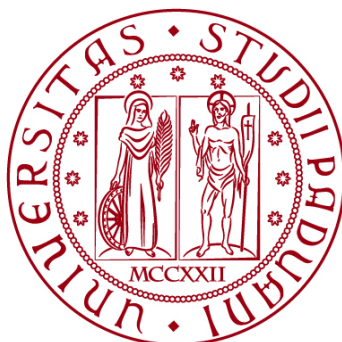


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE  
*Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering*

Corso di Laurea in Tecniche e Gestione dell'Edilizia e del Territorio



TESI DI LAUREA

**ANALISI DI DUE DIFFERENTI SISTEMI COSTRUTTIVI NELLA  
REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE UNIFAMILIARE**

*Analysis of two different construction systems in the realization of a  
single-family residential building*

Relatore:

Chiar.mo PROF. Angelo Bertolazzi

Laureando: **Mirco Luisetto**

Matricola: **1164249**

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023



# Sommario

<b>INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>Capitolo 1 COSTRUZIONE SOSTENIBILE</b> .....	3
1.1 Sostenibilità ed economia circolare .....	3
1.2 Bioarchitettura o architettura sostenibile .....	4
1.3 Normativa europea di riferimento.....	6
1.4 Normativa nazionale di riferimento e criteri ambientali minimi .....	9
1.5 L'approccio normativo a livello regionale .....	12
<b>Capitolo 2 IL PROGETTO E IL CONTESTO</b> .....	17
2.1 Localizzazione dell'intervento.....	17
2.3 Idea progettuale.....	18
2.4 Caratteristiche della zona del piano degli interventi .....	19
2.5 Progettazione .....	21
2.6 Calcolo dei volumi .....	23
2.7 Richiesta del titolo abilitativo .....	25
2.8 Realizzazione.....	27
2.9 Tipologie costruttive differenti .....	28
<b>Capitolo 3 PROGETTARE CON I BLOCCHI POROTHERM BIO PLAN</b> .....	31
3.1 Il materiale: Porotherm BIO PLAN .....	31
3.2 Porotherm BIO PLAN nella progettazione strutturale .....	35
3.3 Porotherm BIO PLAN e blocchi in laterizio modulare a confronto .....	37
<b>Capitolo 4 PROGETTARE CON IL CLT (CROSS LAMINATED TIMBER)</b> .....	45
4.1 Premessa .....	45
4.2 Materiale costruttivo alternativo: CLT .....	46
4.3 Vantaggi nelle costruzioni con il CLT.....	49
4.4 Le pareti nelle abitazioni in legno .....	51
4.5 Il solaio nelle abitazioni in legno .....	53
4.6 Analisi pratica dell'ipotesi costruttiva in CLT .....	54
4.7 Analisi dei costi pareti in CLT .....	58

<b>Capitolo 5 CONFRONTO TRA LE DUE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE .....</b>	<b>61</b>
5.1 Premessa .....	61
5.1 Aspetti economici, estetici e tempistiche .....	61
5.2 Efficienza, prestazioni, impiantistica.....	62
5.3 Vita nominale, manutenzione ordinaria futura e rischio d'incendio .....	63
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>67</b>
Normativa di riferimento .....	71
Sitografia .....	72

## INTRODUZIONE

L'elaborato di tesi illustra l'analisi di due diversi sistemi costruttivi considerati nella realizzazione di uno stesso edificio residenziale unifamiliare, ponendo a confronto una tecnica in muratura (struttura in blocchi modulari rettificati in laterizio) con il legno (struttura in CLT).

L'argomento oggetto di tesi vuole valorizzare il percorso di tirocinio formativo svolto in entrambi i semestri del terzo anno e previsto dal Corso di Laurea, in quanto l'edificio sul quale ci si è basati per la stesura dell'elaborato fa parte di uno dei progetti che hanno caratterizzato la suddetta esperienza svolta all'interno dello studio professionale. Questo è stato un aspetto fondamentale in quanto poter prendere parte alla pratica e seguire personalmente sia l'iter burocratico che anticipa e porta all'inizio dei lavori che l'avanzamento degli stessi ha contribuito molto in maniera positiva allo sviluppo del mio profilo professionale. Allo stesso modo lavorare costantemente e a stretto contatto con diverse figure di professionisti ha reso possibile un'interazione continua che ha portato al recupero di informazioni e materiali utili per la scrittura dell'elaborato di tesi.

Nel primo capitolo verrà affrontato il tema della costruzione sostenibile e della bioarchitettura, in particolare si andranno ad analizzare i riferimenti normativi che si occupano di trattare questi argomenti, partendo dall'analisi della situazione a livello europeo per poi porre più attenzione sulla situazione normativa nazionale e regionale.

All'interno del capitolo successivo denominato "Il progetto e il contesto" si presenterà l'intervento oggetto di studio, a partire dallo stato rilevato fino ad arrivare alla realizzazione del nuovo edificio, attraversando le fasi intermedie necessarie tra cui l'idea progettuale che sta alla base dell'intervento, la fase progettuale che tiene in considerazione le caratteristiche della zona del Piano degli Interventi, la richiesta del titolo abilitativo che, una volta ottenuta, darà il via alla fase di realizzazione dell'abitazione.

Il terzo capitolo verterà sull'analisi dei blocchi *Porotherm Bio PLAN*, uno dei due metodi costruttivi considerati per la realizzazione dell'abitazione nonché quello che

effettivamente è stato scelto dalla committenza. All'interno del capitolo si andrà ad analizzare questa particolare tipologia di laterizio con un focus particolare riguardo l'abitazione oggetto di studio, confrontandolo in un secondo momento con i "classici" blocchi modulari in laterizio.

La progettazione con il CLT (Cross Laminated Timber) ovvero l'utilizzo del legno come secondo metodo costruttivo sarà l'argomento sul quale si concentrerà il capitolo quattro. La sezione si aprirà con un'introduzione sulla tipologia di materiale e sulla sua produzione, in seguito si parlerà dei vantaggi che questo materiale offre, del suo possibile utilizzo nella realizzazione dell'edificio in oggetto per poi terminare con un'analisi delle prestazioni energetiche e dei costi.

Il quinto capitolo consentirà di riassumere le differenze, i vantaggi e gli svantaggi dei due diversi metodi costruttivi analizzati per la realizzazione dell'abitazione residenziale unifamiliare presa in considerazione in maniera da evidenziare quali sono gli aspetti che prediligono l'utilizzo del laterizio piuttosto che quello del legno e viceversa.

Infine, dopo aver confrontato entrambe le soluzioni costruttive, nel capitolo conclusivo si andranno a delineare alcune considerazioni personali che portano alla scelta del metodo effettivamente più conveniente.

# Capitolo 1

## COSTRUZIONE SOSTENIBILE

### *1.1 Sostenibilità ed economia circolare*

«Nel quadro della realizzazione dello sviluppo sostenibile, la tutela ambientale costituirà parte integrante del processo di sviluppo e non potrà essere considerata separatamente da questo.» (Principio 4, Allegato I “Dichiarazione di Rio sull’ambiente e sullo sviluppo”).

La tutela dell’ambiente è un aspetto fondamentale dello sviluppo sostenibile di un paese e lo si può notare leggendo il rapporto della *Conferenza delle Nazioni Unite sull’ambiente e lo sviluppo* tenutasi a Rio de Janeiro dal 3 al 14 giugno del 1992.

Il concetto di sostenibilità emerge più volte all’interno della stessa conferenza e sta ad indicare la condizione di uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare le proprie aspirazioni; allo stesso modo il Principio 3 dell’Allegato I della Dichiarazione di Rio sull’ambiente e sullo sviluppo afferma che «il diritto allo sviluppo deve essere attuato in modo da soddisfare equamente i bisogni di sviluppo e ambientali delle generazioni presenti e future».

C’è però da considerare che, anche se i concetti di sostenibilità e sviluppo sostenibile vennero meglio definiti con chiarezza dopo la conferenza ONU su ambiente e sviluppo del 1992, in realtà il concetto di sostenibilità fu introdotto per la prima volta all’interno della prima conferenza ONU sull’ambiente del 1972.

Parlando di sostenibilità possiamo riconoscere tre ambiti diversi: la sostenibilità **ambientale**, quella **sociale** e quella **economica**.

La prima fa riferimento al garantire anche alle generazioni future la disponibilità e la qualità delle risorse naturali (aria, acqua, materie prime...); la sostenibilità sociale punta ad assicurare un’equa distribuzione delle condizioni di benessere umano (qualità della vita, sicurezza e servizi per i cittadini) e da ultimo la sostenibilità economica riguarda la capacità di un sistema economico di produrre reddito e lavoro in maniera duratura per le imprese e diminuire le disparità economiche.

I tre diversi ambiti sopra citati sono in correlazione tra di loro in quanto dalla loro intersezione nasce il concetto di *sviluppo sostenibile* che sta ad indicare l'evoluzione di un paese, che risulta essere maggiore nel caso in cui non siano presenti grandi differenze tra la sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

Parlando di sostenibilità, è doveroso approfondire anche il tema dell'*economia circolare* che non è altro che un sistema economico pensato per estendere il ciclo di vita dei prodotti contribuendo quindi a ridurre al minimo i rifiuti.

Questo sistema economico implica quindi condivisione, prestito, riutilizzo, riparazione, ricondizionamento e riciclo dei materiali e prodotti esistenti il più a lungo possibile. Persiste però un aspetto negativo, ovvero il problema dello smaltimento o della re-immissione sul mercato di quanto è già stato prodotto. Parlare di economia circolare nell'ambito delle costruzioni può attribuire maggiore importanza a temi come per esempio quello della riqualificazione, del recupero e del riuso edilizio che spesso vengono sottovalutati.

Basti pensare che la maggior parte delle volte, quando dei clienti si trovano nella situazione di dover andare ad abitare in una nuova casa o semplicemente di cambiarla per motivi particolari, abitualmente la scelta ricade sulla costruzione di nuovi edifici su lotto libero o sull'acquisto di un immobile appena edificato, senza mai puntare sulla scelta di edifici o porzioni di edificio da ristrutturare che garantiscano una seconda vita. In alternativa anche l'opzione della demolizione con ricostruzione spesso può rappresentare il giusto compromesso.

L'economia circolare risulta quindi quasi fondamentale nell'ambito edilizio, basti pensare all'aspetto quantitativo dell'arsenale edilizio attualmente esistente, nella fattispecie di quello residenziale, che dunque potrebbe essere riqualificato mediante soluzioni progettuali e tecniche innovative applicando quindi il modello circolare.

### *1.2 Bioarchitettura o architettura sostenibile*

La bioarchitettura, o architettura sostenibile per utilizzare un termine visto e analizzato nel paragrafo precedente, sta ad indicare l'unione di tutti quei criteri progettuali atti a ridurre l'impatto (ambientale, sociale ed economico) che deriva dalla



trasformazione da parte dell'uomo di un territorio. Tutti questi criteri possono essere utilizzati per diverse tipologie di edifici e soprattutto per qualsiasi scala d'intervento. Bisogna soprattutto porre particolare attenzione ad una corretta gestione delle risorse naturali (ad esempio l'acqua) ed energetiche (ad esempio il sole) ma anche un impiego di materiali naturali o a ridotto contenuto di sostanze nocive.

A livello progettuale un aspetto fondamentale da tenere in considerazione se si parla di cultura costruttiva è il fatto che gli edifici devono riprendere ad essere in comunicazione con il luogo in cui vengono costruiti, in quanto la costruzione deve essere ben integrata e studiata in funzione del luogo nella quale viene posta.

Quando si pensa ad un progetto ecologico ci sono diversi criteri chiave che possiamo così elencare:

- 1) Valutare la necessità di edificare dando priorità agli utenti rispetto all'involucro e valutando i livelli di rifornimento di sistemi ecologici interni;
- 2) Valutare dove si deve costruire considerando il valore ecologico del sito;
- 3) Valutare l'effetto dei venti locali;
- 4) Controllare l'ombreggiamento di altri edifici e del suolo;
- 5) Controllare il rumore esterno;
- 6) Valutare cosa deve essere costruito considerando l'energia e la CO<sub>2</sub> presenti nei materiali edili oppure le interdipendenze interno-esterno;
- 7) Valutare gli impatti ambientali della produzione di edifici;
- 8) Valutare il consumo di risorse naturali e di materiali riciclati;
- 9) Valutare i materiali a rischio;
- 10) Evitare capitolati prestabiliti, la scelta dei materiali deve essere preceduta da un monitoraggio delle prestazioni;
- 11) Valutare gli impatti della costruzione dell'edificio;
- 12) Valutare il progetto paesaggistico dell'ambiente circostante;
- 13) Valutare l'impatto delle opere edili, si rende necessario quindi ottimizzare i sistemi di energia passiva utilizzando l'energia dell'ambiente;
- 14) Ottimizzare l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, ad esempio un impianto fotovoltaico;

- 15) Ridurre la produzione di biossido di carbonio da consumo di energia, controllando quindi che la produzione di CO<sub>2</sub> sia inferiore ai 50 kg/mq all'anno;
- 16) Controllare il valore di isolamento dei muri perimetrali che dovrà essere inferiore a 0,35 W/mqK;
- 17) Valutare le conseguenze del ciclo di vita dell'edificio;
- 18) Dare priorità al progetto di facciata o di involucro rispetto al contenuto;
- 19) Ottimizzare i sistemi passivi per il vento e la ventilazione, il fumo passivo e l'umidità;
- 20) Ottimizzare i sistemi di illuminazione artificiale e naturale passiva;
- 21) Controllare il comfort termico e il surriscaldamento;
- 22) Controllare il rumore interno;
- 23) Esaminare il consumo di energia durante il ciclo di vita;
- 24) Considerare i fattori di inquinamento dell'acqua;
- 25) Valutare la qualità dell'aria interna;
- 26) Progetto di conservazione dell'acqua interna;
- 27) Ridurre o recuperare il calore e materiale di scarto;
- 28) Analisi degli allestimenti interni;
- 29) Progetto per l'eliminazione di materiali di demolizione e di scavo;
- 30) Valutare il recupero di tutti i materiali e le attrezzature, dopo la vita utile del fabbricato.

Tutti i punti sopra elencati rientrano in quello che possiamo definire rapporto tra edificio e ambiente e pone le sue basi alla nascita dell'architettura stessa. L'ambiente non è altro che il fornitore di materie prime e di materiali da costruzione che contribuisce poi alla definizione delle diverse tipologie edilizie che verranno a loro volta realizzate in relazione ai luoghi e alle culture costruttive locali.

### *1.3 Normativa europea di riferimento*

Per quanto riguarda la normativa di riferimento relativamente alle costruzioni sostenibili, a livello europeo, la prima Direttiva è la n° 89/106 degli anni Novanta relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli

stati membri riguardanti i prodotti da costruzione che è stata successivamente abrogata. Essa individuava tra i requisiti essenziali delle costruzioni quelli relativi all'igiene dell'ambiente e al risparmio energetico.

Dagli anni Duemila la Commissione Europea ha iniziato ad interrogarsi sui temi dello sviluppo sostenibile, e di fatto tutti gli stati membri sono stati sollecitati ad elaborare e attuare un programma nazionale per l'edilizia sostenibile.

Successivamente, attraverso il Regolamento n° 66/2010 CE, viene creato un sistema comunitario per attribuire un marchio di qualità ecologica ai prodotti edilizi al fine di poter fornire direttamente ai consumatori una corretta informazione sull'impatto ambientale di quei prodotti.

Il 27 marzo 2013 viene pubblicato il "Libro Verde sulle politiche energetiche e climatiche", un documento che propone la realizzazione di una società più *green* ed ecologica e descrive allo stesso tempo gli obiettivi e i metodi per fronteggiare i mutamenti ambientali. Questo documento richiama la normativa sulle prestazioni energetiche degli edifici e fa presente che data la riforma nel 2010 della direttiva 2010/31/UE, tutti gli stati membri hanno l'obbligo di applicare i requisiti minimi relativi alla prestazione energetica di edifici esistenti e nuovi e allo stesso tempo devono provvedere affinché tutti gli edifici di nuova costruzione siano "edifici ad energia quasi zero".

La Direttiva 2010/31/UE, modificata poi dalla direttiva 2018/884/UE, è infatti indirizzata al miglioramento della prestazione energetica degli edifici dentro l'Unione Europea, ma ancora meglio fissa degli standard minimi di performance e da alcune condizioni per i nuovi edifici con un particolare focus sugli impianti.

La Direttiva 2018/884/UE, non solo va a modificare quella precedentemente descritta ma dà vita a degli indicatori di "smart readiness" atti a misurare la capacità di un edificio di adattare il consumo energetico alle esigenze reali degli abitanti; in questo modo può migliorare la sua operatività e interazione con la rete.

Molto importante, sempre a livello europeo, risulta essere la Raccomandazione n°1019/2019 che riguarda la modernizzazione degli edifici. Essa fonda le linee guida per i sistemi tecnici per l'edilizia, compresi i requisiti necessari che servono per

l'installazione di dispositivi autoregolanti e i sistemi di automazione e controllo degli edifici che si basano sulla domotica, i cosiddetti **Building Automation and Control Systems (BACS)**.

Un altro aspetto rilevante per gli investimenti nell'edilizia sostenibile, a livello nazionale ma soprattutto a livello europeo, è rappresentato dalle politiche di coesione la cui programmazione (ciclo 2021 - 2027) è già stata definita.

Questi investimenti dovrebbero essere utili a creare in Europa una crescita sostenibile nel rispetto della natura e a impatto climatico zero.

La programmazione 2021-2027 è suddivisa e articolata nei tavoli riferiti ai cinque obiettivi:

- Tavolo 1: un'Europa più intelligente;
- Tavolo 2: un'Europa più verde;
- Tavolo 3: un'Europa più connessa;
- Tavolo 4: un'Europa più sociale;
- Tavolo 5: un'Europa più vicina ai cittadini.

La sostenibilità ambientale rappresenta uno degli aspetti principali della programmazione: l'orientamento a favore di un'economia più *green* dovrebbe produrre un grande cambiamento in ogni settore.

Paragonando questa programmazione con quella precedente (2014-2020), riguardo al tema dell'efficiamento energetico, è possibile notare che ci sono elementi che sono stati ripresi e ampliati. Nel corso degli ultimi cinque anni, le città si sono dovute misurare con difficoltà nell'attuazione di politiche ambientali indirizzate al risparmio energetico delle costruzioni e dell'illuminazione pubblica.

La programmazione 2021-2027 nasce dal confronto avvenuto tra gli stati membri nel 2019 che si sono posti sette obiettivi:

- 1) Promuovere misure di efficienza energetica;
- 2) Promuovere le energie rinnovabili;
- 3) Sviluppare sistemi, reti e impianti di stoccaggio energetici;
- 4) Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione dei rischi e la resilienza alle catastrofi;

- 5) Promuovere la gestione sostenibile dell'acqua;
- 6) Promuovere la transizione verso un'economia circolare;
- 7) Rafforzare la biodiversità e ridurre l'inquinamento.

Inoltre tema del confronto sono state anche le risorse da destinare nel futuro ciclo di programmazione, le priorità d'intervento e le scelte strategiche che dovranno concorrere ad affrontare le sfide poste dall'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Il nostro Paese è riuscito ad ottenere buoni risultati a livello nazionale rispetto agli obiettivi 2020 in materia di clima, tuttavia però vi è ancora una debolezza per quanto riguarda i progressi nelle energie rinnovabili e nell'efficienza energetica.

In aggiunta, dal punto di vista geografico a causa della sua posizione, l'Italia è molto soggetta ai pericoli derivanti dai cambiamenti climatici, dagli eventi idrogeologici e dalle attività sismiche. Pertanto è necessario promuovere e lavorare sull'adattamento ai cambiamenti climatici, sulla prevenzione dei rischi e la resilienza alle catastrofi, sulla gestione sostenibile delle acque e dei rifiuti e sull'economia circolare (Green HoMe, (2019). Edilizia sostenibile e contesto normativo from <https://www.greenhomescarl.it/2020/09/03/edilizia-sostenibile-e-contesto-normativo/>).

#### *1.4 Normativa nazionale di riferimento e criteri ambientali minimi*

Il tema della bioedilizia, in Italia, ha inizio con l'approvazione del D.L. 19 agosto 2006 n° 192 avvenuta il 29 dicembre 2006. Questo Decreto emana inoltre nuove regole per il settore dell'energia che riguardano principalmente le modalità con cui implementare negli edifici il risparmio energetico.

Successivamente con il D.Lgs. 30 maggio 2008 n° 115, sono stati definiti gli obiettivi, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico atti ad eliminare gli ostacoli e le imperfezioni esistenti sul mercato che impediscono un uso finale efficiente dell'energia e creano allo stesso tempo le condizioni necessarie per sviluppare e promuovere un mercato dei servizi energetici e la fornitura di altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica agli utenti finali.

Negli anni seguenti, anche dal punto di vista normativo, la centralità è data dalla tematica della trasformazione del settore dell'edilizia in una chiave più sostenibile.

Nel 2014 è stato convertito in legge il "Decreto Sblocca Italia" ovvero il D.L. 12 settembre 2014 n° 133. Questo Decreto ha introdotto nel nostro Paese delle misure urgenti per l'apertura dei cantieri ma in particolare, nel settore edilizio, le novità riguardavano principalmente il regolamento unico edilizio che non era altro che uno schema tipo che stava ad indicare i requisiti prestazionali degli edifici con particolare attenzione alla sicurezza e al risparmio energetico, la **Segnalazione Certificata di Inizio Attività (S.C.I.A.)** e gli interventi di conservazione finalizzati alla riqualificazione delle aree urbane.

L'anno dopo, ovvero il 2015, ha portato all'emanazione di due decreti per la regolazione dell'efficienza energetica:

- D.Lgs. 24 dicembre 2015 "Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza" dove sono indicati dei criteri da rispettare quando si costruiscono nuovi edifici, anche in funzione di un'ottica sostenibile;
- L. 7 agosto 2015 n° 124, ovvero la Riforma Madia, "Deleghe al governo in materia di riorganizzazione delle amministrazioni pubbliche". Questa riforma ha aggiornato e completato quanto riguardava la S.C.I.A. e in aggiunta ha introdotto delle novità sui procedimenti autorizzativi edilizi.

Nel 2019, il percorso normativo italiano in tema edilizio volge un'attenzione particolare agli aspetti della sostenibilità ambientale.

La L. 12 dicembre 2019 n° 111 chiamata "Decreto clima" fornisce gli obiettivi dello sviluppo sostenibile prevedendo metodi per il contrasto ai cambiamenti climatici e ambientali.

In aggiunta, con la L. 27 dicembre 2019 n° 160 detta "Legge di Bilancio 2020" si decide di stanziare, dal 2020 in poi, 500 milioni di euro annui ai Comuni che desiderano

investire nella realizzazione di opere pubbliche indirizzate all'efficientamento energetico e all'edilizia sostenibile.

Tutti gli atti che vanno a costituire l'insieme delle norme fanno spesso riferimento ai **criteri ambientali minimi (CAM)**. I CAM non sono altro che i requisiti ambientali che servono per individuare la soluzione progettuale, il prodotto o servizio migliore, in virtù di un acquisto *green* ovvero più sostenibile; il loro utilizzo consente di diffondere tecnologie e prodotti preferibili dal punto di vista ambientale.

In Italia, i CAM sono stati trattati all'interno del **Green Public Procurement (GPP)** ovvero nelle procedure di acquisto sostenibile della Pubblica Amministrazione. Questo strumento è previsto dalla L. 28 dicembre 2015 n° 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di *green economy* e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali" e viene inoltre citato anche nell'introduzione del Codice degli appalti pubblici: D.Lgs. 18 aprile 2016 n° 50 ovvero "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi ai lavori, servizi e forniture". Il Codice degli appalti pubblici tiene conto degli impegni che le pubbliche amministrazioni devono rispettare nell'ambito ambientale.

Al giorno d'oggi dei CAM per quanto riguarda il settore dell'edilizia troviamo riferimento nel D.M. 11 ottobre 2017 "Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici". Il presente documento ha lo scopo di definire i criteri ambientali che permettono di migliorare il servizio o il lavoro prestato, con l'intento di riuscire ad ottenere prestazioni ambientali al di sopra della media del settore stesso.

L'adozione dei CAM nel settore dell'edilizia non riguarda solamente la Pubblica Amministrazione, ma anche la progettazione e costruzione di nuovi edifici o le ristrutturazioni per privati cittadini.

L'approvazione dei Criteri Ambientali Minimi per gli edifici ha portato molte imprese ad adottare "la Carta dei Principi per la sostenibilità ambientale" che si

configura come un documento composto da dieci comportamenti molto semplici che le stesse imprese devono prendere in considerazione per riuscire ad ottenere un'economia il più *green* possibile.

Sinteticamente i dieci principi di presentano così:

- 1) Conseguimento di obiettivi di sostenibilità ambientale nel breve, medio e lungo periodo;
- 2) Adozione di un approccio preventivo;
- 3) Uso efficiente delle risorse naturali;
- 4) Controllo e riduzione degli impatti ambientali;
- 5) Centralità di tecnologie innovative;
- 6) Gestione responsabile del prodotto;
- 7) Gestione responsabile della filiera produttiva;
- 8) Sensibilizzazione e formazione;
- 9) Trasparenza nelle relazioni con le parti interessate;
- 10) Coerenza nelle attività internazionali.

La Carta dei Principi della sostenibilità ambientale non è uno strumento obbligatorio per le imprese che decidono di considerarla, però attraverso la guida operativa che la accompagna le stesse imprese possono effettuare un'autovalutazione della propria sostenibilità ambientale (Green HoMe, (2019). Edilizia sostenibile e contesto normativo from <https://www.greenhomescarl.it/2020/09/03/edilizia-sostenibile-e-contesto-normativo/>).

### *1.5 L'approccio normativo a livello regionale*

Fin dall'inizio si è creato un grande dibattito riguardante le materie che effettivamente rientrano tra le competenze delle Regioni e quelle invece di competenza dello Stato, fino a coinvolgere entrambe in alcuni casi.

L'argomento "governo del territorio" si può suddividere in due categorie: la prima riguarda il nucleo tradizionale dell'urbanistica e dell'edilizia mentre la seconda fa riferimento alle varie sentenze che la Corte Costituzionale emana in merito al legame funzionale che si ha con la materia.



Una prima occasione di confronto per intreccio di competenze tra Stato e Regioni preso in esame dalla Corte Costituzionale ha riguardato la tutela dell'ambiente.

Essa ha dichiarato che “sul territorio gravano più interessi pubblici: quelli concernenti la conservazione ambientale e paesaggistica, la cui cura spetta in via esclusiva allo Stato, e quelli concernenti il governo del territorio e la valorizzazione dei beni culturali e ambientali (fruizione del territorio), che sono competenza concorrente dello Stato e delle Regioni” (Corte Costituzionale sentenza n° 367/2007).

Il dibattito al giorno d’oggi è ancora aperto tra Stato e Regioni: queste ultime chiedono una maggiore autonomia, in particolar modo nel settore del governo del territorio con un riferimento specifico alla sua manutenzione e cura.

In sintesi possiamo però aggiungere che alla voce “governo del territorio”, per cui le Regioni domandano maggiore potere, ricadono ambiti come pianificazione edilizia, difesa, risanamento e conservazione del suolo, disciplina delle attività edilizie, dei titoli abilitativi e delle categorie di opere edilizie, compresa la disciplina delle misure di salvaguardia, la disciplina delle distanze minime tra fabbricati, la disciplina dei titoli autorizzativi in sanatoria, la determinazione dei limiti temporali di realizzazione delle opere condonabili, la determinazione della volumetria massima condonabile, l’edilizia sanitaria, l’edilizia residenziale pubblica, l’edilizia scolastica, i lavori pubblici ed espropriazione per pubblica utilità, l’edificabilità in aree sismiche, la localizzazione di reti ed impianti sul territorio, l’istituzione di parchi naturali regionali, e la tutela di beni culturali diversi da quelli definiti come tali dal legislatore statale.

Per quanto riguarda la normativa delle singole Regioni, il Veneto è una delle regioni più sviluppate nel settore bioedile, tanto che con la L.R. 4 aprile 2019 n° 14 (che si pone in continuità con la L.R. 6 giugno 2017 n° 14) si è posto l’obiettivo di promuovere politiche per la densificazione degli ambiti di urbanizzazione consolidata, mediante la demolizione di edifici non congrui e la riqualificazione edilizia e ambientale, contemplando anche incrementi volumetrici collegati all’utilizzo di crediti edilizi da rinaturalizzazione (Art.1, comma 2 L.R. 4 aprile 2019 n° 14).

La Legge Regionale 4 aprile 2019 n° 14 che ha come oggetto “Veneto 2050: politiche per la riqualificazione urbana e la rinaturalizzazione del territorio e modifiche

alla L.R. 23 aprile 2004 n° 11 (Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio)” afferma che «la Regione Veneto, nell’ambito delle finalità di contenimento del consumo di suolo nonché di rigenerazione e riqualificazione del patrimonio immobiliare, promuove misure volte al miglioramento della qualità della vita delle persone all’interno delle città e al riordino urbano mediante la realizzazione di interventi mirati alla coesione sociale, alla tutela delle disabilità, alla qualità architettonica, alla sostenibilità ed efficienza ambientale con particolare attenzione all’economia circolare e alla bioedilizia, alla valorizzazione del paesaggio, alla rinaturalizzazione del territorio veneto e al preferibile utilizzo agricolo del suolo, alla implementazione delle centralità urbane, nonché alla sicurezza delle aree dichiarate di pericolosità idraulica o idrogeologica».

La Legge Veneto 2050 si concentra prevalentemente sugli interventi di riqualificazione e recupero del tessuto edilizio esistente come ad esempio «la demolizione totale e ricostruzione degli edifici che necessitano di essere adeguati agli attuali standard qualitativi, architettonici, energetici, tecnologici e di sicurezza, nonché a tutela delle disabilità» (art. 7 comma 1 L.R. 4 aprile 2019 n° 14) oppure «è consentito l’ampliamento degli edifici esistenti» (art. 6 comma 1 L.R. 4 aprile 2019 n° 14).

Per esempio, a seconda dei materiali utilizzati e della tipologia costruttiva, è possibile ottenere un aumento di volume per l’abitazione. In particolare l’art. 6 comma 1 lettere a e b prevede che venga concesso un aumento fino al 15% del volume o della superficie esistente purché l’edificio rientri almeno in classe A1 e che in fase di costruzione vengano utilizzate tecnologie che prevedono l’uso di fonti di energia rinnovabile secondo quanto previsto dall’Allegato 3 del D.L. n° 28 del 2011.

In aggiunta, l’art. 6 comma 3 della legge Veneto 2050 prevede che la percentuale precedente possa essere aumentata di un ulteriore 25% a seconda che si utilizzino alcune dei seguenti elementi:

- a) eliminazione delle barriere architettoniche;
- b) prestazione energetica dell’intero edificio corrispondente alla classe A4;
- c) messa in sicurezza sismica dell’intero edificio;
- d) utilizzo di materiali di recupero;

- e) realizzazione di pareti ventilate;
- f) isolamento acustico;
- g) adozione di sistemi per il recupero dell'acqua piovana;
- h) rimozione e smaltimento di elementi in cemento amianto;
- i) utilizzo del **Building Automation Control System (BACS)** nella progettazione dell'edificio;
- j) utilizzo di tecnologie che prevedono l'uso di fonti energetiche rinnovabili con una potenza non inferiore a 3KW.

Complessivamente le percentuali di cui ai commi 1 e 3 dell'art. 6 possono portare un aumento non superiore al 40% del volume o della superficie dell'edificio esistente.

Riassumendo, la L.R. n° 14 del 4 aprile 2019 detta anche Veneto 2050 si pone in continuità con la L.R. n° 14 del 6 giugno 2017 che cita le misure per limitare il consumo di suolo con lo scopo di raggiungere l'obiettivo promosso dalla Commissione Europea di raggiungere entro il 2050 il "consumo di suolo zero".

Le due leggi prevedono in particolare:

- l'arresto graduale dell'espansione edilizia nelle aree agricole, mediante una riduzione costante delle aree agricole utilizzabili ai fini edilizi;
- la promozione di interventi di **riqualificazione edilizia e urbanistica**, ovvero la promozione di interventi che abbiano come scopo il miglioramento della **sicurezza**, dell'**efficienza energetica**, della **bellezza** e della **qualità** edilizia ed architettonica di immobili e porzioni di città;
- la realizzazione di programmi complessi di **rigenerazione urbana sostenibile** per riqualificare e dare nuova vita a interi quartieri o parti importanti delle città attraverso l'utilizzo di interventi che possono prevedere la partecipazione in accordi pubblico-privato;
- la promozione di forme di **riuso** anche **temporaneo** degli edifici, per ripensare alla loro funzione e trovare nuovi usi per il patrimonio edilizio esistente;
- la promozione, anche attraverso **finanziamenti pubblici** o il riconoscimento di **crediti edilizi**, della **demolizione** degli edifici che hanno esaurito la loro funzione

e non possono essere più recuperati per altri usi, per migliorare la qualità e l'aspetto delle aree urbane circostanti.

Gli obiettivi promossi dalle due Leggi Regionali (L.R. n° 14 del 06/06/2017 e L.R. n° 14 del 04/04/2019) non si concludono nella disciplina di interventi urbanistici ed edilizi, ma si pongono l'obiettivo molto più ambizioso di dar vita ad un processo di **cambiamento culturale**: gli obiettivi di rigenerazione urbana possono essere perseguiti in maniera efficace solamente attraverso un'azione collettiva indirizzata a tutti i livelli della società a partire dai cittadini, proprietari e principali fruitori del patrimonio edilizio e della città, fino ai professionisti ed agli operatori del settore (Green HoMe, (2019). Edilizia sostenibile e contesto normativo from <https://www.greenhomescarl.it/2020/09/03/edilizia-sostenibile-e-contesto-normativo/>).

## Capitolo 2

### IL PROGETTO E IL CONTESTO

#### *2.1 Localizzazione dell'intervento*

Il lotto oggetto d'intervento è ubicato a Galta nel Comune di Vigonovo (VE) in Via Trieste. La proprietà dista circa 3 km dal centro del paese, a est del fiume Brenta, e fuori dal centro abitato.

Il progetto consiste nella demolizione dei due fabbricati esistenti con conseguente ricostruzione e ampliamento. La proprietà dei committenti confina a Nord e a Sud con edificio di altra proprietà, a Ovest con Via Trieste e a Sud con un terreno agricolo. In Figura 1 possiamo notare l'area oggetto d'intervento.



*Figura 1: estratto Google Maps*

#### *2.2 Stato rilevato*

All'inizio, subito dopo aver ottenuto l'affidamento dell'incarico da parte dei committenti, prima di poter procedere con la fase operativa in sito si è ritenuto opportuno richiedere un accesso agli atti al Comune di Vigonovo con lo scopo di ottenere l'ultimo stato autorizzato depositato all'ufficio tecnico.

Durante il primo sopralluogo effettuato in loco si è potuto notare che all'interno del lotto erano presenti due stabili: quello principale verso Nord riguardava l'abitazione dei precedenti proprietari, mentre l'altro a sud comprendeva i due locali ripostiglio e il *garage*.



*Figura 2: Prospetto sud abitazione e prospetti est-sud annesso*

Per prima cosa è stato necessario eseguire un rilievo strumentale del lotto in maniera tale da poter inserire i due fabbricati nella loro posizione corretta. Successivamente si è proseguito con il rilievo degli stabili in modo da poterne verificare, una volta rientrati in ufficio, la corrispondenza con l'ultimo progetto relativo all'abitazione depositato in comune. Il sopralluogo si è concluso poi con un rilievo fotografico (Figura 2) che sarebbe stato poi utilizzato sia per riportare su carta quanto misurato, che per redigere la documentazione fotografica da presentare successivamente in Comune.

### *2.3 Idea progettuale*

L'idea sulla base della quale i committenti, nonché nuovi proprietari del lotto, si sono appoggiati non consisteva nella ristrutturazione dei due edifici esistenti, bensì nella demolizione totale degli stessi con conseguente ricostruzione ed ampliamento creando un nuovo edificio residenziale unifamiliare posto in maniera perpendicolare al precedente per poter sfruttare al meglio le potenzialità e le caratteristiche del terreno.

A differenza dello stato rilevato in cui l'edificio era posto in maniera trasversale al lotto e lungo il confine a Nord, l'idea progettuale prevedeva di attribuire molta più importanza al nuovo fabbricato rendendolo protagonista all'interno dell'area e visto che

il progetto si sviluppava prevalentemente in lunghezza, è stato deciso di posizionarlo in modo longitudinale e al centro del lotto.

L'abitazione che sorgeva in quel momento nel lotto era stata edificata negli anni Settanta e per questo motivo i committenti avevano deciso di non limitarsi ad una ristrutturazione con redistribuzione degli ambienti interni, bensì di procedere con la costruzione di un nuovo progetto che potesse rispecchiare nel migliore dei modi le loro esigenze. La possibilità di poter creare totalmente dall'inizio la loro nuova abitazione ha permesso inoltre ai committenti di poter adottare soluzioni costruttive e progettuali diverse da quelle che si sarebbero utilizzate in un'ipotetica ristrutturazione del fabbricato.

Da una prima analisi che era stata eseguita relativamente alla **Zona Territoriale Omogenea (Z.T.O.)** nella quale ci si trovava, ovvero la "C1.1.77", era necessario conoscere la massima cubatura edificabile. Questo è un aspetto fondamentale in fase progettuale, dal momento che permette di conoscere e di elaborare una prima ipotesi sulla dimensione dell'edificio in relazione anche allo stato rilevato.

Il calcolo del volume è considerato il passaggio più importante quando si ha a che fare con un intervento di ricostruzione con ampliamento, perché è ritenuto una verifica dalla quale si ottiene l'idoneità del progetto; in caso contrario è invece opportuno rivedere dove e come ridurre la volumetria che si andrà successivamente a realizzare.

#### *2.4 Caratteristiche della zona del piano degli interventi*

Come si può notare dall'estratto ottenuto dall'attuale **Piano degli Interventi (P.I.)** del Comune di Vigonovo (Figura 3), la Z.T.O. nella quale ricade il lotto è la "C1.1-77" che riguarda le zone insediative residenziali.

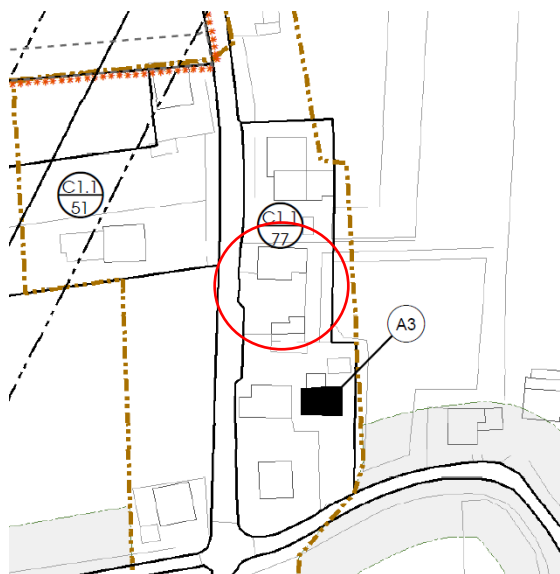


Figura 3: Estratto P.I. Comune di Vigonovo

Più in particolare, nel nostro caso, ci interessa conoscere che “Oltre agli interventi sull’edilizia esistente, di cui agli artt. 19-20-21 sono consentiti gli interventi di nuova costruzione, ricostruzione e ampliamento nel rispetto degli indici, dei distacchi e delle disposizioni fissate nel Repertorio Normativo per le singole zone fino ad un massimo di mc. 800 riferiti ad un singolo edificio e non a ciascuna unità abitativa.” (Art. 57, Norme Tecniche Operative Piano degli Interventi).

Quindi dopo aver demolito le strutture esistenti nel lotto, per la realizzazione del nuovo edificio residenziale unifamiliare si avranno a disposizione al massimo 800 mc.

Da una prima analisi effettuata in merito alla zona del territorio comunale nella quale ci troviamo, si è riscontrato che non vi sono vincoli, come si osserva in Figura 2 è presente una linea segnalata con il colore marrone che sta ad indicare che il lotto in oggetto ricade all’interno del perimetro del centro abitato.

Rientrare nel perimetro del centro abitato comporta che le distanze dal confine debbano rispettare i 5 mt dal ciglio stradale, come ribadito anche nell’art. 57 delle Norme Tecniche Operative Piano degli Interventi del Comune di Vigonovo.

Per quanto concerne le distanze che invece non riguardano il ciglio stradale si considera che “la distanza tra pareti di edifici antistanti: a) tra pareti finestrate minima assoluta m.10 nel rispetto del DM 1444/1968 e comunque non meno dell’altezza del fabbricato più alto;” (Art. 16 comma 4, Norme Tecniche Operative Piano degli Interventi)



e in aggiunta “la distanza dai confini di proprietà e dalle aree pubbliche esistenti o previste dagli strumenti urbanistici non deve essere inferiore alla metà dell’altezza dell’edificio, con un minimo di m 5.” (Art. 16 comma 9, Norme Tecniche Operative Piano degli Interventi).

### *2.5 Progettazione*

Relativamente alla fase di progettazione dell’abitazione, quest’ultima ha avuto inizio incontrando i committenti per capire e studiare assieme quali fossero le esigenze e su quale strada volessero indirizzare la loro futura abitazione.

Si sono quindi studiate una serie di ipotesi relativamente alla distribuzione funzionale degli ambienti interni e degli spazi esterni per poi proseguire con la sagoma dell’edificio ipotizzandone anche le eventuali finiture, servendosi del software di progettazione AutoCAD.

Questo primo step della progettazione si è concluso nel momento in cui i clienti hanno confermato il progetto. È seguita pertanto la preparazione di tutte le tavole con la relativa documentazione per la richiesta al comune del rilascio del titolo abilitativo che in questo caso prende il nome di **Permesso di Costruire (P. di C.)**.

Avendo eseguito precedentemente un rilievo si è potuta avviare la restituzione grafica della tavola dello stato rilevato, che ha compreso piante, prospetti e sezioni.

Una volta ultimato lo stato rilevato, è giunto il momento dello stato di progetto con la relativa pianta, prospetti e sezioni; in aggiunta è stato necessario redigere una tabella che indicasse per ogni locale la superficie calpestabile, il volume e la superficie aero-illuminante, la quale deve essere maggiore di 1/8 della superficie dei locali abitabili come specificato nell’art. 5 del Decreto Ministeriale Sanità del 5 luglio 1975.

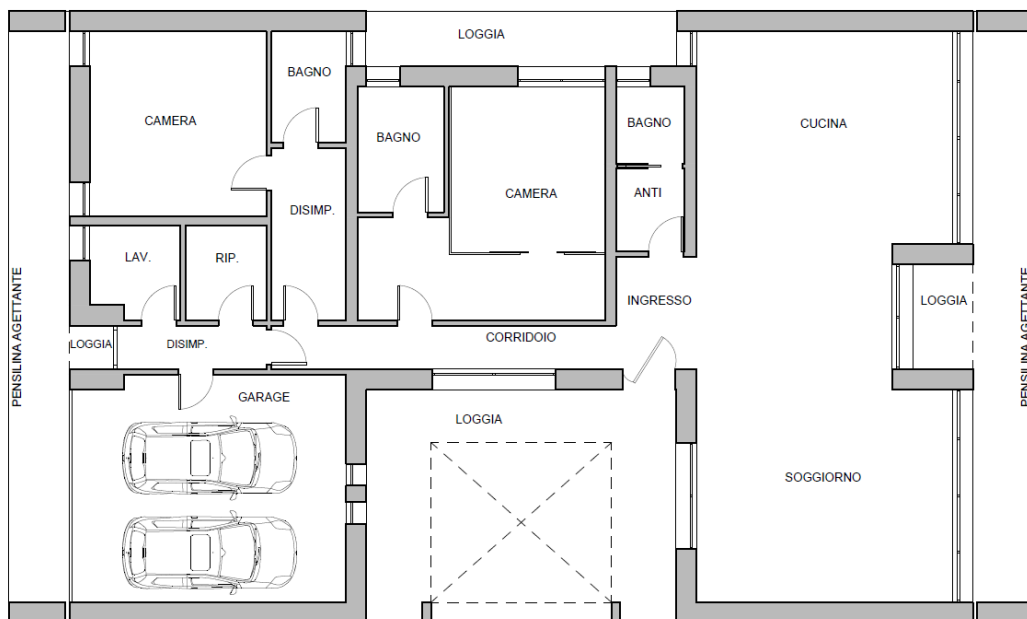


Figura 4: Pianta stato di progetto

Come si può notare in Figura 4 la distribuzione degli ambienti interni è stata pensata in modo tale da avere un unico ambiente nella zona giorno che comprendesse ingresso, soggiorno e cucina studiando l'inserimento di un bagno di servizio con apposita area antistante, che funge da collegamento obbligatorio per legge nel passaggio dal soggiorno a servizio. Attraverso il corridoio, affacciato al portico tramite un'ampia vetrata, si entra nella zona notte che comprende due camere matrimoniali ciascuna con bagno esclusivo. Proseguendo sullo stesso corridoio si accede al disimpegno che mette in comunicazione l'ampio garage con i locali lavanderia e ripostiglio.

Dopo aver delineato la tavola dello stato di progetto è stata impaginata la prima tavola, che comprende le planimetrie riguardanti le distanze dai confini dell'edificio *ante* e *post* intervento e la sistemazione dello spazio esterno dello stato rilevato e di progetto. È obbligatorio, sempre all'interno della medesima tavola, effettuare la dimostrazione di compatibilità idraulica nella quale si fa notare che la differenza tra l'area pavimentata dello stato di progetto e quella inerente allo stato rilevato non superi i 200 mq.

Un altro controllo che si è visto necessario è stato la verifica dell'art. 2 comma 2 della Legge n° 122 del 24 marzo 1989, il quale esprime la necessità della presenza di almeno 1,5 mq di parcheggio per ogni 10 mc di costruzione.

Su richiesta del comune, nella medesima tavola, si è provveduto inoltre alla verifica della superficie destinata a verde, la quale doveva corrispondere almeno al 20% della superficie fondiaria interessata dall'intervento, come chiarisce l'art. 2.1.4 dell'allegato 2 "Regolamento del verde urbano pubblico e privato" del Comune di Vigonovo.

Le ulteriori tavole che sono state allegate alla richiesta del Permesso di Costruire sono quella inerente a come favorire l'accesso all'abitazione e il superamento delle barriere architettoniche da parte di persone portatrici di handicap secondo la Legge n° 13 del 9 gennaio 1989, quella relativa alle misure preventive e protettive per i lavori di manutenzione in quota come riportato nell'art. 79bis comma 1 della Legge Regionale n° 61 del 27 giugno 1985 ed infine la tavola contenente l'illustrazione dello schema dell'impianto fognario per la quale è stata inoltre richiesta l'autorizzazione allo scarico.

Alla parte grafica comprendente tutte le tavole è stata allegata opportuna documentazione fotografica per inquadrare l'immobile oggetto d'intervento.

#### *2.6 Calcolo dei volumi*

Secondo quanto riportato dall'art. 57 delle N.T.O., essendo il lotto rientrante nella zona C1.1-77, il volume massimo previsto era di 800 mc quindi questa era la cubatura limite della quale si è potuto beneficiare.

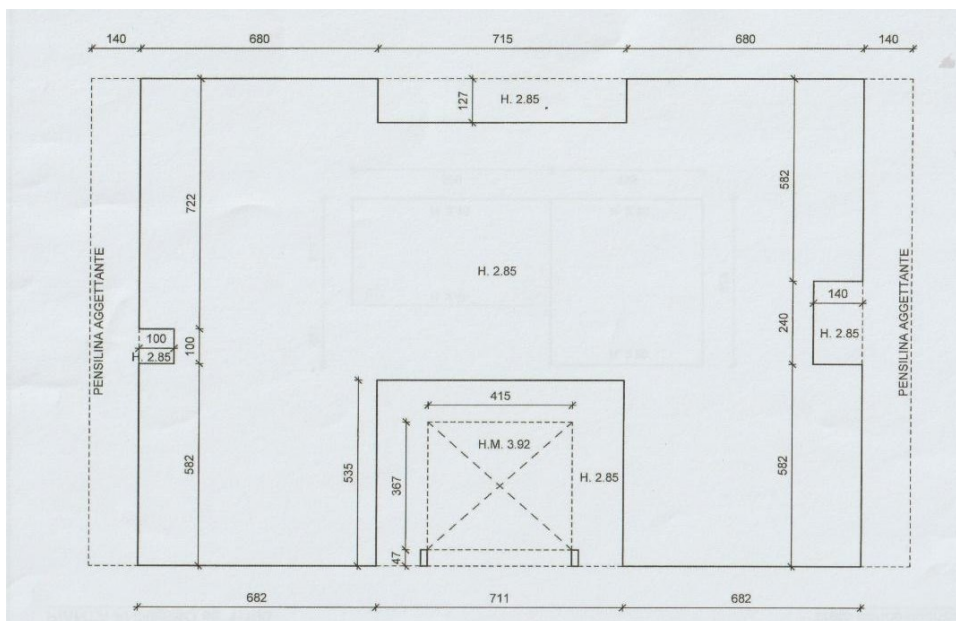


Figura 5: Elaborato allegato al calcolo dei volumi

Per calcolare il volume dello stato di progetto è stata realizzata una pianta dell'edificio (Figura 5) nella quale era possibile leggere con facilità le dimensioni delle varie logge e del portico che sarebbero state utili in fase calcolo. Come primo passo sono stati calcolati i mc complessivi del piano terra comprensivi delle tre logge e del portico.

Successivamente è stato calcolato il volume delle logge, perché è possibile detrarre dal momento che la profondità non superava i 3 ml come previsto dall'art. 5 delle N.T.O.

Per lo stesso motivo si poteva quantificare e poi detrarre una parte di volume del portico chiuso, moltiplicando la larghezza totale del portico per la profondità massima che non concorreva al calcolo del volume ovvero 3 ml.

Inoltre è possibile detrarre un posto coperto fuori terra di ml 5,00 x 3,00 con un limite massimo di 50 mc così come definito dall'art. 3.1.1.4 comma 1 lettere f) e g) del **R.E. (Regolamento Edilizio)**.

Dopo aver quantificato ciò che non concorre al calcolo del volume, si è provveduto a detrarre dai mc dell'edificio calcolati utilizzando la sagoma esterna dell'abitazione e moltiplicandola poi per l'altezza utile presa dalla quota zero all'intradosso del primo solaio. In questo modo si è potuto controllare e verificare che il progetto rispettasse il limite previsto per la zona C1.1-77.

Relativamente al calcolo dei volumi si è dovuto anche dimostrare che la dimensione delle logge e dei portici dovesse essere inferiore al 30% della superficie coperta così come definito dal punto 8 dell'allegato A del Regolamento Edilizio.

### *2.7 Richiesta del titolo abilitativo*

Per la realizzazione di un intervento di ristrutturazione mediante demolizione con ricostruzione ed ampliamento si è vista necessaria l'autorizzazione del Comune tramite la richiesta di rilascio del P. di C., ovvero il titolo abilitativo adatto alla costruzione di un nuovo edificio residenziale unifamiliare. Per la richiesta è stato necessario allegare oltre alle tavole descritte nel paragrafo precedente:

- Il modello P. di C. compilato;
- I documenti dei committenti e del **Direttore dei Lavori (DL)**;
- La procura firmata dai committenti nella quale autorizzano il DL a presentare la pratica in comune;
- La relazione tecnico-descrittiva dell'intervento;
- Le tavole progettuali;
- Il calcolo dei volumi;
- I diritti di segreteria;
- Le marche da bollo allegate una al modulo per la richiesta del P. di C. e la seconda per il rilascio sempre del P. di C.;
- La relazione ex Legge 10/91 e relativi allegati;
- Il progetto degli impianti.

Nello specifico ciò che ha ricoperto un ruolo fondamentale è stata la relazione ex L. 10/91 in quanto è un documento nel quale il progettista riporta i calcoli e le verifiche che attestano la rispondenza di un progetto alle prescrizioni per il contenimento del consumo di energia degli edifici e dei relativi impianti termici.

La relazione va sottoscritta dal progettista, solitamente chi se ne occupa è il termotecnico, e va per l'appunto presentata in Comune o contestualmente alla dichiarazione di inizio lavori; in alternativa direttamente alla domanda di concessione

edilizia. Questo documento non è sempre obbligatorio, ma viene richiesto nei casi di nuova costruzione, ristrutturazioni importanti e riqualificazioni energetiche.

Il suddetto documento deve riportare i calcoli e le verifiche che attestino la rispondenza del progetto ai requisiti richiesti e in base al tipo di intervento eseguito sono stabiliti calcoli e verifiche precisi.

La pratica viene presentata attraverso lo **Sportello Unico per l'Edilizia (SUE)** del Comune il quale, una volta ricevuta la pratica deve nominare entro dieci giorni il responsabile del procedimento che a sua volta, entro sessanta giorni dalla presentazione della domanda, deve concludere l'istruttoria valutando la fattibilità del progetto rispetto alle varie normative vigenti e verificarne la documentazione.

Il responsabile del procedimento, qualora lo ritenga necessario, può richiedere di apportare modifiche anche di modesta entità e in quel caso il progettista è tenuto ad integrare la documentazione nei successivi trenta giorni. Ad ogni integrazione richiesta riparte da zero il conteggio dei trenta giorni. Nell'istante in cui il Comune non abbia più modifiche da apportare al progetto procede con il rilascio del P. di C. che avrà una durata di tre anni.

Prima di ottenere dal Comune l'autorizzazione edilizia, sono state necessarie due integrazioni.

Nella prima integrazione è stata definita l'impossibilità di effettuare una tombinatura del fosso ai sensi dell'art. 3.2.7 comma 5 del R.E. ed è stato consigliato l'aggiornamento del calcolo dei volumi, evidenziando il rispetto dei parametri urbanistici edilizi insistenti nell'area oggetto di richiesta.

In quella successiva le prescrizioni richieste riguardavano un ulteriore controllo del volume in merito alla verifica della superficie massima destinata a logge e portico, l'inserimento in pianta di un ripostiglio di almeno 4 mq ai sensi dell'art. 3.1.1.3 del R.E. e che fossero verificati i parcheggi ai sensi dell'art. 15 delle N.T.O. indicando anche il posto auto scoperto ai sensi dell'art. 3.1.1.4 del R.E.

Con la risposta all'ultima integrazione compiuta, si è ottenuto il rilascio del Permesso di Costruire il quale ha dato inizio alla fase di realizzazione dell'opera e di conseguenza la comunicazione di inizio lavori al Comune.

## 2.8 Realizzazione

Il primo passo per poter iniziare i lavori è consistito nel gestire la sicurezza in cantiere. Sono state inviate le Notifiche Preliminari alla Direzione Provinciale del Lavoro e al **Servizio Prevenzione Igiene e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (S.P.I.S.A.L.)**, procedendo con la redazione del **Piano di Sicurezza e Coordinamento (P.S.C.)** al quale sono state allegate la planimetria di cantiere, il cronoprogramma riguardante la durata di ogni lavorazione con le possibili interferenze tra le ditte che avrebbero poi operato in cantiere.

Per la corretta esecuzione dei lavori da parte dell'impresa, è stato necessario redigere una serie di particolari costruttivi con le varie stratigrafie riguardanti la fondazione, la muratura portante, il solaio e la copertura.

Nella stratigrafia del pavimento (Figura 6) si può notare che a livello di coibentazione termica è stato previsto un isolamento da 10 cm in polistirene espanso estruso (XPS).

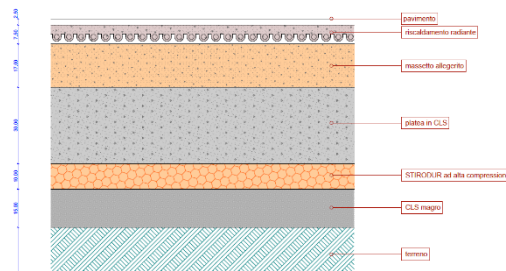


Figura 6: Particolare costruttivo platea/pavimento

Per quanto riguarda la composizione della muratura portante esterna (Figura 7) non è stata prevista la realizzazione di un cappotto, in quanto le caratteristiche della tipologia di blocchi individuata (*Porotherm BIO PLAN*) garantiscono ottime prestazioni all'edificio. È stata comunque creata una controparete interna in cartongesso dello spessore totale di circa 4/5 cm allo scopo di far passare gli impianti senza dover creare tracce sulla muratura e allo stesso tempo di inserire uno strato di isolamento in lana di roccia per migliorare le prestazioni acustiche e termiche delle pareti.

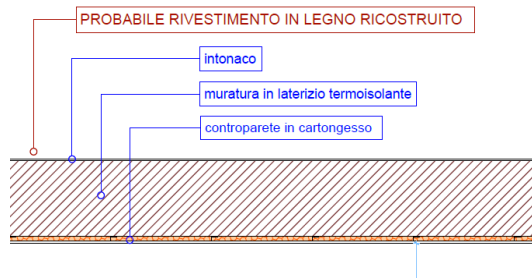


Figura 7: Particolare costruttivo muratura portante esterna

Per il solaio è stata scelta la tipologia “Bausta” 20+4 cm (Figura 8) dove 20 corrisponde all’altezza in centimetri del laterizio e 4 sono i centimetri di spessore della soletta. Come nel caso delle pareti perimetrali, anche in questo caso sarà realizzato un controsoffitto in cartongesso da 6 cm circa per il passaggio degli impianti ed una più efficiente coibentazione termica tra l’abitazione e il sottotetto non riscaldato. Anche in estradosso della copertura (Figura 8), realizzata in muretti e tavelloni, è previsto uno strato di isolamento in lana di roccia su tutta la superficie della copertura comprese le logge.

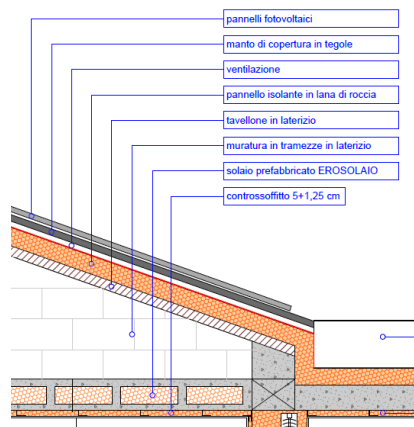


Figura 8: Particolare costruttivo solaio e copertura

## 2.9 Tipologie costruttive differenti

La scelta della tipologia costruttiva utilizzata dal progettista, ovvero i blocchi *Porotherm BIO PLAN* della ditta *Wienerberger* che verranno approfonditi nel prossimo capitolo, non era l’unica opzione da prendere in considerazione per la realizzazione dell’edificio. Si sarebbe potuto procedere anche con una struttura di tipo misto con



blocchi modulari in laterizio e pilastri in c.a. oppure ancora di più utilizzando il legno come sistema costruttivo alternativo tramite l'impiego di pannelli in X-LAM, in inglese **CLT (Cross Laminated Timber)** che saranno affrontati nel quarto capitolo.

L'utilizzo del legno come materiale innovativo e performante per la costruzione, grazie all'impiego dei pannelli in X-LAM nella struttura, permette di ottenere edifici caratterizzati da un'alta resistenza, flessibilità e robustezza dovuta proprio alla natura dei pannelli stessi. Sarà opportuno quindi ipotizzare un'alternativa per la realizzazione dell'edificio residenziale unifamiliare analizzandone vantaggi e svantaggi rispetto all'utilizzo dei *Porotherm BIO PLAN*, ma soprattutto evidenziarne le differenze sia dal punto di vista dell'efficientamento energetico che della fase operativa in cantiere.



## Capitolo 3

### PROGETTARE CON I BLOCCHI POROTHERM BIO PLAN

#### 3.1 Il materiale: Porotherm BIO PLAN

Nella realizzazione dell'edificio, per la scelta del materiale da costruzione si è deciso di utilizzare i blocchi in laterizio modello *Porotherm BIO PLAN* prodotti dalla ditta *Wienerberger* (Figura 9).

*Porotherm BIO PLAN* è un laterizio rettificato ad alta resistenza meccanica e al fuoco e inoltre ha un ottimo potere fonoisolante. Questo tipo di materiale è una soluzione porizzata che presenta delle microcavità generate dall'utilizzo di farine di legno vergine che durante la cottura subiscono il processo di combustione. Sono proprio questi pori che garantiscono un efficace isolamento termico permettendo alle pareti di respirare (<https://www.wienerberger.it/approfondimenti/soluzioni-per-l-involucro/porotherm-plan/porotherm-bio-plan--l-innovazione-dei-laterizi-rettificati.html>).



Figura 9: Porotherm BIO PLAN (Wienerberger 2022)

I blocchi in laterizio rettificato consistono in un'innovazione costruttiva per quanto riguarda la famiglia dei laterizi dal momento che, grazie alla tecnologia della rettifica e dei setti sottili, permettono di realizzare pareti altamente performanti.

I laterizi rettificati sono realizzati con le facce di appoggio completamente planari e fra di loro parallele e questo consente di posarli con solamente pochi millimetri di malta tra una fila e l'altra, riuscendo così ad evitare o quantomeno a ridurre il ponte termico dovuto alla malta (Figura 10).

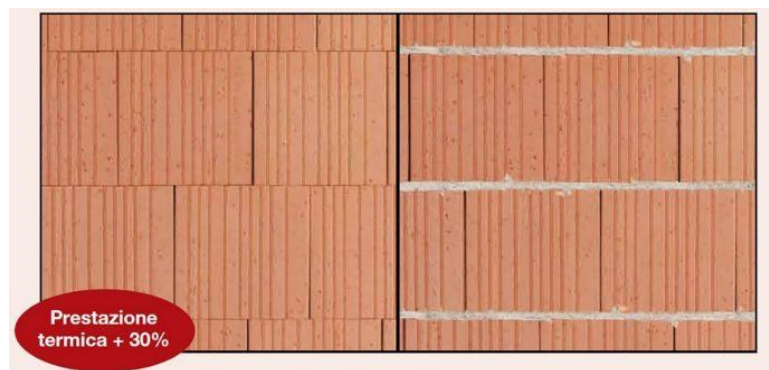


Figura 10: Differenza di giunto di malta nella versione Porotherm PLAN a sinistra e blocco a incastro non rettificato a destra (Wienerberger 2022)

Lo strato più sottile di malta consente di evitare le fessurazioni e la formazione di differenti colorazioni sugli intonaci.

La posa di questi particolari blocchi deve essere eseguita insieme alla malta speciale *Porotherm* che è fornita insieme ai blocchi.

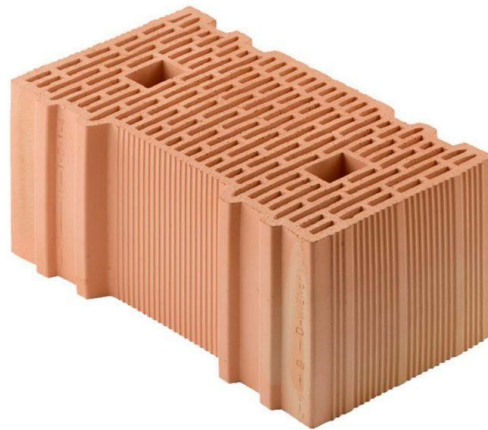
Questo tipo di materiale da costruzione non presenta vantaggi solamente in termini di efficienza energetica, tutt'al più consente una posa in opera facile e veloce allo stesso modo e un minor utilizzo di malta con conseguente risparmio in termini di costo di materiale.

Per quanto riguarda il costo, il prezzo del blocco da 45 cm x 25 cm x 19,9 cm è di 9,06 € al pezzo mentre in fase di costruzione aumenta a circa 125 €/mc.

È opportuno però considerare che con questa tipologia costruttiva si tiene conto solo del prezzo della muratura singola; se si utilizzassero invece semplici blocchi modulari in laterizio, per poter raggiungere le stesse prestazioni, a questo costo si dovrebbe obbligatoriamente sommare anche il costo dell'applicazione di un isolamento termico a cappotto sul lato esterno. Alla luce di queste considerazioni risulta essere più vantaggiosa la scelta di utilizzare in fase di costruzione i blocchi rettificati della ditta *Wienerberger*.

Un ulteriore punto a favore dei blocchi in laterizio rettificato è che permettono di costruire edifici ad energia “quasi zero”, rientrando tra i cosiddetti **NZEB (Nearly Zero Energy Building)** e senza dover quindi ricorrere all’applicazione di isolanti esterni e ulteriori aggiunte alla stratigrafia.

Nel nostro caso, per quanto riguarda la struttura portante esterna, la scelta si è concentrata sul blocco avente lo spessore di 45 cm.



*Figura 11: Porotherm BIO PLAN 45-25/19,9 P (Wienerberger 2022)*

Analizzando la scheda tecnica del prodotto si può notare che questo blocco da 45 cm x 25 cm x 19,9 cm viene utilizzato per le tipologie di muro portante esterno (Figura 11). Le caratteristiche meccaniche da considerare sono la densità media pari a 970 kg/mc, la resistenza della muratura a compressione di 7,2 N/mm<sup>2</sup> e la resistenza a taglio di 0,52 N/mm<sup>2</sup>.

Tra le caratteristiche termiche invece si riscontra una conducibilità termica di 0,101 W/mK e una trasmittanza termica della muratura senza intonaco pari a 0,216 W/m<sup>2</sup>K. Il blocco *Porotherm BIO PLAN*, per quanto concerne la resistenza al fuoco è certificato REI240. La sigla **REI (Resistenza Emissione Isolamento)** seguita da un numero esprime il tempo in minuti durante il quale la resistenza al fuoco deve essere garantita. Il laterizio inoltre ha un potere fonoisolante pari a 54 dB.

Per la struttura portante interna invece si è scelto di utilizzare un blocco dello spessore di 25 cm (Figura 12).

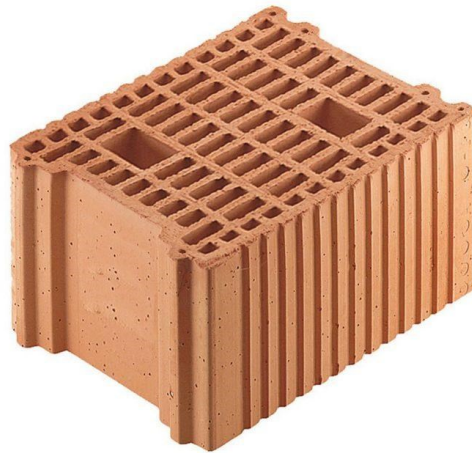


Figura 12: Porotherm BIO PLAN 25-30/19,9 P (Wienerberger 2022)

Il blocco da 25cm x 30cm x 19,9cm viene utilizzato per le tipologie di muro portante interno. Le caratteristiche meccaniche da considerare sono la densità media pari a 910 kg/mc, la resistenza della muratura a compressione di 5,8 N/mm<sup>2</sup> e la resistenza a taglio di 0,37 N/mm<sup>2</sup>. Tra le caratteristiche termiche invece si riscontra una conducibilità termica di 0,150 W/mK e una trasmittanza termica della muratura senza intonaco pari a 0,544 W/m<sup>2</sup>K. Questo *blocco Porotherm BIO PLAN* per quanto concerne la resistenza al fuoco è certificato REI120. Il potere fonoisolante è pari a 49 dB.

Queste tipologie di laterizio inoltre sono certificate **CAM (Criteri Ambientali Minimi)** sono cioè accompagnate da un certificato che ne attesta il basso impatto ambientale e la realizzazione in parte con materie prime riciclate.

La posa dei blocchi può essere riassunta nelle seguenti fasi:

- al piano terra o direttamente a contatto con la fondazione si deve valutare l'utilizzo di una guaina tagliamuro e di un isolamento adeguato al taglio termico;
- quando lo strato di malta ha fatto presa, si inizia a posare il primo strato di blocchi;
- si procede poi con la realizzazione della malta speciale aggiungendo l'acqua ai sacchi di malta;
- la stesura di quest'ultima può avvenire in due modi: con l'apposito rullo stendi malta versandola nella vaschetta del rullo e facendolo scorrere sul

corso di blocchi oppure per immersione versando la malta in un recipiente basso e largo dove verranno successivamente immersi i blocchi in modo da bagnare la faccia inferiore;

- la stesura dei corsi di blocchi procede mediante l'utilizzo del filo per l'allineamento degli stessi e dal momento che la malta fa presa dopo circa un'ora dalla posa non è necessario bagnare i blocchi (la casa costruttrice consiglia di farlo solamente in estate per evitare che la malta si "bruci" prima di fare presa);
- l'impiego dei soli blocchi con foratura inferiore al 45% per la realizzazione di murature portanti e sismiche presuppone che venga riempito di malta anche il giunto verticale tra i singoli blocchi e nel caso quest'ultimi siano ad incastro si procede riempiendo il giunto tra un blocco e l'altro con l'utilizzo di una cazzuola o si procede colando la malta dall'alto utilizzandone una almeno classe M10 (avente resistenza media a compressione di almeno 10 N/mmq).

### *3.2 Porotherm BIO PLAN nella progettazione strutturale*

La scelta di utilizzare questa tipologia di blocco come struttura portante nella realizzazione dell'edificio è stata fatta dal progettista architettonico in quanto si potevano riscontrare numerosi vantaggi rispetto all'utilizzo di un semplice blocco modulare in laterizio inserito all'interno di una struttura mista con pilastri in **c.a. (cemento armato)**.

Tra i punti a favore di questo sistema costruttivo possiamo notare una maggiore velocità in fase di posa della muratura, una buona struttura dei blocchi che permette di rendere facoltativa l'applicazione di un eventuale isolamento termico a cappotto esterno e allo stesso tempo avere delle buone caratteristiche fonoisolanti. L'elevata resistenza a compressione e la capacità di resistenza al fuoco dei blocchi *Porotherm BIO PLAN* permette di ottenere una struttura completamente portante senza dover ricorrere all'inserimento di pilastri in c.a. e allo stesso tempo sono garantite delle pareti

REI 240 verso l'esterno e REI 120 per le pareti portanti interne. Un'ulteriore particolarità di questi blocchi è che a parità di spessore i 45 cm circa (struttura con *Porotherm BIO PLAN*) consentono di raggiungere o addirittura superare le prestazioni rispetto ai 30+14 cm (struttura con blocchi modulari in laterizio e cappotto esterno in polistirene espanso sinterizzato). L'impiego in cantiere di questi blocchi rettificati garantisce edifici ad energia quasi zero.

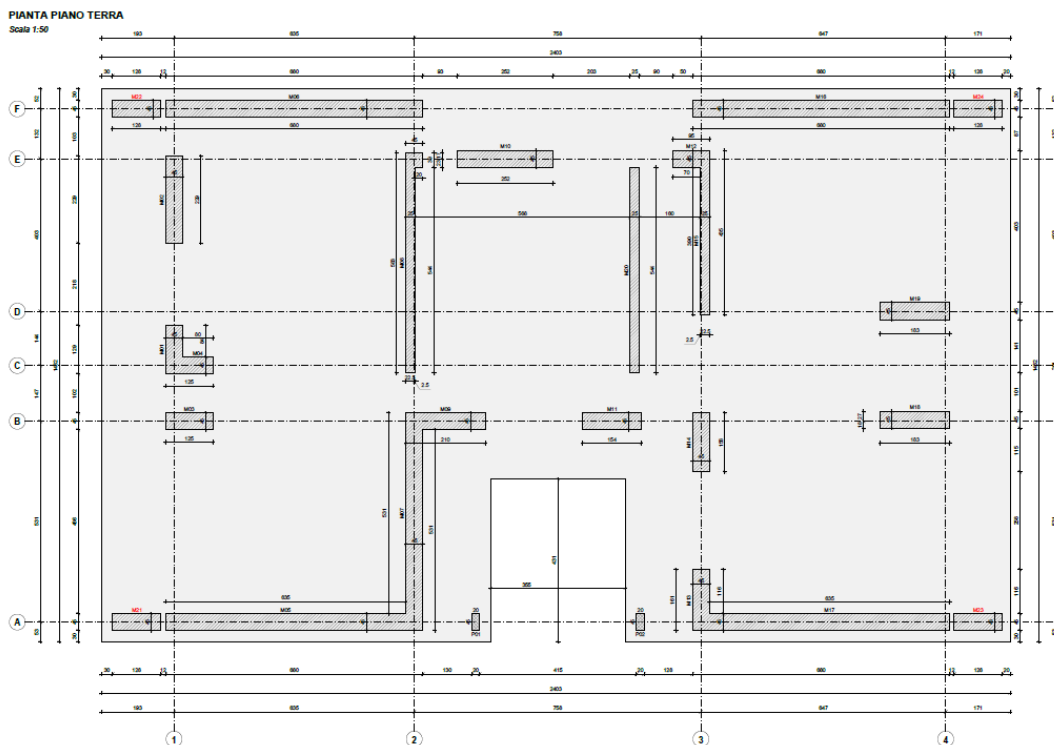


Figura 13: Progetto strutturale esecutivo - Pianta piano terra

Come si può notare in *Figura 13*, il progetto strutturale del piano terra è alquanto regolare poiché tutta la sagoma dell'edificio rientra come struttura portante; in aggiunta l'impiego dei blocchi *Porotherm BIO PLAN* per pareti interne portanti dello spessore di 25 cm ha permesso allo strutturista di non rendere necessario l'utilizzo dei pilastri, i quali si sono visti necessari solamente nella zona del portico.



### 3.3 Porotherm BIO PLAN e blocchi in laterizio modulare a confronto

Con riferimento ai parallelismi compiuti precedentemente, e a quelli che in questa sezione seguiranno, è stato scelto il blocco 25/30 x 19 in laterizio modulare prodotto nello stabilimento di Isola Vicentina (VI) della ditta *Stabila*. I blocchi in laterizio rettificato hanno un costo superiore rispetto ai blocchi modulari che si utilizzano di solito, ma come chiarito precedentemente vi è da tenere in considerazione che a quest'ultimi bisogna poi aggiungere il costo di un eventuale isolamento termico sul lato esterno per poter avere la stessa resa dei blocchi *Porotherm BIO PLAN*.

A parità di dimensioni del blocco, analizzando le stesse caratteristiche (Tabella 1) si osserva che la resistenza del blocco – sia a compressione che a taglio – è maggiore nel laterizio rettificato; allo stesso modo anche per quanto riguarda la conducibilità termica del blocco a secco si nota che il valore del blocco modulare in laterizio è circa il doppio di quello del *Porotherm BIO PLAN*.

	<b>Porotherm BIO PLAN</b>	<b>Blocco modulare in laterizio</b>
Dimensioni (S x L x H)	25 cm x 30 cm x 19 cm	
Peso del blocco	13,50 kg	12,10 kg
Densità media	910 kg/mc	849 kg/mc
Resistenza del blocco media e caratteristica (base)	13,20/12 N/mm <sup>2</sup>	14,43/13,80 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza del blocco media e caratteristica (testa)	2/1,50 N/mm <sup>2</sup>	2,59/1,62 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza della muratura a compressione	5,80 N/mm <sup>2</sup>	5,50 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza della muratura a taglio	0,37 N/mm <sup>2</sup>	0,20 N/mm <sup>2</sup>
Conducibilità termica del blocco a secco	0,150 W/mK	0,260 W/mK
Resistenza al fuoco	REI 120	REI 120
Potere fonoisolante	49 dB	51,50 dB

Tabella 1: Differenze *Porotherm BIO PLAN* e blocchi modulari in laterizio

Per la resistenza al fuoco, invece, entrambi i laterizi sono REI 120. Il potere fonoisolante risulta essere migliore, anche se di poco, nel blocco rettificato della ditta *Wienerberger*.

Un altro termine di paragone da non sottovalutare è la differenza di costo per la realizzazione delle pareti portanti esterne utilizzando un pacchetto della muratura come quello considerato nel nostro caso oppure una normale muratura in blocchi di laterizio modulare con applicazione di un isolamento termico a cappotto.

Il prospetto che segue riporta fedelmente il prezzo che l'impresa costruttrice ha applicato alla costruzione in oggetto. Sono stati elaborati due diversi prezzi al mq, che riguardano rispettivamente la composizione del pacchetto costruttivo scelto e la possibile alternativa con semplici blocchi modulari in laterizio.

- PRIMA OPZIONE: muratura in *Porotherm BIO PLAN 45-25/19,9P* intonacata e tinteggiata internamente ed esternamente con il prezzo di 199,50 €/mq:

Muratura in blocchi di laterizio rettificato <i>Porotherm BIO PLAN</i> (spessore 45 cm) posati con apposita colla	150,00 €/mq
Intonaco interno tipo Fassa KC1 con relativa finitura al civile	13,00 €/mq
Tinteggiatura interna	5,50 €/mq
Intonaco esterno tipo Fassa XC1 grezzo pronto per la finitura	14,00 €/mq
Intonachino esterno colorato di finitura acrossilossanico	17,00 €/mq

Tabella 2: Analisi prezzi muratura in *Porotherm BIO PLAN 45-25/19,9P*

- SECONDA OPZIONE: muratura in blocchi modulari in laterizio con intonaco e pitture nella parte interna e applicazione di un isolamento termico a cappotto in EPS dello spessore di circa 14 cm opportunamente intonacato, rasato e tinteggiato con il prezzo di 185,50 €/mq:

Muratura in laterizio (spessore 25 cm) con blocchi modulari posati in malta	82,00 €/mq
Intonaco interno tipo Fassa KC1 con relativa finitura al civile	13,00 €/mq
Tinteggiatura interna	5,50 €/mq

Cappotto esterno in EPS (spessore 14 cm) completo di doppia rasatura armata e intonachino colorato di finitura acrossilossanico	85,00 €/mq
---	------------

Tabella 3: Analisi prezzi muratura in blocchi modulari in laterizio

Dall'analisi dei prezzi si evince che la tipologia costruttiva che risulta essere più vantaggiosa dal punto di vista economico è la seconda dato che ha un prezzo inferiore di 15 €/mq.

Se si considerasse solo l'aspetto oneroso, si sarebbe più orientati a scegliere una muratura in blocchi modulari in laterizio, consapevoli di dover aggiungere il costo relativo alla realizzazione della struttura portante (pilastri) in c.a., a livello pratico scegliere una muratura in blocchi rettificati in laterizio permetterebbe come primo aspetto una riduzione notevole in merito ai tempi di realizzazione della struttura e come secondo aspetto si riuscirebbe comunque a garantire una buona trasmittanza termica delle pareti.

Le figure che seguono indicano le caratteristiche di spessore (s) in mm, la conduttività termica (Cond.) in W/mK, la resistenza termica (R) in mqK/W, la massa volumica (M.V.) in kg/mc, la capacità termica specifica (C.T.) in kJ/kgK, e il fattore di resistenza alla diffusione del vapore in campo asciutto (R.V.) di ciascun materiale.

Le figure 14, 16 e 18 sono state recuperate dalla relazione tecnica in materia di contenimento del consumo energetico ai sensi della Legge 10/91 del progetto dell'edificio preso in considerazione (*Porotherm BIO PLAN*) mentre le figure 15, 17 e 19 fanno riferimento ad altre abitazioni realizzate precedentemente con altro materiale costruttivo.

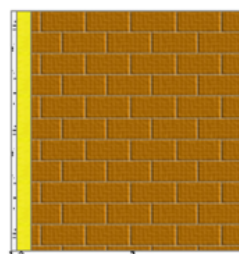
Il dato principale che ci interessa per poter paragonare le diverse tipologie di muratura è il valore relativo alla trasmittanza termica espresso in W/mqK.

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

**Descrizione della struttura:** *MURATURA PERIMETRALE*

**Codice:** *M1*

Trasmittanza termica	<b>0,246</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>508</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-5,0</b>	°C
Permeanza	<b>78,278</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>393</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>354</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,003</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,011</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-0,2</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
2	Pannello in lana di roccia a doppia densità	30,00	0,0360	0,833	110	1,03	1
3	Porotherm Bio Plan 45	450,00	0,1500	3,000	780	1,00	5
4	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,030	-	-	-

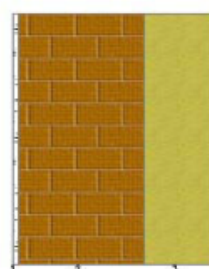
Figura 14: struttura muratura perimetrale (L 10)

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

**Descrizione della struttura:** *Muratura esterna*

**Codice:** *M1*

Trasmittanza termica	<b>0,187</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>410</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-5,0</b>	°C
Permeanza	<b>17,699</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>244</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>213</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,019</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,100</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-12,8</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di cemento e sabbia	10,00	1,0000	0,010	1800	1,00	10
2	Modulare 20/25 H19 LD	250,00	0,2200	1,136	842	0,92	10
3	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	140,00	0,0350	4,000	15	1,45	60
4	Intonaco plastico per cappotto	10,00	0,3000	0,033	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,030	-	-	-

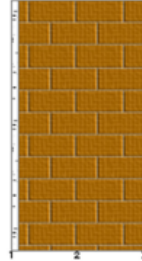
Figura 15: struttura muratura perimetrale (esempio)

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

**Descrizione della struttura:** *DIVISORIO DA 25*

**Codice:** *M3*

Trasmittanza termica	<b>0,601</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>280</b>	mm
Permeanza	<b>129,03</b> <b>2</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>274</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>220</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,113</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,188</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-13,0</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
2	Porotherm Bio Plan 25	250,00	0,1820	1,374	880	1,00	5
3	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Figura 16: struttura muratura divisoria da 25 cm (L 10)

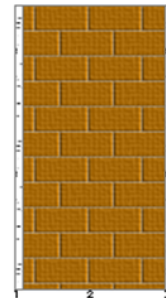
**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370



**Descrizione della struttura:** *DIVISORIO DA 25 /*

**Codice:** *M3*

Trasmittanza termica	<b>1,304</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>285</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-0,8</b>	°C
Permeanza	<b>95,238</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>356</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>300</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,359</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,275</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-9,7</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10
2	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	250,00	0,5400	0,463	1200	1,00	7
3	Intonaco di calce e sabbia	20,00	0,8000	0,025	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

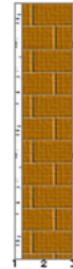
Figura 17: struttura muratura divisoria da 25 cm (esempio)

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

**Descrizione della struttura:** *DIVISORIO DA 10*

**Codice:** *M4*

Trasmittanza termica	<b>1,362</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>130</b>	mm
Permeanza	<b>250,000</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>133</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>79</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>1,005</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,738</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-4,7</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
2	Porotherm Bio Plan 10	100,00	0,2250	0,444	790	1,00	5
3	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Figura 18: struttura muratura divisoria da 10 cm (L 10)

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

**Descrizione della struttura:** *Divisorio interno sp.10*

**Codice:** *M6*

Trasmittanza termica	<b>2,083</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>100</b>	mm
Permeanza	<b>217,391</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>98</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>62</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>1,865</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,895</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-2,5</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di cemento e sabbia	10,00	1,0000	0,010	1800	1,00	10
2	Mattone forato	80,00	0,4000	0,200	775	0,84	9
3	Intonaco di cemento e sabbia	10,00	1,0000	0,010	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Figura 19: struttura muratura divisoria da 10 cm (esempio)

Analizzando i calcoli eseguiti da parte del termotecnico all'interno della L 10 dell'edificio da realizzare si è ottenuta una trasmittanza pari a 0,246 W/mqK per le pareti esterne portanti con i Porotherm BIO PLAN 45 (Figura 14), pari a 0,601 W/mqK per le pareti interne portanti con i Porotherm BIO PLAN 25 (Figura 16) e 1,362 W/mqK per le tramezzature interne con i Porotherm BIO PLAN 10 (Figura 18).

La trasmittanza riferita all'altro sistema costruttivo è pari a 0,187 W/mqK (Figura 15) per le pareti esterne portanti con blocchi modulari in laterizio e isolamento termico a cappotto in EPS spessore 14 cm, pari a 1,304 W/mqK (Figura 17) per le pareti interne portanti con blocchi modulari in laterizio spessore 25 cm e 2,083 W/mqK (Figura 19) per le tramezzature interne con i mattoni forati in laterizio spessore 8 cm.

Considerando quanto emerge dai calcoli delle diverse pareti (relative sia all'utilizzo dei blocchi rettificati Porotherm BIO PLAN che dei blocchi modulari in laterizio) possiamo asserire che la muratura perimetrale esterna ha una trasmittanza più bassa e quindi un valore migliore nel particolare costruttivo in Figura 15, nonostante si possano ottenere degli ottimi risultati anche con il particolare costruttivo in Figura 14 inerente all'utilizzo dei blocchi rettificati Porotherm BIO PLAN.

Il punto di vista cambia però se si confronta il valore relativo alla trasmittanza termica delle due tipologie di pareti interne ovvero quella con spessore 10 cm per le tramezzature e la seconda con spessore 25 cm per la struttura portante. In questi due casi i particolari costruttivi che risultano essere più efficienti in quanto aventi un valore in W/mqK inferiore, sono quelli delle figure 16 e 18, facenti riferimento all'impiego dei blocchi rettificati Porotherm BIO PLAN.





## Capitolo 4

### PROGETTARE CON IL CLT (CROSS LAMINATED TIMBER)

#### 4.1 Premessa

Nonostante i committenti e il progettista in primo luogo avessero optato come sistema costruttivo dell'abitazione l'utilizzo di una struttura portante in blocchi rettificati in laterizio modello *Porotherm BIO PLAN* della ditta Wienemberger, in questo capitolo si analizzerà una possibile soluzione alternativa mediante l'utilizzo del legno come materiale da costruzione principale sia per le murature esterne che per quelle interne portanti: nello specifico l'ipotesi analizzata verterà sulla tipologia costruttiva del **Cross Laminated Timber (CLT)**.

In questo settore, ci sono fondamentalmente due tipologie per realizzare case in legno:

- TIPOLOGIA COSTRUTTIVA IN CROSS LAMINATED TIMBER (CLT): case che hanno sia la struttura portante che i tamponamenti delle pareti completamente in legno (Figura 20);
- TIPOLOGIA COSTRUTTIVA A TELAIO: case che hanno una struttura a telaio in legno e i tamponamenti in materiale isolante come per esempio la lana di roccia o la fibra di legno (Figura 21).

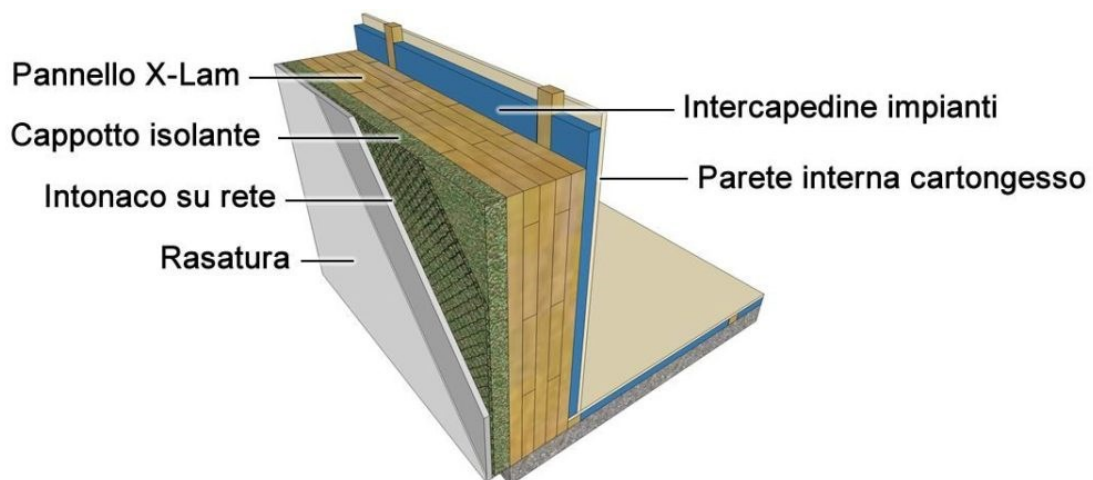


Figura 20: esempio di sezione di una parete con tipologia costruttiva in CLT

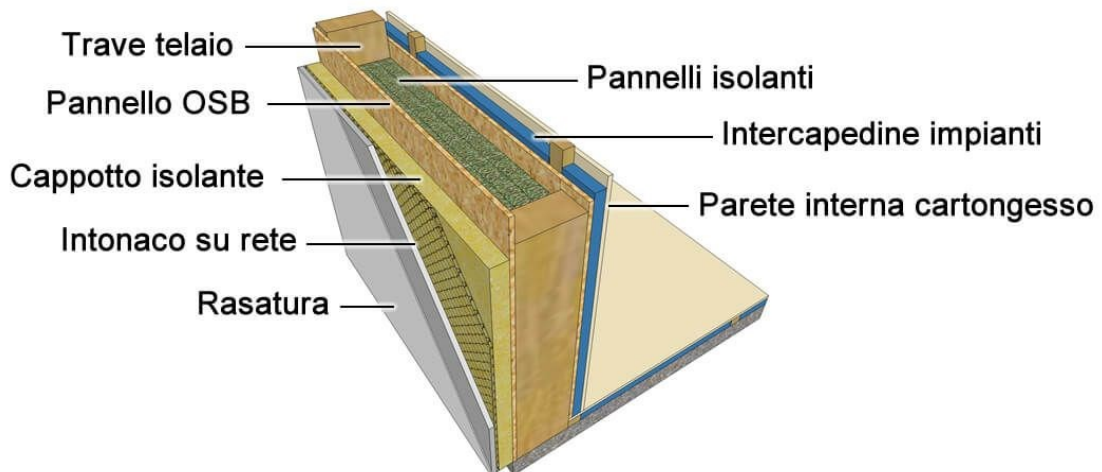


Figura 21: esempio di sezione di una parete con tipologia costruttiva a telaio

#### 4.2 Materiale costruttivo alternativo: CLT

L'edilizia è uno dei maggiori produttori di rifiuti solidi al mondo, dal momento che la maggior parte dei materiali che vengono utilizzati non sono rinnovabili e hanno quindi una disponibilità limitata.

I pannelli in CLT invece, grazie all'utilizzo di colle senza formaldeide, possono essere riutilizzati dopo un intervento di ristrutturazione o successivamente allo smantellamento. Esistono tecniche per ricollocare elementi già utilizzati, prolungando quindi il fine vita del legno. Attraverso metodi di *eco-design* è possibile dar vita a nuove parti strutturali, pannelli o elementi di arredo con legno già utilizzato. È fondamentale però appurare la loro natura ripercorrendo la storia, perché nel caso in cui derivino da pannelli o frammenti sminuzzati e incollati più volte, potrebbero contenere al loro interno una quantità eccessiva di colle con il rischio di ridurre le prestazioni iniziali.

Questi elementi in legno, qualora non fossero riutilizzabili, potrebbero essere destinati ad una valorizzazione energetica presso inceneritori controllati per la produzione di energia di processo o anche eventualmente elettricità che è da ritenersi particolarmente vantaggiosa dato l'elevato potere calorifico del legno.

Diffuso in Europa, ma lentamente sta riscuotendo successo e apprezzamento anche nel resto del mondo, il CLT (in inglese Cross Laminated Timber e in italiano sta ad

indicare il legno lamellare incrociato) è un materiale costruttivo (Figura 22) che si distingue in particolare per la sua forza, aspetto, versatilità e soprattutto sostenibilità.



*Figura 22: pannello in CLT a cinque strati*

Il CLT è un materiale costruttivo innovativo costituito da legno lamellare disposto a strati incrociati (da qui il nome Cross Laminated Timber), solitamente sono in numero dispari e vengono poi incollati sotto pressione per formare un unico elemento ligneo con capacità di carico in tutte le direzioni.

Negli ultimi anni si è diffuso prevalentemente per i vantaggi che offre come ad esempio la velocità di realizzazione, l'efficacia delle prestazioni energetiche, il buon comportamento nel caso di eventi sismici, senza sottovalutare il limitato impatto ambientale rispetto ad altri materiali da costruzione. Si tratta per l'appunto di un materiale sostenibile dal momento che il CLT è composto da legno: una risorsa rinnovabile e che per la sua produzione non richiede la produzione di combustibili fossili.

La fabbricazione del CLT comincia selezionando il legname ed eliminando i difetti tramite scanner ottico o con classificazione del materiale a vista. Successivamente si passa alla fase di taglio con l'eventuale giunzione di lamelle, le quali vengono poi posate su di un pianale per l'applicazione dello strato adesivo e su di esso si adagierà un'ulteriore lamella fino ad arrivare agli strati corretti che verranno poi pressati.

I pannelli vengono tagliati a misura, tenendo in considerazione anche eventuali esigenze di fabbricazione. Vi è inoltre la possibilità di produrre il CLT di dimensioni personalizzate, anche se spesso ciò che detta le restrizioni alle dimensioni dei pannelli è il trasporto.

Il Cross Laminated Timber essendo prodotto in un ambiente di fabbrica deve rispettare specifici requisiti di qualità e prestazioni. Un aspetto innovativo, rispetto ad una normale costruzione in blocchi in laterizio, è che la maggior parte dei pannelli in CLT è realizzata per una specifica applicazione con dimensioni, forma, aspetto e sezioni lavorate prescritte ad esempio l'inserimento di eventuali rientranze, fori o fessure. La realizzazione precisa di questi pannelli si basa sul **BIM (Building Information Modeling)** e su programmi speciali per la modellazione degli elementi in CLT.

I modelli BIM contengono informazioni riguardanti l'edificio o le sue parti come la localizzazione geografica, la geometria, le proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, le fasi di realizzazione e le operazioni di manutenzione.

Ci sono diversi software affidabili, semplici e pratici all'utilizzo dedicati alla progettazione strutturale degli edifici in legno con struttura in CLT o a telaio. In questi programmi si importano disegni in formato DXF per poi esportare disegni esecutivi con l'indicazione delle connessioni (piante, elevazioni) che tengono conto in automatico anche dei carichi neve, vento e sisma. Con questi software si andrà a generare un file di taglio, una volta che il progetto esecutivo sarà realizzato, che dovrà essere in grado di dialogare con le macchine a controllo numerico in quanto saranno loro che si andranno ad occupare poi della fase realizzativa.

Per esempio uno dei programmi che utilizza il modello BIM e che è dedicato al calcolo delle strutture in legno con struttura in CLT o a telaio è nato all'Università di Trento ed è il TimberTech Buildings sviluppato da TimberTech.

Il CLT può essere adoperato non solo come alternativa al calcestruzzo, ma anche come alternativa alle strutture portanti in blocchi in laterizio. Può essere impiegato in diversi ambiti: per realizzare pareti, tetti, pavimenti e soffitti di un edificio e in particolare è adatto anche alle costruzioni in legno più alte e multipiano. Il suo utilizzo è estremamente versatile in quanto lo si può utilizzare in qualsiasi tipo di edificio: dalle torri residenziali e per uffici alle scuole e agli edifici civili. Si può scegliere se tenerlo a vista per il suo aspetto estetico oppure se incapsulato quando necessario. Il legname negli strati esterni dei pannelli per pareti in CLT abitualmente è orientato verso l'alto e verso il basso per far lavorare meglio la sua capacità di carico verticale. In base a questo,

allo stesso modo, per i solai e per la copertura gli strati esterni dei pannelli corrono parallelamente alla direzione della campata più lunga.

Quando si hanno dei progetti con CLT, la realizzazione in cantiere non dura più di qualche giorno, si tratta di un processo rapido e con pochissima produzione di rifiuti. Le caratteristiche suddette dipendono però da quanta precisione e accuratezza del singolo dettaglio si coinvolgono in fase di progettazione, dal momento che più tempo si spende in fase progettuale e meno lunga sarà la fase operativa in cantiere. Tenendo in considerazione che il settore dell'edilizia attualmente punta ancora su risorse non rinnovabili, il Cross Laminated Timber può essere una scelta eccellente come materiale da costruzione.

#### *4.3 Vantaggi nelle costruzioni con il CLT*

Un'abitazione in CLT si distingue per essere una costruzione ecologica e salubre. L'utilizzo del legno e di materiali di ottima qualità rende necessaria una grande precisione in ogni fase della costruzione.

In questo paragrafo vedremo alcuni tra i vantaggi dello scegliere questa tipologia costruttiva.

- **SOSTENIBILITÀ:** le tavole dei pannelli in CLT sono ricavate da alberi scelti accuratamente all'interno di foreste certificate come garanzia di salvaguardia del bosco. Il legno risulta essere una risorsa rinnovabile e largamente reperibile e la produzione di CLT e legno lamellare dal quale si ricava il legname strutturale comporta un impatto ambientale minimo rispetto agli altri materiali da costruzione. Grazie inoltre alle capacità isolanti del legno è possibile ottenere un'abitazione *gas free* e eventualmente indipendente dal punto di vista economico.
- **RAPIDITÀ COSTRUTTIVA:** l'installazione di un edificio in CLT necessita di un grande lavoro di preparazione e ingegnerizzazione in studio ma una volta allestito il cantiere, il processo è veloce e pulito.

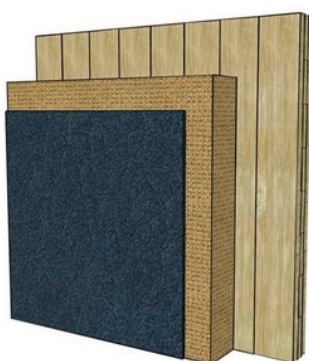
- **ANTISISMICITÀ:** tra le proprietà naturali del legno possiamo trovare la sua leggerezza, che permette di ottenere una risposta sismica buona non solo per la sua robustezza nei casi di terremoti di bassa entità, ma anche nel caso di terremoti catastrofici.
- **SALUBRITÀ:** nelle costruzioni con il Cross Laminated Timber si utilizza del legname non trattato e fissato con l'utilizzo di colle naturali che consentono di mantenere alta la qualità dell'aria e donano un comfort di naturale benessere all'ambiente.
- **PRESTAZIONI ENERGETICHE:** essendo il legno un ottimo isolante, protegge sia dal caldo che dal freddo, inoltre se combinato con una buona progettazione, produzione e costruzione consente di ottenere valori di tenuta all'aria molto buoni garantendoci l'eliminazione di ogni spiffero.
- **FEDELTA' AL PROGETTO E RIDUZIONE DI IMPREVISTI:** le costruzioni in CLT richiedono elevata precisione. Il disegno architettonico, preciso al millimetro, dà origine al progetto costruttivo e di conseguenza alle informazioni per il taglio ed alle indicazioni per la posa. In fase operativa non ci sono sorprese o variazioni in corso d'opera dati da imprevisti, ma unicamente se richieste dal committente.
- **PERSONALIZZAZIONE:** tenendo in considerazione che il lavoro maggiore viene eseguito in fase di progettazione, il pannello in CLT consente di realizzare ogni soluzione architettonica intervenendo sulla misura dei pannelli e anche sulla loro forma. Come esposto precedentemente, grazie alla sua robustezza e proprietà di resistere nelle due direzioni principali sia a trazione che a compressione permette di realizzare sbalzi, aggetti, travi parete e aperture di grandi dimensioni.

I vantaggi del CLT sono noti a tal punto che alcune volte si dà per scontato che una costruzione implichi automaticamente la presenza di tutti questi vantaggi, in realtà non è così: le prestazioni delle costruzioni dipendono da come i pannelli vengono realizzati, dal modo in cui vengono utilizzati, dagli altri materiali con cui la costruzione viene completata e dalla tipologia di progetto.

#### *4.4 Le pareti nelle abitazioni in legno*

Le pareti perimetrali rappresentano la superficie più grande che separa l'interno dall'esterno di un edificio in legno. Esse hanno una funzione molto importante in quanto devono portare il peso dei carichi verticali che arrivano dalla copertura e dai solai interpiano ed anche i carichi orizzontali che si generano in caso di terremoto.

Oltre a venir loro richiesta una sicurezza statica e sismica, le pareti in CLT devono essere ben isolate sia termicamente che acusticamente, avere una buona traspirabilità e una finitura, su entrambi i lati, ben rifinita e funzionale. Si possono ottenere queste caratteristiche scegliendo di abbinare il pannello di CLT ad un'ampia selezione di materiali.



*Figura 23: struttura esterna pareti in CLT (Costruzioni in legno STP 2022)*

Analizzando una tipologia di parete tipo (Figura 23), partendo dall'esterno, possiamo trovare un intonaco traspirante o una facciata ventilata in legno, pietra o

altri materiali. Questo strato funge da protezione per l'isolante termico che può essere di diversi materiali tra i quali fibra di legno, sughero, canapa o in lana di roccia e di solito si utilizza uno spessore che può variare tra i 12 cm e i 20 cm. Ognuno degli isolanti citati è compatibile con il pannello in CLT e presenta delle caratteristiche diverse rispetto ad altri materiali coibenti. Aspetto fondamentale per la solidità delle pareti nel tempo e per il conseguimento di prestazioni rilevanti in tutti gli aspetti è che il pannello isolante presenti una buona densità, superiore ai 100 kg/mc, e un'elevata traspirabilità.

L'isolamento a cappotto applicato al pannello in CLT dovrà essere provvisto di tutti gli accessori, tra cui paraspigoli, giunti elastici, supporti avanzati, etc...



*Figura 24: struttura interna pareti in CLT (Costruzioni in legno STP 2022)*

Verso l'interno invece (Figura 24), la parete presenta l'intercapedine tecnica coibentata ed una controparete in cartongesso. La prima è composta dai montanti della controparete, i quali permettono di ottenere uno spazio di 3/5/10 cm in cui poter far passare gli impianti. Questa intercapedine tra la parete e la controparete deve essere coibentata sempre con materiali traspiranti leggeri in maniera tale da eliminare vuoti nella stratigrafia della parete e migliorare la prestazione soprattutto dal punto di vista acustico. Le lastre dovranno avere una buona resistenza meccanica e allo stesso modo dare la finitura esteticamente desiderata. Di solito si utilizza il legno a vista oppure principalmente il cartongesso.



#### 4.5 Il solaio nelle abitazioni in legno

Il solaio interpiano è quell'elemento orizzontale che divide tra di loro due piani di uno stesso edificio. Esso è costituito da una superficie a vista verso l'ambiente sottostante (soffitto), una parte portante al centro con un "pacchetto" che può comprendere molteplici funzioni tra cui fungere da isolante e allo stesso tempo essere utilizzato per il passaggio del riscaldamento a pavimento ed infine la superficie a vista verso l'ambiente sovrastante (pavimento).

Lavorare con il Cross Laminated Timber consente di ottenere diverse finiture a seconda di quale stile si vuole attribuire all'abitazione.

Il primo esempio può essere il **controsoffitto in cartongesso** che si trova molto spesso nelle normali abitazioni; consiste in lastre fissate ad una struttura metallica a sua volta ancorata alla parte portante del solaio. L'intercapedine che si andrà quindi a creare potrà essere sfruttata per il passaggio degli impianti, ma potrà anche essere utilizzata sotto il profilo estetico per dar vita a tagli di luce o lavorazioni particolari.

Come seconda ipotesi si può pensare ad una struttura a vista in **travetti e perlinato**, ovvero nel caso di solai realizzati con travetti si può decidere di lasciare la struttura a vista che può essere in abete, larice, castagno o di altre specie. Al di sopra di questa struttura vi è l'opzione di posizionare uno strato, che rimarrà a vista, tradizionalmente in perlinato o assito altrimenti lo si può scegliere più moderno in fibrogesso o pannelli in legno.

Alternativamente si può scegliere una struttura a vista in **CLT**. Nel caso in cui appunto la parte strutturale del solaio sia realizzata con questo materiale, sarà necessario scegliere accuratamente le tavole che successivamente andranno a comporre lo strato del pannello che poi andrà a vista. Quest'ultima soluzione, nell'ambito delle costruzioni in legno, risulta essere di gran lunga la più utilizzata, ma richiede altresì molta organizzazione e precisione sia durante la fase di installazione della struttura, sia per quanto concerne l'analisi del passaggio degli impianti.

#### *4.6 Analisi pratica dell'ipotesi costruttiva in CLT*

Nel nostro caso oggetto di studio si è pertanto ipotizzata un'alternativa rispetto all'utilizzo dei blocchi rettificati in laterizio che dal loro canto sono già una valida opzione in sostituzione ai classici e abituali blocchi modulari in laterizio.

Come sopra indicato, la scelta è ricaduta sull'utilizzo del legno come materiale da costruzione. Per quanto concerne l'utilizzo di questo materiale da costruzione nell'ambito dell'edilizia si può scegliere tra una struttura a telaio o in CLT. Nella nostra situazione, la scelta è ricaduta sulla struttura in CLT ovvero costituita da pannelli pieni lamellari in legno massiccio formati da strati incrociati di tavole di diverso spessore per formare pannelli anche di grandi dimensioni.

In fase progettuale possono essere realizzati anche di diverso spessore in base ai carichi strutturali trasmessi. A livello operativo la prima fase, ovvero il getto della platea, rimarrebbe identico per entrambe le tipologie costruttive perché appunto il collegamento della struttura portante in legno con il basamento (platea) in cemento armato viene realizzato tramite apposita ferramenta in acciaio certificata e adeguatamente dimensionata.

Se consideriamo la pianta del nostro edificio per analizzare la possibilità di impiegare il CLT, le pareti portanti risultano essere quelle rappresentate in Figura 25. Esse comprendono le pareti portanti esterne e quelle portanti interne. Tutte presenteranno indicativamente un pannello in XLAM con spessore di 10 cm, il quale solitamente varia in base al numero di piani della struttura che si prende in considerazione, che nel caso qui discusso corrisponde ad uno.

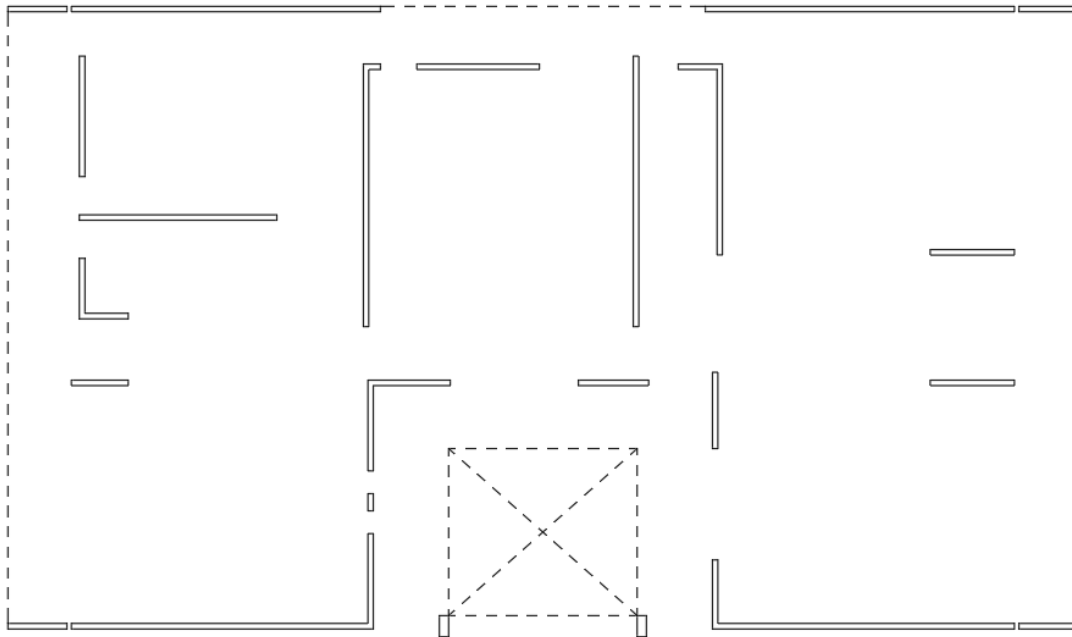


Figura 25: schema struttura pareti portanti in CLT

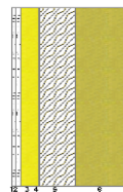
Dall'immagine sovrastante si riscontra la mancanza di alcune pareti interne (non portanti) che verranno poi realizzate in cartongesso. I pilastri che sostengono il portico e i setti delle logge potranno essere realizzati o in legno oppure altrimenti in CLS armato come da progetto iniziale.

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: **MURATURA PERIMETRALE ESTERNA**

Codice: **M1**

Trasmittanza termica	<b>0,138</b> W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>330</b> mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-5,0</b> °C
Permeanza	<b>2,175</b> 10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>80</b> kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>51</b> kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,017</b> W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,122</b> -
Sfasamento onda termica	<b>-10,3</b> h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
2	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
3	Lana di roccia	50,00	0,0380	1,316	50	1,03	1
4	Barriera vapore in fogli di polietilene	0,20	0,3300	0,001	920	2,20	100000
5	XLAM 20	100,00	0,1200	0,833	450	1,60	625
6	Polistirene espanso sinterizzato (alla graffite)	150,00	0,0310	4,839	20	1,45	60
7	Intonaco plastico per cappotto	5,00	0,3000	0,017	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,030	-	-	-

Figura 26: struttura pareti perimetrali in CLT (L 10)

Per quanto concerne la stratigrafia (Figura 26), partendo dall'esterno si trova uno strato isolante dello spessore di 15 cm costituito da un pannello in EPS additivato con grafite con opportuna finitura esterna. Successivamente si ha il pannello in CLT dello spessore di 10 cm seguito da un aggiuntivo strato isolante dello spessore di 5 cm formato da un pannello in lana di roccia che verrà alloggiato nell'intercapedine della struttura metallica per l'ancoraggio delle doppie lastre di cartongesso, che a loro volta chiuderanno la struttura della parete esterna. Inoltre è necessario inserire uno strato di barriera al vapore tra il pannello in CLT e la lana di roccia.

Come si può notare da un'ipotetica L 10 utilizzata come riferimento (Figura 24) nella quale si è andata a considerare una struttura in CLT, risulta che la parete avrà una trasmittanza termica pari a 0,138 W/mqK con uno spessore totale di 33 cm.

La stratigrafia delle pareti interne portanti sarà identica a quella delle pareti esterne, ad eccezione dell'isolamento da 15 cm in EPS additivato con grafite. A compensazione verrà realizzata una controparete in cartongesso per il passaggio degli impianti, che sarà isolata termicamente e acusticamente grazie al riempimento delle intercapedini mediante l'utilizzo della lana di roccia.

Le pareti interne non portanti saranno tutte realizzate in cartongesso (Figura 27).

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI							
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370							
<b>Descrizione della struttura:</b> DIVISORIO INTERNO				<b>Codice:</b> M4			
Trasmittanza termica	<b>1,852</b>	W/m <sup>2</sup> K					
Spessore	<b>125</b>	mm					
Permeanza	<b>769,23</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa					
Massa superficiale (con intonaci)	<b>23</b>	kg/m <sup>2</sup>					
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>0</b>	kg/m <sup>2</sup>					
Trasmittanza periodica	<b>1,837</b>	W/m <sup>2</sup> K					
Fattore attenuazione	<b>0,992</b>	-					
Sfasamento onda termica	<b>-0,7</b>	h					
<b>Stratigrafia:</b>							
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
2	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	100,00	0,5556	0,180	-	-	-
3	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Figura 27: struttura pareti divisorie interne in cartongesso (L 10)

Sarà presente una struttura metallica da 10 cm sulla quale si agganceranno le singole lastre in cartongesso. L'intercapedine non ventilata di 10 cm indicata in Figura 25 al **punto 2** potrà essere sfruttata per il passaggio di eventuali impianti e potrà inoltre essere riempita di isolamento per aumentare le prestazioni termiche e acustiche delle pareti e tra le varie stanze dell'abitazione.

Nella copertura ventilata in legno (Figura 28) è stato inserito un isolamento composto da un primo pannello da 10 cm in lana di roccia "Durock Energy Plus" con una densità pari a 150 kg/mc e un secondo pannello dello stesso spessore e materiale "Hardrock Energy Plus" con una densità di 110 kg/mc.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGOMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI							
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370							
<b>Descrizione della struttura: COPERTURA</b>				<b>Codice: S1</b>			
Trasmittanza termica	<b>0,162</b>	W/m <sup>2</sup> K					
Spessore	<b>301</b>	mm					
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-5,0</b>	°C					
Permeanza	<b>1,310</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa					
Massa superficiale (con intonaci)	<b>58</b>	kg/m <sup>2</sup>					
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>58</b>	kg/m <sup>2</sup>					
Trasmittanza periodica	<b>0,087</b>	W/m <sup>2</sup> K					
Fattore attenuazione	<b>0,539</b>	-					
Sfasamento onda termica	<b>-8,2</b>	h					

Stratigrafia:							
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,030	-	-	-
1	Rame	1,00	380,000 0	-	8900	0,38	-
2	USB Drenlam Diff TOP SK	8,75	0,4500	-	257	1,70	-
3	Pannello OSB	20,00	0,1300	-	550	2,10	-
4	Intercapedine debolmente ventilata Av=600 mm <sup>2</sup> /m	50,00	-	-	-	-	-
5	USB Elefant / USB Elefant TOP SK	0,60	0,2200	-	397	1,70	33
6	Hardrock Energy Plus	100,00	0,0350	-	110	1,03	1
7	Durock Energy Plus	100,00	0,0370	-	150	1,03	1
8	USB DS 65 PE	0,20	0,4000	-	940	1,80	700000
9	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	20,00	0,1200	-	450	1,60	625
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Figura 28: struttura copertura (L 10)

La finitura della copertura prevede il rame, benché un'alternativa possa essere anche l'alluminio. Tale pacchetto isolante avrà una trasmittanza termica calcolata pari a 0,162 W/mqK.

#### 4.7 Analisi dei costi pareti in CLT

Per poter avere un ulteriore giudizio in merito alla costruzione con i pannelli in CLT, e ancor meglio per riuscire successivamente a confrontare le due tipologie costruttive, è stata effettuata un'analisi dei prezzi il più coerente possibile delle pareti esterne, facendo un confronto con gli effettivi prezzi indicati dall'impresa esecutrice dei lavori. L'unico costo che non è stato preventivato dalla suddetta, ma da un'impresa specializzata nella realizzazione di abitazioni in legno, è quello relativo alla struttura lignea, comprendente i pannelli in CLT indicati in L 10 dello spessore di 10 cm.

Nella maggior parte dei casi, le ditte specializzate nel settore del CLT non si limitano a fornire solamente la struttura in legno ma seguono eventualmente anche l'intera realizzazione della parete, fatta eccezione per gli impianti.

Il prezzo è riferito esclusivamente al costo della struttura portante in XLAM e non all'intero pacchetto della parete.

Rispetto al costo di produzione di un semplice laterizio che sia un blocco modulare oppure un blocco rettificato, produrre pannelli in Cross Laminated Timber richiede necessariamente maggiori risorse economiche, in quanto il lavoro di studio e progettazione che vi è dietro, è notevole considerando l'unicità di ogni singolo pannello e la precisione richiesta in fase di realizzazione.

Tinteggiatura interna	5,50 €/mq
Doppia lastra di cartongesso compresa struttura e stuccatura finale	41,00 €/mq
Lana di roccia (spessore 5 cm)	9,00 €/mq
Barriera al vapore in fogli di polietilene	4,00 €/mq
Struttura portante in XLAM (spessore 10 cm)	110,00 €/mq
Cappotto esterno in EPS additivato con grafite (spessore 15 cm) completo di doppia rasatura armata e intonachino esterno colorato di finitura acrossilossanico	90,00 €/mq

Tabella 4: Analisi prezzi muratura in CLT (Cross Laminated Timber)

Come si può notare dall'analisi prezzi di cui in Tabella 4, l'importo complessivo risulta essere abbastanza elevato ovvero di 259,50 €/mq e comprendente per ogni lavorazione sia il costo relativo al materiale che il costo relativo alla manodopera.

Si consideri però che se le due tipologie fossero a parità di costo di costruzione, il rapporto qualità-prezzo assicurato da un edificio in CLT è sicuramente maggiore rispetto a quello di una casa tradizionale, non solo in termini di efficienza, risparmio energetico e sostenibilità, ma anche in termini di velocità di consegna dell'opera conclusa e possibili finiture e abbellimenti estetici.





## Capitolo 5

### CONFRONTO TRA LE DUE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

#### 5.1 Premessa

All'interno dei capitoli 3 e 4 si sono analizzate le due diverse tipologie costruttive con riferimento a molteplici aspetti: la prima ha coinvolto l'utilizzo dei blocchi rettificati *Porotherm Bio Plan* della ditta *Wienerberger*, che comunque costituiscono già oggi un'ottima alternativa rispetto ai classici blocchi modulari in laterizio, mentre la seconda ha previsto una struttura completamente in legno mediante l'impiego di pannelli in CLT.

In questo capitolo si vogliono pertanto mettere in luce quelli che sono gli aspetti positivi, ma anche negativi, che conducono alla scelta di una determinata tipologia costruttiva, esaminando tra i quali l'economicità, l'impatto ambientale, la velocità di realizzazione....

#### 5.1 Aspetti economici, estetici e tempistiche

Al giorno d'oggi ciò che impedisce sovente molti committenti nello scegliere materiali che garantiscono ottime prestazioni rispetto a quelli di media prestazione è la consistente differenza di prezzo. Dal punto di vista economico si ottiene un prezzo pari a **249,50 €/mq per le pareti in muratura**, che risulta essere diverso da quello specificato nel *paragrafo 3.3* in quanto bisognava aggiungere, perché non considerato precedentemente, il prezzo della controparete interna con doppia lastra di cartongesso e isolamento in lana di roccia (41,00 €/mq + 9,00 €/mq). **Per le pareti in legno (cfr paragrafo 4.7) è stato calcolato un prezzo di 259,50 €/mq.** Anche se la differenza di prezzo risulta essere minima (circa 10,00 €/mq) la scelta dei clienti ricade sulla struttura con blocchi rettificati in laterizio.

Dal punto di vista realizzativo le pareti realizzate in CLT necessitano di una più accurata precisione in fase progettuale in quanto verranno realizzate su misura e in

blocco unico in base al progetto ideato e quindi non sarà possibile modificarle successivamente. Al contrario invece, le pareti in muratura potranno essere cambiate in corso d'opera a seconda delle esigenze e di eventuali problematiche sorte in cantiere.

In merito all'operatività in cantiere, e soprattutto alle tempistiche di realizzazione del fabbricato, tra i due metodi quello più rapido è sicuramente il CLT in quanto la struttura viene recapitata già pronta e devono essere semplicemente unite le singole parti (pareti e solai) che andranno a formare l'abitazione. Il metodo in muratura con l'utilizzo dei blocchi rettificati, nonostante risulti comunque essere più veloce rispetto al metodo classico in pilastri e blocchi modulari in laterizio, è in questo caso meno efficace come tempi di costruzione.

Ragionando in termini di estetica, anche in questo ambito l'edificio realizzato in legno è vantaggioso dal momento che si può ottenere sia l'effetto di un'abitazione classica, realizzando contropareti e controsoffitto in cartongesso, che un effetto più caldo e accogliente lasciando tutto il legno a vista che può rimanere del colore naturale oppure essere verniciato della tonalità che più si desidera.

## *5.2 Efficienza, prestazioni, impiantistica*

In tema di impatto ambientale e sostenibilità è facilmente intuibile comprendere che realizzare un edificio mediante l'utilizzo del CLT comporta un dispendio di risorse ambientali minimo se paragonato all'impiego del laterizio, proprio perché il legno è una risorsa rinnovabile e facilmente reperibile in natura.

Analizzando il processo che porta poi alla produzione delle due materie prime finite, pannello in CLT e il blocco rettificato in laterizio, è necessario chiarire che produrre il laterizio comporta una più elevata produzione di rifiuti e di combustibili fossili. Tutt'al più il settore delle costruzioni ancora risulta investire sull'impiego di risorse non rinnovabili, credere perciò sull'adozione del Cross Laminated Timber può risultare l'ipotesi più consona.

In aggiunta confrontando le prestazioni energetiche relative alle pareti esterne delle tue tipologie costruttive (cfr *paragrafi 3.3 e 4.6*) il dato rilevante è quello della

**trasmissione termica** che è pari a **0,246 W/mqK** (Figura 14) per le pareti in muratura e **0,138 W/mqK** (Figura 24) per le pareti in legno. A primo impatto si riscontra che le pareti costruite in Cross Laminated Timber risultano essere il doppio più efficienti rispetto alle pareti realizzate con i blocchi rettificati in laterizio, perché il legno è un ottimo isolante, protegge sia dal caldo che dal freddo e se affiancato ad una buona progettazione, produzione e costruzione garantisce valori di tenuta all'aria molto buoni assicurando l'eliminazione di ogni spiffero.

Per quanto riguarda il progetto degli impianti, entrambe le abitazioni si prestano ad avere la stessa tipologia di impiantistica senza alcun tipo di problematica e in entrambi i casi è possibile ottenere un'abitazione *gas free* e completamente indipendente dal punto di vista economico abbinando un impianto fotovoltaico con sistema di accumulo dell'energia, un sistema di riscaldamento radiante che potrà essere a pavimento, a soffitto o a parete e una pompa di calore elettrica abbinata ad una caldaia a condensazione oppure in alternativa utilizzando un impianto geotermico domestico. In entrambe le situazioni, per la loro posa verrà utilizzato l'intercapedine (circa 5 cm) generato dai montanti che serviranno come punti di ancoraggio per fissare le lastre di cartongesso. Si otterrà in questo modo una controparete interna. A seguito del posizionamento degli impianti, essa sarà poi a sua volta isolata tramite l'inserimento di uno strato isolante in lana di roccia.

### *5.3 Vita nominale, manutenzione ordinaria futura e rischio d'incendio*

Altri due aspetti fondamentali da tenere in considerazione per poter avere un quadro completo nel confronto tra i due metodi di costruzione sono la vita nominale dell'immobile e la sua manutenzione.

Per vita nominale si intende «il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali» (punto 2.4.1, Norme Tecniche per le costruzioni 2018) che nei nostri casi è differente per i due diversi metodi costruttivi.

La manutenzione ordinaria invece sono «gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti» (Art. 3 comma 1 lettera a, D.P.R. 6 giugno 2001 n° 380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”).

Un quesito allora potrebbe sorgere spontaneo: le case in legno durano meno delle case in muratura?

Non si ha una risposta che propenda in maniera definitiva per il Sì o per il No; dipende, il legno è un materiale che può resistere a lungo se rimane asciutto oppure bagnato ma in assenza di ossigeno, tuttavia bisogna ricordare che soffre molto l’umidità e quando viene colpito da essa, marcisce. Infatti, al giorno d’oggi si vedono ancora in piedi edifici realizzati in muratura che dopo lungo periodo di abbandono e inutilizzo vengono ripristinati e ristrutturati; la stessa prassi non è applicabile agli edifici in legno, che dal momento non vengono più utilizzate subiscono una serie di danni tali da renderli irrecuperabili.

In aggiunta un edificio in legno è sicuramente più delicato rispetto ad un edificio in muratura, necessita di un adeguato livello di manutenzione ed un’attenzione elevata alla tenuta all’aria ad opera del costruttore, ma nel momento in cui questi due aspetti vengono assicurati e non si presentano eventuali incidenti, l’edificio accompagnerà i suoi proprietari per tutta la vita esattamente come un suo simile realizzato in muratura.

Un’ulteriore differenza che può sorgere tra questi due materiali diversi è la resistenza che essi hanno al fuoco e ai suoi effetti. Le abitazioni in legno sono più delicate e sensibili al fuoco e appunto per questo motivo è sempre consigliato installare dei rilevatori di fumo o dei sistemi per lo spegnimento automatico del fuoco. È consigliabile inoltre evitare di realizzare l’edificio in zone limitrofe ad aree boschive particolarmente sensibili. La costruzione di queste case deve essere pensata ricordando anche che potrebbero esserci possibili incendi interni all’abitazione, causati per esempio da uno scorretto isolamento della canna fumaria.

Per quanto concerne le case in laterizio possono essere colpite da incendi di tipo medio-alto, poiché hanno una struttura sicuramente più ignifuga a differenza degli

edifici in X-LAM. È auspicabile però curare nel dettaglio la corretta progettazione e costruzione del fabbricato, prestando attenzione anche alle canne fumarie e scegliendo materiali i più ignifughi possibili.

<b>CATEGORIA</b>	<b>MURATURA (blocchi modulari rettificati)</b>	<b>CLT (Cross Laminated Timber)</b>
PREZZO	249,50 €/mq	259,50 €/mq
MODIFICHE IN CORSO D'OPERA	Possibilità di modificare le pareti in fase di realizzazione direttamente in cantiere per eventuali problematiche.	Accurata precisione in fase di progettazione, difficile poter modificare le pareti successivamente.
TEMPI DI REALIZZAZIONE	La struttura segue le modalità di una normale costruzione in blocchi di laterizio anche se risulta essere più rapida di essa ma inferiore ai tempi di realizzazione del CLT.	La struttura arriva già pronta in cantiere, è necessario quindi solamente unire le singole parti.
ESTETICA	Rispetto ad un ambiente con il legno a vista le stanze risultano essere più fredde.	L'utilizzo del legno a vista permette di rendere gli ambienti caldi e accoglienti.
PRODUZIONE MATERIE PRIME E IMPATTO AMBIENTALE	La produzione comporta un'elevata produzione di rifiuti e combustibili fossili.	Minor impatto ambientale in quanto utilizza una risorsa naturale e facilmente reperibile in natura.
PRESTAZIONI ENERGETICHE (TRASMITTANZA TERMICA)	0,246 W/mqK	0,138 W/mqK
PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI	Il progetto degli impianti può essere il medesimo in entrambe le tipologie costruttive portando così alla realizzazione di un edificio <i>gas free</i> .	
VITA NOMINALE	Per le costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie, i valori minimi di progetto sono pari a 50 anni.	Non si ha una risposta precisa ma grazie ad una adeguata manutenzione e ad una corretta tenuta all'aria, l'edificio può raggiungere i livelli di un suo simile in

		muratura.
RESISTENZA AL FUOCO	Struttura più ignifuga.	Struttura delicata e sensibile.

*Tabella 5: Confronto tra il sistema costruttivo in laterizio (Porotherm BIO PLAN) e il sistema costruttivo in legno (CLT)*

## CONCLUSIONI

Il progetto alla base del presente elaborato ha preso in esame la costruzione di un nuovo edificio residenziale unifamiliare sito nel Comune di Vigonovo visto, seguito e analizzato durante il percorso di tirocinio svolto nel terzo anno del Corso di Laurea presso uno studio tecnico di progettazione nel comune di residenza che si occupa prevalentemente di progettazione e presentazione di pratiche edilizie in genere, pratiche catastali, rilievi topografici, perizie e stime.

All'interno dell'elaborato si è anzitutto descritta l'analisi del progetto iniziale destinato all'edificio, che sarebbe stato realizzato in laterizio attraverso l'utilizzo di un particolare blocco rettificato della ditta *Wienerberger*, e si è successivamente ipotizzata una diversa tipologia costruttiva mediante l'ausilio di pannelli in CLT. In conclusione i due sistemi costruttivi sono stati confrontati per evidenziare aspetti positivi e negativi di ciascuno e capire quale dei due fosse il migliore e il più corretto da utilizzare.

Se la scelta dovesse dipendere dal progettista, consiglierebbe la casa in legno o la casa in muratura? Questa è una domanda molto complessa, in quanto tutto può dipendere da una serie di condizioni: anche se nella fattispecie entrambe le soluzioni possono rivelarsi ideali, la scelta può variare in base alle esigenze di chi compra.

Ci sono però alcuni fattori da tenere in considerazione che possono aiutare chi decide se costruire una nuova casa in laterizio piuttosto che in legno.

Questi aspetti che possono influenzare la scelta sono:

- la destinazione d'uso che verrà attribuita all'abitazione ovvero se si tratta di una prima casa oppure di una casa per le vacanze in quanto nel caso in cui risulti essere una prima casa allora in tal caso sarà necessario tenere in considerazione che si potrà avere un budget più consistente;
- l'ubicazione, ovvero il sito dove verrà costruito il fabbricato piuttosto che dal contesto naturalistico o abitativo dal momento che a seconda del luogo è opportuno scegliere una tipologia costruttiva piuttosto che l'altra;
- il clima, l'orientamento e tutti i fattori ambientali in quanto è in funzione di essi che la figura del termotecnico progetta gli impianti ma soprattutto gli isolamenti

dell'edificio e attraverso i dati relativi alle trasmittanze termiche sarà possibile confrontare le due ipotesi costruttive e valutare quale delle due risulta essere la più efficiente in termini di prestazioni dell'edificio;

- le eventuali norme paesaggistiche in vigore nel comune in cui ci si trova che potrebbero essere differenti da luogo a luogo e che potrebbero essere particolarmente restrittive o prediligere un sistema costruttivo di più rispetto all'altro;
- lo stile che più si apprezza maggiormente, anche se questo aspetto è prevalentemente soggettivo e spetta esclusivamente alla committenza, è necessario capire quale tipologia rispecchia al meglio i canoni estetici dei clienti;
- il comfort termo-igrometrico o comfort ambientale percepito che si vuole ottenere: non è altro che la condizione psico-fisica attraverso la quale una persona prova una sensazione appagante nei confronti di un ambiente termico;
- le dimensioni dell'immobile che si andrà a costruire e quelle dell'area sulla quale si vuole edificare visto che a seconda di quella che sarà l'abitazione finale bisognerà affidarsi ad una figura professionale in grado di stabilire a livello strutturale quale potrà essere la soluzione più idonea;
- il budget che si è disposti a spendere per la costruzione totale dell'abitazione in quanto in questi contesti è fondamentale essere a conoscenza dell'intero importo dei lavori, per entrambe le soluzioni, prima di iniziare con la realizzazione dell'opera.

Nella migliore delle ipotesi, la scelta più corretta da fare è sempre quella di affidarsi ad un esperto nel settore delle costruzioni che può essere un geometra, un architetto o un ingegnere che in base all'esigenza del cliente e grazie alla sua esperienza personale saprà indicare quale secondo lui risulti essere il sistema costruttivo più vantaggioso tra il laterizio e il legno.

Dopo aver analizzato e confrontato i blocchi rettificati in laterizio modello *Porotherm BIO PLAN* della ditta *Wienerberger* e i pannelli in CLT (Cross Laminated Timber), penso che la scelta migliore possa ricadere sull'utilizzo del legno come materiale prevalente, se non il principale, nelle nuove costruzioni.



Attualmente c'è chi ancora preferisce utilizzare i blocchi modulari in laterizio e ritiene che il legno abbia più svantaggi che vantaggi.

Secondo l'opinione di tanti, al giorno d'oggi è ancora troppo presto per passare completamente agli edifici in legno, anche se sarei alquanto favorevole visti i vantaggi che offre. Il paragone tra i due sistemi costruttivi oggetto di tesi risulta comunque avere moltissimi casi studio circa i blocchi in laterizio e molti meno relativi all'utilizzo del Cross Laminated Timber.

Tuttavia nelle costruzioni di edifici residenziali unifamiliari si sceglie sovente di realizzare la struttura portante in laterizio e per quanto riguarda la realizzazione del tetto in molti casi si sceglie di utilizzare il legno. Il suo utilizzo nella copertura viene spesso preferito ad un classico tetto in muretti e tavelloni perché consente di ottenere dei vantaggi dal punto di vista strutturale, in quanto è possibile caricare minor peso sulla struttura, è facile da lavorare, ha ottime proprietà isolanti ed è conosciuto per le sue caratteristiche igroscopiche in quanto agisce in modo naturale come regolatore dell'umidità, oltre che essere pratico conferendo bellezza, calore e comfort all'abitazione.

Secondo quanto evidenziato dalla Tabella 5, la quale riassume quanto illustrato all'interno del capitolo relativo al confronto nell'utilizzo dei due differenti sistemi costruttivi, emerge che vi sono degli aspetti in cui entrambe le soluzioni si equivalgono come per esempio per la progettazione degli impianti in quanto il medesimo progetto può essere utilizzato sia per l'abitazione in laterizio che per la stessa abitazione realizzata in CLT come anche per quanto riguarda la vita nominale dell'edificio che può risultare essere uguale se l'edificio realizzato in CLT potrà godere nel corso della sua vita di un'adeguata manutenzione in quanto risulta più sensibile.

Proseguendo con l'analisi c'è però una sola categoria in cui risulta preferibile l'utilizzo della muratura ovvero la possibilità di apportare modifiche in corso d'opera dal momento che l'impiego del Cross Laminated Timber rende complicata la modifica di eventuali pareti o per esempio l'apertura o chiusura di eventuali fori finestra.

Al contrario invece il legno, utilizzato come materiale principale nella costruzione, porta con sé numerosi vantaggi se paragonato al laterizio in particolare si nota: una

maggior rapidità in fase di realizzazione dell'opera in quanto la struttura arriva già pronta in cantiere necessitando quindi del solo assemblaggio delle singole parti, trasmittanze termiche migliori a parità di stratigrafia (struttura portante + controparete interna isolata) senza tenere in considerazione eventuali isolamenti a cappotto esterni, sostenibilità nella produzione delle materie prime e minor impatto ambientale in quanto si utilizza una risorsa naturale e facilmente reperibile in natura e per finire a livello estetico l'utilizzo del legno a vista permette di rendere gli ambienti più caldi e accoglienti aumentando così il comfort ambientale percepito.

Il primo aspetto al quale si pensa quando si decide di confrontare due sistemi costruttivi, come in questo caso, è l'aspetto economico. Il prezzo al mq risulta essere leggermente superiore se si decide di utilizzare il CLT (259,50 €/mq contro i 249,50 €/mq del laterizio) ma per la minima differenza di prezzo e per quanto visto precedentemente si può ritenere il costo adeguato se paragonato a ciò che offre l'utilizzo del Cross Laminated Timber nella realizzazione di edifici residenziali ma in particolare nel settore edilizio.

## Normativa di riferimento

- Norme Tecniche Operative, Comune di Vigonovo
- Decreto 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- D.P.R. 6 giugno 2001 n° 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- L.R. n° 11 del 23 aprile 2004, Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio
- L.R. n° 14 del 6 giugno 2017, Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e modifiche della L.R. 23 aprile 2004, n° 11 “Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio”
- L.R. n° 14 del 4 aprile 2019, Veneto 2050: politiche per la riqualificazione urbana e la rinaturalizzazione del territorio e modifiche alla L.R. 23 aprile 2004, n° 11 “Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio”
- Conferenza ONU dal 3 al 14 giugno 1992, Dichiarazione di Rio sull’Ambiente e lo Sviluppo

## Sitografia

Gardenia, (2021), from <https://www.gardeniasrl.com/cose-il-cross-laminated-timber/>

Costruzioni in legno STP, (n.d.) from <https://www.essetp.it/la-casa-stp/il-pannello-in-clt>

Belwood - sistemi costruttivi naturali, (n.d.) from <https://www.belwood.it/>

Wienerberger, (n.d.) , Porotherm BIO inc : blocchi a incastro per il rispetto dell'ambiente from <https://www.wienerberger.it/approfondimenti/soluzioni-per-l-involucro/porotherm-bio/porotherm-bio--blocchi-a-incastro-per-il-rispetto-dell-ambiente.html>

Bortoluzzi, E. (2016) . Meglio una casa in legno o in muratura?, from <https://www.bortoluzziassociati.com/post/meglio-una-casa-in-legno-o-in-muratura>

Coltro, F. (2021). Meglio una casa in legno o in muratura?, from <https://www.filippocoltro.it/meglio-casa-legno-o-muratura.htm>

<https://www.coibentarecasa.it/benessere-termoigrometrico-comfort-ambientale/>

Bollati, G. (2021, Aprile). *Legno Circolare*. Casa NATURALE, pp. 125-157.

Green HoMe, (2019), Edilizia sostenibile e contesto normativo from <https://www.greenhomescarl.it/2020/09/03/edilizia-sostenibile-e-contesto-normativo>)

Commissione Europea (2013), "Libro Verde: un quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030", Bruxelles