm	m ²	65	24,74	29.39%	84,19	5.472,35 €

03.P10.B01	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche.						
03.P10.B01.005	Rotolo	m ²	104				2.133,04 €
01.A04.B30	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206 per strutture di elevazione (pilastri, travi, solai in latero-cemento e a soletta piena, corpi scala e nuclei ascensore). Classe di esposizione ambientale XC1 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, CI 0.4. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere.						
	Classe di resistenza a compressione minima C25/30	m ³	43,8	6,13	4.47%	137,06	6.003,23 €
01.A04.C20	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito con l'ausilio della gru compreso il nolo della stessa						
01.A04.C20.015	In strutture armate	m ³	43,8	53,74	89.41%	60,1	2.632,38 €
01.A04.E00	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile						
01.A04.E00.005	Di calcestruzzo cementizio armato	m ³	43,8	6,14	63.51%	9,67	423,55 €
01.A04.H30	Casseratura per il contenimento dei getti per opere quali muri, pilastri, archi, volte, parapetti, cordoli, sottofondi, caldane, compreso il puntellamento e il disarmo, misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti						
01.A04.H30.005	In legname di qualunque forma	m ²	279	28,9	84.80%	34,08	9.508,32 €
01.A04.F20	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, trafilato a freddo, classe tecnica B450A, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido						

01.A04. F20.005	In barre raddrizzate ottenute da bobine, nei diametri da 6 mm a 16 mm	kg	6570	0,71	30.79%	2,29	15.045,30 €
TOTALE							41.218,16 €
Struttura in elevazione							
01.A17.A70	Fornitura e posa in opera di travi, travetti e simili in legno lamellare con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, nessuna opera esclusa; Escluso il nolo di gru						
01.A17. A70.005	In abete (Picea abies, Abies Alba) per edifici di civile abitazione	m ³	15,6	459,89	15.90%	2.892,36	45.120,82 €
TOTALE							45.120,82 €
Vano scala							
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12. C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	6,7	20,29	34.93%	58,09	389,20 €
TOTALE							45.120,82 €
Vano scala							
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12. C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	6,7	20,29	34.93%	58,09	389,20 €
TOTALE							389,20 €
Piano terra							
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,4	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.391,35 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						
	Spessore 60 mm	m ²	75,6			9,5	718,20 €

01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	75,6	6,76	100.00%	6,76	511,06 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	7,15	1.049,17	57.34%	1.829,73	13.082,57 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Inerte naturale di lolla di riso RH-L						
	Spessore 80 mm	m ³	7			71,5	500,50 €
18.A85.A05	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindatura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati						
18.A85.A05.005	materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici	m ³	7			4,63	32,41 €
03.P05.F01	Elementi per sottofondi a secco. Pannello da sottofondo a secco, formato da due lastre in gesso - cellulosa incollate in modo sfalsato e accoppiate con pannelli in fibra di legno						
03.P05.F01.010	Spessore singola lastra 1,25 cm	m ²	165,8			28,17	4.670,59 €
01.A12.B75	Posa in opera di pavimento o rivestimento eseguito ipiastrelle di gres ceramico fine porcellanato, an-						

	che con fascia lungo il perimetro o disposto a disegni, realizzata mediante l'uso di speciale adesivo in polvere a base cementizia per piastrelle ceramiche, applicato con spatola dentata per uno spessore di mm 2-5, addizionato con malta a base di resine sintetiche ed idrofobanti per la formazione e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12.B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	11	30,43	93.84%	32,43	356,73 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12.C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	77	20,29	34.93%	58,09	4.472,93 €
03.P05.D05	Pannelli per tramezzi leggeri per tamponamento struttura portante in legno esenti da prodotti di sintesi, non radioattivi. In fibre di gesso						
03.P05.D05.010	Spessore 1,25 cm	m ²	88			9,35	822,80 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						
	Spessore 100 mm	m ²	108			13,44	1.451,52 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali simili) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	108	6,76	100.00%	6,76	730,08 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavora-						

	zioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2	1.049,17	57.34%	1.829,73	3.659,46 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						
	Spessore 80 mm	m ³	166			12,66	2.101,56 €
	Spessore 100 mm	m ³	83			13,44	1.115,52 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali simili) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	249	6,76	100.00%	6,76	1.683,24 €
01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico, saldatura con solvente o aria calda, sigillatura, avvolgimento corpi fuori uscenti e finitura bocchettoni pluviali						
01.A09.B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrato, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	108	10,45	95.34%	10,96	1.183,68 €
01.A17.A70	Fornitura e posa in opera di travi, travetti e simili in legno lamellare con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, nessuna opera esclusa; Escluso il nolo di gru						
01.A17.A70.005	In abete (Picea abies, Abies Alba) per edifici di civile abitazione	m ³	0,174	459,89	15.90%	2.892,36	503,27 €

01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,03	1.049,17	57.34%	1.829,73	3.714,35 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Eco-Pittura murale RH500 a base di calce di fossa a lunga stagionatura e pula di riso, per interno/esterno.						
	Confezionato di secchielli da 25 litri	€/l	27,64			4,8	57,60 €
	Applicazione di intonaco						
	Per una superficie di almeno m ² 1 e per uno spessore oltre cm 1 e sino a cm 1.5 compreso	m ²	27,64	1.049,17	57.34%	20	552,80 €
TOTALE							46.312,22 €
Primo piano							
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
01.A17.A40.015	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	86,5	35,56	73.67%	48,27	4.175,36 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	5	1.049,17	57.34%	1.829,73	9.148,65 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Inerte naturale di lolla di riso RH-L						
	Spessore 80 mm	m ³	5,6			71,5	400,40 €

18.A85. A05	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindatura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati						
18.A85. A05.005	materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici	m ³	5,6			4,63	25,93 €
03.P05.F01	Elementi per sottofondi a secco. Pannello da sottofondo a secco, formato da due lastre in gesso - cellulosa incollate in modo sfalsato e accoppiate con pannelli in fibra di legno						
03.P05. F01.010	Spessore singola lastra 1,25 cm	m ²	86			28,17	2.422,62 €
01.A12.B75	Posa in opera di pavimento o rivestimento eseguito in piastrelle di gres ceramico fine porcellanato, anche con fascia lungo il perimetro o disposto a disegni, realizzata mediante l'uso di speciale adesivo in polvere a base cementizia per piastrelle ceramiche, applicato con spatola dentata per uno spessore di mm 2-5, addizionato con malta a base di resine sintetiche ed idrofobanti per la formazione e sigillatura delle fughe (mm 0-5), compresa ogni opera accessoria per la formazione dei giunti di dilatazione ed escluso il sottofondo o il rinzafo						
01.A12. B75.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	11	30,43	93.84%	32,43	356,73 €
01.A12.C00	Palchetto a listoni del tipo tolda di nave, dato in opera, compresa la provvista e l'assistenza alla posa delle radici, la raschiatura e la verniciatura						
01.A12. C00.015	In abete, (Picea abies, Abies Alba) spessore mm 22	m ²	75	20,29	34.93%	58,09	4.356,75 €
03.P05.D05	Pannelli per tramezzi leggeri per tamponamento struttura portante in legno esenti da prodotti di sinte-						

	si, non radioattivi. In fibre di gesso						
03.P05. D05.010	Spessore 1,25 cm	m ²	307			9,35	2.870,45 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	3,2	1.049,17	57.34%	1.829,73	5.855,14 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						
	Spessore 100 mm	m ²	128			12,66	1.620,48 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali simili) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09. G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	128	6,76	100.00%	6,76	865,28 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	6,12	1.049,17	57.34%	1.829,73	11.197,95 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						

	Spessore 80 mm	m ³	196			12,66	2.481,36 €
	Spessore 100 mm	m ³	112,2			13,44	1.507,97 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali simili) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	308,2	6,76	100.00%	6,76	2.083,43 €
01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico, saldatura con solvente o aria calda, sigillatura, avvolgimento corpi fuori uscenti e finitura bocchettoni pluviali						
01.A09.B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrate, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	128	10,45	95.34%	10,96	1.402,88 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	2,37	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.336,46 €
TOTALE							55.107,83 €
Copertura							
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
01.A17.A40.015	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	83,6	35,56	73.67%	48,27	4.035,37 €

01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,73	1.049,17	57.34%	1.829,73	1.335,70 €
Listino prezzi azienda "RiceHouse"	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						
	Spessore 100 mm	m ³	84,3			13,44	1.067,24 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	84,3	6,76	100.00%	6,76	569,87 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	7,3	1.049,17	57.34%	1.829,73	13.357,03 €
01.A09.A70	Tetto in lastre di lamiera di alluminio, con nervature grecate longitudinali, posate su correnti di larice rosso aventi sezione cm 6x8, fissate con apposite staffe, viti o bulloni, dato in opera, compresi i colmi ed i displuvi						
01.A09.A70.005	Lamiera tipo allusic, esclusa la grossa orditura	m ²	108,54	40,57	67.76%	59,88	6.499,38€

01.A09.B22	Posa a secco di manti sintetici in PVC, comprendente l'ispezione e preparazione della superficie da impermeabilizzare, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, posa del manto sintetico,						
01.A09.B22.005	Per impermeabilizzazione di coperture, fondazioni, opere interrato, bacini, vasche, piscine, parcheggi, viadotti etc.	m ²	102,41	10,45	95.34%	10,96	1.122,41 €
TOTALE							27.987,00 €
Copertura a verde							
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
03.A03.B01.010	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	4,4	35,56	73.67%	48,27	212,39 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,03	1.049,17	57.34%	1.829,73	54,89 €
01.A09.G50	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato						
01.A09.G50.005	Per superfici in piano e simili	m ²	8,056	6,76	100.00%	6,76	54,46 €
	Pannello per l'isolamento interno/esterno (RH50) costituito da fibra in paglia di riso al 92% e 8% in poliestere.						
	Spessore 120 mm	m ³	8,056			16,1	129,70 €

01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17.A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ³ 0,1	m ³	0,21	1.049,17	57.34%	1.829,73	384,24 €
01.A09.B80	Fornitura e posa di membrana impermeabilizzante per la formazione della barriera al vapore, costituita da un tessuto composito rinforzato (feltro di vetro con poliestere) e impregnato con bitume ibrido, dello spessore di circa 2,5 mm.						
01.A09.B80.005	In opera su coperture piane o inclinate, mediante applicazione a fiamma o fissaggio meccanico e saldatura dei giunti a fiamma con cannello di sicurezza.	m ²	4,3	4,07	28.44%	14,32	61,58 €
01.A09.A95	Realizzazione di tetto in abete (Picea abies, Abies alba) a tegole curve, ventilato, atto a garantire una trasmittanza inferiore a 0,30 W/mq K e ad accogliere la posa su doppio strato di materiale isolante (con lambda compreso tra 0,030 e 0,040) per un massimo di spessore di 15 cm, esclusa la grossa travatura e compresa ogni altra provvista, formato da: perline spessore 2 cm, correnti di abete di sega aventi sezione di cm 15x7 disposti su UNICO strato per la posa del materiale isolante e inchiodati alla distanza interassiale di cm 55-60, tavolato di spessore 2,5 cm con sovrapposti listelli sottotegola e di areazione in abete di sezione cm 5x7 interasse di cm 18, compresa la posa di membrane impermeabili quali freno al vapore e guaina; esclusa la fornitura e la posa di materiale isolante						
01.A09.	tavolato in abete (Picea						

A95.005	abies, Abies alba)	m ²	4,3	35,21	39.63%	88,85	382,06 €
03.A09.A02	Fornitura e posa in opera di copertura a verde pensile secondo norma UNI 11235 su solaio isolato, costituita da Sistema tecnologico multistrato composto da: -foglio antiradice in cloruro di polivinile morbido (PVC-P), resistente agli olii e alle sostanze bituminose con spessore pari a circa 0,8 mm saldato al solaio caldo o a freddo; feltro di accumulo idrico e di protezione meccanica, in fibra di polipropilene con inserto di rinforzo; -elementi modulari di accumulo, drenaggio e aerazione in polietilene riciclato termoformato con incavi per l'accumulo idrico, aperture per l'aerazione e la diffusione della pressione di vapore e rete multidirezionale di canali per il drenaggio sulla faccia inferiore; e -telo filtrante, in geotessile non tessuto in polietilene/polipropilene incrudito a caldo, ad elevata resistenza meccanica con uno spessore di ca. 1,0 mm e infine il Substrato per inverdimenti pensili.						
03.A09.A02.005	Per colture di verde estensivo a perenni o equivalente. Con elementi modulari di acumulo sp. ca. 2,5 cm e substrato per inverdimenti pensili estensivi con spessore pari a 12 cm compreso il coefficiente di compattezza. Spessore totale del sistema pari a 14,5 cm±5%; peso a massima saturazione idrica del sistema esclusa vegetazione non superiore a 190 kg/m ² ; capacità di accumulo idrico del sistema non inferiore a 44 l/m ² .	m ²	4,3	16,68	23.20%	71,88	309,08 €
TOTALE							1.588,40 €
TOTALE MACROVOCE B							217.723,62 €
MACROVOCE C: INTERVENTI DI MANUTENZIONE							
CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
03.P05.D05	Pannelli per tramezzi leggeri per tamponamento struttura portante						

	in legno esenti da prodotti di sintesi, non radioattivi. In fibre di gesso						
03.P05. D05.010	Spessore 1,25 cm	m ²	395			9,35	3.693,25 €
03.A03.B01	Controsoffitti. Soffitto in aderenza costituito da orditura metallica semplice e rivestita da lastre in fibra di gesso fissate alla struttura con ganci metallici regolabili						
03.A03. B01.010	Pannello di spessore 1,25 cm	m ²	174,5	35,56	73.67%	48,27	8.423,12 €
01.A10.A10	Rinzaffo eseguito con malta di calce dolce su pareti, solai, soffitti, travi, ecc, sia in piano che in curva, compresa l'esecuzione dei raccordi negli angoli, delle zanche di separazione tra pareti e orizzontamenti, e della profilatura degli spigoli in cemento con esclusione del gesso						
01.A10. A10.005	Per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore fino a cm 2	m ²	12	20,35	95.04%	21,41	256,92 €
01.A10.B20	Intonaco eseguito con malta di cemento, su rinzaffo, in piano od in curva, anche con aggiunta di coloranti, compresa l'esecuzione dei raccordi delle zanche e la profilatura degli spigoli in cemento con l'esclusione						
01.A10. B20.005	Eseguito fino ad una altezza di m 4, per una superficie complessiva di almeno m ² 1 e per uno spessore di cm 0.5	m ²	12	10,72	93.52%	11,46	137,52 €
01.A17.A40	Legname lavorato su misura sulle diverse facce, con incastri e sagome semplici con le lavorazioni e ferramenta occorrenti, per davanzali, tavolati, imbottiture, montanti, traverse, listelli, zoccolini, piani d'armadio ecc.						
01.A17. A40.015	In abete (Picea abies, abies alba) e per quantitativi superiori a m ² 0,1	m ³	2,5	1.049,17	57.34%	1.829,73	4.574,33 €
01.P26.A60	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento						

	autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti.						
01.P26. A60.010	In impianto di trattamento autorizzato, fino alla distanza di 5 km	m ³	2,5	0,89	45.51%	1,95	4,875 €

TOTALE MACROVOCE C **17.090,01 €**

MACROVOCE D: ALLESTIMENTO CANTIERE PER OPERE DI MANUTENZIONE

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	MANODOPERA LORDA	% MANODOPERA	PREZZO UNITARIO (€)	PREZZO TOTALE (€)
01.P25.A75	Nolo di ponteggio tubolare esterno a telai prefabbricati compreso trasporto, montaggio, smontaggio nonché ogni dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).						
01.P25. A75.005	Per i primi 30 giorni	m ²	254			14	3.556,00 €
TOTALE MACROVOCE D							3.556,00 €

9.6. Cronoprogramma dei lavori

9.6.1. Prima soluzione

FASI DI LAVORAZIONE	MESE 1			MESE 2			MESE 3			MESE 4			MESE 5			MESE 6			MESE 7			MESE 8			MESE 9			MESE 10			
	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s
ALLESTIMENTO CANTIERE																															
SCAVO DI CANTIERE	■																														
MONTAGGIO GRU	■																														
IMPIANTO A SERVIZIO DEL CANTIERE																															
OPERE STRUTTURALI																															
REALIZZAZIONE OPERE DI FONDAZIONE	■	■																													
REALIZZAZIONE PILASTRI E SETTI PIANO PRIMO			■																												
MONTAGGIO PONTEGGI				■																											
REALIZZAZIONE SOLAIO PIANO PRIMO					■																										
REALIZZAZIONE PILASTRI E SETTI PIANO SECONDO						■																									
MONTAGGIO PONTEGGI							■																								
REALIZZAZIONE SOLAIO DI COPERTURA								■																							
POSA LAMIERA DI RIVESTIMENTO COPERTURA									■																						
OPERE DI LATTONERIA E LINEE VITA										■																					
MURATURE																															
MURATURA PERIMETRALE IN POROTON SPESSORE 30 CM										■	■	■	■																		
REALIZZAZIONE TRAMEZZATURE INTERNE													■	■	■																
IMPIANTO ELETTRICO																															
REALIZZAZIONE IMPIANTO ELETTRICO GENERALE															■	■	■														
REALIZZAZIONE IMPIANTO TELEFONICO																■															
REALIZZAZIONE IMPIANTO ANTINTRUSIONE ED EMERGENZA																	■														
INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO																		■													
MONTAGGI FINALI																															
IMPIANTO TERMICO E IDROSANITARIO																															
REALIZZAZIONE IMPIANTO IDROSANITARIO E TERMICO																	■	■	■												
REALIZZAZIONE ALLACCIO SOTTOSERVIZI																						■									
SOTTOFONDI E PAVIMENTI																															
REALIZZAZIONE DI SOTTOFONDI																							■	■							
POSA RIVESTIMENTI PER PAVIMENTAZIONI																									■	■					
INTONACI INTERNI ED ESTERNI																															
REALIZZAZIONE INTONACI INTERNI																															
REALIZZAZIONE INTONACI E FINITURE ESTERNE																															
SERRAMENTI ESTERNI ED INTERNI																															
INSTALLAZIONE SERRAMENTI ESTERNI																															
INSTALLAZIONE SERRAMENTI INTERNI																															
FINITURE INTERNE ED ESTERNE																															
FINITURE INTERNE																															
FINITURE ESTERNE																															
POSA RIVESTIMENTI ESTERNI E REALIZZAZIONE CAMMINAMENTI E MARCIAPIEDI																															
SMANTELLAMENTO CANTIERE																															
RIMOZIONE IMPIANTO DI CANTIERE																															
RIMOZIONE APPRESTAMENTI DI CANTIERE																															

9.6.2. Seconda soluzione

FASI DI LAVORAZIONE	MESE 1			MESE 2			MESE 3			MESE 4			MESE 5			MESE 6				
	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s
ALLESTIMENTO CANTIERE																				
SCAVO DI CANTIERE																				
MONTAGGIO GRU																				
IMPIANTO A SERVIZIO DEL CANTIERE																				
OPERE STRUTTURALI																				
REALIZZAZIONE OPERE DI FONDAZIONE																				
MONTAGGIO SETTI XLAM VERTICALI PRIMO PIANO																				
MONTAGGIO PONTEGGI																				
MONTAGGIO SETTI XLAM ORIZZONTALI																				
MONTAGGIO SETTI XLAM SECONDO PIANO																				
MONTAGGIO PONTEGGI																				
MONTAGGIO SETTI XLAM COPERTURA																				
POSA LAMIERA DI RIVESTIMENTO COPERTURA																				
OPERE DI LATTONERIA E LINEE VITA																				
MURATURE																				
CAPPOTTO ESTERNO																				
CAPPOTTO INTERNO																				
REALIZZAZIONE TRAMEZZATURE INTERNE																				
IMPIANTO ELETTRICO																				
REALIZZAZIONE IMPIANTO ELETTRICO GENERALE																				
REALIZZAZIONE IMPIANTO TELEFONICO																				
REALIZZAZIONE IMPIANTO ANTIINTRUSIONE ED EMERGENZA																				
INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO																				
MONTAGGI FINALI																				
IMPIANTO TERMICO E IDROSANITARIO																				
REALIZZAZIONE IMPIANTO IDROSANITARIO E TERMICO																				
REALIZZAZIONE ALLACCIO SOTTOSERVIZI																				
SOTTOFONDI E PAVIMENTI																				
REALIZZAZIONE DI SOTTOFONDI A SECCO																				
POSA RIVESTIMENTI PER PAVIMENTAZIONI																				
INTONACI INTERNI ED ESTERNI																				
MONTAGGIO CARTONGESSO																				
REALIZZAZIONE INTONACI E FINITURE ESTERNE																				
SERRAMENTI ESTERNI ED INTERNI																				
INSTALLAZIONE SERRAMENTI ESTERNI																				
INSTALLAZIONE SERRAMENTI INTERNI																				
FINITURE INTERNE ED ESTERNE																				
FINITURE INTERNE																				
FINITURE ESTERNE																				
POSA RIVESTIMENTI ESTERNI E REALIZZAZIONE CAMMINAMENTI E MARCIAPIEDI																				
SMANTELLAMENTO CANTIERE																				
RIMOZIONE IMPIANTO DI CANTIERE																				
RIMOZIONE APPRESTAMENTI DI CANTIERE																				

9.6.3. Terza soluzione

FASI DI LAVORAZIONE	MESE 1			MESE 2			MESE 3			MESE 4			MESE 5			MESE 6				
	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s
ALLESTIMENTO CANTIERE																				
SCAVO DI CANTIERE	■																			
MONTAGGIO GRU																				
IMPIANTO A SERVIZIO DEL CANTIERE																				
OPERE STRUTTURALI																				
REALIZZAZIONE OPERE DI FONDAZIONE	■	■	■																	
MONTAGGIO STRUTTURA IN LEGNO PRIMO PIANO			■	■																
MONTAGGIO PONTEGGI				■	■															
MONTAGGIO STRUTTURA IN LEGNO SECONDO PIANO					■	■														
MONTAGGIO PONTEGGI						■	■													
MONTAGGIO STRUTTURA DI COPERTURA							■	■												
POSA LAMIERA DI RIVESTIMENTO COPERTURA								■	■											
OPERE DI LATTONERIA E LINEE VITA									■	■										
MURATURE																				
POSA TELAIO PARETI ESTERNE					■	■														
CAPPOTTO ESTERNO						■	■													
CAPPOTTO INTERNO							■	■												
REALIZZAZIONE TRAMEZZATURE INTERNE								■	■											
IMPIANTO ELETTRICO																				
REALIZZAZIONE IMPIANTO ELETTRICO GENERALE								■	■	■										
REALIZZAZIONE IMPIANTO TELEFONICO									■	■										
REALIZZAZIONE IMPIANTO ANTIINTRUSIONE ED EMERGENZA									■	■										
INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO											■	■								
MONTAGGI FINALI																				■
IMPIANTO TERMICO E IDROSANITARIO																				
REALIZZAZIONE IMPIANTO IDROSANITARIO E TERMICO									■	■	■									■
REALIZZAZIONE ALLACCIO SOTTOSERVIZI																■		■		
SOTTOFONDI E PAVIMENTI																				
REALIZZAZIONE DI SOTTOFONDI A SECCO																■	■			
POSA RIVESTIMENTI PER PAVIMENTAZIONI																		■	■	
INTONACI INTERNI ED ESTERNI																				
MONTAGGIO CARTONGESSO										■	■	■								
REALIZZAZIONE INTONACI E FINITURE ESTERNE																				■
SERRAMENTI ESTERNI ED INTERNI																				
INSTALLAZIONE SERRAMENTI ESTERNI																				■
INSTALLAZIONE SERRAMENTI INTERNI																				■
FINITURE INTERNE ED ESTERNE																				
FINITURE INTERNE																				
FINITURE ESTERNE																				■
POSA RIVESTIMENTI ESTERNI E REALIZZAZIONE CAMMINAMENTI E MARCIAPIEDI																				■
SMANTELLAMENTO CANTIERE																				
RIMOZIONE IMPIANTO DI CANTIERE																				■
RIMOZIONE APPRESTAMENTI DI CANTIERE																				■

9.7. Calcolo energia incorporata

9.7.1. Prima soluzione

CALCOLO ENERGIA INCORPORATA STRUTTURA TRADIZIONALE							
SOLAIO A TERRA	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Magrone	13,00	2.400,00	31.200,00	2,07	64.584,00	0,03	967,20
Platea in cls armato	30,90	2.500,00	77.250,00	2,07	159.907,50	0,03	2.394,75
Cordoli in cls armato	12,90	2.500,00	32.250,00	2,07	66.757,50	0,03	999,75
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		675,00	2,00	1.350,00	0,03	20,25
Getto in cls di completamento	7,80	2.500,00	19.500,00	2,07	40.365,00	0,03	604,50
Guaina bitumata	0,10	185,00	19,24	39,11	752,48	25,57	491,97
Isolante in XPS	12,64	35,00	442,40	100,70	44.549,68	0,45	199,08
Telo protettivo	0,08	185,00	15,36	39,11	600,53	25,57	392,63
Massetto cementizio	3,95	1.000,00	3.950,00	2,07	8.176,50	0,03	122,45
Sottofondo in cls e sabbia	3,95	2.000,00	7.900,00	6,42	50.718,00	0,20	1.580,00
Pavimento in legno	1,02	2.000,00	2.040,00	30,55	62.322,00	19,17	39.106,80
Grés	0,17	2.000,00	330,00	7,60	2.508,00	0,10	33,00
TOTALE					502.591,19		46.514,21

STRUTTURA DI ELEVAZIONE VERTICALE							
	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Pilastri in cls armato	2,95	2.500,00	7.375,00	2,07	15.266,25	0,03	228,63
Setto murario verticale in cls armato	13,00	2.500,00	32.500,00	2,07	67.275,00	0,03	1.007,50
Setto murario orizzontale in cls armato	1,26	2.500,00	3.150,00	2,07	6.520,50	0,03	97,65
Travi in cls armato	6,85	2.500,00	17.125,00	2,07	35.448,75	0,03	530,88
Pignatte in laterizio	27,52	2.500,00	68.800,00	1,93	132.784,00	0,04	2.752,00
Getto di complatamento in cls	6,88	2.500,00	17.200,00	2,07	35.604,00	0,03	533,20
TOTALE					292.898,50		5.149,85

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE							
	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Intonaco interno	1,19	1.600,00	1.896,00	9,78	18.542,88	4,98	9.442,08
Massetto cementizio	3,90	1.000,00	3.900,00	2,07	8.073,00	0,03	120,90
Sottofondo in cls e sabbia	3,90	2.000,00	7.800,00	6,42	50.076,00	0,20	1.560,00
Pavimento in legno	1,05	2.100,00	2.205,00	30,55	67.362,75	19,17	42.269,85
Grés	0,18	345,00	62,10	7,60	471,96	0,10	6,21
TOTALE					144.526,59		53.399,04

PARETE ESTERNA VERTICALE							
	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Intonaco interno	3,30	1.600,00	5.280,00	9,78	51.638,40	4,98	26.294,40
Blocco in laterizio	53,70	700,00	37.590,00	1,93	72.548,70	0,04	1.503,60
Isolante in EPS	41,76	15,00	626,40	88,05	55.154,52	2,20	1.378,80
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	88,42	5.835,72	2,16	142,56
Listelli di supporto	0,38	2.000,00	760,00	30,55	23.218,00	19,17	14.569,20
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	30,55	274.950,00	19,17	172.530,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	6,42	1.848,96	0,20	57,60
TOTALE					485.194,30		213.719,28

PARETE DIVISORIA INTERNA							
	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Intonaco interno	17,00	1.600,00	27.200,00	9,78	266.016,00	4,98	135.456,00
Laterizio divisorio	9,20	700,00	6.440,00	1,93	12.429,20	0,04	257,60
TOTALE					278.445,20		135.713,60

COPERTURA INCLINATA							
	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Intonaco interno	1,35	1.600,00	2.160,00	9,78	21.124,80	4,98	10.756,80
Freno al vapore	0,11	300,00	32,40	88,42	2.864,81	2,16	69,98
Listelli isolante	3,70	2.000,00	7.400,00	30,55	226.070,00	19,17	141.858,00
Isolante in EPS	48,40	35,00	1.694,00	88,05	149.156,70	2,20	3.726,80
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	88,42	5.835,72	2,16	142,56
Listello	0,20	2.000,00	400,00	30,55	12.220,00	19,17	7.668,00
Controlistello	0,10	2.000,00	200,00	30,55	6.110,00	19,17	3.834,00
Lamiera	2,18	2.700,00	5.886,00	84,89	499.662,54	17,92	105.477,12
TOTALE					923.044,57		266.079,66

COPERTURA A VERDE							
	Volume (m ³)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Intonaco interno	0,08	1.600,00	128,00	9,78	1.251,84	4,98	637,44
Freno al vapore	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Isolante in XPS	0,90	35,00	31,50	100,70	3.172,05	0,45	14,18
Listelli isolante	0,40	2.000,00	800,00	30,55	24.440,00	19,17	15.336,00
Telo impermeabile	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Tavolato ligneo	0,09	2.000,00	172,00	30,55	5.254,60	19,17	3.297,24

Strato antiradice	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Telo protettivo	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Strato drenante	0,00	1.000,00	4,30	88,42	380,21	2,16	9,29
Strato filtrante	0,34	300,00	103,20	88,42	9.124,94	2,16	222,91
Terreno	0,43	1.800,00	774,00	-	-	-	-
TOTALE					44.079,89		19.499,85
TOTALE					2.670.780,24		740.075,50
TOTALE ENERGIA N.R.					1.930.704,74		

9.7.2. Seconda soluzione

CALCOLO ENERGIA INCORPORATA STRUTTURA IN XLAM							
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Magrone	13,00	2.400,00	31.200,00	2,07	64.584,00	0,03	967,20
Platea in cls armato	30,90	2.500,00	77.250,00	2,07	159.907,50	0,03	2.394,75
Cordoli in cls armato	12,90	2.500,00	32.250,00	2,07	66.757,50	0,03	999,75
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		675,00	2,00	1.350,00	0,03	20,25
Getto in cls di completamento	7,80	2.500,00	19.500,00	2,07	40.365,00	0,03	604,50
Guaina bitumata	0,10	185,00	19,24	39,11	752,48	25,57	491,97
Isolante in XPS	12,00	35,00	420,00	100,70	42.294,00	0,45	189,00
Listelli isolante	2,00	2.000,00	4.000,00	30,55	122.200,00	19,17	76.680,00
Telo protettivo	0,08	185,00	370,00	39,11	14.470,70	25,57	9.460,90
Sottofondo in argilla espansa	5,90	680,00	4.012,00	2,44	9.789,28	0,09	361,08
Fibra di legno ad alta densità	1,08	240,00	259,20	26,22	6.796,22	15,75	4.082,40
Sottofondo in pannelli di gesso	2,10	1.150,00	2.415,00	6,75	16.301,25	4,92	11.881,80
Pavimento in legno	1,08	2.000,00	2.160,00	30,55	65.988,00	19,17	41.407,20
Grés	0,18	2.000,00	360,00	7,60	2.736,00	0,10	36,00
TOTALE					614.291,93		149.198,80

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Setti verticali in Xlam (10 cm)	25,64	500,00	12.820,00	30,55	391.651,00	19,17	245.759,40
Setti verticali in Xlam (9 cm)	7,40	500,00	3.700,00	30,55	113.035,00	19,17	70.929,00
Setto orizzontale in Xlam (12 cm)	11,50	500,00	5.750,00	30,55	175.662,50	19,17	110.227,50
Setto orizzontale in Xlam (14 cm)	14,30	500,00	7.150,00	30,55	218.432,50	19,17	137.065,50
TOTALE					898.781,00		563.981,40

PARTIZIONE INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
ORIZZONTALE							
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	6,75	10.362,94	4,92	7.553,43
Listelli di supporto	0,28	2.000,00	560,00	30,55	17.108,00	19,17	10.735,20
Strato di separazione	0,09	1.200,00	110,40	39,11	4.317,74	25,57	2.822,93
Sottofondo in argilla espansa	3,90	680,00	2.652,00	2,44	6.470,88	0,09	238,68
Fibra di legno ad alta densità	1,05	240,00	252,00	26,22	6.607,44	15,75	3.969,00
Sottofondo in pannelli di gesso	2,10	1.150,00	2.415,00	6,75	16.301,25	4,92	11.881,80
Pavimento in legno	1,08	2.000,00	2.160,00	30,55	65.988,00	19,17	41.407,20
Grés	0,18	2.000,00	360,00	7,60	2.736,00	0,10	36,00
TOTALE					129.892,25		78.644,24

PARETE ESTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
VERTICALE							
Cartongesso	5,50	1.150,00	6.325,00	6,75	42.693,75	4,92	31.119,00
isolante in fibra di legno (5 cm)	13,00	50,00	650,00	23,98	15.587,00	15,69	10.198,50
isolante in fibra di legno (18 cm)	41,00	160,00	6.560,00	23,98	157.308,80	15,69	102.926,40
Telo protettivo	0,23	1.200,00	273,60	39,11	10.700,50	25,57	6.995,95
Listelli di supporto	0,38	2.000,00	760,00	30,55	23.218,00	19,17	14.569,20
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	30,55	274.950,00	19,17	172.530,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	6,42	1.848,96	0,20	57,60
TOTALE					526.307,01		338.396,65

PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Cartongesso	9,20	1.150,00	10.580,00	6,75	71.415,00	4,92	52.053,60
Isolante in fibra di legno (10 cm)	15,00	160,00	2.400,00	23,98	57.552,00	15,69	37.656,00
Montanti in legno	4,00	2.000,00	8.000,00	30,55	244.400,00	19,17	153.360,00
TOTALE					373.367,00		243.069,60

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	6,75	10.362,94	4,92	7.553,43
Isolante in fibra di legno (5 cm)	3,70	50,00	185,00	23,98	4.436,30	15,69	2.902,65
Listelli isolante	0,70	2.000,00	1.400,00	30,55	42.770,00	19,17	26.838,00
Isolante in fibra di legno (14 cm)	14,00	160,00	2.240,00	23,98	53.715,20	15,69	35.145,60
Listelli isolante	3,00	2.000,00	6.000,00	30,55	183.300,00	19,17	115.020,00
Isolante in fibra di legno ad alta densità (2,2 cm)	4,84	240,00	1.161,60	26,22	30.457,15	15,75	18.295,20
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	88,42	5.835,72	2,16	142,56
Listello	0,20	2.000,00	400,00	30,55	12.220,00	19,17	7.668,00
Controlistello	0,10	2.000,00	200,00	30,55	6.110,00	19,17	3.834,00
Lamiera	2,18	2.700,00	5.886,00	84,89	499.662,54	17,92	105.477,12
TOTALE					848.869,85		322.876,56

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Controsoffitto in cartongesso	0,06	1.150,00	74,18	6,75	500,68	4,92	364,94
Isolante in fibra di legno (5 cm)	0,22	50,00	10,75	23,98	257,79	15,69	168,67
Listelli isolante	0,10	2.000,00	200,00	30,55	6.110,00	19,17	3.834,00
Isolante in fibra di legno (16 cm)	0,80	160,00	128,00	23,98	3.069,44	15,69	2.008,32
Listelli isolante	0,30	2.000,00	600,00	30,55	18.330,00	19,17	11.502,00
Telo impermeabile	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Tavolato ligneo	0,09	2.000,00	172,00	30,55	5.254,60	19,17	3.297,24
Strato antiradice	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Telo protettivo	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Strato drenante	0,00	1.000,00	4,30	88,42	380,21	2,16	9,29
Strato filtrante	0,34	300,00	103,20	88,42	9.124,94	2,16	222,91
Terreno	0,43	1.800,00	774,00	-	-	-	-
TOTALE					43.369,84		21.415,73
TOTALE					3.434.878,88		1.717.582,97
TOTALE ENERGIA N.R.					1.717.295,90		

9.7.3. Terza soluzione

CALCOLO ENERGIA INCORPORATA STRUTTURA A TELAIO							
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Magrone	13,00	2.400,00	31.200,00	2,07	64.584,00	0,03	967,20
Platea in cls armato	30,90	2.500,00	77.250,00	2,07	159.907,50	0,03	2.394,75
Cordoli in cls armato	12,90	2.500,00	32.250,00	2,07	66.757,50	0,03	999,75
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		675,00	2,00	1.350,00	0,03	20,25
Getto in cls di completamento	7,80	2.500,00	19.500,00	2,07	40.365,00	0,03	604,50
Guaina bitumata	0,10	185,00	19,24	39,11	752,48	25,57	491,97
Isolante in paglia di riso	9,00	35,00	315,00	19,00	5.985,00	18,50	5.827,50
Listelli isolante	2,40	2.000,00	4.800,00	30,55	146.640,00	19,17	92.016,00
Telo protettivo	0,09	185,00	16,65	39,11	651,18	25,57	425,74
Sottofondo in lolla di riso	7,00	680,00	4.760,00	19,00	90.440,00	18,50	88.060,00
Listelli sottofondo	1,25	2.000,00	2.500,00	30,55	76.375,00	19,17	47.925,00
Perlinato in legno di abete	1,70	2.000,00	3.400,00	30,55	103.870,00	19,17	65.178,00
Fibra di legno ad alta densità	2,20	240,00	528,00	26,22	13.844,16	15,75	8.316,00
Sottofondo in pannelli di gesso	2,20	1.150,00	2.530,00	6,75	17.077,50	4,92	12.447,60
Pavimento in legno	1,50	2.000,00	3.000,00	30,55	91.650,00	19,17	57.510,00
Grés	0,20	2.000,00	400,00	7,60	3.040,00	0,10	40,00
TOTALE					883.289,32		383.224,26

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Pilastri in legno	4,60	450,00	2.070,00	30,55	63.238,50	19,17	39.681,90
Travi principali in legno	6,50	450,00	2.925,00	30,55	89.358,75	19,17	56.072,25
Travi secondarie in legno	4,50	450,00	2.025,00	30,55	61.863,75	19,17	38.819,25
TOTALE					214.461,00		134.573,40

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Controsoffitto in cartongesso	1,30	1.150,00	1.492,13	6,75	10.071,84	4,92	7.341,26
Listelli di supporto	0,25	2.000,00	500,00	30,55	15.275,00	19,17	9.585,00
Perlinato in legno di abete	1,80	1.200,00	2.160,00	30,55	65.988,00	19,17	41.407,20
Sottofondo in lolla di riso	5,60	680,00	3.808,00	19,00	72.352,00	18,50	70.448,00
Listelli sottofondo	1,25	2.000,00	2.500,00	30,55	76.375,00	19,17	47.925,00
Perlinato in legno di abete (4 cm)	3,14	2.000,00	6.280,00	30,55	191.854,00	19,17	120.387,60
Perlinato in legno di abete	1,70	2.000,00	3.400,00	30,55	103.870,00	19,17	65.178,00
Fibra di legno ad alta densità	2,15	240,00	516,00	26,22	13.529,52	15,75	8.127,00
Sottofondo in pannelli di gesso	2,15	1.150,00	2.472,50	6,75	16.689,38	4,92	12.164,70
Pavimento in legno	1,50	2.000,00	3.000,00	30,55	91.650,00	19,17	57.510,00
Grés	0,20	2.000,00	400,00	7,60	3.040,00	0,10	40,00
TOTALE					660.694,74		440.113,76

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Cartongesso	5,50	1.150,00	6.325,00	6,75	42.693,75	4,92	31.119,00
Isolante in paglia di riso (8 cm)	87,00	50,00	4.350,00	19,00	82.650,00	18,50	80.475,00
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	2,95	160,00	472,00	30,55	14.419,60	19,17	9.048,24
Isolante in paglia di riso (10 cm)	90,00	50,00	4.500,00	19,00	85.500,00	18,50	83.250,00
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	4,00	2.000,00	8.000,00	30,55	244.400,00	19,17	153.360,00
Isolante in paglia di riso (8 cm)	17,36	50,00	868,00	19,00	16.492,00	18,50	16.058,00
Telo impermeabile	0,23	300,00	68,40	39,11	2.675,12	25,57	1.748,99
Listelli di supporto	0,38	2.000,00	760,00	30,55	23.218,00	19,17	14.569,20
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	30,55	274.950,00	19,17	172.530,00
Intonaco RH500	0,18	1.600,00	288,00	6,42	1.848,96	4,80	1.382,40
TOTALE					788.847,43		563.540,83

PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Cartongesso	12,00	1.150,00	13.800,00	6,75	93.150,00	4,92	67.896,00
Isolante in paglia di riso (10 cm)	15,00	160,00	2.400,00	19,00	45.600,00	18,50	44.400,00
Montanti in legno	4,00	2.000,00	8.000,00	30,55	244.400,00	19,17	153.360,00
TOTALE					383.150,00		265.656,00

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	6,75	10.362,94	4,92	7.553,43
Listelli isolante	0,10	50,00	5,00	30,55	152,75	19,17	95,85
Perlinato in legno di abete	1,60	2.000,00	3.200,00	30,55	97.760,00	19,17	61.344,00
Isolante in paglia di riso (20 cm)	16,00	160,00	2.560,00	19,00	48.640,00	18,50	47.360,00
Listelli isolante	0,75	2.000,00	1.500,00	30,55	45.825,00	19,17	28.755,00

Perlinato in legno di abete	1,60	240,00	384,00	30,55	11.731,20	19,17	7.361,28
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	39,11	2.581,26	25,57	1.687,62
Listello	0,20	2.000,00	400,00	30,55	12.220,00	19,17	7.668,00
Controlistello	0,10	2.000,00	200,00	30,55	6.110,00	19,17	3.834,00
Lamiera	2,18	2.700,00	5.886,00	84,89	499.662,54	17,92	105.477,12
TOTALE					735.045,69		271.136,30

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m³)	Peso (Kg)	CEP_{TOT} (MJ/Kg)	CEP_{TOT} (MJ)	CEP_{FR} (MJ/Kg)	CEP_{FR} (MJ)
Controsoffitto in cartongesso	0,06	1.150,00	74,18	6,75	500,68	4,92	364,94
Listelli isolante	0,22	2.000,00	430,00	30,55	13.136,50	19,17	8.243,10
Perlinato in legno di abete	0,09	160,00	13,76	30,55	420,37	19,17	263,78
Isolante in paglia di riso (24 cm)	0,12	2.000,00	240,00	19,00	4.560,00	18,50	4.440,00
Perlinato in legno di abete	0,09	300,00	25,80	30,55	788,19	19,17	494,59
Telo impermeabile	0,00	2.000,00	8,60	39,11	336,35	25,57	219,90
Strato antiradice	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Telo protettivo	0,00	300,00	1,29	88,42	114,06	2,16	2,79
Strato drenante	0,00	1.000,00	4,30	88,42	380,21	2,16	9,29
Strato filtrante	0,34	300,00	103,20	88,42	9.124,94	2,16	222,91
Terreno	0,43	1.800,00	774,00	-	-	-	-
TOTALE					29.475,36		14.264,08

TOTALE					3.694.963,54		2.072.508,62
---------------	--	--	--	--	---------------------	--	---------------------

TOTALE ENERGIA N.R.					1.622.454,92		
----------------------------	--	--	--	--	---------------------	--	--

9.8. Calcolo CO₂ incorporata

9.8.1. Prima soluzione

CALCOLO CO2 INCORPORATA STRUTTURA TRADIZIONALE					
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Magrone	13,00	2.400,00	31.200,00	0,31	9.672,00
Platea in cls armato	30,90	2.500,00	77.250,00	0,31	23.947,50
Cordoli in cls armato	12,90	2.500,00	32.250,00	0,31	9.997,50
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		675,00	0,31	209,25
Getto in cls di completamento	7,80	2.500,00	19.500,00	0,31	6.045,00
Guaina bitumata	0,10	185,00	19,24	1,84	35,40
Isolante in XPS	12,64	35,00	442,40	3,40	1.504,16
Telo protettivo	0,08	185,00	15,36	1,84	28,25
Massetto cementizio	3,95	1.000,00	3.950,00	0,31	1.224,50
Sottofondo in cls e sabbia	3,95	2.000,00	7.900,00	1,17	9.243,00
Pavimento in legno	1,02	2.000,00	2.040,00	-	1,15 - 2.346,00
Grés	0,17	2.000,00	330,00	1,95	643,50
TOTALE					62.550,06

STRUTTURA DI ELEVAZIONE VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Pilastri in cls armato	2,95	2.500,00	7.375,00	0,31	2.286,25
Setto murario verticale in cls armato	13,00	2.500,00	32.500,00	0,31	10.075,00
Setto murario orizzontale in cls armato	1,26	2.500,00	3.150,00	0,31	976,50
Travi in cls armato	6,85	2.500,00	17.125,00	0,31	5.308,75
Pignatte in laterizio	27,52	2.500,00	68.800,00	0,14	9.632,00
Getto di completamento in cls	6,88	2.500,00	17.200,00	0,31	5.332,00
TOTALE					33.610,50

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Intonaco interno	1,19	1.600,00	1.896,00	0,29	549,84
Massetto cementizio	3,90	1.000,00	3.900,00	0,31	1.209,00
Sottofondo in cls e sabbia	3,90	2.000,00	7.800,00	1,17	9.126,00
Pavimento in legno	1,05	2.100,00	2.205,00	-	1,15 - 2.535,75
Grés	0,18	345,00	62,10	1,95	121,10
TOTALE					11.005,94

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Intonaco interno	3,30	1.600,00	5.280,00	0,29	1.531,20
Blocco in laterizio	53,70	700,00	37.590,00	0,14	5.262,60
Isolante in EPS	41,76	15,00	626,40	2,57	1.609,85
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	1,84	121,44
Listelli di supporto	0,38	2.000,00	760,00	-	1,15 - 874,00
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	-	1,15 - 10.350,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	0,29	83,52
TOTALE					8.608,61

PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Intonaco interno	17,00	1.600,00	27.200,00	0,29	7.888,00
Laterizio divisorio	9,20	700,00	6.440,00	0,14	901,60
TOTALE					8.789,60

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Intonaco interno	1,35	1.600,00	2.160,00	0,29	626,40
Freno al vapore	0,11	300,00	32,40	1,84	59,62
Listelli isolante	3,70	2.000,00	7.400,00	-	1,15 - 8.510,00
Isolante in EPS	48,40	35,00	1.694,00	2,57	4.353,58
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	1,84	121,44
Listello	0,20	2.000,00	400,00	-	1,15 - 460,00
Controlistello	0,10	2.000,00	200,00	-	1,15 - 230,00
Lamiera	2,18	2.700,00	5.886,00	3,53	20.777,58
TOTALE					25.938,62

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Intonaco interno	0,08	1.600,00	128,00	0,29	37,12
Freno al vapore	0,00	300,00	1,29	1,84	2,37
Isolante in XPS	0,90	35,00	31,50	3,40	107,10
Listelli isolante	0,40	2.000,00	800,00	-	1,15 - 920,00
Telo impermeabile	0,00	300,00	1,29	1,84	2,37
Tavolato ligneo	0,09	2.000,00	172,00	-	1,15 - 197,80
Strato antiradice	0,00	300,00	1,29	1,84	2,37
Telo protettivo	0,00	300,00	1,29	1,84	2,37
Strato drenante	0,00	1.000,00	4,30	1,84	7,91
Strato filtrante	0,34	300,00	103,20	1,84	189,89
Terreno	0,43	1.800,00	774,00	-	-
TOTALE					351,51

TOTALE					150.854,84
---------------	--	--	--	--	-------------------

9.8.2. Seconda soluzione

CALCOLO CO2 INCORPORATA STRUTTURA IN XLAM						
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	
Magrone	13,00	2.400,00	31.200,00	0,31	9.672,00	
Platea in cls armato	30,90	2.500,00	77.250,00	0,31	23.947,50	
Cordoli in cls armato	12,90	2.500,00	32.250,00	0,31	9.997,50	
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		675,00	0,31	209,25	
Getto in cls di completamento	7,80	2.500,00	19.500,00	0,31	6.045,00	
Guaina bitumata	0,10	185,00	19,24	1,84	35,40	
Isolante in XPS	12,00	35,00	420,00	3,40	1.428,00	
Listelli isolante	2,00	2.000,00	4.000,00	-	1,15	- 4.600,00
Telo protettivo	0,08	185,00	370,00	1,84	680,80	
Sottofondo in argilla espansa	5,90	680,00	4.012,00	0,13	521,56	
Fibra di legno ad lata densità	1,08	240,00	259,20	-	1,01	- 261,79
Sottofondo in pannelli di gesso	2,10	1.150,00	2.415,00	-	0,22	- 531,30
Pavimento in legno	1,08	2.000,00	2.160,00	-	1,15	- 2.484,00
Grés	0,18	2.000,00	360,00	1,95	702,00	
TOTALE					53.239,01	

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	
Setti verticali in Xlam (10 cm)	25,64	500,00	12.820,00	-	1,15	- 14.743,00
Setti verticali in Xlamn (9 cm)	7,40	500,00	3.700,00	-	1,15	- 4.255,00
Setto orizzontale in Xlam (12 cm)	11,50	500,00	5.750,00	-	1,15	- 6.612,50
Setto orizzontale in Xlam (14 cm)	14,30	500,00	7.150,00	-	1,15	- 8.222,50
TOTALE					-	

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	-	0,22	- 337,76
Listelli di supporto	0,28	2.000,00	560,00	-	1,15	- 644,00
Strato di separazione	0,09	1.200,00	110,40	1,84	203,14	
Sottofondo in argilla espansa	3,90	680,00	2.652,00	0,13	344,76	
Fibra di legno ad alta densità	1,05	240,00	252,00	-	1,01	- 254,52
Sottofondo in pannelli di gesso	2,10	1.150,00	2.415,00	-	0,22	- 531,30
Pavimento in legno	1,08	2.000,00	2.160,00	-	1,15	- 2.484,00
Grés	0,18	2.000,00	360,00	1,95	702,00	
TOTALE					1.249,90	

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	
Cartongesso	5,50	1.150,00	6.325,00	-	0,22	- 1.391,50
isolante in fibra di legno (5 cm)	13,00	50,00	650,00	-	1,01	- 656,50
isolante in fibra di legno (18 cm)	41,00	160,00	6.560,00	-	1,01	- 6.625,60
Telo protettivo	0,23	1.200,00	273,60	1,84	503,42	
Listelli di supporto	0,38	2.000,00	760,00	-	1,15	- 874,00
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	-	1,15	- 10.350,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	0,29	83,52	
TOTALE					586,94	

PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	
Cartongesso	9,20	1.150,00	10.580,00	-	0,22	- 2.327,60
Isolante in fibra di legno (10 cm)	15,00	160,00	2.400,00	-	1,01	- 2.424,00

Montanti in legno	4,00	2.000,00	8.000,00	-	1,15	-	9.200,00
TOTALE							-

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	-	0,22 - 337,76
Isolante in fibra di legno (5 cm)	3,70	50,00	185,00	-	1,01 - 186,85
Listelli isolante	0,70	2.000,00	1.400,00	-	1,15 - 1.610,00
Isolante in fibra di legno (14 cm)	14,00	160,00	2.240,00	-	1,01 - 2.262,40
Listelli isolante	3,00	2.000,00	6.000,00	-	1,15 - 6.900,00
Isolante in fibra di legno ad alta densità (2,2 cm)	4,84	240,00	1.161,60	-	1,01 - 1.173,22
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	-	1,84 - 121,44
Listello	0,20	2.000,00	400,00	-	1,15 - 460,00
Controlistello	0,10	2.000,00	200,00	-	1,15 - 230,00
Lamiera	2,18	2.700,00	5.886,00	-	3,53 - 20.777,58
TOTALE					20.899,02

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	0,06	1.150,00	74,18	-	0,22 - 16,32
Isolante in fibra di legno (5 cm)	0,22	50,00	10,75	-	1,01 - 10,86
Listelli isolante	0,10	2.000,00	200,00	-	1,15 - 230,00
Isolante in fibra di legno (16 cm)	0,80	160,00	128,00	-	1,01 - 129,28
Listelli isolante	0,30	2.000,00	600,00	-	1,15 - 690,00
Telo impermeabile	0,00	300,00	1,29	-	1,84 - 2,37
Tavolato ligneo	0,09	2.000,00	172,00	-	1,15 - 197,80
Strato antiradice	0,00	300,00	1,29	-	1,84 - 2,37
Telo protettivo	0,00	300,00	1,29	-	1,84 - 2,37
Strato drenante	0,00	1.000,00	4,30	-	1,84 - 7,91
Strato filtrante	0,34	300,00	103,20	-	1,84 - 189,89
Terreno	0,43	1.800,00	774,00	-	-
TOTALE					204,92

COSTO TOTALE					76.179,79
---------------------	--	--	--	--	------------------

9.8.3. Terza soluzione

CALCOLO CO2 INCORPORATA STRUTTURA A TELAIO					
SOLAIO A TERRA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Magrone	13,00	2.400,00	31.200,00	0,31	9.672,00
Platea in cls armato	30,90	2.400,00	74.160,00	0,31	22.989,60
Cordoli in cls armato	12,90	2.400,00	30.960,00	0,31	9.597,60
Casseri a Igloo (4,5 kg al pezzo)	27,95		675,00	0,31	209,25
Getto in cls di completamento	7,80	2.400,00	18.720,00	0,31	5.803,20
Guaina bitumata	0,10	185,00	19,24	1,84	35,40
Isolante in paglia di riso	9,00	35,00	315,00	-	1,45 - 456,75
Listelli isolante	2,40	2.000,00	4.800,00	-	1,15 - 5.520,00
Telo protettivo	0,09	185,00	16,65	1,84	30,64
Sottofondo in lolla di riso	7,00	680,00	4.760,00	-	-
Listelli sottofondo	1,25	2.000,00	2.500,00	-	1,15 - 2.875,00
Perlinato in legno di abete	1,70	2.000,00	3.400,00	-	1,15 - 3.910,00
Fibra di legno ad alta densità	2,20	240,00	528,00	-	1,01 - 533,28
Sottofondo in pannelli di gesso	2,20	1.150,00	2.530,00	-	0,22 - 556,60
Pavimento in legno	1,50	2.000,00	3.000,00	-	1,15 - 3.450,00
Grés	0,20	2.000,00	400,00	1,95	780,00
TOTALE					49.117,69

STRUTTURA PORTANTE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Pilastrini in legno	4,60	450,00	2.070,00	-	1,15 - 2.380,50
Travi principali in legno	6,50	450,00	2.925,00	-	1,15 - 3.363,75
Travi secondarie in legno	4,50	450,00	2.025,00	-	1,15 - 2.328,75
TOTALE					-

PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	1,30	1.150,00	1.492,13	-	0,22 - 328,27
Listelli di supporto	0,25	2.000,00	500,00	-	1,15 - 575,00
Perlinato in legno di abete	1,80	1.200,00	2.160,00	-	1,15 - 2.484,00
Sottofondo in lolla di riso	5,60	680,00	3.808,00	-	-
Listelli sottofondo	1,25	2.000,00	2.500,00	-	1,15 - 2.875,00
Perlinato in legno di abete (4 cm)	3,14	2.000,00	6.280,00	-	1,15 - 7.222,00
Perlinato in legno di abete	1,70	2.000,00	3.400,00	-	1,15 - 3.910,00
Sottofondo in pannelli di gesso	2,15	1.150,00	2.472,50	-	0,22 - 543,95
Pavimento in legno	1,50	2.000,00	3.000,00	-	1,15 - 3.450,00
Grés	0,20	2.000,00	400,00	1,95	780,00
TOTALE					780,00

PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Cartongesso	5,50	1.150,00	6.325,00	-	0,22 - 1.391,50
Isolante in paglia di riso (8 cm)	87,00	50,00	4.350,00	-	1,45 - 6.307,50
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	2,95	160,00	472,00	-	1,15 - 542,80
Isolante in paglia di riso (10 cm)	90,00	50,00	4.500,00	-	1,45 - 6.525,00
Perlinato a 45 gradi in legno di abete	4,00	2.000,00	8.000,00	-	1,15 - 9.200,00
Isolante in paglia di riso (8 cm)	17,36	50,00	868,00	-	1,45 - 1.258,60
Telo impermeabile	0,23	300,00	68,40	1,84	125,86

Listelli di supporto	0,38	2.000,00	760,00	-	1,15	-	874,00
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	-	1,15	-	10.350,00
Intonaco RH500	0,18	1.600,00	288,00	-	-	-	-
TOTALE							125,86

PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Cartongesso	12,00	1.150,00	13.800,00	-	0,22 - 3.036,00
Isolante in paglia di riso (10 cm)	15,00	160,00	2.400,00	-	1,45 - 3.480,00
Montanti in legno	4,00	2.000,00	8.000,00	-	1,15 - 9.200,00
TOTALE					-

COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	-	0,22 - 337,76
Listelli isolante	0,10	50,00	5,00	-	1,15 - 5,75
Perlinato in legno di abete	1,60	2.000,00	3.200,00	-	1,15 - 3.680,00
Isolante in paglia di riso (20 cm)	16,00	160,00	2.560,00	-	1,45 - 3.712,00
Listelli isolante	0,75	2.000,00	1.500,00	-	1,15 - 1.725,00
Perlinato in legno di abete	1,60	240,00	384,00	-	1,15 - 441,60
Telo impermeabile	0,22	300,00	66,00	1,84	121,44
Listello	0,20	2.000,00	400,00	-	1,15 - 460,00
Controlistello	0,10	2.000,00	200,00	-	1,15 - 230,00
Lamiera	2,18	2.700,00	5.886,00	3,53	20.777,58
TOTALE					20.899,02

COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	0,06	1.150,00	74,18	-	0,22 - 16,32
Listelli isolante	0,22	2.000,00	430,00	-	1,15 - 494,50
Perlinato in legno di abete	0,09	160,00	13,76	-	1,15 - 15,82
Isolante in paglia di riso (24 cm)	0,12	2.000,00	240,00	-	1,45 - 348,00
Perlinato in legno di abete	0,09	300,00	25,80	-	1,15 - 29,67
Telo impermeabile	0,00	2.000,00	8,60	1,84	15,82
Strato antiradice	0,00	300,00	1,29	1,84	2,37
Telo protettivo	0,00	300,00	1,29	1,84	2,37
Strato drenante	0,00	1.000,00	4,30	1,84	7,91
Strato filtrante	0,34	300,00	103,20	1,84	189,89
Terreno	0,43	1.800,00	774,00	-	-
TOTALE					218,37

TOTALE							71.140,93
---------------	--	--	--	--	--	--	------------------

9.9. Calcolo costo ambientale interventi di manutenzione

9.9.1. Prima soluzione

CALCOLO ENERGIA E CO2 INCORPORATA NEGLI INTERVENTI MANUTENTIVI STRUTTURA TRADIZIONALE										
PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE										
	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	CO ₂ TOT
Intonaco interno	1,19	1.600,00	1.896,00	9,78	18.542,88	4,98	9.442,08	0,29	549,84	549,84
TOTALE					18.542,88		9.442,08			549,84
PARETE ESTERNA VERTICALE										
Intonaco interno	3,30	1.600,00	5.280,00	9,78	51.638,40	4,98	26.294,40	0,29	1.531,20	1.531,20
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	30,55	274.950,00	19,17	172.530,00	-	1,15	10.350,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	6,42	1.848,96	0,20	57,60	0,29	83,52	83,52
TOTALE					328.437,36		198.882,00			1.614,72
PARETE DIVISORIA INTERNA										
Intonaco interno	17,00	1.600,00	27.200,00	9,78	266.016,00	4,98	135.456,00	0,29	7.888,00	7.888,00
TOTALE					266.016,00		135.456,00			7.888,00
COPERTURA INCLINATA										
Intonaco interno	1,35	1.600,00	2.160,00	9,78	21.124,80	4,98	10.756,80	0,29	626,40	626,40
TOTALE					21.124,80		10.756,80			626,40
COPERTURA A VERDE										
Intonaco interno	0,08	1.600,00	128,00	9,78	1.251,84	4,98	637,44	0,29	37,12	37,12
TOTALE					1.251,84		637,44			37,12
TOTALE					635.372,88		355.174,32			10.716,08
TOTALE ENERGIA N.R.					280.198,56					

9.9.2. Seconda soluzione

CALCOLO ENERGIA E CO2 INCORPORATA NEGLI INTERVENTI MANUTENTIVI STRUTTURA IN XLAM										
PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	6,75	10.362,94	4,92	7.553,43	-	0,22	337,76
TOTALE					10.362,94		7.553,43			-
PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	CO ₂ TOT
Cartongesso	5,50	1.150,00	6.325,00	6,75	42.693,75	4,92	31.119,00	-	0,22	1.391,50
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	30,55	274.950,00	19,17	172.530,00	-	1,15	10.350,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	6,42	1.848,96	0,20	57,60	-	0,29	83,52
TOTALE					319.492,71		203.706,60			83,52
PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	CO ₂ TOT
Cartongesso	9,20	1.150,00	10.580,00	6,75	71.415,00	4,92	52.053,60	-	0,22	2.327,60
TOTALE					71.415,00		52.053,60			-
COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	6,75	10.362,94	4,92	7.553,43	-	0,22	337,76
TOTALE					10.362,94		7.553,43			-
COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO ₂ TOT	CO ₂ TOT
Controsoffitto in cartongesso	0,06	1.150,00	74,18	6,75	500,68	4,92	364,94	-	0,22	16,32
TOTALE					500,68		364,94			-
TOTALE					412.134,27		271.232,00			83,52
TOTALE ENERGIA N.R.					140.902,27					

9.9.3. Terza soluzione

CALCOLO ENERGIA E CO2 INCORPORATA NEGLI INTERVENTI MANUTENTIVI STRUTTURA A TELAIO										
PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO _{2,TOT}	CO _{2,TOT}
Controsoffitto in cartongesso	1,30	1.150,00	1.492,13	6,75	10.071,84	4,92	7.341,26	-	0,22	328,27
TOTALE					10.071,84		7.341,26			-
PARETE ESTERNA VERTICALE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO _{2,TOT}	CO _{2,TOT}
Cartongesso	5,50	1.150,00	6.325,00	6,75	42.693,75	4,92	31.119,00	-	0,22	1.391,50
Doghe di legno	4,50	2.000,00	9.000,00	30,55	274.950,00	19,17	172.530,00	-	1,15	10.350,00
Intonaco esterno	0,18	1.600,00	288,00	6,42	1.848,96	0,20	57,60	-	0,29	83,52
TOTALE					319.492,71		203.706,60			83,52
PARETE DIVISORIA INTERNA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO _{2,TOT}	CO _{2,TOT}
Cartongesso	12,00	1.150,00	13.800,00	6,75	93.150,00	4,92	67.896,00	-	0,22	3.036,00
TOTALE					93.150,00		67.896,00			-
COPERTURA INCLINATA	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO _{2,TOT}	CO _{2,TOT}
Controsoffitto in cartongesso	1,34	1.150,00	1.535,25	6,75	10.362,94	4,92	7.553,43	-	0,22	337,76
TOTALE					10.362,94		7.553,43			-
COPERTURA A VERDE	Volume (m3)	Densità (Kg/m ³)	Peso (Kg)	CEP _{TOT} (MJ/Kg)	CEP _{TOT} (MJ)	CEP _{FR} (MJ/Kg)	CEP _{FR} (MJ)	CO ₂ (CO ₂ /Kg)	CO _{2,TOT}	CO _{2,TOT}
Controsoffitto in cartongesso	0,06	1.150,00	74,18	6,75	500,68	4,92	364,94	-	0,22	16,32
TOTALE					500,68		364,94			-
COSTO TOTALE					433.578,17		286.862,23			83,52
TOTALE ENERGIA N.R.					146.715,95					

Ringraziamenti

A conclusione del presente lavoro mi è doveroso ringraziare tutti coloro che mi hanno supportato durante il percorso universitario.

Ringrazio i miei genitori, le mie sorelle e i miei parenti che mi hanno aiutato e supportato durante l'intero corso di studi e spronato a non mollare anche nei momenti difficili.

Un ringraziamento va al mio relatore, il professor Valentino Manni e ai miei correlatori la professoressa Silvia Gron e il professor Diego Giuseppe Ferrando, che mi hanno seguito con molta disponibilità durante la stesura dell'elaborato fornendomi ottimi consigli per svilupparlo al meglio.

Ringrazio gli studi "Essepi" di Saluzzo e "Settanta7" di Torino per avermi dato la possibilità di sviluppare le mie conoscenze sull'architettura e la sostenibilità ambientale, utili per la stesura dell'elaborato.

Ringrazio inoltre tutti i membri dello Studio STING per essere stati di ispirazione e fonte di ottimi consigli per l'elaborazione del progetto e per affrontare al meglio la vita professionale.

Ringrazio l'azienda "RiceHouse" per il materiale fornito a supporto dell'elaborato.

Un ringraziamento speciale va a tutti i miei amici, interni ed esterni all'università per essere stati ed essere sempre presenti nei momenti felici e anche in quelli difficili.

Un pensiero speciale va ai miei nonni che, anche se non sono più presenti, so che sarebbero fieri di me.

