POLITECNICO DI TORINO
Dipartimento di Architettura e Design
Laurea Magistrale in
Architettura per il Progetto Sostenibile
a.a. 2018/2019

APPROCCIO CIRCOLARE PER L'INDUSTRIA DEL COMPENSATO:
innovazione tecnologica con gli scarti di produzione.

Tesi di laurea di Federica Caramia
Relatore Prof.ssa Simonetta Pagliolico
Correlatori Arch. Corrado Carbonaro
Dott. Gaetano Castro
Arch. Louena Shtrepi

In collaborazione con:

crea
Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria

E. IGOLUNGO
PLYWOOD

INDICE

ABSTRACT

1. INTRODUZIONE

2. IL LEGNO
2.1 Il legno di pioppo
2.2 Attività di selezione dei genotipi di pioppo
2.3 La coltivazione del pioppo
2.4 Poplar Mind Map

3. IL COMPENSATO
3.1 Classificazione e normativa
3.2 Il ciclo produttivo
3.3 Gli adesivi
3.4 La gestione dei rifiuti

4. I SOTTOPRODOTTI DEL COMPENSATO
4.1 La raccolta dei dati
4.2 Schede e potenziali scenari di recupero dei sottoprodotti di lavorazione del compensato di pioppo
SCHEDE SOTTOPRODOTTI
4.3 Concorso di idee

5. CAMPO DI APPLICAZIONE DEL PROGETTO: I RIVESTIMENTI
5.1 Selezione campo di applicazione
5.2 I rivestimenti d'involucro: tecnologia, ricerca e tendenze di mercato
5.2.1 I rivestimenti esterni come finitura e protezione
5.2.2. Le facciate ventilate
5.2.4 Il rivestimento interno come finitura
5.2.5 I pannelli fonoassorbenti
5.3 I trattamenti sul legno

6. IL PROGETTO
6.1 Il rivestimento esterno
6.1.1. Il concept
6.1.2. Progetti e prototipi preliminari
6.1.3. I pannelli e gli ancoraggi

SQUARE
SHINGLE
6.2 Il rivestimento interno
6.2.1. Il concept
6.2.2. Progetti e prototipi preliminari
6.2.3. Il pannello e i dettagli tecnologici
FLAT
GROOVE
WAVE
HOLE
6.3 Schemi di montaggio
6.4 I prototipi finali

7. IL RIVESTIMENTO INTERNO COME PANNELLO ACUSTICO
7.1 Il riverbero
7.2 I materiali fonoassorbenti
7.3 La misura del coefficiente di assorbimento
7.4 La camera riverberante del Politecnico di Torino
7.5 Le prove acustiche dei pannelli di progetto
7.6 I risultati e le comparazioni

8. L'ANALISI AMBIENTALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO CON IL RIUTILIZZO DEGLI SCARTI DI PRODUZIONE
8.1 Life Cycle Assesment
8.2 Il software SimaPro
8.3 Analisi ambientale del ciclo produttivo: il compensato di pioppo.
8.4 Analisi ambientale a scala di prodotto: LCA pannelli LineaUp.

9. CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

ALLEGATI

ABSTRACT

L'utilizzo di **materiali di recupero** è una pratica sempre più diffusa negli ultimi anni, la causa principale è la necessità di preservare la Terra e le sue risorse.
La normativa italiana prevede, nel Codice ambiente (D.gls 152/2006) e successive modificazioni, il recupero dei rifiuti attraverso il riciclo, il riuso o altri processi, e ne definisce il concetto di sottoprodotto.

In questo quadro normativo è inserito il lavoro di tesi, che ha come obiettivo generale la realizzazione di **tecnologie innovative** a basso impatto ambientale, per il recupero di scarti della produzione del compensato di pioppo.

L'analisi svolta, sull'intero ciclo produttivo dell'azienda E.Vigolungo S.p.a., ha evidenziato la presenza di otto tipologie di prodotti di scarto: la corteccia, il cippato, il tondello, le liste di sfogliato, i residui di colla, i residui di squadratura, la carta abrasiva e le ceneri e dei relativi possibili scenari di recupero già presenti sul mercato. I tondello e i residui di squadratura sono stati utilizzati per la progettazione di elementi tecnologici di involucro.

La progettazione si è posta i seguenti **obiettivi**: il riciclo dei sottoprodotti in ottica di upcycling, l'assemblaggio a secco e il ridotto impatto ambientale. E' stata ideata una linea di rivestimenti interni ed esterni chiamata LineaUp.

Tutti i pannelli della linea sono stati analizzati con il metodo **LCA**. I risultati dell'analisi hanno evidenziato un basso impatto dovuto alle poche fasi del ciclo produttivo (taglio, assemblaggio e verniciatura) e alla quantità e tipologia di materiali utilizzati. In particolare, i sottoprodotti non incidono sugli impatti in quanto scarti.

Si è posta particolare attenzione nel caratterizzare acusticamente i rivestimenti interni. La realizzazione di prototipi in scala 1:1 ha permesso di valutare in camera anecoica le prestazioni fonoassorbenti dei pannelli, evidenziandone, per alcuni, un alto livello di **fonoassorbimento**.

Si è infine valutato l'impatto del ciclo produttivo del compensato di pioppo con parziale recupero dei sottoprodotti, dimostrando l'efficacia del recupero a livello di sostenibilità ambientale ed economica.

Questo lavoro si pone nel quadro industriale italiano e europeo, sempre più interessato alla questione del degrado ambientale e dell'esaurimento delle risorse, proponendo metodologie di recupero degli scarti della produzione industriale del compensato di pioppo in grado di ridurre l'impatto del suo ciclo produttivo sull'ambiente.

Fonte: E.Vigolungo SpA

1. INTRODUZIONE

La grande quantità di materiale di scarto generata dai processi di produzione e da tutte le attività dell'uomo, è una delle cause principali di impatto ambientale.

L'Europa produce circa 600 milioni di tonnellate di rifiuti all'anno che potrebbero essere convertiti in materie prime e risorse (Bonafè, 2018).

La consapevolezza dell'ambiente e la scarsità delle risorse naturali ha portato, negli ultimi anni, a porre l'attenzione sull'**impatto degli scarti** e sull'**utilizzo dei sottoprodotti** nelle lavorazioni industriali. Questi ultimi potrebbero essere una valida alternativa all'impiego di risorse naturali che a livello economico incidono per circa il 40% sui costi totali di produzione (Bonafè, 2018).

La problematica dei rifiuti e dei sottoprodotti potrebbe essere ridimensionata mediante l'applicazione della **Circular Economy** che, come afferma la Ellen Macharthur Fundation: "è un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera". L'economia circolare è un'economia pianificata per auto-generarsi: un metodo innovativo che utilizza come materia prima gli scarti della produzione, prestando attenzione alle energie rinnovabili e alla progettazione versatile degli oggetti. Questo nuovo modello permette anche di proteggere l'ambiente, di risparmiare sui costi del ciclo produttivo e di ricavare maggiori utili.

La Comunità Europea stabilisce una gerarchia in materia di gestione dei rifiuti disponendo le opzioni che producono il minor impatto ambientale secondo una struttura piramidale. In cima alla piramide si trova la prevenzione, seguita dalla preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e, infine, dal recupero di energia. Alla base della piramide è collocata l'opzione meno sostenibile: lo smaltimento in discarica.

Nel documento del 2 dicembre 2015 intitolato: "L'anello mancante-Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare" (CE, 2015) viene sottolineata la necessità di promuovere i processi industriali innovativi grazie ai quali i rifiuti e i sottoprodotti di un impianto produttivo diventino risorse per una nuova produzione industriale.

In Italia, molte aziende hanno già applicato i principi dell'economia circolare investendo in nuove tecnologie produttive che mirano a reimpiegare i propri sottoprodotti o a utilizzare gli scarti di altre produzioni industriali o a progettare beni più durevoli e facilmente rigenerabili/riparabili o che siano facilmente smontabili.

Questa tesi si pone nel quadro industriale europeo, costituito da aziende sempre più interessate alla questione del degrado ambientale e a quello dell'esaurimento delle risorse,

evidenziando la presenza di numerose metodologie di recupero degli scarti della produzione industriale in grado di ridurre gli impatti ambientali dei cicli produttivi. La ricerca sviluppata in questa tesi si è infatti posta l'obiettivo di progettare componenti ecosostenibili per applicazioni nel settore architettonico a partire dai sottoprodotti dell'industria del legno.

La natura multidisciplinare di questo lavoro di tesi ha richiesto la correlazione di esperti nel settore del legno, della progettazione eco-sostenibile mediante analisi LCA e di acustica.

Il ciclo produttivo preso in esame è stato quello del compensato di pioppo della **E. Vigolungo S.p.a di Canale (CN)**. L'azienda ha manifestato la necessità di ridurre l'impatto ambientale ed economico causato dalla produzione di scarti e ha supportato la ricerca fornendo i materiali e i dati di produzione.

Lo studio si è sviluppato a partire da due analisi principali:

- la ricerca bibliografica, che ha permesso di reperire dati utili per la caratterizzazione dei sottoprodotti e di approfondire la conoscenza del compensato di pioppo, del legno di pioppo e degli adesivi;
- l'analisi del ciclo produttivo del compensato e l'individuazione e caratterizzazione di ogni sottoprodotto.

L'analisi di ciascun sottoprodotto è stata sviluppata a partire dalle informazioni reperibili in letteratura, dai dati forniti dall'azienda produttrice di compensato, la E. Vigolungo S.p.a., e dalle indicazioni fornite da aziende che impiegano sottoprodotti. Queste ultime hanno permesso di ampliare i possibili **scenari di recupero** degli scarti della produzione di compensato. I sottoprodotti sono stati inoltre caratterizzati presso il CREA-Centro di Ricerca Foreste e Legno di Casale Monferrato (AL). È stato infine bandito un Concorso di idee, all'interno del corso di 'Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura' della Laurea Magistrale in Progetto Sostenibile del Politecnico di Torino, aa. 2018-2019, coordinato dalla professoressa Simonetta Pagliolico, con l'obiettivo di elaborare concept progettuali per il riutilizzo degli scarti di produzione del compensato.

Concluse le fasi di analisi e di raccolta dati, la ricerca si è quindi focalizzata sulla progettazione. L'ambito di progetto è stato individuato in base alle necessità aziendali della E. Vigolungo S.p.a., alla simbiosi industriale con altre aziende e alla richiesta di mercato. Si è scelto quindi di realizzare elementi tecnologici di involucro quali rivestimenti per interni ed esterni.

La progettazione dei rivestimenti che si poneva come obiettivi:

- **il riciclo dei sottoprodotti in ottica di upcycling.**
- **l'assemblaggio a secco**
- **il minimo impatto ambientale**, con particolare attenzione ai materiali di finitura.

ha condotto all'ideazione della **LineaUp.**

La LineaUp propone rivestimenti esterni, con funzione di facciata ventilata o di semplice protezione, e rivestimenti interni, con funzione di finitura e di **fonoassorbimento**.
Alcuni prototipi di rivestimento interno sono stati realizzati in scala 1:1 e caratterizzati in camera anecoica presso il DENERG (Dipartimento di Energia) del Politecnico di Torino per valutarne il potere fonoassorbente.

Il ciclo produttivo dei pannelli è stato analizzato con il metodo **LCA**-Life Cycle Assessment che permette di verificarne l'impatto ambientale e di operare un confronto con gli elementi tecnologici tradizionali già presenti sul mercato.

Infine, è stato valutato, tramite analisi LCA, condotta in scala di processo, l'impatto ambientale dell'intero ciclo produttivo del compensato di pioppo con il recupero parziale degli scarti.

Grazie alla disponibilità del CREA-Centro di Ricerca Foreste e Legno di Casale Monferrato (AL), del LASTIN -Laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi del Politecnico di Torino e dell'azienda Sestriere Vernici di Nichelino(TO) è stato possibile sviluppare i prototipi utili alla stesura della ricerca.

Fonte: Vigolungo S.p.a

L'AZIENDA E.VIGOLUNGO S.P.A.

L'azienda analizzata in questa tesi è la E. Vigolungo S.p.a. di Canale(CN). L'azienda produce pannelli di compensato di pioppo per il settore dell'automotive, del fai da te, delle costruzioni, dell'edilizia, dell'arredamento e del packaging.

Lo stabilimento produce circa 40.000 m^3 di compensato di pioppo all'anno prelevando la materia prima dagli impianti di pioppeti a modello intensivo con clone I-214 di Barbero a Monticello Alba(CN) e Balzola(AL).

L'azienda ha permesso l'accesso allo stabilimento, ai materiali e ad alcuni dati di produzione.

2. IL LEGNO

IL LEGNO IN EDILIZIA

Il legno, come materiale da costruzione , offre numerosi vantaggi sia tecnici che prestazionali; inoltre è considerato, tra tutti i materiali da costruzione, il più sostenibile dal punto di vista ambientale. Negli ultimi anni sono stati messi a punto numerosi strumenti normativi, tecnici e legislativi che garantiscono al legno, utilizzato per manufatti, un'alta qualità su vari aspetti: resistenza strutturale, risparmio energetico, durabilità, salubrità, piacevolezza estetica e approvvigionamento della materia prima.

IL MATERIALE LEGNO

Il legno è definito come la parte del tronco e dei rami che si trova al di sotto dello strato corticale (definizione topografica) o come l'insieme degli elementi lignificati (definizione istochimica) prodotti dal meristema secondario (il "cambio"), in generale è un prodotto naturale di origine biologica.
Costituito da: un sistema longitudinale, ottenuto dalla disposizione dell'asse principale delle cellule parallelo a quello di accrescimento della pianta e che ne definisce la direzione della "fibratura" del legno, e un sistema radiale, con l'asse principale delle cellule perpendicolare a quello di accrescimento. Nel materiale legno si individuano tre direzioni fondamentali: una corrispondente alla fibratura del legno, la "direzione longitudinale", mentre le altre due, perpendicolari alla fibratura, sono dette "direzione radiale" e "direzione tangenziale".

Sebbene la composizione chimica risulti omogenea, il tessuto legnoso complessivamente risulta invece decisamente eterogeneo, come mostra la sezione schematica riportata [Fig 2.1], che individua i diversi componenti del tronco:

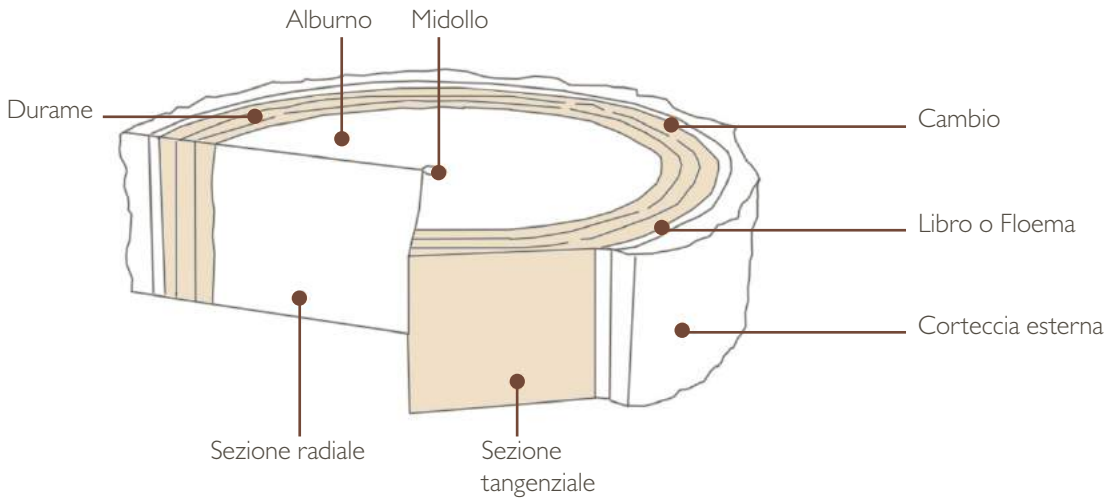


Fig 2.1 Sezione schematica tronco

- il LIBRO o FLOEMA, costituito da cellule morte (la corteccia) e cellule vive (i tubi cribrosi o floema). La corteccia protegge gli strati sottostanti dagli agenti esterni (chimici, meccanici e termici) e dall'aggressione dei parassiti. I tubi cribrosi (floema), che si situano nei pochi millimetri al di sotto della corteccia, si occupano del trasporto verso il basso della linfa dopo la produzione per attività clorofilliana da parte della chioma, processo necessario per l'accrescimento della pianta.
- il CAMBIO è costituito da cellule vive e consente l'accrescimento dell'albero in direzione diametrale. Questo strato genera: verso l'interno degli strati concentrici costituiti da nuove cellule (lo xilema) e verso l'esterno il floema. La stagione vegetativa è strettamente collegata al clima: nei climi tropicali e subtropicali è continua durante l'anno, mentre nei climi temperati è soggetta a stagionalità, con una pausa invernale e una notevole differenza quantitativa e qualitativa tra le cellule prodotte nel periodo primaverile, ampie e con parete sottile, e quelle prodotte nel periodo estivo ed autunnale, più piccole e con parete più spessa. Le prime hanno la prevalentemente funzione di conduzione, le seconde di sostegno meccanico (Pagliolico, 2017-2018).
- il LEGNO o XILEMA, costituito da cellule prodotte dal cambio, è formato da due parti: l'alburno, il legno più giovane situato negli strati più esterni al di sotto del cambio, che contiene cellule vive e ricche di sostanze di riserva utili per la formazione di nuove cellule e ha funzioni sia di sostegno che fisiologiche, e il durame, costituito da cellule lignificate con pareti impregnate di lignina originatesi per invecchiamento dell'alburno (duramificazione). Il durame, a differenza dell'alburno, ha maggior pesantezza, maggior durezza e maggior resistenza agli attacchi da insetti xilofagi, grazie anche all'assenza di amido (Pagliolico, 2017-2018).
- il MIDOLLO è una porzione piccola e soffice, generalmente di forma cilindrica, spesso presente al centro della sezione trasversale di un fusto, formatasi durante i primi stadi dell'accrescimento dell'albero e corrispondente alla posizione in cui si è venuto via via a trovare l'apice vegetativo (Pagliolico, 2017-2018).

LE CARATTERISTICHE

Una delle caratteristiche più importanti del legno è la sua igroscopicità; può contenere quantità variabili di acqua a seconda delle condizioni atmosferiche in cui si trova, rilasciandone e assorbendone per raggiungere l'equilibrio igroscopico con l'ambiente. Le modalità per la determinazione dell'umidità sono normate a livello europeo: essa è definita come la quantità di acqua presente nel legno, espressa in percentuale del peso del materiale completamente anidro:

$$u(\%) = 100\ (P_u - P_o)/P_o$$

dove P_u è il peso del campione, P_o il peso del campione allo stato anidro e $(P_u - P_o)$ è l'umidità assoluta. Il massimo di umidità relativa, anche al di sopra del 100%, si ha quando l'albero è in piedi e quindi i succhi salgono dalle radici fino alla chioma riempiendo completamente il lume cellulare, permeandone le pareti. Al momento del taglio dell'albero l'acqua evapora lentamente lasciando posto a aria e vapore. Quando l'acqua è completamente evaporata si raggiungerà il cosiddetto "punto di saturazione delle fibre" (umidità relativa media 30%) (Deidda, 2018).

A livello europeo viene considerata normale un'umidità del 12 %, ovvero quella di equilibrio igrometrico del legno con un ambiente a temperatura 20°C e umidità relativa del 65%. Nel caso di u% = 12% esiste ancora una parte di acqua di saturazione, mentre l'acqua libera è stata completamente eliminata. La marcata anisotropia nei ritiri, ovvero il comportamento non omogeneo nelle direzioni assiale, radiale e tangenziale, è tipico del legno. Essa comporta, passando dallo stato fresco a quello secco, una contrazione assiale dell'1%, una radiale variabile fra il 3% e il 7,5% e una tangenziale del 5,5%-15% (Pagliolico, 2017-2018).

Definite due delle più importanti caratteristiche del legno, sono sotto riportati i pro e i contro del materiale:

PRO Come precedentemente detto, il legno è una materia prima rinnovabile che non rilascia in ambiente sostanze nocive e si equilibra con l'umidità nell'aria. Ha ottime caratteristiche acustiche e termiche (che permettono un risparmio energetico), buone caratteristiche meccaniche, soprattutto se migliorate tramite la composizione di pannelli e travi in legno ingegnerizzato.
Le nuove tecniche costruttive prefabbricate permettono l'assemblaggio e il disassemblaggio in cantiere, con conseguente risparmio di tempo e costi legati e con la possibilità di prevedere il riutilizzo in altre costruzioni.

CONTRO La biodegradabilità, altra caratteristica del legno, è causa di diverse problematiche: trattandosi di un materiale naturale, infatti, esso è soggetto ad attacchi da parte di muffe, funghi e parassiti, per prevenire i quali è necessaria una manutenzione periodica.
Tra i contro può essere elencato anche l'impiego di tutti i prodotti necessari per la produzione di pannelli ingegnerizzati: adesivi, resine e prodotti chimici per la protezione. Sebbene siano al momento in corso sperimentazioni su prodotti similari per efficienza ma con impatto ambientale decisamente minore, attualmente l'uso della maggior parte di essi comporta un impatto ambientale evidente sul ciclo di produzione, non permettendo la termovalorizzazione del materiale a fine vita e rilasciando nell'ambiente, durante la fase di utilizzo, VOC (Composti Organici Volatili) che possono causare danni alla salute degli utilizzatori. Tra questi assume particolare importanza la formaldeide (uno dei principali componenti degli adesivi).

2.1 Il legno di pioppo

Il pioppo è una specie caratteristica delle zone temperate, dall'emisfero boreale sin quasi al circolo polare artico, che necessita di un'ottima esposizione solare (pianta eliofila) e di abbondante rifornimento idrico (pianta igrofila). Si posiziona principalmente in presenza di corsi d'acqua, di depositi terrosi formatisi a seguito di frane e lungo scarpate di sponda; in Italia le zone della Pianura Padana risultano le più favorevoli per la coltivazione.

Il pioppo è una specie, adattabile a diversi ambienti, che si propaga facilmente con un'alta velocità di accrescimento, producendo una materia prima che contribuisce alla diminuzione delle importazioni di legnami e semilavorati. La pioppicoltura è riconosciuta come l'unica forma di arboricoltura da legno praticabile in Italia con successo capace di rispondere alle esigenze dell'industria in tempi ristretti, grazie ai turni di coltivazione compresi tra i 10 e 12 anni.

CARATTERISTICHE MACROSCOPICHE

A livello macroscopico la sezione trasversale [Fig 2.2] del legno di pioppo è costituita da: un ampio alburno, biancastro con sfumature giallognole, con evidenti anelli di accrescimento ad ampiezza variabile e andamento regolare, un falso durame di colore bruno con bordi frastagliati e corteccia sottile (Deidda, 2018). Le caratteristiche riportate determinano la produzione di uno sfogliato chiaro con la presenza di venature poco visibili, ciò permette l'utilizzo dei pannelli per diverse finiture e/o nobilitazioni (Castro et al. 2014).

CARATTERISTICHE MICROSCOPICHE

Il legno di pioppo presenta una porosità omogenea [Fig 2.3]. Gli anelli di accrescimento sono individuabili per la sottile fascia, di colore solitamente chiaro, di parenchima terminale.
I raggi che lo costituiscono sono uniseriati ed omogenei, rettilinei e fini, con cellule procombenti e la loro omogeneità permette il riconoscimento del pioppo, distinguendolo dal salice che presenta i raggi parenchimatici eterogenei (Castro et al. 2014).

Fig 2.2 Rotella basale di pioppo

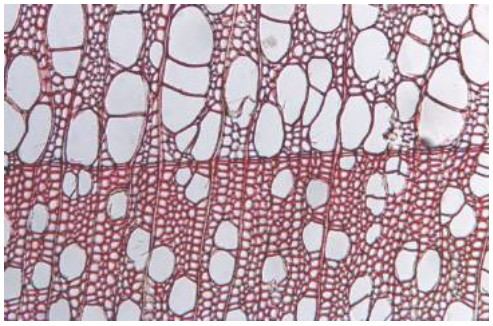


Fig 2.3 Sezione anatomica trasversale di legno di pioppo

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

Il pioppo è una specie molto diversificata. I nuovi metodi colturali sviluppati, i nuovi cloni studiati e le nuove specie spontanee nel nostro territorio non permettono di creare un profilo unico di caratteristiche del suo legno, caratterizzato in genere da un'ottima stabilità dimensionale, con deboli ritiri durante la stagionatura e una durezza abbastanza modesta. Non è resistente all'attacco di funghi ma durevole agli attacchi di insetti xilofagi. La massa volumica, all'umidità normale, varia da 350 a 500 kg/m^3(Castro et al. 2014). Nella Tabella 2.1 sono riportate le caratteristiche fisico-meccaniche principali(Castro et al. 2014).

Massa Volumica		Resistenze Meccaniche	
Allo stato fresco	600-900 kg/m3	Compressione assiale	21,5-41 N/mm^2
A umidità normale	300-520 kg/m3	Flessione statica	39-69 N/mm^2
Densità basale	280-420 kg/m3	Modulo di elasticità a flessione	6350-9150 N/mm^2
Ritiri totali		Resistenza a taglio	2,1-4,9 N/mm^2
Assiale	0,1 %	Resistenza a flessione	dinamica
Radiale	2,8 %	Resistenza all'usura superficiale	bassa
Tangenziale	6,3 %		
Volumetrico	9,8 %		

Tabella 2.1 Caratteristiche fisico-meccaniche principali

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Le caratteristiche tecnologiche variano a seconda degli usi e delle destinazioni del legno.
In generale la sfogliatura, processo di base per la produzione del compensato, è la lavorazione più adatta al legno del pioppo, specie se proveniente da piantagioni ben curate. La tinteggiatura, l'incollaggio e la verniciatura risultano abbastanza semplici e danno buoni risultati, a differenza della segagione e della tranciatura, con le quali si verificano problemi nelle fasi successive del processo di produzione. L'essiccazione risulta spesso difficoltosa, talora con successivi danni come collassi e deformazioni. Infine, a differenza dell'incollaggio che, come precedentemente detto, risulta vantaggioso, l'assemblaggio con viti o chiodi non comporta ottimi risultati registrando una scarsa tenuta e talvolta la formazione di difetti come fessurazioni (Castro et al. 2014).

DIFETTI

Il difetto, per definizione, è un elemento che costituisce imperfezione e diminuisce pregio, bellezza e funzionalità di qualcosa; un'anomalia che allontana un tronco dalla normalità. Questa definizione può definirsi relativa e non del tutto corretta per un albero. In alcuni casi un difetto può corrispondere ad una caratteristica ricercata, in altri, specie in ambito industriale, porta alla declassazione del materiale.

Difetti di origine abiotica:
Curvatura del fusto: conseguenza di eventi meteorologici come vento e neve, si verifica soprattutto nella fase giovanile di crescita della pianta.
Cretti da gelo: fessurazioni longitudinali dovute a forti escursioni termiche; le zone interessate non possono poi essere destinate alla sfogliatura
Contrafforti: la pianta sviluppa un ingrossamento alla base del fusto per ancorarsi ancora meglio al terreno.
Ellitticità: elevata differenza tra diametro maggiore e diametro minore; ciò causa problemi per "la messa in tondo" (prima fase della sfogliatura) poiché ha una minor resa di lavorazione.
Macchie brune: macchie sulla corteccia con necrosi causate da mancanza di acqua e nutrienti, in alcuni casi il legno è compromesso a tal punto da non poter essere destinato alla sfogliatura.

Difetti per le lavorazioni effettuate sulla pianta:
Nodi: la potatura, in alcuni casi inadeguata, nel corso della vita del pioppeto può comportare la presenza di nodi "visibili" (se sani e aderenti causano colorazione e fibratura anomala con la conseguente produzione di sfogliato di bassa qualità, se secchi - causati dallo staccarsi di rami morti - il legno ne risulta notevolmente declassato) e "non visibili" ("baffi", tracce particolari sul tronco che compromettono la qualità del tronco in proporzione alla loro dimensione).
Lesioni di agenti chimici, fisici e meccanici: lesioni causate da urti violenti di macchinari per la lavorazione del terreno o da uso scorretto di insetticidi e diserbanti. Le necrosi causate sul tronco comportano l'impossibilità di utilizzo del tronco per la sfogliatura (Castro et al. 2014).

2.2 Attività di selezione dei genotipi di pioppo

Negli anni '20 lo studioso Giovanni Jacometti inizia la raccolta, conservazione e successivo

miglioramento genetico del pioppo, con lo scopo iniziale principale di ottenere dei cloni che potessero resistere alle crisi economiche delle coltivazioni di pioppo. In questi anni infatti gli impianti italiani subiscono una terribile epidemia causata dal fungillo Venturia populina che provoca imbrunimento e disseccamento di foglie e germogli con conseguente perdita della chioma e aumento della vulnerabilità all'attacco dei parassiti (Deidda, 2018).
Lo studio di Jacometti porta all'individuazione di alcuni ibridi e incroci tra cui il clone 'I-214', attualmente il clone di pioppo più richiesto in Italia dalle industrie di prima trasformazione.
L''I-214' è un clone dal facile attecchimento che si adatta a diversi tipi di terreno con una costante velocità di accrescimento; permette una potatura facile ma anche la necessità di una particolare cura colturale. La conformazione del fusto, particolarmente sinuoso, in alcuni casi non consente di ottenere dei toppi basali con dimensioni adeguate per l'industria dei pannelli. La sua larga commercializzazione è dovuta principalmente alle sue caratteristiche tecnologiche: il legno ha un colore chiaro e la densità basale è contenuta rispetto a quella degli altri cloni (0,29 g/cm^3)(Abate-Daga, 2011). La necessità di una numerosa coltivazione dovuta all'elevata domanda, ne comporta un prezzo valore di mercato di circa 10 € in più rispetto ad altri cloni.
I successivi studi svolti dall'L'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura di Casale Monferrato(ora CREA-Centro di Ricerca Foreste e Legno), ma anche dal Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale di Roma, sono stati mirati alla ricerca di cloni più resistenti e con meno minor impatto ambientale.
I cloni di pioppo da coltivare devono essere scelti in funzione della destinazione finale del prodotto legnoso, delle caratteristiche pedo-climatiche del sito di impianto e di eventuali vincoli di natura ambientale. La scelta può essere attuata fra i cloni iscritti nei Registri nazionali dei Paesi europei, prediligendo quelli in grado di fornire legno di qualità, resistenti o tolleranti alle principali avversità biotiche. Per i cloni italiani è necessario fare riferimento al Registro Nazionale dei Materiali di Base (RNMB), categoria controllata.
In italia i cloni possono essere iscritti al Registro Nazionale dei Cloni Forestali, sezione integrante il Registro Nazionale dei Materiali di Base, dopo che l'organo competente, la Commissione Nazionale per il Pioppo, avvia una fase di sperimentazione per valutare alcuni requisiti del clone (colturali, biologici e tecnologici). Il registro Nazionale attualmente è costituito da 73 cloni di pioppo.

SELEZIONE CLONALE

La selezione dei cloni permette, attraverso una serie di prove, l'individuazione, tra le migliaia di semenze ottenute da incroci controllati o impollinazione libera, di materiali che potrebbero portare ad un conveniente impiego commerciale.
Nelle prime fasi di selezione si valutano, nelle pioppelle dei vari cloni, i caratteri che hanno un elevato grado di correlazione giovane-adulto e quelli più importanti per l'allevamento nella fase di vivaio. Le pioppelle selezionate (5-10%) sono collocate in piantagioni di "ramet" con spaziature fitte e senza replicazioni, e in vivai realizzati in altre condizioni pedo-climatiche. In questa fase i cloni selezionati, attraverso l'osservazione degli stessi caratteri della prima fase, sono circa il 10-25%, e sono successivamente impiegati per la realizzazione di piantagioni di prima selezione nelle località dei vivai; la spaziatura utilizzata in questo caso è quella impiegata solitamente per la pioppicoltura specializzata.
In questa fase, nello specifico a metà turno, viene valutato l'accrescimento in fase giovanile

ma anche l'architettura della chioma. Nelle varie località con condizioni pedo-climatiche diverse vengono realizzati piantagioni di seconda selezione con l'obiettivo la valutazione delle interazioni genotipo-ambiente.
Nella seconda metà del turno si valutano i caratteri di accrescimento, la conformazione della chioma e la forma del fusto, ma anche la resistenza alle "macchie brune". Infine, quando le piantagioni avranno raggiunto la maturità, i cloni sono pronti per prove tecnologiche sul legno e di trasformazione industriale (principalmente per la prova di sfogliatura) per valutarne la qualità del legno(Abate-Daga, 2011).

2.3 La coltivazione del pioppo

Le organizzazioni di categoria e gli istituti di ricerca si sono occupati, oltre che della ricerca dei cloni più resistenti, come precisato nel paragrafo precedente, anche dello studio della coltivazione di pioppo; tra questi in particolare il CREA - Centro di Ricerca Foreste e Legno(ex- Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura) di Casale Monferrato (AL), mirando all'ottimizzazione del legno di pioppo in Italia, con particolare attenzione ai nuovi metodi di coltivazione.
Il pioppo clone 'I-214', principalmente utilizzato in Italia e nel mondo è coltivato con colture intensive e turni compresi tra i 10 e i 12 anni. Gli impianti di pioppo sono studiati per ottenere la produzione di legno adatto all'industria di compensato. Molti sono i problemi legati alla coltivazione di questo clone, specie quelli legati ad attacchi fungini e di insetti, per i quali i centri di ricerca si occupano del miglioramento della coltura. Altro tipo di coltivazione, alternativa a quella intensiva, è la Short Rotation Forestry caratterizzata da turni che variano da 1 (turno svedese) a 5 anni (produzione da biomassa, carta e pallet)(Deidda, 2018).
La coltivazione si divide in 3 fasi, partendo dalla riproduzione dell'albero per talea fino al trasporto in industria: barbatellaio, vivaio e pioppeto.

IL BARBATELLAIO

La prima parte della coltivazione [Fig 2.4] è dedicata alla riproduzione delle talee. I pioppi si riproducono per via vegetativa da parti di se stessi, tipicamente da porzioni di fusto o ramo muniti di una gemma(talee) che, successivamente piantati, riescono a formare nuove radici.
Il barbatellaio è curato solitamente per tre anni. In un ettaro vengono piantate circa 62.500 talee che, dopo un anno di cure e nutrimenti, danno vita a 125.000 astoni destinati al vivaio (seconda fase di coltivazione). Tra il secondo e il terzo anno si considerano altri 937.500 e 918.750 astoni per ettaro.
Il terreno per accogliere il barbatellaio deve essere sottoposto a trattamenti prima e dopo l'impiego, come aratura, fresatura e discatura, ed essere concimato. Al terreno vengono effettuati anche trattamenti fitosanitari per evitare attacchi fungini e di insetti.
Infine, per gestire al meglio questa fase, è necessario irrigare: solitamente sono effettuati quattro interventi nel periodo estivo per ovviare alla carenza di precipitazioni: si stimano circa 3.000.000 l/ha si acqua per tre anni di coltivazione(Deidda, 2018).

IL VIVAIO

La seconda fase [Fig 2.5] è definita vivaio ed è la parte più importante della vita della pianta

poiché gli astoni devono essere curati così che il fusto cresca dritto e senza imperfezioni che, come detto in precedenza, porterebbero al declassamento del legno.
Il vivaio dura da 1 a 2 anni; a fine periodo una buona pioppella non deve presentare particolari difetti, il tronco deve svilupparsi quanto più dritto possibile e non deve aver contratto malattie fogliari, funghi o insetti. In entrata in vivaio abbiamo 7.000 astoni circa per ettaro, ottenendo circa 7.000 pioppelle pronte per essere trasportate in pioppeto. Come nel caso del barbatellaio, anche il terreno per il vivaio deve essere predisposto con lavorazioni di aratura, discatura, fresatura e zappatura; deve inoltre essere concimato e sottoposto a trattamenti diserbanti e fitosanitari. L'irrigazione è importante ed avviene anche in questo caso quattro volte l'anno, con un totale di 2.000.000 l/ha di acqua(Deidda, 2018).

IL PIOPPETO

La terza fase, quella finale della vita del pioppo, è il pioppeto [Fig 2.6], che comprende i passaggi dall'uscita della pioppella dal vivaio fino all'abbattimento della pianta per il trasporto all'industria.
Molto importante in questa fase è la scelta del terreno, che deve essere sabbio-limoso o sabbio-argilloso, con una profondità adatta per permettere lo sviluppo delle radici e ricco di nutrienti e di acqua. I terreni scelti non devono presentare il rischio che si verifichino fenomeni di asfissia, come può avvenire ad esempio in quelli troppo compatti, ma non devono presentare neanche trame e strutture troppo aperte che portanoal non accumulo della fornitura idrica necessaria per il pioppeto.
Altra scelta importante è la tipologia di coltivazione in relazione all'ambiente ma anche alla finalità di impiego del legno. La spaziatura è definita in base al terreno e alla fertilità; essa influisce sulla produttività e la durata del turno: più le pioppelle sono lontane più sarà lungo il turno ma più saranno fitte e minore sarà la qualità del legno. Generalmente il numero di piante ad ettaro è attorno ai 250-280 esemplari; si può decidere se piantarli sui vertici di un quadrato (5,5x5,5 ; 6x6), di un rettangolo (6x5 ; 7x4; 7x5), di un triangolo equilatero o a settonce (6,5x5,19; 6,5x5,62). L'impianto deve essere effettuato con pioppelle a riposo vegetativo: nel nord Italia si intende nel periodo da fine novembre ai primi di marzo, nel sud Italia fino a febbraio.
Il tempo di passaggio dal prelievo in vivaio alla messa a dimora nel pioppeto deve essere il più breve possibile, così da evitare l'esposizione ad agenti atmosferici (vento, gelo) che potrebbero danneggiare l'esemplare; in caso contrario la pioppella viene immersa totalmente o parzialmente in acqua per circa una settimana prima della messa a dimora.
La realizzazione di buche per la messa a dimora è necessariamente preceduta da alcune lavorazioni del terreno. Nel caso in cui il terreno ospitava precedentemente un altro pioppeto, la prima fase è la cippatura, per eliminare i residui di radici e ceppaie della precedente piantagione. Successivamente, per mezzo di arature, affinamenti, concimazioni e trattamenti diserbanti, il terreno viene lavorato per renderlo uniforme e pronto per l'apertura delle buche che accoglieranno le pioppelle. Posizionate le piante avviene la chiusura delle buche, molto importante per evitare il danneggiamento del tronco. Dopo il primo anno di impianto può capitare che qualche pianta non riesca a sopravvivere, e verrà poi sostituita con una pioppella, generalmente dello stesso clone usato nell'impianto.
La durata del turno è una scelta molto importante: è il tempo che intercorre tra la messa a dimora e l'abbattimento del pioppeto, ed è selezionato in base ad esigenze economiche, tecniche, biologiche e sanitarie.

In generale ne vengono distinti 4 diversi:
Turno fisiocratico: è l'11° anno di impianto, anno in cui l'incremento medio della produzione risulta massimo. Non sempre risulta conveniente a livello economico.
Turno finanziario: corrisponde solitamente anche questo all'11° anno e viene calcolato in base alle spese sostenute, gli interessi sui capitali anticipati e le condizioni del mercato.
Turno tecnico: è un turno legato alle richieste del mercato, nel caso dell'Italia - in cui la maggiore richiesta è data dall'industria del compensato - si basa sul raggiungimento delle dimensioni ottimali per la sfogliatura (circa 30 cm a petto d'uomo).
Turno patologico: turno pericoloso poiché legato alla resistenza del clone alle malattie.Nell'intero periodo di coltivazione è prevista la manutenzione del terreno, che prevede interventi con l'obiettivo di modificarne la struttura e di eliminare la vegetazione spontanea:
- La concimazione, effettuata nei primi 5 anni poiché gli esemplari più giovani reagiscono meglio alla fertilizzazione, è effettuata per un normale accrescimento della pianta: vengono infatti concimati prodotti per ripristinare nel terreno la quantità necessaria di azoto (N), potassio (K2O) e fosforo (P2O5). In alcune zone la concimazione non è necessaria poiché il terreno, ad esempio nei pressi delle golene del Po, non è carente di nutrienti. Un pioppeto con turno di 10-12 anni, per produrre 90 t/ha di sostanza secca, necessita di: 163 kg/ha di azoto (N), 75 kg/ha di fosforo (P2O5), 239 kg/ha di potassio (K2O) e 580 kg/ha di calcio (CaO)(Deidda, 2018).
- I trattamenti fitosanitari, effettuati per tutto il periodo di coltivazione, dipendono dal clone utilizzato; ad esempio, nel caso del clone 'I-214', sono effettuati trattamenti contro il Puntuerolo, la Saperda, la Marssonina, l'Ifantria e l'Afide Lanigero.
- L'approvvigionamento idrico è importante per la crescita; anch'esso dipende dalla qualità del terreno, nello specifico dagli apporti naturali e dalle perdite. Gli interventi di irrigazione vanno da un minimo di 2 a un massimo di 4-5 l'anno, e vengono effettuati soprattutto nel periodo estivo. Il metodo più comune di irrigazione è quello a scorrimento.
- La potatura è necessaria per ripulire il tronco riducendo la presenza di nodi che declasserebbero il prodotto finale.
Gli interventi sono effettuati nei primi cinque anni, durante il periodo di riposo vegetativo.
Alla fine del turno, il tronco viene tagliato alla base per essere ripulito e tagliato in base alle lunghezze necessarie per la vendita alle industrie o a commercianti

Fig 2.4 Il Barbatellaio

utilizzatori. L'acquirente può offrire al proprietario un prezzo stimato a corpo per l'intero lotto o un prezzo unitario per il legname. Nella Tabella 2.2 sono riportati alcuni dati relativi ai prezzi (2012) corrispondenti alle diverse caratteristiche.
Il prodotto finale è poi ripartito per ottenere: una parte destinata alla sfogliatura per compensato e una quota per la produzione di segato per pannelli listellari, imballaggi e componenti di arredo; la restante parte è triturata per la produzione di pannelli di particelle e fibre, pasta per cemento e biomassa per usi energetici.

Assortimenti (toppi o tronchetti)	Requisiti dimensionali	Prezzo franco stabilimento(€/t)
per compensato	Ø minimo: 22 cm Lunghezze: 310, 260, 220, 190, 180,160 , 130 cm	Prima qualità: 125 - 185 Seconda qualità: 90 - 115
per imballaggi ortofrutticoli	Ø minimo: 20 cm Lunghezze varie a partire da 110 cm	50 - 90
per paniforti (listellare)	Ø minimo: 16 cm Lunghezze varie, solitamente 190 cm	55 -70
da sega (inclusi pallet)	Ø compreso tra 18 e 25 cm Lunghezze: >250 cm (in genere 400) cm	55 -70
da cartiera	Ø compreso 10 e 18 cm Lunghezza: 200 cm	40 - 50
da triturazione	Ø compreso 3 e 10 cm Lunghezza: 220 cm	25 - 40

Tabella 2.2 Principali caratteristiche e prezzi (al 2012) degli assortimenti di pioppo destinati all'industria di trasformazione (Castro et al. 2014)

Fig 2.5 Il Vivaio

Fig 2.6 Il Pioppeto

Sotto si riporta la schematizzazione degli assortimenti ritraibili dal pioppo [Fig 2.7] a fine coltivazione con la ripartizione sopra citata e le corrispondenti destinazioni del materiale.
La produzione deve portare a un maggior volume possibile di legname di alta qualità tale da assorbire i costi della parte di pregio inferiore, la cui commercializzazione è sempre più difficile.
La produzione deve portare a un maggior volume possibile di legname di alta qualità, tale da assorbire i costi delle porzioni di pregio inferiore, la cui commercializzazione è sempre più difficile.
In termini ambientali ed ecologici, i corridoi verdi rivestono notevole importanza per le zone fluviali per la capacità di rallentare le erosioni dei suoli e assumono particolare importanza per la biodiversità e per lo stoccaggio del carbonio, ma anche per l'azione fitodepurante dei reflui e di bonifica di suoli contaminati.
Infine il pioppo è considerato il punto di partenza per la filiera corta dell'industria del legno e del mobile in Italia.

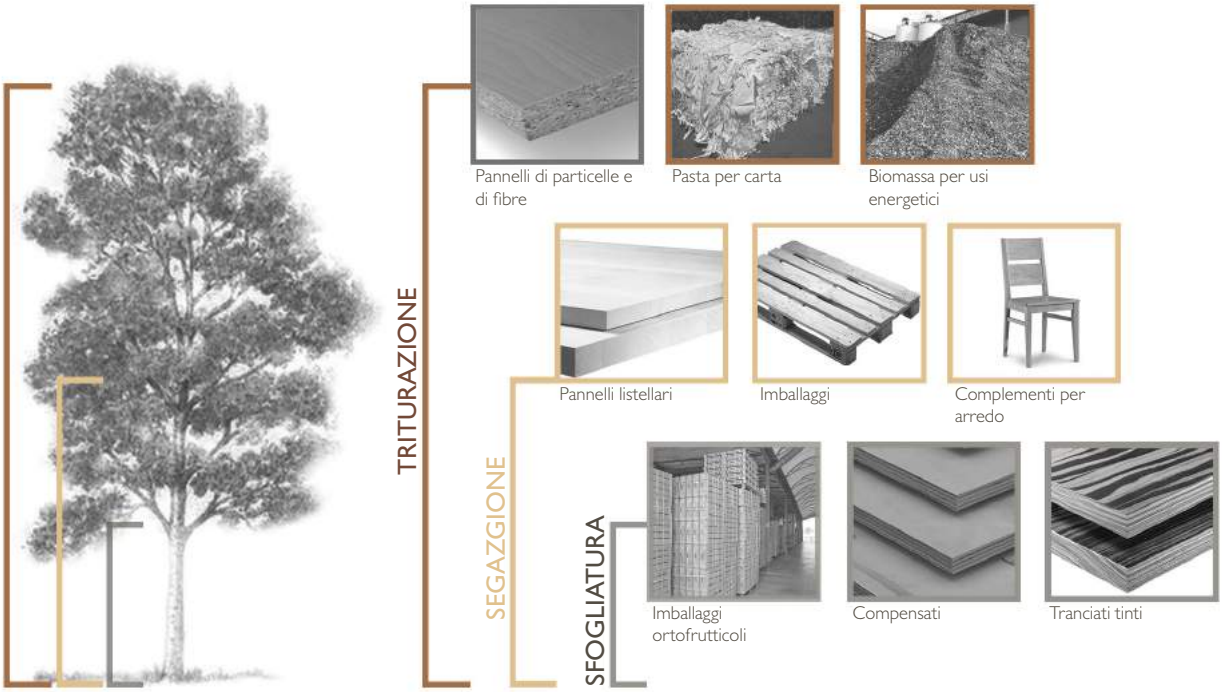


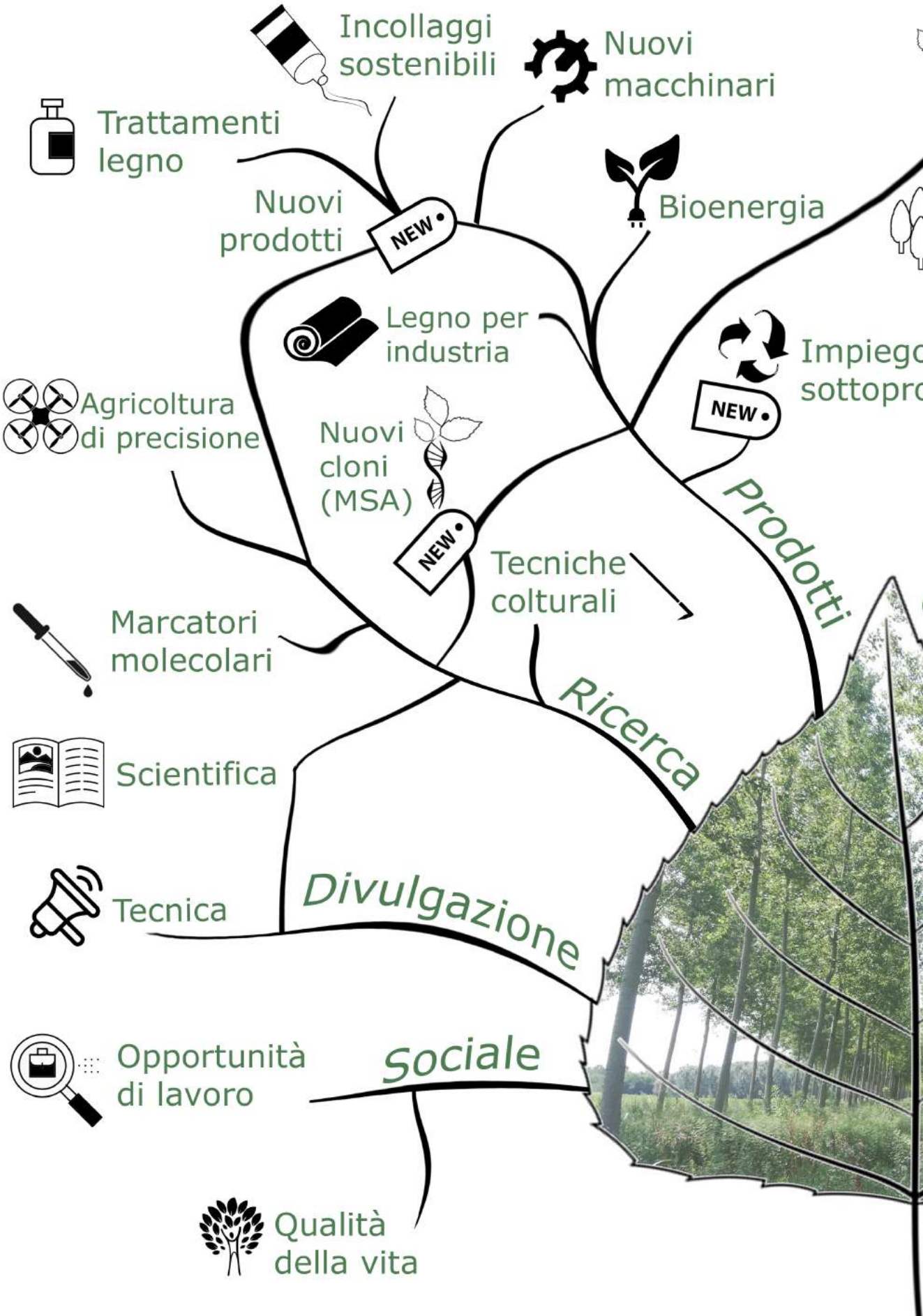
Fig 2.7 Tripartizione tronco e successive destinazioni del materiale

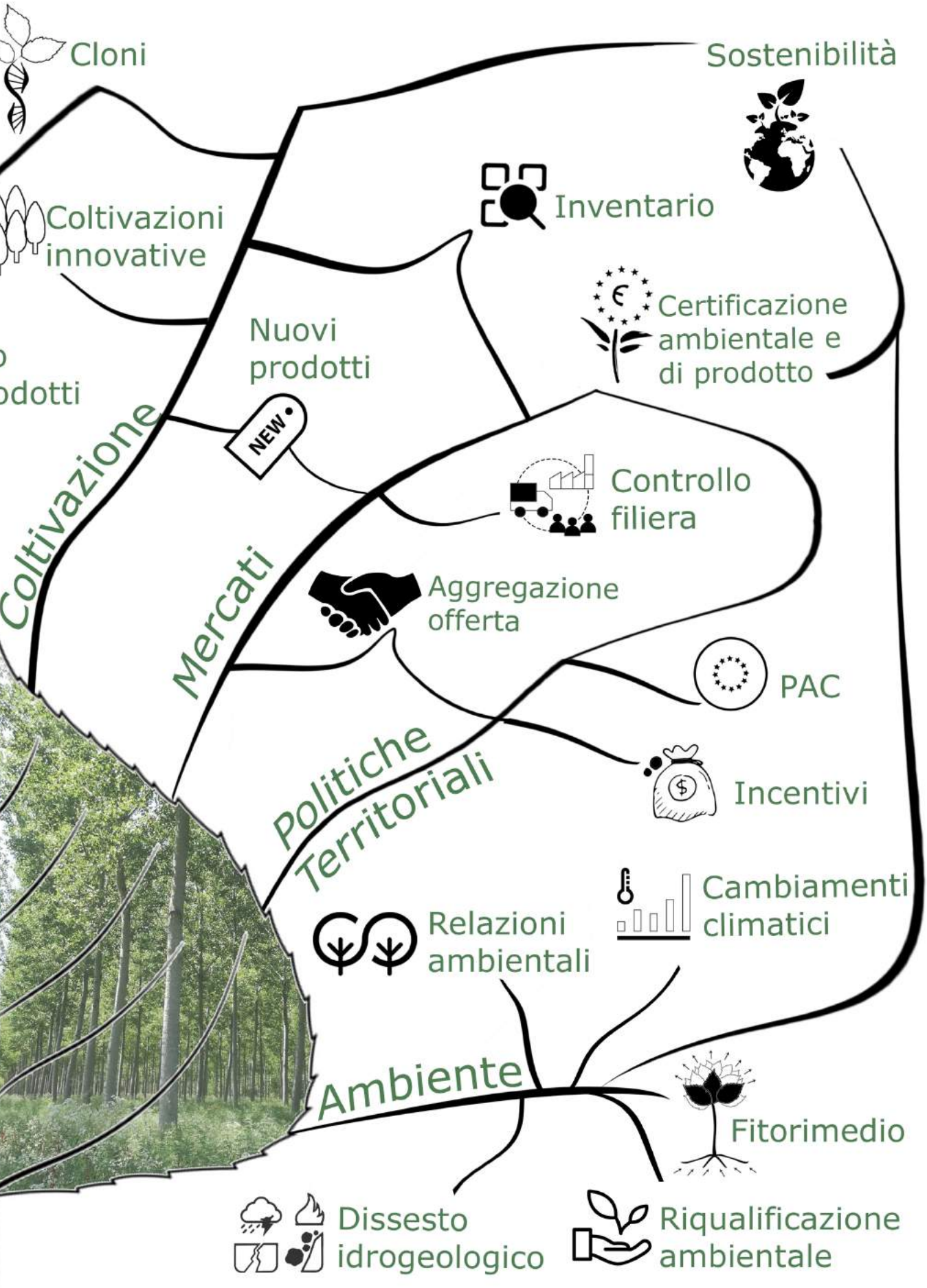
2.4 Poplar Mind Map

Le filiere basate sull'impiego del legno di pioppo e dei suoi derivati rappresentano un'eccellenza dell'Italia agricola ed industriale riconosciuta a livello internazionale.
La produzione di legno di pioppo ha una particolare rilevanza nel comparto legno-arredo-carta italiano. Nel nostro Paese praticano la pioppicoltura oltre 10 mila imprese agricole, di cui la quasi totalità sono aziende diretto-coltivatrici (CGA, 2010). La capacità di produrre e fornire materia prima di elevata qualità deriva da una intensa attività di selezione clonale e di divulgazione di razionali tecniche colturali basate su un impiego di fitofarmaci e concimi minerali significativamente inferiore rispetto alle principali colture agrarie con le quali condivide le aree di coltivazione.

Produrre legno significa anche sottrarre all'atmosfera parte del carbonio, stoccandolo in prodotti e manufatti durevoli per l'arredamento e per l'edilizia, contribuendo positivamente quindi alla mitigazione dei cambiamenti climatici e alla protezione e miglioramento ambientale dei territori rurali. Tuttavia ancora scarsa è la conoscenza da parte del pubblico e delle istituzioni di tali effettivi benefici economici ed ambientali della pioppicoltura ed anche per tale motivo, decisioni politiche e programmatiche a livello nazionale ed europeo basate su evidenze atte a supportare correttamente le scelte imprenditoriali nell'ambito delle filiere agroindustriali faticano e tardano ad arrivare.
Nell'ambito pioppicolo la ricerca può e deve lavorare su molti differenti fronti per permettere produzioni sostenibili di legno (e derivati) di alta qualità, favorendo lo sviluppo economico del settore e dei mercati ad esso collegati, anche attraverso politiche territoriali innovative e divulgazione (Corona, 2018).
Gli obiettivi della ricerca, ad oggi, sintetizzati nella Poplar Mind Map [Fig 2.8], sono finalizzati principalmente a:
- selezionare nuovi genotipi di pioppo (cloni), sia attraverso la genetica classica che attraverso le nuove tecniche genetiche di laboratorio (Editing genetico) con elevate produzioni, legno di qualità e resistenza alle principali malattie, ma anche selezione di genotipi adatti non solo alla produzione di legno per l'industria e per l'energia ma anche alla fitodepurazione di matrici contaminate, alla protezione ambientale e alla produzione di materiali innovativi (plastiche, colle, ecc)
- messa a punto di sistemi colturali innovativi, adattati sia alle esigenze dei nuovi genotipi, più rustici, a crescita elevata, sia ai cambiamenti climatici ma anche sociali e di mercato; modelli colturali in grado di assicurare elevate produzioni in tempi brevi e con basso impatto economico ed ambientale ma anche di differenziare in termini sia di tempo che di qualità, i prodotti ottenibili (impianti policiclici, agroforestry)
- applicazione di nuove tecnologie: nuove macchine più performanti (trapiantatrici e harvester soprattutto), ma anche informatica e droni per una pioppicoltura di precisione, recupero di cave, protezione dal dissesto idrogeologico
- sviluppo di nuovi settori di applicazione del pioppo e della pioppicoltura: fitodepurazione, fasce tampone,
- sviluppo di nuovi prodotti e materiali a base legno: pannelli ingegnerizzati per scopi costruttivi (x-lam), ma anche plastiche, colle e altri prodotti di sintesi derivanti dal legno, come anche bio-etanolo e idrogeno
- sviluppo del settore a livello più ampio di filiera e di mercati, attraverso un monitoraggio costante (inventario della pioppicoltura) delle superfici coltivate, al fine di programmare le produzioni in base alla richiesta industriale di materia prima, e viceversa-, promuovere lo sviluppo della certificazione ambientale, per favorire l'acquisto di prodotti a basso impatto ambientale-, promuovere l'aggregazione dell'offerta per mantenere una offerta di mercato forte, sviluppare nuove e adeguare esistenti politiche territoriali di supporto agli agricoltori (PAC, PSR).
Ogni minimo progresso ed ogni effettiva nuova applicazione possibile necessitano infine di essere presentati e messi a conoscenza (divulgazione) al pubblico in maniera chiara e pratica direttamente agli addetti della filiera (agricoltori, tecnici, industriali) veri beneficiari della ricerca, e con metodo scientifico verso tutti gli altri gruppi di ricerca e sperimentazione nazionali e internazionali, al fine di divulgare il più ampiamente possibile i metodi (che devono poter essere ripetibili) e i risultati.

Fig 2.8 Poplar Mind Map, gli obiettivi della ricerca




Cloni
Sostenibilità
Inventario
Coltivazioni innovative
Certificazione ambientale e di prodotto
Nuovi prodotti
NEW
Coltivazione
Controllo filiera
Mercati
Aggregazione offerta
PAC
Politiche Territoriali
Incentivi
Cambiamenti climatici
Relazioni ambientali
Ambiente
Fitorimedio
Dissesto idrogeologico
Riqualificazione ambientale

Fonte: E.Vigolunco SpA

3. IL COMPENSATO

LA STORIA

Il compensato è un materiale costituito da sfogliati di legno incollati tra loro. Utilizzato fin dai tempi degli antichi egizi per la realizzazione di elementi di arredo. Alla fine dell'800 sono stati effettuati i primi studi per la produzione industriale del compensato che presentava una serie di criticità legate all'utilizzo della colla poco resistente all'umidità, alla radiazione solare e all'acqua), ciò lo limitava al solo utilizzo per interni.
Negli anni '30 il dottor J. Nevin, ingegnere chimico, sviluppò una colla resistente all'acqua che aumentò le potenzialità del pannello. Lo sviluppo dell'economia e la ricostruzione industriale degli anni '50, associati alla cescente domanda di mobili considerati bene primario per una famiglia, provocarono una forte espansione dell'industria di compensato.
Gli anni successivi sono caratterizzati dallo sviluppo dell'industria del truciolare ma anche di pannelli di compensato più sottili. Negli anni 2000 le aziende italiane delocalizzano la produzione in altri paesi europei, come Ungheria e Romania, dove la materia prima è abbondante e i costi sono più contenuti. Oggi la prima trasformazione di compensato di pioppo, in Italia, è prevalentemente costituita da piccole o medie imprese, molte a conduzione familiare ma ben strutturate e aperte all'internazionalizzazione dei mercati (Castro et al. 2014).
Il processo produttivo, la composizione e la scelta del clone di pioppo influenzano la destinazione d'uso del pannello; gli usi prevalenti come detto in precedenza sono nel settore dell'arredamento ma il compensato è utilizzato anche per trasporti, giocattoli, edilizia, attrezzi per sport e sottopavimenti (Deidda, 2018).

Il pannello di compensato è formato da "piallacci", che possono essere tranciati o sfogliati a seconda del taglio avvenuto durante la produzione, solitamente di spessori tra 1,5 mm e 4,5 mm [Fig 3.1]. L'essiccamento dei fogli permette il successivo incollaggio, che avviene con fibratura incrociata e disposizione simmetrica rispetto allo strato centrale, con l'obiettivo di ottenere un pannello più resistente e con caratteristiche meccaniche uguali nelle due direzioni del piano. Grazie alla stratificazione, i ritiri e i rigonfiamenti dovuti alle variazioni di umidità ambientale e causati dal comportamento anisotropo del legno, sono contenuti. Gli adesivi utilizzati ed i trattamenti sul legno permettono l'utilizzo del compensato per interni e per esterni.

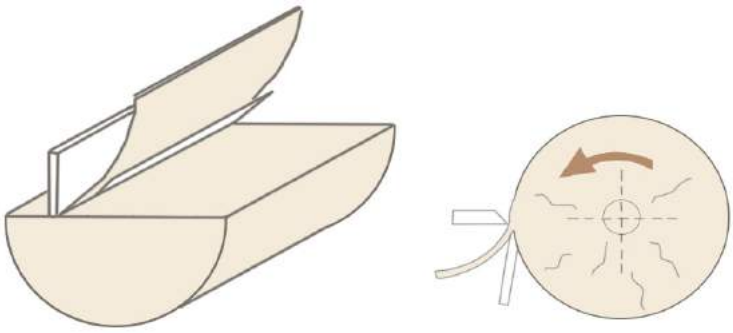


Fig 3.1 Processo di sfogliatura, il taglio a sinistra permette di ottenere il tranciato, a destra lo sfogliato.

I legni utilizzati per la produzione di compensato sono: Pioppo, Pino, Betulla, Faggio, Okoumè, Obeche, Fromager, Teak e Mogano (Deidda, 2018).

Nello specifico, il compensato di pioppo evidenzia tutte le peculiarità del legno usato: la leggerezza, il colore chiaro, la facilità di lavorazione e di incollaggio e la finitura. Si possono ottenere ampie superfici senza difetti, ideali anche come supporto per materiali decorativi. Le aziende produttrici mirano sempre di più alla produzione di pannello con caratteristiche funzionali e innovative per soddisfare le richieste tecnico-prestazionali (pannelli ignifughi, con inserti isolanti ecc).

3.1 Classificazione e normativa

Il compensato è classificato in base a diverse caratteristiche, quali: la specie legnosa utilizzata, l'aspetto superficiale delle facce, la composizione, il tipo di adesivo, la durabilità naturale del legno. L'insieme delle variabili citate determina le caratteristiche estetiche e prestazionali, ma anche le destinazioni commerciali preferenziali. Si riportano le varie classificazioni dettate da normativa.

CLASSI DI QUALITA'

La classe di qualità del compensato è individuata attraverso un esame visivo delle facce del pannello. Le norme che regolano questa classificazione sono: la UNI EN 635-1 che definisce i requisiti generali e la UNI EN 635-2 le caratteristiche minime e le relative tolleranze.
A ogni faccia del pannello viene assegnata una classe di qualità.
Le classi sono cinque (E, I,II, III e IV) e corrispondono ad una crescente presenza di difetti [Fig 3.2]; nello specifico:

Classe E: non è ammesso alcun difetto;

Classe I: Faccia che può restare visibile, ideale per ogni tipo di finitura (placcatura, verniciatura trasparente, satinatura ecc.). Sono ammessi pochi nodi a spillo oppure nodi sani ed aderenti senza fessurazioni. Sono ammesse anche colorazioni molto leggere, stuccature o lievi riparazioni ben eseguite e raccordate come colore con il resto della superficie;

Classe II: Faccia "naturale" con variazioni cromatiche e nodi sani, idonea per rivestimenti con laminato, vernici pigmentate o laccatura. Sono ammessi nodi sani aderenti fino al diametro di 35 mm; piccoli nodi cadenti o fessurazioni, purché ben stuccati. Ammesse inoltre colorazioni poco contrastate, occasionali macchie di adesivo, riparazioni e stuccature ben eseguite;

Classe III: Faccia "aperta", a richiesta stuccata, idonea per impieghi non visibili. Sono ammessi nodi sani aderenti fino ad un diametro di 50 mm; nodi cadenti, fessurazioni, inclusioni di corteccia e sormonti. Sono ammesse le colorazioni purché sane, le macchie di adesivo, le riparazioni e stuccature di ogni entità;

Classe IV: Faccia di compensato destinato all'imballaggio o a impieghi analoghi. Sono ammes-

se tutte le caratteristiche naturali del legno e i diversi difetti di lavorazione, purché la loro entità non pregiudichi la funzionalità del pannello (ad es. non sono ammessi attacchi fungini e inclusione di corpi ferrosi) (Castro et al. 2014).

CLASSI DI SERVIZIO

L'Eurocodice 5, UNI ENV 1995-1-1, definisce tre classi di servizio a seconda del clima di riferimento:

Classe 1: l'umidità del legno corrisponde a quella di un'esposizione a temperatura di 20°C e umidità relativa dell'aria superiore al 65% solo per poche settimane all'anno. In queste condizioni, l'umidità del compensato è inferiore al 12%;

Classe 2: l'umidità del legno corrisponde a quella di un'esposizione a temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria superiore all'85% solo per poche settimane all'anno. In queste condizioni, l'umidità del compensato è inferiore al 20%;

Classe 3: Le condizioni climatiche fanno si che il legno si equilibri ad umidità superiori a quelle previste dalla classe 2.

CLASSI DI DURATA DEL CARICO

L'Eurocodice 5 definisce anche cinque classi di durata del carico, e fornisce i i coefficienti modificativi dei valori caratteristici (k_{mod}) e delle deformazioni finali (k_{def}). [Tab 3.1] (Deidda, 2018)

TOLLERANZE DIMENSIONALI

La UNI EN 315 esprime le tolleranze dimensionali con riferimento ad un'umidità compresa tra l'8% ed il 12 %. [Tab 3.2]
I valori più bassi compresi in tabella sono riferiti a compensato con massa volumica minore, come il pioppo, i valori più alti al compensato con valori di massa volumica maggiori. [Tab 3.3]

RILASCIO DI FORMALDEIDE

Questa caratteristica, specie per interni, risulta molto rilevante.
La UNI EN 13986 appendice B classifica il compensato in due classi:

Secondo il metodo dell'analisi dei gas:

E1: rilascio ≤ 3,5 mg/m^2 h

E2: rilascio da 3,5 a 8 mg/m^2 h

Secondo il metodo del perforatore:

E1: rilascio ≤ 6,5 mg/100 g

E2: rilascio da 8 a 30 mg/100 g

CLASSI DI UTILIZZO

L'umidità dell'ambiente di posa e il rischio di attacco da parte di agenti di degrado biologico sono parametri che definiscono l'idoneità di un pannello in un determinato sito, la norma UNI EN 335 prevede 5 classi di utilizzo che corrispondono a esposizioni ambientali gradualmente più severe.
Nello specifico:

Classe di utilizzo 1 (ambiente interno secco): questa classe rappresenta situazioni in cui il pannello è riparato, protetto completamente dagli agenti atmosferici e in ambienti con bassa umidità relativa, in generale ambienti in cui non vi è rischio di attacchi fungini. In questa classe rientra il compensato destinato all'industria del mobile-arredo;

Classe di utilizzo 2 (ambiente interno umido e esterno sotto copertura): si tratta di situazioni in cui il pannello è riparato e protetto da agenti atmosferici diretti, ma l'elevata umidità relativa può determinare umidificazione occasionale che espone il pannello ad un rischio moderato di attacchi fungini. In questa classe rientrano i mobili da cucina, bagno o in generale l'arredo messo in opera in ambienti poco areati.

Classe di utilizzo 3 (ambiente esterno): in questa classe rientrano i pannelli non riparati da agenti atmosferici, ma non a contatto con il terreno o con acqua stagnante. Si tratta di ambienti esterni che determinano un'umidificazione temporanea o persistente del pannello e quindi un conseguente attacco biologico.

Le classi 4 e 5 comprendono situazioni più gravose per ciò che riguarda il rischio di biodegradamento, si tratta di legno a contato con il terreno o con acque salate. I compensati per queste classi devono resistere a severe sollecitazioni ambientali (Castro et al. 2014).

QUALITA' E CLASSI DI INCOLLAGGIO

Le varie classi di utilizzo dipendono dalla qualità e caratteristiche dell'incollaggio. Le norme che regolamentano la qualità dell'incollaggio sono le UNI EN 314 parte 1 e 2. La parte 1 descrive i metodi di prova, la parte 2 definisce i requisiti per le varie classi di incollaggio in funzione della loro destinazione d'uso.

La qualità dell'incollaggio è basata sulla capacità della colla di resistere all'azione dell'umidità in diverse condizioni ambientali.
Le classi di incollaggio sia per impieghi strutturali che non strutturali:

Classe di incollaggio 1, per uso in ambiente secco - tipicamente ottenuta utilizzando adesivi ureici (UF);

Classe di incollaggio 2, per uso in ambiente umido – in genere ottenuta con adesivi ureici rinforzati (MUF);

Classe di incollaggio 3, per uso in ambiente esterno – solitamente ottenuta con adesivi melamminici o fenolici (MUF + additivi, MF o PF) [Tab. 3.4 e 3.5] (Castro et al. 2014).

DURABILITA' BIOLOGICA

A seconda delle destinazioni di impiego previste è importante valutare, oltre alla classe d'incollaggio, anche la durabilità naturale del pannello di compensato. Le norme della serie UNI EN 335 elencano cinque classi connesse all'ambiente esterno e alle classi di servizio previste dall' EC5, le prime tre classi sono riferite agli impieghi tradizional, mentre le ultime due sono utilizzate per impieghi non tradizionali (Deidda, 2018).

Le classificazioni citate sono utilizzate per pannelli standard. Per pannelli particolari sono richieste anche altre caratteristiche come: l'attitudine alla finitura, le proprietà termiche, la tenuta al fissaggio e curvatura.

Classe E | Classe I | Classe II | Classe III | Classe IV

Fig 3.2 Esempio di ogni classe di aspetto delle facce di pannelli in compensato di pioppo.

	Classi di servizio (condizioni termoigrometriche)					
	1 - Interno		2 - Umido		3 - Esterno	
Permanente (> 10 anni)	0,60	0,80	0,60	1,00	0,50	2,50
Lunga durata (6 mesi- 10 anni)	0,70	0,50	0,70	0,60	0,55	1,80
Media durata (1 settimana- 6 mesi)	0,80	0,25	0,80	0,30	0,65	0,90
Breve durata (< 1 settimana)	0,90	0,00	0,90	0,00	0,70	0,40
Istantaneo	1,10	0,00	1,10	0,00	0,90	0,00

Tab 3.1 Classi di servizio e durata del carico da EC5 (UNI ENV 195-1-1)

	Differenza massima fra 2 punti dello stesso pannello (mm)		Tolleranza sullo spessore nominale in ogni punto (mm)	
Sp. nominale "t" (mm)	Compensati LEVIGATI	Compensati NON LEVIGATI	Compensati LEVIGATI	Compensati NON LEVIGATI
≥ 3 / ≤12	0,6	1,0	+ (0,2 + 0,03 t)	+ (0,8 + 0,03 t)
>12 / ≤25	0,6	1,3	- (0,4 + 0,03 t)	- (0,4 + 0,03 t)

Tab. 3.2Tolleranze dimensionali del compensato tratte dalla norma UNI EN 315

	Variazione percentuale (tra lo strato anidro e quello di competa imbibizione)	Variazione percentuale (per ogni 1 % di variazione dell'umidità di equilibrio)
Spessore	5 - 6 %	0,2 - 0,3 %
Lunghezza e larghezza	0,15 %	0,015 - 0,025 %

Tab. 3.3 Variazioni dimensionali del compensato tratto da "Guida all'uso del compensato in confomità alla norma UNI EN"

	Trattamenti preliminari	Miscele collanti
Classe I - Ambiente secco	> 24 h in acqua fredda (20 ° C)	Ureiche (UF)
Classe II - Ambiente secco	> 24 h in acqua fredda (20 ° C) > 6 h in acqua bollente, 1 h in acqua fredda	Melamin-ureiche (MUF)
Classe III - Ambiente esterno	> 24 h in acqua fredda (20 ° C) > 4 h in acqua bollente, 16-20 h in essiccazione, 4 h in acqua bollente, 1 h in acqua fredda, > 72 h in acqua bollente, 1 h in acqua fredda	Fenoliche (PF) Melamin-ureiche (MUF) oppure Melaminiche (MF)

Tab. 3.4 Trattamenti preliminari secondo la norma UNI EN 314-2

Trattamenti preliminari	
Resistenza media a taglio (N/mm^2)	Percentuale media di rottura coesiva nel legno (%)
0,2 - 0,4	> 80
0,4 - 0,6	> 60
0,6 - 1	> 40
> 1	Nessun requisito

Tab. 3.5 Requisiti di incollaggio secondo la norma UNI E 314 - 2

CLASSIFICAZIONE PER TIPOLOGIA DI PANNELLO

Compensato Tradizionale:

PIANO

Il compensato tradizionale è la tipologia di legno utilizzata principalmente per arredo e per rivestimenti interni, ma vi è un largo utilizzo anche per gli esterni, pur essendo necessarie caratteristiche elevate di tenuta all'acqua e all'umidità.
La norma UNI EN 313-1 "Pannelli di legno compensato- Classificazione e terminologia-Classificazione" suddivide le tipologie più diffuse in: compensato (o multistrato se formato da più di 5 strati), compensato ad anima listellare o"listellare" e compensato composito (Deidda, 2018).

Oltre alla suddivisione fatta dalla norma, in commercio i compensati tradizionali possono essere suddivisi a seconda della finitura esterna in: grezzi, levigati e rivestiti.
I pannelli rivestiti sono utilizzati per esigenze estetico-funzionali; sono molto diffusi nel settore dell'arredamento o della falegnameria, possono essere:
Placcati [Fig 3.3], rivestiti con del trinciato decorativo su una o entrambe le facce (detti con-

troplaccati). Il rivestimento è legno pregiato come l'acero, la betulla, il castagno, il ciliegio o un film plastico che simula la venatura del legno.
Nobilitati [Fig. 3.4], rivestiti con sottile rivestimento in legno o in altri materiali, come quelli sintetici (carte decorative, pvc, abs, polietilene, polistirolo). Il rivestimento dei pannelli nobilitati è resistente a sostanze e liquidi, pulibile e in alcuni casi verniciabile. L'economicità dei pannelli nobilitati trova largo impiego per la produzione dell' arredamento più economico.
Laminati [Fig 3.5], rivestiti con più fogli di carta o altro materiale, in seguito impregnati con resine termoindurenti. Possono essere suddivisi in due categorie a seconda del processo produttivo:

HPL: High Pressure Laminates, prodotti con procedimento ad alta pressione;
LPL: Low Pressure Laminates, prodotti con procedimento a bassa pressione;

I pannelli laminati si distinguono anche per le tipologie di resine utilizzate (melaminiche, poliesteri, ureiche-acriliche o acriliche-me-laminiche).
Resinati [3.6], rivestiti da un'idonea miscela collante che ne conferisce impermeabilità, resistenza alle intemperie e ai prodotti chimici. Utilizzabili anche con funzione strutturale, questi pannelli trovano largo impiego nei mezzi di trasporto pubblici.
Pannelli con tessuti, composti da componenti di basso pregio, con rivestimenti con tessuti naturali o sintetici, pellami, finte pelli o riproduzioni di foto.
Pannelli con elementi metallici [3.7], il rivestimento con elementi metallici conferisce proprietà meccaniche al materiale. Un esempio sono i pannelli con rivestimento di metallo laccato, che conferisce degli effetti cromatici, maggior durezza, tenuta e resistenza all'urto (Deidda, 2018)

Oltre a motivi estetici, si può intervenire per migliorare altre caratteristiche come la tenuta all'acqua, al fuoco, agli attacchi di funghi e insetti. I trattamenti possono essere effettuati superficialmente o nella struttura, amalgamando le sostanze nella miscela adesiva.
Tra i pannelli di questa tipologia abbiamo:
Pannelli di compensato idrorepellenti, che resistono a sbalzi di umidità e temperatura;
Pannelli di compensato ignoritardanti, che ritardano le fiamme fino a 60 minuti;
Pannelli antiparassiti, che resistono agli attacchi di microrganismi, batteri e licheni, detti anche pannelli anti muffa (Deidda, 2018).

CURVATO

I pannelli curvati o sagomati [Fig 3.8] sono realizzati in base alle destinazioni d'uso (solitamente arredo) e si differenziano dai piani per le diverse tecniche di fabbricazione.
Le tecniche per la curvatura possono essere:
Sagoma, controsagoma e pressa a vapore: i fogli già incollati su una sagoma e controsagoma, vengono pressati e con l'azione del calore, il componente si curva e gli strati aderiscono.
A guscio: i fogli sono posizionati su una sagoma a forma di cupola, dopo il posizionamento di un sacco di gomma in cui viene inserito un fluido si provoca un'andamento perfetto del pannello sulla sagoma.
Alta frequenza: l'utilizzo di adesivi sintetici ad alta pressione con il successivo riscaldamento per perdite dielettriche permette di ottenere pannelli curvati in minor tempo.

PREDEFINITO

Le lavorazioni effettuate ne determinano le proprietà estetiche e funzionali.
Tra i predefiniti abbiamo:
Pannelli postformati, componenti già finiti, nel formato, nel disegno e nelle finiture, e personalizzati in base ad esigenze del cliente. Un esempio sono le lavorazioni degli spigoli di piani da lavoro per renderli arrotondati o smussati. Se il pannello oltre a queste particolari lavorazioni, a richiesta dal cliente, presenta requisiti come impermeabilità, facilità di pulizia, mantenimento dimensionale e planarità, è definito pannello postformato prefedinito.
Pannelli pressati a rilievo, realizzati tramite l'inserimento del pannello in una pressa con stampo in duralluminio che, con la lavorazione a caldo ed elevata pressione, conferisce l'aspetto richiesto. Con questa tecnica sono realizzati tutti gli elementi con decorazioni, come ante di mobili o persiane.
Pannelli stampati, sono trattati con una prima applicazione che genera il colore alla base della stampa, successivamente vengono applicate le varie mani di tinta, per poi essere tutto essiccato all'aria calda. Dei rulli in acciaio riporteranno il disegno richiesto che sarà impresso sulla superficie con specifiche tinte. Infine viene ricoperto con una vernice nitro-ureica e viene effettuato il controllo sulla stampa.

COMPENSATI CON ANIMA

I compensati con anima, detti anche paniforte o paniforti, sono costituiti da due superfici e da un'anima centrale costituita da inserti in legno di sezione diversa.
L'inserto, che caratterizza il pannello, può essere listellare, lamellare o a blocchetti.
I paniforti listellari sono costituiti da un' anima di listelli con stessa sezione e vengono posizionati con la fibratura perpendicolare a quella dei rivestimenti, per compensare le tensioni del legno e rendere omogeneo il comportamento [Fig. 3.9].
I paniforti lamellari sono costituiti da un'inserto in lamelle, queste sono incollate tra loro di costa con la fibratura parallela a quella degli strati esterni [Fig 3.10].
I paniforti a blocchetti sono costituiti da un'inserto di blocchetti con sezione trasversale a contatto con le facce di rivestimento. Sono molto costosi quindi poco usati nell'arredo; hanno una elevata resistenza a compressione.
I pannelli tamburati [Fig. 3.11] sono pannelli con delle superfici di chiusura, un telaio perimetrale e con un'anima porosa, quest'ultima disposta in modo da lasciare dei vuoti a forma di celle o alveolari. I materiali utilizzati per l'anima possono essere: liste di segato o sfogliato, strisce di compensato curvato, carta ondulata o altri prodotti simili. I pannelli tamburati, utilizzati principalmente per ante di porte, tavoli e piani da lavoro, sono rinforzati in ogni punto in cui il pannello deve subire una connessione e deve garantire resistenza.

COMPENSATI COMPOSTI O PANNELLI SANDWICH

I pannelli sandwich sono i compensati utilizzati in edilizia per chiusure verticali e orizzontali e svolgono funzioni strutturali, termoisolanti, di isolamento acustico e di finitura estetica.
Come i compensati con anima, essi presentano e due facce di chiusura esterne che forniscono un'elevata resistenza meccanica. L'inserto può essere costituito da più lastre di polistirene espanso [Fig 3.12], di polistirolo granulare, di pvc [Fig. 3.13], di sughero [Fig.3.14], di gesso, di gomma semi rigida (sughergomm) e da una struttura reticolare di legno a celle piene di polistirene. I pannelli sandwich possono essere utilizzati per pavimenti, chiusure esterne o

interne, per autoveicoli, per carrozze ferroviarie o imbarcazioni.

COMPENSATO STRUTTURALE :

PANNELLO X-LAM

I pannelli X-LAM (o Cross lam) nascono da studi, svolti negli anni 90 in Austria e Germania, sulle modalità di utilizzo del legno per usi strutturali e per edifici di grandi dimensioni
L'X-LAM è costituito da tavole di legno, con spessore dai 15 ai 30 mm, incollate tra loro. Il numero di strati è dispari (da tre strati fino ad un massimo di nove) e la fibratura ruotata di 90°. La scelta del numero di strati da utilizzare in fase di progetto avviene in base alla destinazione d'uso. L'adesivo per l'incollaggio, adatto all'impiego strutturale, è a base di formaldeide o di poliuretani.
A differenza del compensato, il pannello X-Lam non segue una norma ad esso dedicata, ma si avvale delle norme sul legno strutturale lamellare. A causa di ciò non ci sono sul mercato dei formati standard univoci per tutte le aziende. Sono prodotti panneli di X-Lam piano e curvi, con processi produttivi complessi.
La finitura del pannello dipende dall'utilizzo: può essere grezzo o faccia a vista, in quest'ultimo caso gli strati più esterni possono essere realizzati di legno pregiato (senza difetti e giunzioni).
Il pannello X-Lam strutturale è adatto per applicazioni antisismiche.

Fig 3.3 Pannello placcato

Fig 3.4 Pannello nobilitato

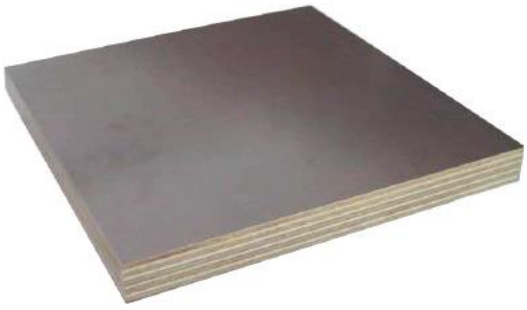


Fig 3.5 Pannello laminato metallico

Fig 3.6 Pannello resinato

Fig 3.7 Pannello con elementi metallici

Fig 3.8 Pannello flessibile

Fig 3.9 Pannello paniforte listellare

Fig 3.10 Pannello paniforte lamellare

Fig 3.11 Pannello paniforte tamburato

Fig 3.12 Anima in polistirene

Fig 3.13 Anima in pvc espanso

Fig 3.14 Anima in sughero

3.2 Il ciclo produttivo

Il compensato è un pannello di materiale legnoso prodotto mediante sfogliatura.
Gli sfogliati sono ottenuti dal taglio tangenziale di un tronco, successivamente tagliato in fogli delle dimensioni del pannello finale. Il successivo essiccamento permette la perdita di umidità; questa fase è necessaria per l'incollaggio e per le condizioni climatiche di impiego.
I fogli prodotti vengono selezionati in classi di qualità, sovrapposti a fibra incrociata e disposti simmetricamente rispetto allo strato centrale. Ogni sfogliato è trattato con adesivo su entrambe le facce. Il processo di pressatura rende il pannello più solido e permette di ottenere lo spessore richiesto. Nelle fasi finali vengono effettuati tutti i procedimenti di finitura, come la levigatura.
Il processo produttivo, già brevemente descritto, è simile in tutte le aziende specializzate.In questa tesi si fa riferimento al processo di produzione della E. Vigolungo S.p.a., azienda che ha fornito i dati che saranno analizzati nel capitolo 4.
Di seguito vengono analizzati nel dettaglio le fasi principali nel ciclo produttivo.

IL DEPOSITO

I tronchi arrivati in azienda dal pioppeto vengono sistemati nel piazzale dell'azienda [Fig 3.15] per essere sottoposti a una selezione in base al diametro e alla lunghezza. In periodi freddi avviene il riscaldamento del tronco, fase necessaria prima di qualsiasi altro tipo di lavorazione per ottenere umidità e temperatura adeguate. In alcune aziende sono predisposti spazi [Fig 3.16] appositi per lo scongelamento dei tronchi, riscaldati dalla centrale termica. Nella centrale termica dell'azienda è utilizzata biomassa come combustibile.

LA SCORTECCIATURA

Una fase fondamentale per la produzione di compensato è la scortecciatura che avviene tramite l'utilizzo di apposite macchine automatiche capaci di rilevare il diametro del tronco e di eliminare la corteccia tramite coltelli rotanti [Fig 3.17]. La corteccia è un residuo di questa fase e viene recuperato come biomassa per la caldaia dell'azienda stessa.

LA SFOGLIATURA

La macchina sfogliatrice accoglie, con dei rulli, i tronchi provenienti dalla scortecciatura.
Il tronco viene centrato con un laser che permette l'identificazione del diametro massimo sfogliabile e successivamente avviene la prima "limata" utile per rendere il ciclindro perfetto.
Inizia la sfogliatura che permette di ottenere un foglio dello spessore richiesto[Fig 3.18].
Le lame richiedono manutenzione, vengono rifilate e a fine vita smaltite e sostituite.
La sfogliatura produce degli scarti, quali: Il cippato ottenuto dalla prima "limata" e il tondello, la parte centrale del tronco.

ESSICCAZIONE

Tutti i fogli vengono essiccati, in essiccatore ad un temperatura alta di circa 170° per ridurre l'umidità dal 55% al 5% e garantire la stabilità [Fig 3.19].

Fig 3.15 Deposito tronchi

Fig 3.16 Spazio scongelamento tronchi

SELEZIONE

Gli sfogliati in uscita sono selezionati in base alle caratteristiche e alla destinazione d'uso successiva. La selezione a livello estetico, qualitativo e tecnico avviene manualmente o tramite macchinari [Fig 3.20]. I macchinari analizzano la superificie dei fogli tramite una telecamera e li suddivide in base alle differenti classi della norma UNI 635-1 e rispettando i criteri preimpostati dall'operatore e richiesti per la produzione di compensato.

INCOLLAGGIO

Alla macchina di incollaggio arrivano, attraverso rulli o muletti, gli sfogliati essiccati.
Il foglio passa attraverso dei rulli controrotanti ricoperti di colla [Fig 3. 21]. La colla viene posizionata solo sulle facce dei fogli orientati in direzione trasversale. Finito l'incollaggio degli sfogliati, vengono aggiunte manualmente le facce esterne, solitamente di maggiore pregio.

PRESSATURA

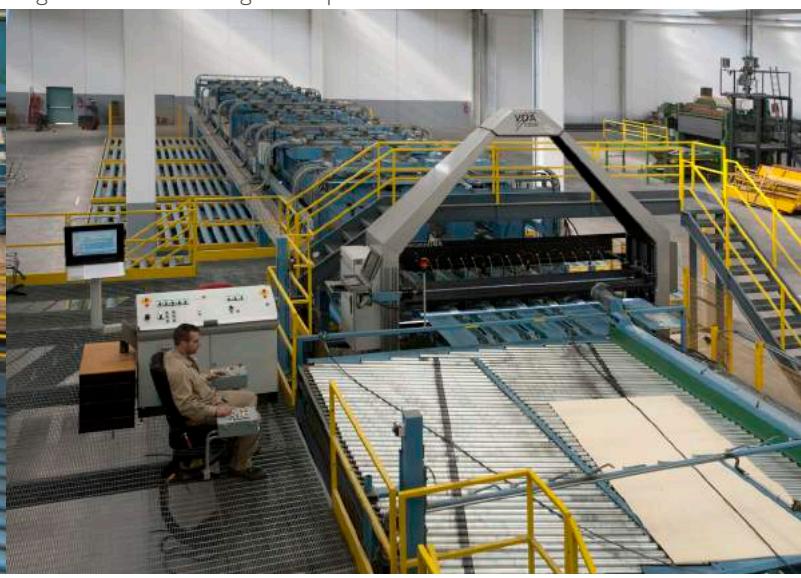
I vari fogli incollati vengono inviati alla pressa, che, pressando per circa 3-6 minuti ad una temperatura di 100-105°C, permette la realizzazione del pannello di compensato delle caratteristiche richieste [Fig 3.22].

Fig 3.17 Scortecciatura

Fig 3.18 Sfogliatura

Fig 3.19 Essiccazione

Fig 3.20 Selezione sfogliati di qualità



SBIANCATURA

La macchina sbiancante spruzza acqua ossigenata sulle facce dei panelli, è un trattamento effettuato a richiesta.

STUCCATURA

Dopo la fase di pressatura, il pannello viene trasportato tramite dei rulli ad un operatore che ne verifica le dimensioni (spessore) e la qualità delle facce. Le facce, se presentano difetti superficiali evidenti, saranno stuccate manualmente con stucco dello stesso colore del pannello [Fig 3.23].

GIUNTATURA

In una delle prime fasi, quella di controllo dello sfogliato essiccato, ci saranno dei fogli fuori misura, questi verranno, se di dimensioni accettabili, giuntati. I fogli giuntati sono reimmessi in produzione e andranno a costituire uno degli strati interni.

Fig 3.21 Incollaggio

Fig 3.22 Pressatura

Fig 3.23 Stuccatura

Fig 3.24 Squadratura

SQUADRATURA

I lati del pannello risultano irregolari quindi vengono avviati alla squadratrice che, mediante seghe circolari, regolarizza i quattro lati del pannello per ottenere il manufatto delle dimensioni richieste [Fig 3.24].
I residui della fase di squadratura contengono colla e quindi non possono essere utiizzati nelle caldaie a biomassa, vengono quindi smaltiti.

LEVIGATURA

L'ultima fase della filiera è la levigatura [Fig 3.25] che, mediante carta abrasiva, elimina le imperfezioni e permette di ottenere le facce dello spessore richiesto. Segue una fase di selezione dei pannelli. Il pannello non idoneo viene sottoposto nuovamente alla levigatura.

IMBALLAGGIO E SPEDIZIONE

Questo passaggio è totalmente a discrezione dell'azienda. La E. Vigolungo S.p.a. effettua un imballaggio minimo con fascette in acciaio e cartoni angolari riportanti il logo dell'azienda e le descrizioni del pannello [Fig 3.26].

Fig 3.25 Levigatura

Fig 3.26 Imballaggio

La caldaia a biomassa, che gestisce tutto il processo produttivo, è in parte alimentata dagli scarti della produzione.

Si riporta un diagramma di flusso che riassume le fasi del ciclo produttivo del compensato dell'azienda E. Vigolungo S.p.a. di Canale (CN) [Fig 3.27].

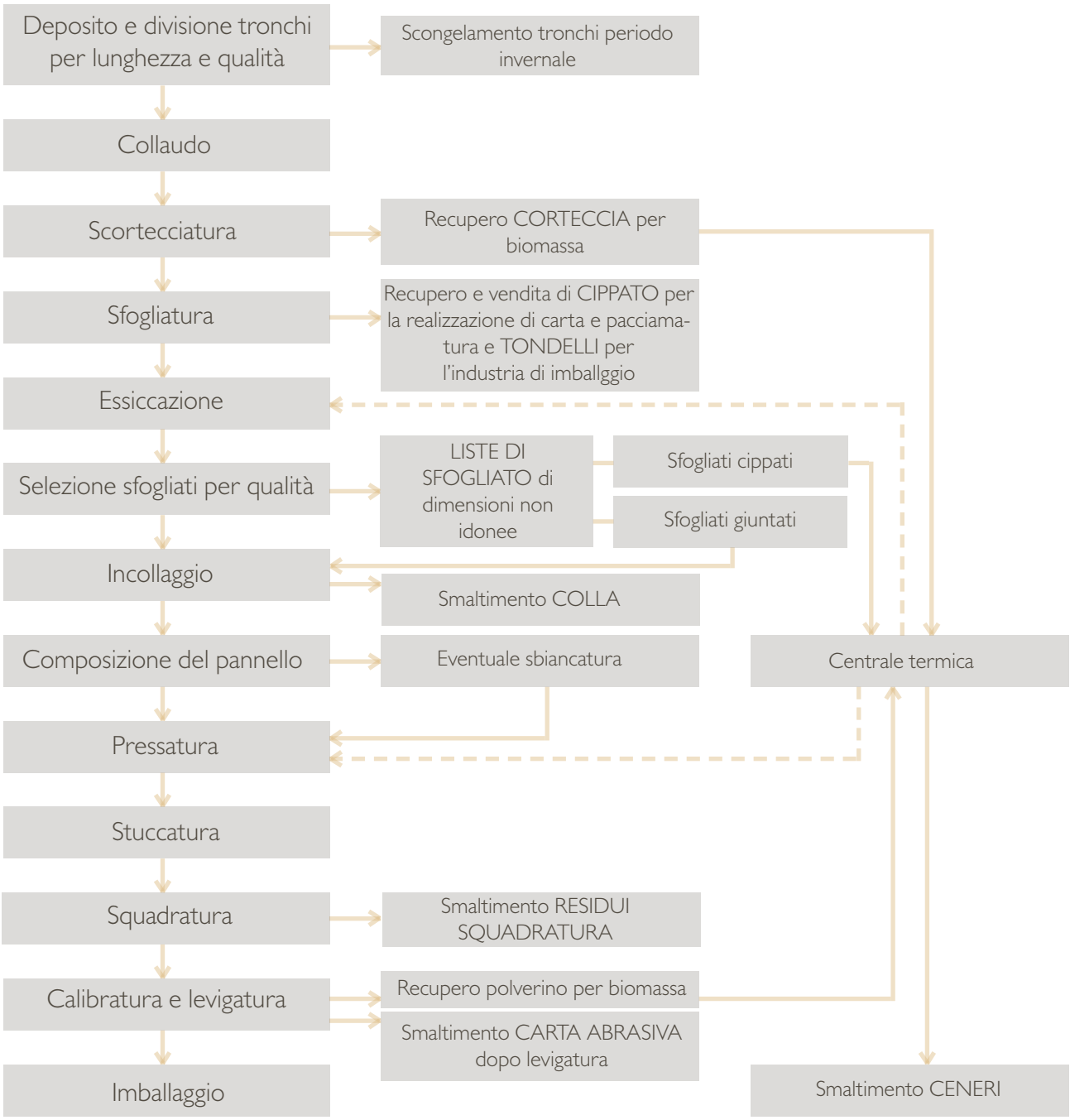


Fig 3.27 Diagramma di flusso produzione di compensato della E. Vigolungo di Canale (CN)

3.3 Gli adesivi

L'aspetto penalizzante dei pannelli a base legno, dal punto di vista ambientale, sono gli adesivi: la risposta adatta alle prestazioni meccaniche richieste dai produttori di pannelli è data dagli adesivi a base di resine sintetiche.
L'adesivo ha la funzione di creare un legame forte e permanente tra gli strati di sfogliato e di garantire la funzione strutturale del pannello (Deidda,2018).

La normativa che elenca i requisiti necessari e che definisce le classi di incollaggio è la UNI EN 314-2 (paragrafo 3.1). Nel caso del compensato per usi strutturali non esistono normative europee che definiscono la qualità degli adesivi, si fa riferimento alle norme nazionali (BS e DIN) (Deidda,2018).

Gli adesivi si presentano allo stato liquido e ciò consente alla miscela di introdursi anche nei pori. A seguito dell'applicazione, l'adesivo si polimerizza e solidifica. Questi prodotti sono classificati in vase al meccanismo di indurimento o alla loro natura chimica (Cope e al. 2005).

Gli adesivi possono essere costituiti da:
- Resine termoindurenti: questi polimeri sono resistenti al calore, alle sostanze chimiche, ai solventi e alle sollecitazioni meccaniche. Si tratta degli adesivi a base di formaldeide, melammine, fenoli, resorcina, poliuretano, resine epossidiche. Sono irreversibili poiché l'applicazione avviene sul materiale a caldo (100-185°), con conseguente polimerizzazione della resina con la lignina (Deidda, 2018).
- Resine termoplasitiche: in questa famiglia sono inclusi i poliamidi, policarbonati, polietilene, polistirene, polietilentereftalato. L'applicazione avviene a seguito della fusione del prodotto a 200-300°. A differenza dei termoindurenti, i termoplastici possono essere fusi nuovamente a temperature dai 60 ai 100°. Non sono adatti all'impiego sul legno (Deidda,2018).
- Elastomeri: florocarburi, nitrile fluorocarburi, nitrile, polibutadine, siliconi e resine naturali sono compresi in questa categoria.
- Fibre artificiali: questa famiglia comprende le fibre di carbone e di vetro.

Esistono diverse tipologie di adesivo, suddivise in base alla funzione, alle modalità di indurimento, al tipo di solvente. Fra queste si ricordano:
- Gli adesivi strutturali: si tratta solitamente di termoindurenti; sono adesivi che hanno la funzione di trasferire il carico tra le varie parti del componente. Queste resine sono le più utilizzate nel campo del legno ingegnerizzato.
- Gli adesivi a caldo: utilizzati principalmente per l'industria di libri e dell'imballaggio. Risultano essere meno resistenti degli strutturali.
- Gli adesivi a base acqua: utilizzati per l'imballaggio, nell'ultimo periodo trovano largo impiego anche nel settore dell'edilizia poiché a bassa emissione di VOC e privi di sostanze tossiche. Sono costituiti da polimeri naturali e sintetici dispersi in acqua.
- Gli adesivi sensibili alla pressione (PSA Pressure Sensitive Adhesives): in commercio in pellicole

e tessuti, si tratta di adesivi sviluppati per aderire alla minima pressione. Costituiti da polimeri naturali o altri più resistenti, come le resine acriliche.
- Gli adesivi foto-polimerizzanti: poco utilizzati per l'elevato costo della produzioni, permettono la polimerizzazione a temperatura ambiente se sottoposti ai raggi UV, IR o microonde. Utilizzati nell'ottica, nell'automotive, nell'elettronica e nella medicina.
- Gli adesivi ad alta temperatura: utilizzati nell'industria aerospaziale, nell'automotive e in aeronautica, garantiscono alta tenuta a situazioni ambientali quali sbalzi termici o umidità.
- Gli adesivi conduttori: utilizzati per l'adesione dei cavi in circuiti combinati, sono molto costosi poiché contententi argento e palladio.
- Gli adesivi nanocompositi: utili per tutte le applicazioni, ma con prezzi ancora molto elevati.

Gli adesivi termoindurenti sono i più adatti per l'impiego in legno ingegnerizzato. I più utilizzati sono a base di formaldeide.
Gli adesivi utilizzati per produrre il compensato di pioppo sono costituiti principalmente da resina urea formaldeide (UF) o melammina urea formaldeide (MUF), acqua, catalizzatori, additivi e farine vegetali (Pizzi, 2003). Gli adesivi a base di UF sono utilizzati per realizzare pannelli per uso interno a causa del degrado che subiscono a contatto con l'umidità, mentre gli adesivi a base di MUF vengono utilizzati per applicazioni esterne, grazie alla maggiore resistenza all'acqua dovuta alla presenza di melamina. La MUF risulta essere più costosa dell' UF.
Le resine amminiche sono polimeri termoindurenti sintetizzati per copolimerizzazione di urea e/o melamina con formaldeide.

L' adesivo **urea formaldeide** (**UF**) è stato sviluppato negli anni '30 ed è l'adesivo più diffuso per la produzione di compositi. Il 90% dei pannelli truciolari nel mondo è prodotto con resina UF. I principali vantaggi sono: la durezza, la bassa infiammabilità, le ottime proprietà termiche, l'assenza di colore del polimero indurito e l'adattabilità a una varietà di condizioni di polimerizzazione (Maiwand, 2008).
L'incollaggio viene effettuato solitamente per pressatura a caldo. All'aumento della quantità di adesivo utilizzato ne aumenterà la tenuta, ma anche il contenuto di formaldeide che il prodotto finito rilascerà durante il suo utilizzo (Deidda,2018).
La produzione di resine UF e MUF è molto complessa. I prodotti chimici primari utilizzati sono il metanolo e l'ammoniaca dai quali si ricavano rispettivamente la formaldeide, l'urea e la melammina. Il metanolo e l'ammoniaca sono sintetizzati a partire da petrolio e gas naturale (Maiwand, 2008).

Dopo la polimerizzazione gli adesivi urea formaldeide e melammina-urea-formaldeide possono emettere ancora formaldeide che, se inalata, è tossica e nociva.
Questo rilascio è dovuto alla mancata polimerizzazione di parte delle molecole dell'adesivo che, essendo libere, si disperdono nell'ambiente esterno.
È importante, quindi, porre attenzione all'utilizzo di queste sostanze negli ambienti interni. Il Ministero della Salute, nella circolare n. 57 del 22 giugno 1983, riporta il valore massimo di formaldeide ammissibile negli ambienti di vita uguale a 0,1 ppm (124 $\mu g/m^3$) poiché considerata come stanza con sospetta cancerogenità.
La formaldeide è una sostanza cancerogena (ECHA, 2018) e molti paesi hanno sviluppato normative ambientali per limitare l'emissione di prodotti a base di legno. In Italia il settore

legno-arredo è regolamentato dal Decreto Ministeriale del 10 Ottobre 2008 "che vieta la commercializzazione di prodotti che utilizzano pannelli a base legno con valori di emissione di formaldeide superiori a 0,1 ppm (0,124 mg/m^3)" (DM 10/10, 2008).

I BIOADESIVI

Le principali materie prime utilizzate per la produzione di formaldeide, urea e melammina e di energia necessaria al processo produttivo degli adesivi sono il gas naturale e il petrolio.

I bioasedivi sono materiali ottenuti a partire da fonti prevalentemente rinnovabili tramite opportune trasformazioni (Pizzi, 2006).
I vantaggi principali per i bioadesivi sono: l'uso di materia prima rinnovabile, la parziale biodegradabilità e la bassa tossicità. Gli svantaggi sono: gli elevati costi di produzione, la scarsa disponibilità sul mercato e la necessità di adattare il processo produttivo del compensato con costi aggiuntivi.

Tra i materiali utilizzati per la composizione dei bioadesivi ci sono i tannini, le lignine, i carboidrati e gli oli insaturi. Molto interesse è rivolto ai tannini e alle lignine che, grazie alla loro struttura possono essere comparati anche alle resine fenolo-formaldeide(PF) (Pizzi, 2006).
I bioadesivi commerciali contenfono tuttavia una certa quantità di resina sintetica, menre la ricerca di settore sta sviluppando bioadesivi primi di materiali sintetici (Pizzi, 2006).

LCA ADESIVI

L'analisi LCA (Life Cycle Assessment) permette di valutare gli impatti ambientali del ciclo di vita di un prodotto. L'analisi LCA effettuata da McDevitt e Grigsby (McDevitt, 2014) utilizzando Ecoindicator99 ha mostrato come il ciclo produttivo di un pannello di MDF che impiega adesivo UF abbia un impatto superiore al 22% di quello di un pannello prodotto con bioadesivo (McDevitt e al. 2014).

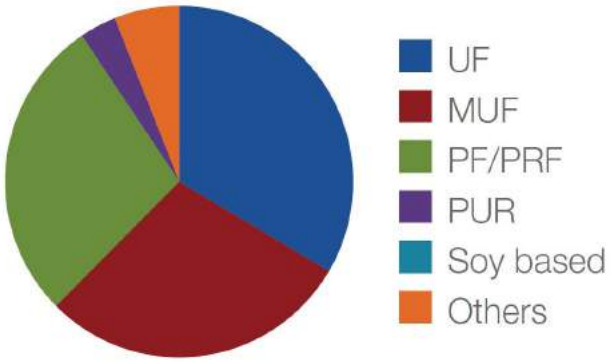


Fig 3.34 Diagramma rappresentante l'utilizzo di adesivi nel mondo

3.4 La gestione dei rifiuti

L'insieme di politiche, procedure e metodologie relative alla gestione dei rifiuti si occupa dell'intero processo dello scarto, dalla produzione fino alla destinazione finale.
L'Unione Europea ha dettato specifici Regolamenti e direttive per una corretta gestione dei rifiuti, così ogni stato membro, compresa l'Italia, ha dovuto delineare una normativa che si occupi delle varie fasi del processo di un rifiuto, della raccolta, e il trasporto al trattamento e riutilizzo/riciclo, ponendosi come obiettivo la riduzione degli impatti ambientali e degli effetti sulla salute umana. La complessità di questa materia, in particolare per quanto riguarda i rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), è dovuta in parte alle problematiche della tipologia di rifiuti, ma anche alla confusione del contesto normativo in continuo cambiamento.

NORMATIVA EUROPEA

La Comunità Europea emana la prima Direttiva a metà degli anni'70, la Dir. 75/442/CEE, in cui si parla per la prima volta di prevenzione e riduzione dei rifiuti attraverso tecnologie pulite, ma anche dell'inizio del mercato di prodotti di riuso e riciclo. Seguono quattro direttive attualmente in vigore.
A capo di tutte le operazioni sui rifiuti e dello smaltimento vi è il Codice Ambientale dei Rifiuti (75/442/CEE) integrato con la decisione 2000/532/CE e i codici CER e successivamente modificato con la Decisione 2014/955/UE.
I rifiuti da costruzione e demolizione sono entrati tra le priorità della Comunità Europea solo nel 1992 con la creazione di un gruppo di lavoro, il Construction and Demolition Waste Project Group, che si è occupato di elaborare un documento contenente le quantità e le tipologie di rifiuti prodotti dagli Stati Membri e di un documento che suggerisce le azioni da adottare per il riuso/riciclo. Di qui in poi gli Stati Membri hanno iniziato a sviluppare gl istrumenti normativi, economici e politici necessari.

Attualmente, il flusso di rifiuti continua ad essere consistente. La Direttiva 2008/98 si pone un obiettivo molto ambizioso:
" [...] entro il 2020 la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operaioni di colmatazione che utilizzano rifiuti in sostituzione ad altri materiali, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, escluso il materiale allo stato naturale definito alla voce 17 05 04 dell'elenco dei rifiuti, sarà aumentata al 70% in termini di peso" [Dir. 2008/98/UE, art. 11, par. 2, com.b]

La stessa direttiva presenta quattro principi chiave per diminuire l'impatto ambientale dei rifiuti:
- principio di autosufficienza e prossimità (art.16): la gestione dei rifiuti deve essere effettuata nei nei pressi del luogo in cui sono stati prodotti;
- principio chi inquina paga (art.14) il produttore del bene deve prendersi carico dei costi dei costi di gestione;
- principio di precauzione (art.4) nel caso in cui il bene danneggiasse seriamente o in modo irreversibile l'ambiente, la mancanza della certezza scientifica non comporta l'assenza diprovvedimento a causa del rischio ambientale;

- principio della miglior opzione ambientale (art.4) l'analisi delle conseguenze ambientali, sociali ed economiche permette di individuare la miglior opzione ambientale.

Inoltre, la Dir. 2008/98/CE delinea una precisa gerarchia di azioni, la Gerarchia Europea dei Rifiuti(art.4), che in ordine di priorità e sostenibilità ambientale [Fig 3.35] prevede: Prevenzione, Riutilizzo/Riuso, Riciclo, Recupero di energia e Smaltimento. L'obiettivo prioritario della Gerarchia è ridurre la quantità di rifiuti smaltiti.diprovvedimento a causa

Fig 3.35 Gerarchia Europea dei Rifiuti (art. 4 Dir. 2008/98/CE)

NORMATIVA ITALIANA

Come precedentemente precisato ogni Stato Membro deve delineare la sua normativa sulla base delle indicazioni della Comunità Europea. Con il DPR 915/82, l'Italia recepisce la prima direttiva europea (Dir. 75/442/CEE) introducendo il concetto di riutilizzo dei rifiuti e, con il successivo D.lgs. 22/97, integra le prime indicazioni comunitarie in tema di rifiuti da C&D delineando la gerarchia di priorità: prevenzione, recupero e smaltimento.
Il D.M. 05/02/98 sancisce che tutti i processi per il riciclaggio e il recupero dei materiali devono dar vita a materie prime secondarie rispettando la normativa.
Il D.M. 203/2003 esplicita le metodologie di calcolo e esplicita il concetto di materiale riciclato, così da permettere alle regioni di garantire che il 30% del fabbisogno annuale di manufatti e beni siano realizzati con materiale riciclato.

Il Codice Ambiente (D.gls 152/2006) e successive modificazioni, afferma la necessità di misure per il recupero dei rifiuti tramite riciclo, riuso e tutti gli altri processi che possono portare all'ottenimento di materie prime secondarie favorendo la pratica del riuso rispetto a quella del riciclo.

Il riuso può avvenire nel caso in cui:
- il materiale rispetti le caratteristiche necessarie per essere definito sottoprodotti;
- il materiale sia stato preparato al riutilizzo tramite operazioni che consentano la cessazione di qualifica di rifiuto.

Il primo caso è il più interessante ai fini di questo lavoro di tesi. Infatti, se il prodotto non è catalogato come rifiuto può essere utilizzato senza problemi come risorsa.

Il D.gls 152/2006 definisce le caratteristiche del sottoprodotto, che lo differenziano da uno scarto:
- il processo produttivo da cui deriva non è il processo produttivo del prodotto stesso;
- il riutilizzo sia stato programmato, riutilizzandolo nel progetto stesso o venendolo a terzi;
- il componente non abbia necessità di trattamenti diversi da quelli della normale pratica industriale;
- il prodotto corrisponde alle caratteristiche tecniche utili per la produzione dell'ulteriore elemento

Nel caso in cui il prodotto o la sostanza non possa essere definita sottoprodotto per i motivi sopra citati, è considerato a tutti gli effetti rifiuto; il D.gls 152/2006 definisce rifiuto come:

"qualsiasi sostanza o oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi"

Dalla definizione stessa di rifiuto si evince l'esclusione dalla qualifica di rifiuto di qualsiasi sostanza o oggetto che si voglia riutilizzare. Infatti, si parla di "cessazione della qualifica di rifiuto" (End of Waste) nei casi stabiliti dall'art. 184- ter:
- l'oggetto o sostanza è sottoposto a operazioni di recupero;
- l'oggetto o sostanza è utilizzato per specifici scopi;
- l'oggetto o sostanza ha un mercato e una domanda;
- l'oggetto o sostanza rispetta standard e requisiti della categoria di prodotto;
- l'oggetto o sostanza nel suo impiego non provoce rischi per l'ambiente.

Quindi, se si parla di riuso si rispettano i requisiti per essere definito sottoprodotto; se avviene il riciclo del materiale, il rifiuto deve essere utilizzato per la produzione di un nuovo prodotto con caratteristiche tecniche corrispondenti a quelle della sua categoria; se l'oggetto o sostanza non corrisponde a nessuno dei requisiti viene smaltito come rifiuto, nello specifico i rifiuti da C&D vengono smaltiti come rifiuti speciali.
I rifiuti principalmente sono suddivisi in due categorie: i rifiuti non pericolosi, se non contengono sostanze pericolose e i rifiuti pericolosi, che devono essere imballati ed etichettati secondo il D.gls 152/2006.

Il recente Decreto del Ministero dell'Ambiente del 13 ottobre 2016 n.264 stabiliscie il "Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti".

Nell' articolo 2 definisce:
a. il prodotto, come ogni oggetto o sostanza ottenuti da un processo di produzione.
b. il residuo di produzione, come ogni oggetto o sostanza non ottenuta da un proprio processo di produzione e che può essere un rifiuto
c. il sottoprodotto, come il residuo della produzione che non è definito rifiuto ai sensi dell'art.184-bis del d.gls 152/2006
Inoltre nell'art. 5 si individuano i requisiti della "Certezza dell'utilizzo", introdotto nel d.gls 152/2006, che devono essere dimostrati dal produttore del residuo nel momento della produzione o dal detentore al momento dell'utilizzo.

Il riuso dei residui di produzione permette la riduzione della produzione di rifiuti e dell'utilizzo di materie prime vergini. La materia che disciplina i sottoprodotti risulta essere molto rigorosa, simile a quella sui rifiuti, a causa della diffidenza verso gli impieghi illeciti, ma che rende spesso vane le possibilità di un largo reimpiego dei sottoprodotti.

4. I SOTTOPRODOTTI DEL COMPENSATO VIGOLUNGO

I Sottoprodotti, regolamentati da Decreto del Ministero dell'Ambiente del 13 ottobre 2016 n.264, sono parte dell'intero ciclo di produzione di qualsiasi materiale.

La possibilità di conoscere ciascuna singola fase di produzione del compensato all'interno dell'azienda E. Vigolungo SpA ha permesso l'identificazione di ogni residuo di questo ciclo produttivo.
L'azienda, come si evidenzia in seguito, in alcuni casi procede con lo smaltimento, ma in altri, i meno problematici, vende i residui ad altre aziende. In quest' ultimo caso il prodotto è definibile sottoprodotto.

In questo capitolo tutti i residui sono considerati come possibili sottoprodotti e sono analizzati e caratterizzati per evidenziarne le peculiarità e le criticità in vista di un possibile recupero.

La produzione di compensato genera otto sottoprodotti principali, evidenziati nel diagramma di flusso [Fig 4.1]:

- la **Corteccia**, prodotta nella fase di scortecciatura;
- il **Cippato**, prodotto nella "messa a tondo" del tronco, operazione necessaria per la preparazione del tronco alla fase di sfogliatura;
- il **Tondello**, parte centrale del tronco, sottoprodotto della fase di sfogliatura, il diametro è molto piccolo per essere sfogliabile;
- le **Liste di sfogliato**, scarti della fase di selezione degli sfogliati essiccati prima dell'incollaggio,;
- i **Residui di colla**, residuo della fase di incollaggio, è la parte di colla colata sui macchinari;
- i **Residui di squadratura**, del pannello già incollato;
- i fogli di **Carta abrasiva**, utilizzata per la levigatura del pannello prodotto;
- le **Ceneri leggere e pesanti** prodotte nella centrale termica.

Si riportano qui di seguiro le foto di ciascun sottoprodotto scattate durante i sopralluoghi in azienda.

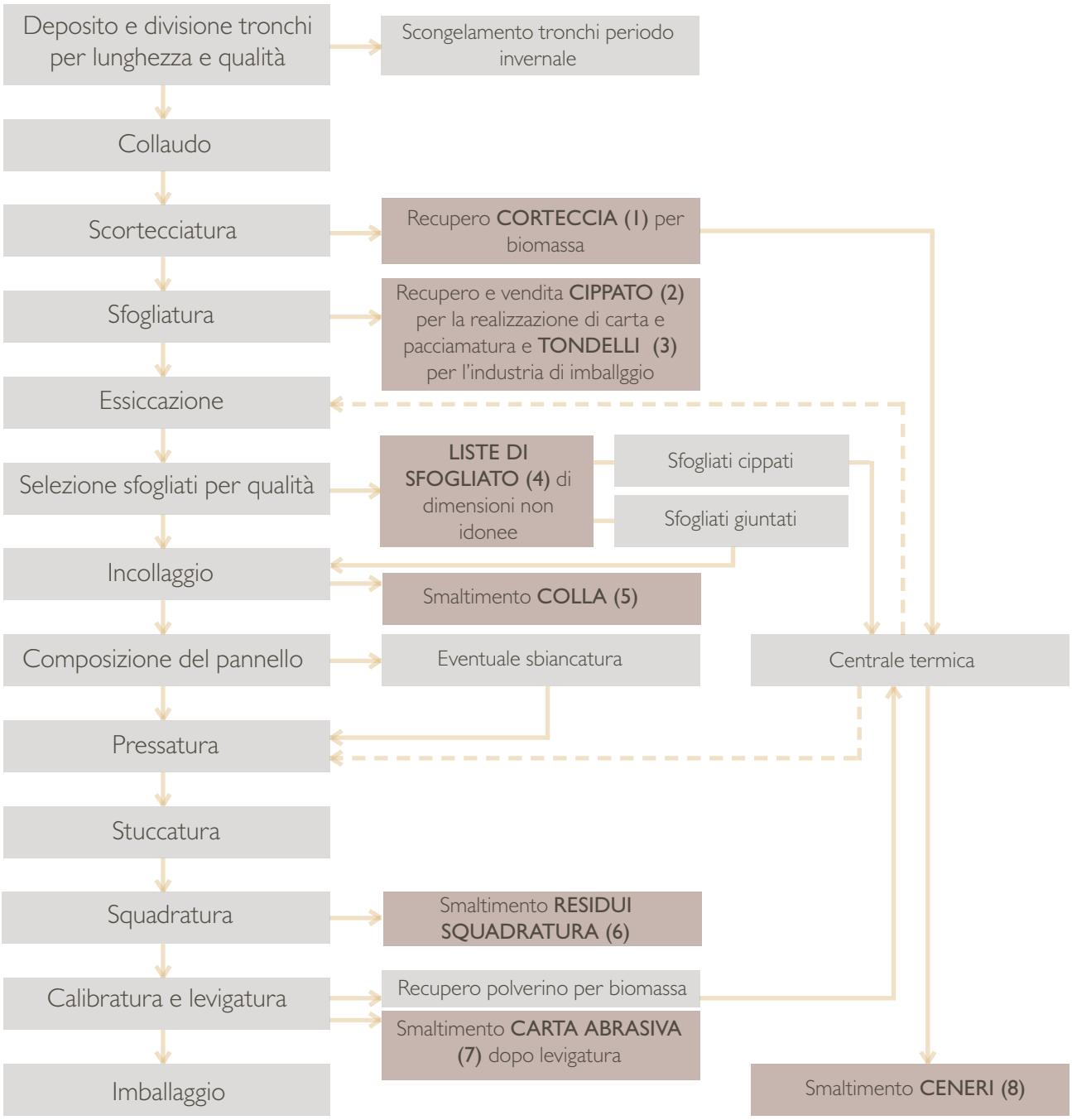


Fig 4.1 Flow chart produzione di compensato della E. Vigolungo di Canale (CN) con sottoprodotti in evidenza.

(1) LA CORTECCIA

(2) IL CIPPATO

(3) I TONDELLI

(4) LE LISTE DI SFOGLIATO

(5) I RESIDUI DI COLLA

(6) I RESIDUI DI SQUADRATURA

(7) LA CARTA ABRASIVA

(8) LE CENERI

4.1 La raccolta dei dati

Le caratteristiche dei sottoprodotti della produzione di compensato riportate nell'abaco del paragrafo precedente, sono state in parte fornite dell'azienda E. Vigolungo S.p.a di Canale(CN) e in parte ricavate da bibliografia o tramite caratterizzazione in laboratorio presso la sede del CREA-Centro di Ricerca Foreste e Legno di Casale Monferrato (AL).
Per ogni sottoprodotto sono individuati i possibili scenari di recupero tramite ricerca bibliografica o mediante interviste ad aziende e imprese che impiegano sottoprodotti analochi o che potrebbero riutilizzare/riciclare gli scarti della produzione di compensato.

Di seguito sono riportati i risultati di questa indagine:

LA VISITA IN AZIENDE E LE INTERVISTE

INCREDIX GOOD LAB

Incredix Lab Design è una laboratorio di autoproduzione dove il designer si occupa del design e, in alcuni casi, anche del progetto dei macchinari e degli attrezzi per la lavorazione.
Le sue collezioni molte spesso utilizzzano materiali di scarto come nel caso di Fastwood, una linea che ha l'obiettivo di dare un nuovo linguaggio al legno, o di Pietrification, una collezione nata dall'idea di pietrificare gli oggetti con una miscela di sua invenzione costituita da una resina e di polvere di materiale lapideo di scarto proveniente dalle cave.

Il designer mira alla lavorazione degli scarti industriali, per ridurre l'utilizzo di materie prime vergini. Si riportano nel seguito le immagini di alcune creazioni, sedute, lampade, oggetti di design e arredi, che più rappresentano il lavoro di Pino Giacovelli.

LABORATORIO DI AUTOPRODUZIONE

RECUPERO SCARTI INDUSTRIALI

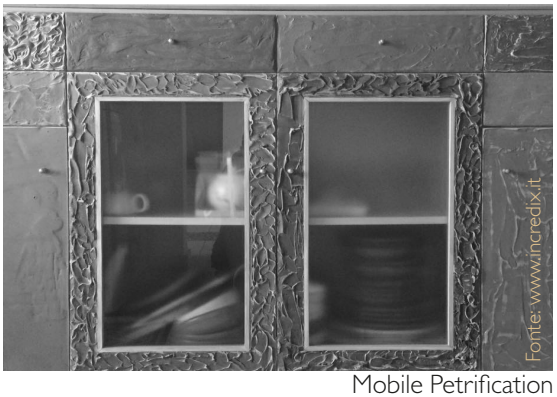
NUOVI MIX DAGLI SCARTI

Seduta PunkaJoy Morbidaz

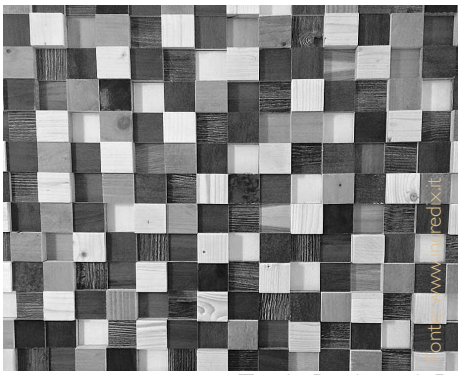
Seduta Morbidajoy

Good Lamps Cloud Ina

Specchio Petrification



Mobile Petrification



Tavolo Patcjwoodx5

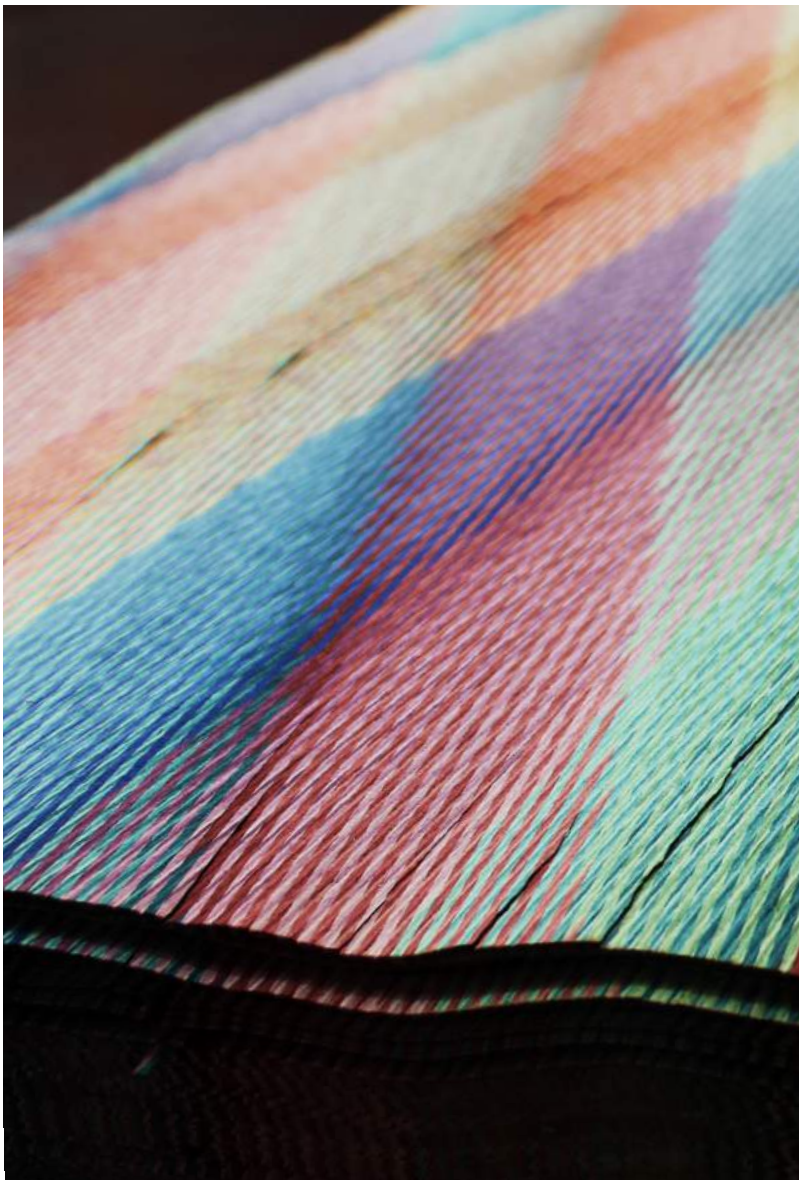
TABU

La sesta edizione del Festival del Legno di Cantù (Como) ha permesso la visita di una delle aziende più importanti della città: la TABU. Leader nella tintoria del legno, nasce nel 1927 e nel corso di tre generazioni si è occupata dello sviluppo di nuove tecnologie per il trattamento di ogni tipologia di legno. L'azienda ha adottato la certificazione FSC per garantire la provenienza del legno da foreste condotte nel rispetto della natura e ha creato un marchio Ecozero per l'assenza di formaldeide nelle colle e nei prodotti.
La TABU si occupa, a livello internazionale, della produzione di piallacci naturali di tutte le specie legnose in alcuni casi tinti con una vasta gamma di colori, di multilaminari, di decori predefiniti, pavimenti, rivestimenti in legno.
Il **reparto tintoria** dell'azienda permette di rendere omogenee le caratteristiche estetiche del legno assicurando l'uniformità del colore, utilizzando colorazioni ad acqua nel rispetto dell'ambiente e delle leggi vigenti in materia di tossicità. A differenza della verniciatura superficiale, la tintoria esalta le venature e i decori naturali tridimensionali, come i radichè, i frisè, i pomelè, le occhiolinature e permette la creazione di infinite sfumature (tabu.it)
Per il recupero di parte dei ritagli di alcuni piallacci è stata avviata una **linea di design** che comprende arredo e oggettistica in generale, come i portacarte.

PRODUZIONE INDUSTRIALE

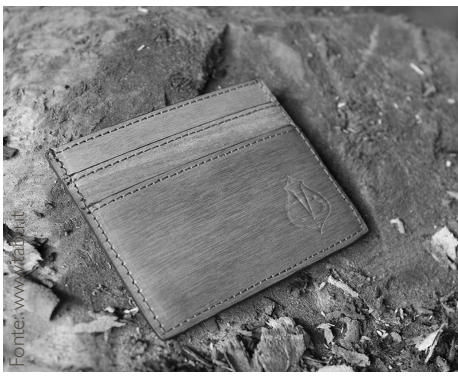
COLORI AD ACQUA

RECUPERO PER LINEA DI DESIGN

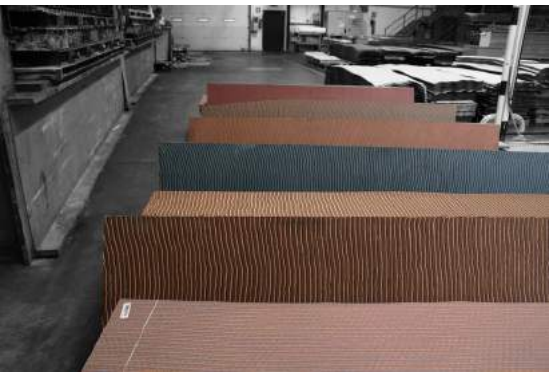


RepartoTintoria

Piallacci Colorati



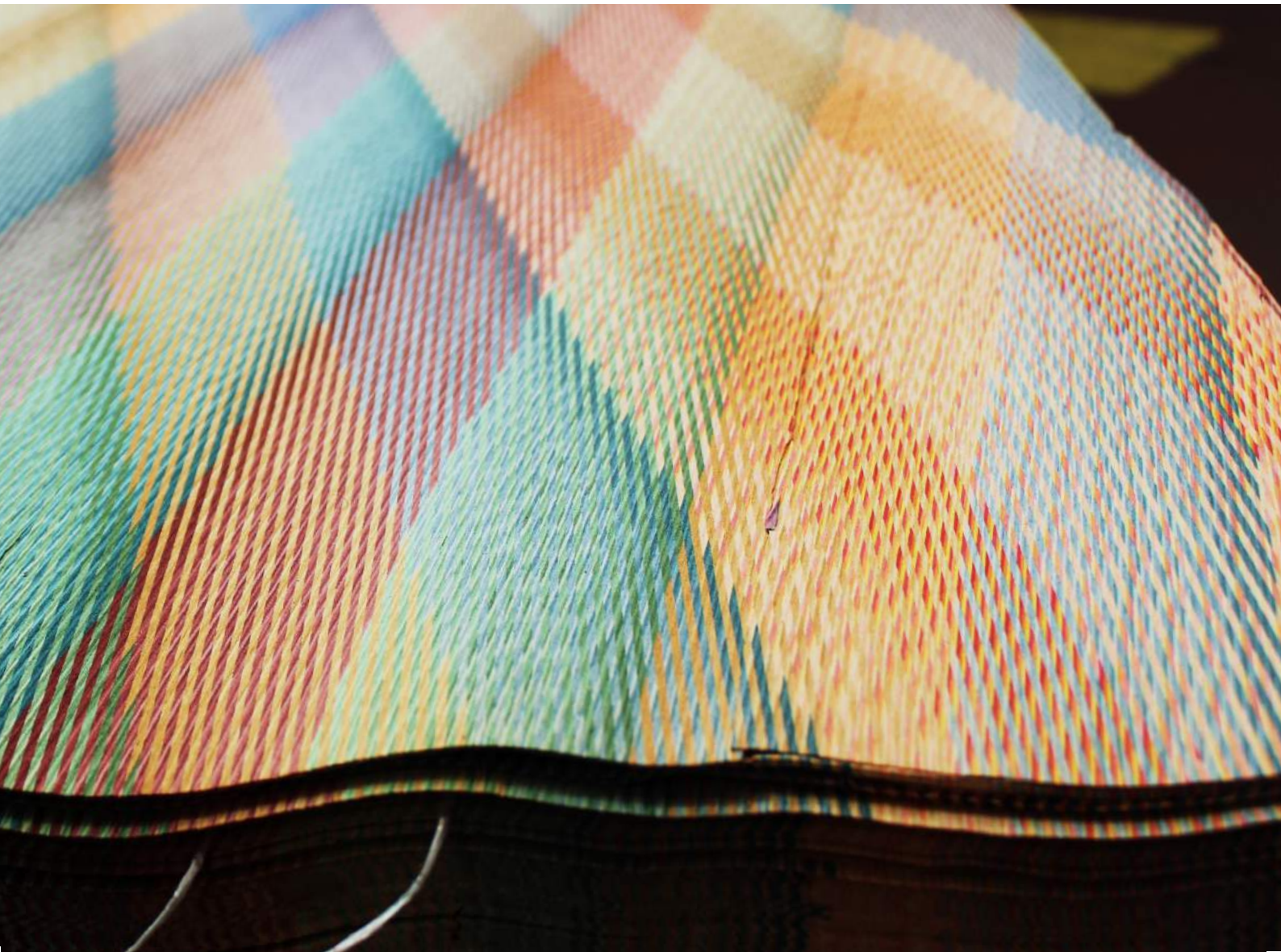
Portacarte Linea di design



Piallacci Colorati

Piallacci Colorati

Portacarte Linea di design



GOOD WOOD

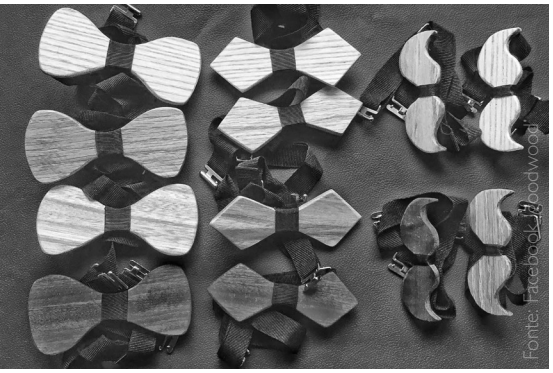
L'analisi ha evidenziato la scarsità di aziende di grande produzione che utilizzano come materia prima il legno da riciclo.
Per quanto riguarda le piccole imprese, è stato possibile intervistare i proprietari di Good Wood, un' **azienda** che si occupa di restauro, impagliatura, oggettistica in legno e della realizzazione di piccoli oggetti di design, con sede a Martina Franca (TA).
L'interesse principale è stato quello di conoscere i materiali utilizzati per la loro produzione, con particolare attenzione agli utilizzi di scarti e ai trattamenti effettuati sul legno.
L'azienda nasce da una piccola produzione di oggettistica in legno di "scarto". La lavorazione per la realizzazione dell'oggettistica avviene tramite l'utilizzo di scarti di lavorazione, multistrato o okumè.
L'azienda recupera i pallet presso grandi aziende o in discarica. Questi vengono solitamente trattati come normale legno, recuperando le parti migliori e trattandoli inizialmente con un semplice lavaggio deguito da piallatura. L'azienda utilizza principalmete colla vinilica per l'incollaggio, mentre per l'impiallacciatura viene utilizzata la colla di pesce e, per il restauro la gomma lacca; le vernici utilizzate sono a base sintetica per rendere il materiale più durevole.

PICCOLA AZIENDA

RECUPERO PALLET PER OGGETTISTICA

PRODOTTI E TRATTAMENTI: COLLA VINILICA, COLLA DI PESCE GOMMA LACCA VERNICI SINTETICHE

Fonte: FacebooK_goodwood



Papillon in legno di riciclo

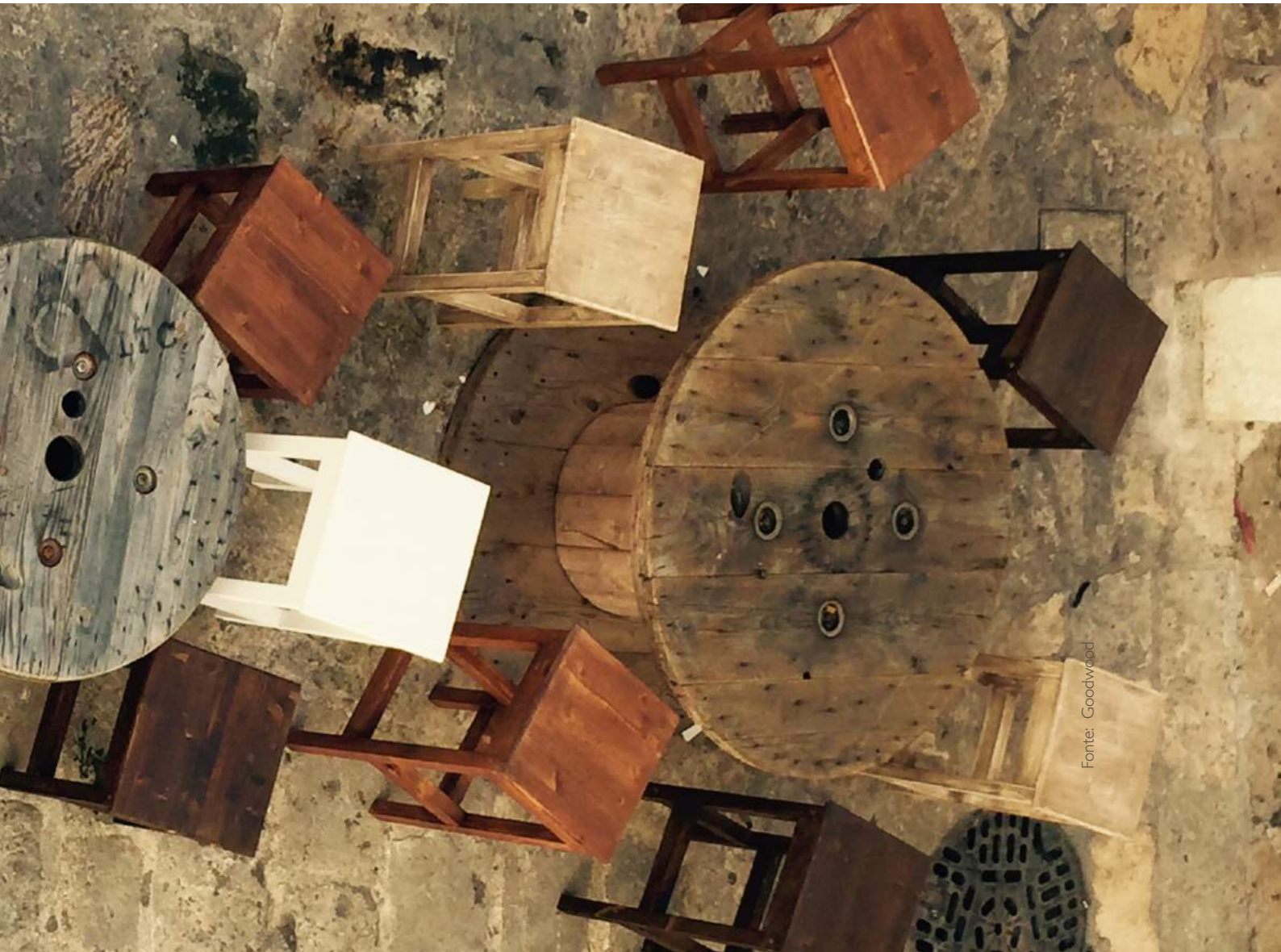
Sedute con tavolo in legno

Portacarte Linea di design

Portacarte Linea di design

Portacarte Linea di design

Portacarte Linea di design



4.2 Schede e potenziali scenari di recupero dei sottoprodotti di lavorazione del compensato di pioppo

La conoscenza delle caratteristiche di ogni sottoprodotto è fondamentale per garantirne i requisiti di idoneità al reimpiego e di ecocompatibilità. In questo paragrafo si fornisce un quadro di informazioni relative a ciascun sottoprodotto.
Tutti i sottoprodotti considerati sono scarti di lavoraione dalla E. Vigolungo S.p.a. Una parte di essi viene venduta dalla ditta, un'altra parte viene smaltita, senza essere caratterizzata.
Ogni sottoprodotto è descritto tramite una scheda prodotto [Fig 4.2 e Fig 4.] articolata in sezioni informative: Descrizione (**1**), Caratteristiche generali(**2**), Proprietà fisico meccaniche (**3**), Caratterstiche tecnologiche (**4**), Comportamento al fuoco (**5**),Indicatori di impatto ambientale (**6**), Informazioni tecnologiche ed ecologiche (**7**), Gestione della risorsa Vigolungo S.p.a. (**8**), Riciclabilità potenziale dei sottoprodotti (**9**) e Scenari di recupero dei sottoprodotti (**10**).
Le informazioni riportate nelle schede sono state parzialmente fornite dall'azienda E. Vigolungo S.p.a e in parte ricavate dall'analisi bibliografica e dalla caratterizzazione svolta presso il laboratorio CREA.
Alcune caratteristiche fisico tecniche sono fornite tramite valutazione qualitativa adottando il seguente simbolismo: '+' = prestazione bassa, '++' = media, '+++' = buona, oppure: "bassa", 'media' e 'alta'. Il simbolo '-' viene utilizzato in caso di assenza di dati per definire la caratteristica.

Dopo una breve descrizione (**1**) del sottoprodotto e un'immagine fotografica segue la sezione dedicata agli CARATTERISTICHE GENERALI (**2**), articolata nelle voci seguenti:
- LAVORAZIONE: una breve descrizione della fase di produzione del compensato di pioppo dell'azienda E. Vigolungo S.p.a da cui si ottiene il sottoprodotto;
- COMPONENTI: elenco dei materiali che compongono il sottoprodotto;
- DIMENSIONI: dimensioni finali del sottoprodotto in uscita dal ciclo produttivo;
- QUANTITÀ /ANNO: nei casi in cui l'azienda disponga dei dati, il flusso annuo di sottoprodotto in uscira dal ciclo produttivo, in alcuni casi il dato è indicativo.

Le CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE analizzate nella sezione **3** sono:
- la DURABILITÀ: è la capacità del prodotto di mantenere la propria funzionalità e le proprietà caratteristiche invariate nel tempo, senza dover incorrere in operazioni di manutenzioni o riparazioni; in assenza di indagini di laboratorio, la l durabilità viene valutata qualitativamente mediante sistema simbolico (+, ++, +++) in base al parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;
- la STABILITÀ DIMENSIONALE, la capacità del materiale di essere stabile dimensionalmente a seguito delle variazioni termo-igrometriche; in assenza di prove di laboratorio viene valutata qualitativamente con il sistema simbolico (+, ++, +++) in base al parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;
- il COLORE, viene valutato tramite un'indagine visiva;
- il RITIRO VOLUMETRICO TOTALE (%), è la variazione del volume del materiale dovuta

principalmente alla variazione di umidità; anche in questo caso, in assenza di prove di laboratorio, viene valutata qualitativamente 'basso', 'medio', 'alto' in base ai dati di letteratura (Berti,2002) o del parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;
- l' UMIDITÀ RELATIVA, è la quantità d'acqua o di vapore acqueo presente nel materiale, rispetto al peso secco dello stesso, espressa in percentuale (%);
- MASSA VOLUMICA A UMIDITÀ NORMALE (12%) espressa in kg/m^3;
- CALORE SPECIFICO, è la quantità di energia assorbita o ceduta da un grammo di sostanza per aumentare o diminuire la temperatura di 1 K, espresso in J/(K·kg)
- PERMEABILITÀ AL VAPORE ACQUEO, che definisce il comportamento di un materiale al passagio di umidità;
- CONDUTTIVITÀ TERMICA, misura l'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore, ed è espresso in W/(m·K) e riferita al grado di umidità del materiale.
- la RESISTENZA MECCANICA: fc = resistenza a compressione parallela alle fibre [MPa]; fm = resistenza a flessione parallela alle fibre [MPa]; Em = modulo di elasticità a flessione misurato parallelamente alle fibre; non avendo condotto una caratterizzazione in laboratorio, viene fornita una valutazione qualitativa sulla base delle informazioni reperite in letteratura (Berti, 2002) e tramite il sistema simbolico citato in precedenza (+, ++, +++);

Le CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE (**4**) riportate nella sezione 4 sono:
- la LAVORABILITÀ, è la capacità del materiale di essere lavorato, al taglio e alla piallatura, viene indicata qualitativamento con il sistema simbolico (+, ++, +++) in base ai dati di letteratura (Berti,2002) o del parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;
- la FACILITÀ ALL'ASSEMBLAGGIO è la facilità del materiale di essere incollato o assemblato in altri modi, viene indicata qualitativamento con il sistema simbolico (+, ++, +++) in base ai dati di letteratura (Berti,2002) o al parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;
- la TENUTA AL CHIODO è la tenuta dei chiodi e la resistenza allo sviluppo di fessurazioni; viene valutata qualitativamente con il sistema simbolico (+, ++, +++) in base ai dati di letteratura (Berti,2002) o al parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;
- STAGIONATURA, è la fase di stagionatura a cui viene sottoposto il materiale per migliorarne le caratteristiche; è un'operazione effettuata prima dell'utilizzo: viene definita 'assente' o 'presente' nelle schede;
- l' ESSICCAZIONE: è la facilità e la rapidità di essiccazione e l'assenza di difetti; viene valutata qualitativamente con il sistema simbolico (+, ++, +++) in base ai dati di letteratura (Berti, 2002) o al parere dell'esperto di E. Vigolungo Spa;

COMPORTAMENTO A FUOCO (**5**)
- REAZIONE AL FUOCO, è definita secondo la norma UNI CEI EN ISO 13943/2004: Classe: 0 = materiali incombustibili, 1 = materiali combustibili non infiammabili; 2 = materiali combustibili difficilmente infiammabili,; 3 = materiali combustibili infiammabili; 4 materiali combustibili facilmente infiammabili; 5 = materiali combustibili estremamente infiammabili.

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE (**6**)
- EE, è l'energia incorporata o Embodied Energy, la quantità di energia impiegata per produrre il materiale nelle sue fasi di vita, dalla culla al cancello dello stabilimento;
- EC è l'Embodied Carbon (EC), è la quantità di anidride carbonica emessa durante il ciclo di vita (dalla culla al cancello dello stabilimento);

Le INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE (**7**) che vengono fornite sono:
- CODICE CER, codice per lo smaltimento del materiale da Regolamento UE 1357/2014;
- INDICAZIONI DI PERICOLO ai sensi del Regolamenteo UE 1357/2014 del prodotto;

La modalità GESTIONE DELLA RISORSA presso VIGOLUNGO S.p.a (**8**) viene classificata in base alla Gerarchia dei Rifiuti: riuso, riciclo, recupero di energia, smaltimento in discarica;

La RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI (**9**) è espresso con il sistema simbolico '+' = scarsa riciclabilità, '++' = riciclabilità, '+++' = possibilità di riciclaggio e/o riutilizzo, in base ad un'analisi soggettiva;

I possibili SCENARI DI RECUPERO DEI SOTTOPRODOTTI elencati nella sezione **10** sono stati individuati mediante ricerca bibliografica e tramite le informazioni raccolte durante le interviste. .

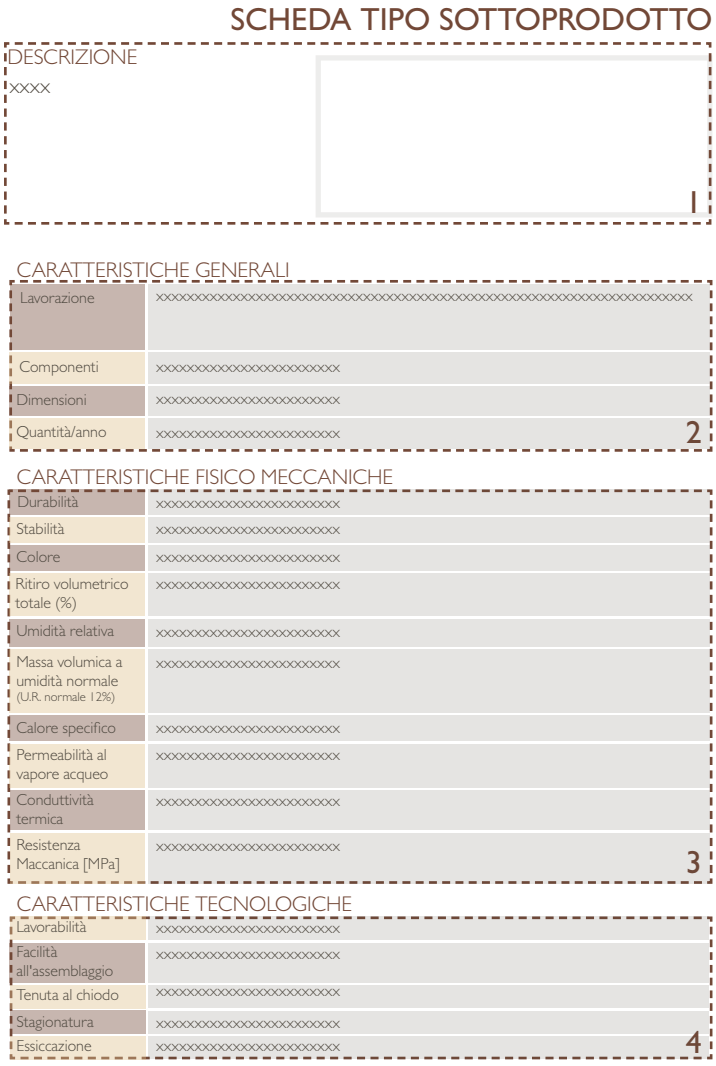


Fig 4.2 Scheda tipo I parte

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	xxxxx	5

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

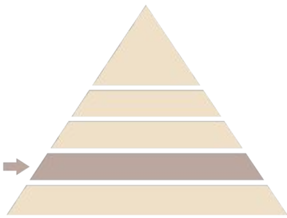
EE	xxxxxx	
EC		6

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	-	
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	-	7

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxx



8

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+++*	9

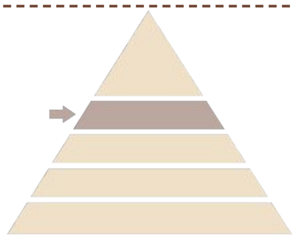
POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA	
xxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	10

Fig 4.3 Scheda tipo II parte

Ogni scenario viene analizzato in modo approfondito nella Scheda di Recupero dove una breve descrizione è affiancata da un' immagine identificativa e dalla piramide della specificazione della sostenibilità dell'operazione di recupero in base alla Gestione sostenibile dei Rifiuti. Vengono qui specificati i componenti necessari per l'operazione di recupero e lavorazione e, infine, la tipologia di posa in opera. Si riporta una scheda tipo per gli scenari di recupero (Fig 4.4).

SCHEDA TIPO SCENARI DI RECUPERO



xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Descrizione	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	
Componenti	xxxxx	
Caratteristiche	xxxxx	
Lavorazioni tecnologiche	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	
Posa in opera	xxxx	1

Fig 4.4 Scheda tipo scenario di recupero

SCHEDE SOTTOPRODOTTI

SCHEDA CORTECCIA

DESCRIZIONE

Parte periferica del fusto e della radice delle piante.

Fonte: dreamstime.com

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	Il fusto dell'albero viene sottoposto a scortecciatura tramite macchine automatiche costituite da rulli rotanti contrapposti, che rilevano il diametro del tronco e, per mezzo di coltelli rotanti, effettuano l'eliminazione dello strato più esterno: la corteccia.
Componenti	Corteccia
Dimensioni	pezzi di 20/30 cm, spessore 0,5-1 cm
Quantità/anno	8% dei tronchi di partenza. 72800 ton circa nel 2018.

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	+* (*) [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stabilità	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Colore	Marrone
Ritiro volumetrico totale (%)	-
Umidità relativa	200-250% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	bassa 320-480 Kg/m^3 [rif. Berti et al, 2002] ((*))
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	-

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stagionatura	assente
Essiccazione	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona

(*) la foto riporta il degradamento della corteccia non essiccata chiusa in un sacchetto per un tempo di 6 mesi.

((*)) il dato riportato fa riferimento al pioppo.

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	3 (se essiccata)

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	520,47 MJ/m^3 [rif. Deidda,2018] (((*)))
EC	33,58 kg CO_2 eq [rif. Deidda,2018] (((*)))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 170201 "Legno"
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Recuperata per la combustione in caldaia a biomassa

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+++*

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(((*))) Elaborazione dei dati in letteratura Deidda,2018

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
1. PACCIAMATURA	Giardinaggio, Pacciamatura, https://www.giardinaggio.it/tecniche/pacciamatura/pacciamatura.asp. 2018, [accesso 5 giugno 2018]
2. PAVIMENTAZIONE ANTITRAUMA	Green Arreda, Pavimentazione antitrauma naturali, http://www.greenarreda.it/prodotti/pavimentazioni-naturali, 2018 [accesso 10 giugno 2018]
3. PRODUZIONE FIBRE DI CARBONIO	Zhanga J, Zhang W. Preparation and characterization of activated carbon fibers from liquefied poplar bark. Mater Lett. 2013; 112: 26-28.
4. COIBENTE	Zhanga J, Zhang W. Preparation and characterization of activated carbon fibers from liquefied poplar bark. Mater Lett. 2013; 112: 26-28.
5. BIOGAS	Makka AN, Rétfalvia T, Hofmann T. Utilization of Oak (Quercus petreae (Matt.) Liebl.) Bark for Anaerobic Digested Biogas Production. Acta Silv. Lign. Hung, 2013; Vol. 13, Nr. 2:125–134

SCENARI DI RECUPERO CORTECCIA

1. PACCIAMATURA

www.giardinaggio.it

Descrizione	Pratica agronomica utilizzata sia in orto che in giardino. Consiste nel ricoprire il suolo che circonda le piante con la corteccia sminuzzata. La pacciamatura: •migliora la fertilità del terreno e la sua struttura •isola il terreno dal freddo invernale •limita l'evaporazione di acqua dagli strati superficiali del terreno nel periodo estivo •limita la crescita di erbe infestanti
Componenti	Corteccia sminuzzata (chippata)
Caratteristiche	Granulometria : 15-25 mm e 25-40 mm. La granulometria più sottile si presta alla pacciamatura ed al decoro di piccole aiuole, mentre la granulometria maggiore è adatta a lavori in superfici più estese. La corteccia più fine è più gradevole dal punto di vista estetico, ma decade più rapidamente a causa dell'elevato rapporto superficie/volume. La corteccia non si decompone in tempi rapidi e non sottrae azoto al terreno durante la decomposizione.W
Lavorazioni tecnologiche	La corteccia viene sminuzzata per ottenere la granulometria desiderata. L'operazione viene condotta mediante un cippatore che rompere il materiale in pezzi di dimensioni simili. Il chippato viene successivamente parzialmente compostato in un impianto di aerazione o compostaggio dove inizia il processo di decomposizione del materiale per riscaldamento in modo da formare un pacciame ricco di nutrienti. Una volta completata la fase di compostaggio, il pacciame di corteccia viene lavorato attraverso un impianto di vagliaturache separa il materiale utilizzando setacci di dimensioni diverse: 2,54 cm e 0,95 cm. Più grande è la dimensione delle maglie del setaccio, più grossolano sarà il pacciame di corteccia. Il pacciame di corteccia che viene prodotto con questo processo viene comunemente chiamato pacciamatura di corteccia invecchiata o pacciamatura di corteccia compostata.
Posa in opera	Si distribuisce uno strato di circa 5-12 cm sul terreno attorno alla base delle piante.

2. PAVIMENTAZIONE ANTITRAUMA

www.greenarreda.it

Descrizione	Superficie antitrauma naturale per aree giochi, la norma EN 1176 fornisce uno schema di pavimentazioni naturali utilizzabili, dettandone anche i particolari tecnici e il rispettivo spessore in base all'altezza critica di caduta (HIC) delle attrezzature. E' considerata superficie antitrauma per i giochi con caduta non superiore a 100 cm.
Componenti	Corteccia sminuzzata (chippata)
Caratteristiche	Granulometria : 20-80 mm. Profondità minima 200+100 mm, altezza di caduta critica ≤ 2000 mm Profondità minima 300+100 mm, altezza di caduta critica ≤ 3000 mm
Lavorazioni tecnologiche	La corteccia viene lavata, sminuzzata e setacciata con pezzatura da normativa. E' venduta asciutta e priva di sostanze organiche diverse dalla corteccia e da prodotti inquinanti e/o tossici di qualunque tipo.
Posa in opera	Uno strato di corteccia viene distribuito nell'area. Il personale addetto alla manutenzione deve effettuare il livellamento per stabilire i livelli di sicurezza e deve occuparsi della periodica aggiunta di materiale poichè tende all'abbassamento.

3. PRODUZIONE DI FIBRE DI CARBONIO

SPERIMENTALE

Descrizione	La liquefazione del legno è una delle tecniche utilizzate per la preparazione fibre di carbonio, solitamente utilizzando truccioli o segatura. La ricerca pone l'attenzione sull'utilizzo della corteccia di legno che, contenendo quantità maggiori di lignina, è più facilmente liquefatta in quanto ha un'attività biologica superiore a cambiare la sua struttura.
Componenti	Corteccia sminuzzata e fenolo
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	La corteccia di pioppo essiccata al forno è stata macinata. La polvere di corteccia miscelata con fenolo contenente una soluzione di acido solforico concentrato (5%) come catalizzatore di reazione. Il rapporto tra la corteccia e il fenolo era 1: 4. La miscela è stata poi fissata in un contenitore di vetro a tre colli da 500 m e successivamente riscaldata a riflusso mantenendo una temeratura di 160 ° C per 2 ore con agitazione continua. La corteccia liquefatta è stata inserita nella scatola degli alimenti di un apparato autoprodotto con esametilentetrammina (HMTA, 5% in base al peso del prodotto liquefatto).

4. COIBENTE

SPERIMENTALE

Descrizione	Il tannino e la suberina, che costituiscono la corteccia di legno, sono materiali protettivi che ritardano l'invecchiamento del materiale e proteggono da funghi e parassiti. Il pioppo è costituito da un'alta percentuale di corteccia interna, ciò consente l'intrecciamento delle fibre con conseguente intrappolamento di una grande quantità di aria all'interno.
Componenti	Tavolato di legno, pannelli OSB, corteccia
Caratteristiche	Caratteristiche termiche alte per il l'alto contenuto di corteccia interna nel proprio tronco. Risultati sperimentazione : Modello 1: λ=0,062 W/mK, ρ=212 kg/m^3, cp=1475 J/kgK Modello 2: λ=0,056 W/mK, ρ=255 kg/m^3, cp=2139 J/kgK
Lavorazioni tecnologiche	Una muratura di prova 1300x1250x330 mm in tavolato di legno con spessore di 50 mm, rinforzato da pannelli di OSB di 15 mm è stata realizzata per permettere di valutare le caratteristiche termiche del materiale.

4. BIOGAS

SPERIMENTALE

Descrizione	La ricerca si occupa dell'utilizzo di corteccia per la produzione di biogas.
Componenti	Corteccia di quercia
Caratteristiche	Secondo i risultati attuali, la corteccia di quercia può essere utilizzata per la produzione di biogas anaerobico senza l'uso dei metodi di pretrattamento investigati.
Lavorazioni tecnologiche	La corteccia di quercia è stata pretrattata dall'energia delle microonde, dall'estrazione e dalla combinazione di questi due metodi. La digestione anaerobica termofila semicontinua della corteccia di quercia non trattata ha prodotto una resa specifica del metano solido volatile non significativamente inferiore a quella di metano ottenuta dal materiale di base pretrattato. La corteccia di quercia è adatta per la produzione di biogas anche senza l'applicazione delle tecniche di pretrattamento investigate.

SCHEDA CIPPATO

DESCRIZIONE

Legno ridotto in scaglie di dimensioni variabili.

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	Prima della sfogliatura viene effettuata una prima "limata" del tronco così da ottenere un elemento perfettamente cilindrico. Gli scarti prodotti vengono triturati in cippatrice ottenendo quello che viene denominato cippato.
Componenti	Cippato
Dimensioni	Scaglie da 10 a 70 millimetri circa
Quantità/anno	24003 ton nel 2017

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) (*) [rif Berti et al. 2002]
Stabilità	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Colore	bianco/giallo chiaro
Ritiro volumetrico totale (%)	alto 5-10 % [rif. Berti et al. 2002]
Umidità relativa	100-200% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	bassa 320-480 kg/m^3 [rif. Berti et al. 2002] ((*))
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	bassa [rif. Berti et al. 2002] ((*))

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	facile [rif. Berti et al, 2002] ((*))
Facilità all'assemblaggio	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stagionatura	assente
Essiccazione	facile [rif. Berti et al, 2002] ((*))

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(*) la foto riporta il degradamento della corteccia non essiccata chiusa in un sacchetto per un tempo di 6 mesi.
((*)) il dato riportato fa riferimento al pioppo.

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	3 (se essiccato)

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	520,47 MJ/m^3 [rif. Deidda,2018] (((*)))
EC	33,58 kg CO_2 eq [rif. Deidda,2018] (((*)))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 170201 "Legno"
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Venduto per la realizzazione di carta o per pacciamatura.

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+++*

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(((*))) Elaborazione dei dati in letteratura Deidda,2018

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
1. RIMOZIONE DI AZOTO IN ACQUE DI SCARICO	Li H, Chi Z, Yan B, Cheng L, Li J. An innovative wood-chip-framework substrate used as slow-release carbon source to treat high-strength nitrogen wastewater. J. Environ. Sci ,2017; 5: 275-283
2. MALTA	Pavlíková M, Zemanová L, Pokorny´ J, Záleská M, Jankovsky´ O, Lojka B, Sedmidubsky´ D, Pavlík P. Valorization of wood chips ash as an eco-friendly mineral admixture in mortar mix design. Waste Manag, 2018; 80:89–100
3. PACCIAMATURA E TRATTAMENTO DEL SUOLO	Preda G. Analisi e caratterizzazione come coibente del cippato di legno derivante da cascami di lavorazione Definizione sperimentale e fisica del materiale e studio delle tecniche costruttive per l'applicazione. Rel. Carlo Caldera, Matteo Guiglia. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018
4. SETTORE ALIMENTARE	
5. PANNELLI TRUCIOLARI	Bressan legnami: I plus del truciolare 100% pioppo: http://www.bressanlegna-mi.it/truciolare
6. BLOCCHI LEGNO-CEMENTO	LegnoBloc: www.legnobloc.it
5. COIBENTE	Preda G. Analisi e caratterizzazione come coibente del cippato di legno derivante da cascami di lavorazione Definizione sperimentale e fisica del materiale e studio delle tecniche costruttive per l'applicazione. Rel. Carlo Caldera, Matteo Guiglia. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018

SCENARI DI RECUPERO CIPPATO

1. RIMOZIONE DELL'AZOTO NELLE ACQUE DI SCARICO

SPERIMENTALE

Descrizione	Rimozione azoto nelle acque di scarico prima dello scarico nei corsi di acqua, solitamente difficile per il basso rapporto carbonio/azoto. E' stato costruito un substrato combinato di trucioli di legno come una sorgente di carbonio a lento rilascio in zone umide.
Componenti	Substrato costituito da legno, scorie e ghiaia
Caratteristiche	Il substrato combinato potrebbe diffondere ossigeno sufficiente per il processo di nitrificazione. Lo studio fornisce una nuova idea per le zone umide per il trattamento di acque reflue di azoto ad alta resistenza.
Lavorazioni tecnologiche	-
Posa in opera	Posa substrato

2. MALTA

SPERIMENTALE

Descrizione	Sostituzione del 20% di Cemento Portland con cippato di legno per una miscela eco-compatibile. La ricerca dimostra che il cippato di legno è un ottimo additivo minerale attivo per la produzione di materiali da costruzione eco-efficienti
Componenti	Cippato di legno di frassino, Cemento Portland, acqua , inerti e additivi
Caratteristiche	Diminuzione di anidride carbonica e di energia rispetto alla malta costituita da solo cemento.
Lavorazioni tecnologiche	-

3. PACCIAMATURA E TRATTAMENTO DEL SUOLO

Descrizione	Le tecniche agricole studiate negli ultimi trent'anni dimostrano l'utilizzo di cippato come pacciamatura e per trattamento del suolo.
Componenti	Cippato
Caratteristiche	Maggiore resistenza alle patologie delle colture. Aumento capacità di assorbimento Smaltimento delle acque Miglioramento dell'attività biologica.
Lavorazioni tecnologiche	Applicato al terreno trasforma la struttura del suolo a causa del processo di depolimerizzazione della lignina, si genera la formazione di un humus stabile di tipo forestale dal tipico colore bruno che ammorbidisce il terreno.

4. SETTORE ALIMENTARE

Descrizione	L'utilizzo del cippato ha larga distribuzione nel settore alimentare nello specifico per l'affumicatura dei cibi. Sono utilizzati legni più pregiati come il ciliegio o la vite.
Componenti	Cippato di legno pregiato
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	Sottoposto a controlli e trattamenti specifici.

5. PANNELLI TRUCIOLARI

SPERIMENTALE

Descrizione	La trasformazione del cippato in pannelli truciolari, per impieghi a fine energetico-costruttivo.
Componenti	Cippato, agenti leganti e resine
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	Il cippato viene setacciato, eliminando le pezzature maggiori, viene poi triturato meccanicamente e poi essiccato per eliminare l'umidità. Dopo aver miscelato omogeneamente e aggiunti agenti leganti e resine, viene infine compresso a freddo e a caldo
Posa in opera	Edilizia

6. BLOCCHI LEGNO-CEMENTO

SPERIMENTALE

Descrizione	I blocchi legno-cemento sono utilizzati per le costruzioni antisimiche e isolamento acustico per ferrovie e strade.
Componenti	Cippato di legno, Cemento Portland, barre filettate .
Caratteristiche	Diminuzione di anidride carbonica e di energia rispetto alla malta costituita da solo cemento.
Lavorazioni tecnologiche	Le fibre di legno di cippato vengono mineralizzate, addizionate al cemento Portland, la miscela creata viene posata a secco con l'inserimento di barre filettate.
Posa in opera	Edilizia

7. COIBENTE

SPERIMENTALE

Descrizione	Pannello di cippato con alta resistenza meccanica e alte prestazioni termiche in funzione della densità di pressatura.
Componenti	Cippato, soda e siero di latte
Caratteristiche	Densità ρ [kg/m3] 60-90 Contenuto di umidità[%] 12 Conducibilità termica λ [W/mK] 0,045 W/mK Permeabilità al vapore μ 1 – 2 Classe di resistenza al fuoco B2 pH 9
Lavorazioni tecnologiche	Il pannello realizzato con cippato pressato viene trattato con bagni di soda e siero di latte fino a raggiungere un'umidità del 12% circa. La soda permette di abbassare il pH proteggendo il pannello da attacchi fungini, il siero di latte invece è un ritardante di fiamma.
Posa in opera	Isolamento per edilizia

SCHEDA TONDELLO

DESCRIZIONE

Cilindro centrale del tronco che non può essere sfogliato.

Fonte: opitec.com

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	Dopo la scortecciatura il tronco viene inviato alla macchina sfogliatrice automatica, tramite dei sensori il tronco viene centrato per poter ottenere maggior resa di lavorazione. Il cilindro centrale del tronco che non risulta sfogliabile è il tondello.
Componenti	Tondello
Dimensioni	Lunghezza da 130 a 320 mm; diametro 10cm
Quantità/anno	9008 ton nel 2017

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif Berti et al. 2002]
Stabilità	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Colore	grigio/giallo chiaro
Ritiro volumetrico totale (%)	alto 5-10 % [rif. Berti et al. 2002]
Umidità relativa	100-200% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	bassa 320-480 kg/m^3 [rif. Berti et al. 2002] (*)
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	bassa [rif. Berti et al. 2002] (*)

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stagionatura	assente
Essiccazione	facile [rif. Berti et al, 2002] (*)

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(*) il dato riportato fa riferimento al pioppo

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	3 (se essiccato)

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	632,07 MJ/m^3 [rif. Deidda, 2018] ((*))
EC	40,48 kg CO_2 eq [rif. Deidda, 2018] ((*))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 170201 "Legno"
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Venduto ad aziende produttrici di pallet e cassette.

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+++*

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
((*)) Elaborazione dei dati in letteratura (Deidda,2018)

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
1. SDRAIO	Sdraio Country Chic, https://www.pinterest.it/pin/641059328179826071/?lp=true [accesso 20 novembre]
2. SEDUTA	Build a Rustic Log Bench, https://co.pinterest.com/pin/430516045611266830/?lp=true [accesso 20 novembre]
3. PARETE INTERNA	Rustic Bedroom Decor, www.onekindesign.com [accesso 20 novembre]
4. TAVOLO PER INTERNI	Rustic Decor, www.passiondiy.com [accesso 20 novembre]
5. LA RADURA	Radura, http://www.internimagazine.it/author/noname/page/253/ [accesso 20 novembre]
6. TAVOLO IBRIDO	Tavolo ibrido, www.incredix.it
7. MORBIDA JOY	MorbidaJoy, www.incredix.it

SCENARI DI RECUPERO TONDELLO

1. SDRAIO

https://www.pinterest.it

Descrizione	Il lettino è ottenuto dalla trasformazione di rifiuti di cantiere. Realizzato in modo sostenibile con utensili elettrici a funzionamento pulito.
Componenti	Tronchi, viti e staffe di acciaio.
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	Il tronco è sezionato in più parti uguali, che sono assemblate seguendo un disegno ad onda. Gli elementi sono uniti tramite delle viti e per rafforzare la struttura sono utilizzate, nella parte posteriore, delle staffe in acciaio.
Posa in opera	Posizionamento tronchi e fissaggio con viti e staffe in acciaio.

2. SEDUTA

https://co.pinterest.com

Descrizione	Panchina per esterni, totalmente in legno
Componenti	Tronchi e viti
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	-
Posa in opera	Arredamento

3. PARETE INTERNA

www.onekindesign.com

Descrizione	Parete interna di una casa a Big Sky, nel Montana's Yellowstone Club, residenza ispirata ai ranch. La casa è stata progettata dallo studio di architettura KMA Inc. Il design interno è molto rustico, è il caso della parete oggetto di analisi.
Componenti	
Caratteristiche	Parete interna per la separazione di ambienti
Lavorazioni tecnologiche	-
Posa in opera	Posizionamento tronchi e fissaggio al pavimento e al soffitto

4. TAVOLO INTERNI

www.passiondiy.com

Descrizione	Realizzato interamente in legno. Tavolo per arredamento con rotelle per un più facile movimento.
Componenti	Sei tavole in legno, tronchi, viti e rotelle
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	Le sei tavole sono state utilizzate per costruire la struttura di supporto, i tronchi per il rivestimento laterale, e delle piccole sezioni di tronco, per la base del tavolo. Son state poi montate le rotelle.
Posa in opera	Arredamento

5. LA RADURA

www.internimagazine.it

Descrizione	Spazio circolare dedicato al relax e alla riflessione, progettato dal maestro Ferdinando Arnò in collaborazione con la cantante belga Melanie De Biasio, il chitarrista Giorgio Cocilovo e il violoncellista Marco Decimo, è un'installazione sonora totalmente costruita in legno.
Componenti	Colonne cilindriche in legno, pedana circolare
Caratteristiche	350 colonne cilindriche in legno che raggiungono un' altezza massima di 6 metri, con un diametro esterno di 10,5 metri ed uno interno di 7 metri; la pedana circolare in legno alta 45 centimetri
Lavorazioni tecnologiche	Le colonne sono ancorate alla pedana circolare, che diventa anche una seduta.

6. TAVOLO IBRIDO

www.incredix.it

Descrizione	Tavolino con contenitore in legno e resina
Componenti	Legno di recupero e resina grigia
Caratteristiche	Tavolino basso con contenitore realizzato con struttura in legno di recupero e pareti rivestite in resina grigia effetto cemento
Lavorazioni tecnologiche	Lavorazione artigianale

7. MORBIDAJOY

www.incredix.it

Descrizione	Panca con seduta in resina morbida
Componenti	Legno massello, schiuma poliuretanica, resina poliuretanica
Caratteristiche	Seduta di vari colori Materiale morbido, quindi comodo
Lavorazioni tecnologiche	Lavorazione artigianale

SCHEDA LISTE SFOGLIATO

DESCRIZIONE

Foglio di spessore e dimensioni variabili derivante dal processo di sfogliatura.

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	Dopo l'essiccamento gli sfogliati, vengono selezionati, in base a caratteristiche estetiche, qualitative e tecniche a seconda delle successive lavorazioni; vengono selezionati manualmente o tramite macchinari appositi.
Componenti	Sfogliato
Dimensioni	Dimensioni variabili inferiori a quelle dei pannelli prodotti, 130x210cm a 320x220cm
Quantità/anno	Circa 1500-2000m^3 nel 2017

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stabilità	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Colore	grigio/giallo chiaro
Ritiro volumetrico totale (%)	alto 5-10 % [rif. Berti et al. 2002] (*)
Umidità relativa	4-8% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	bassa 320-480 kg/m^3 [rif. Berti et al. 2002] (*)
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	bassa [rif. Berti et al. 2002] (*)

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stagionatura	assente
Essiccazione	facile [rif. Berti et al, 2002] (*)

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(*) il dato riportato fa riferimento al pioppo.

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	3 (se essiccato)

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	2114,56 MJ/m^3 [Rif. Deidda, 2018] ((*))
EC	76,12 kg CO_2 eq [Rif. Deidda, 2018] ((*))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 170201 "Legno"
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

La parte degli sfogliati con dimensioni adeguate viene ricucita, la parte non utilizzabile (liste di sfogliato) viene cippata e utilizzata in caldaia.

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+++*

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
1. PARETE INTERNA	Parete interna, www.pianetadesign.it
2. LAMPADA PARETE	Wavw Long, https://www.passion4wood.be/en/wave-long-detail.html

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona

((*)) Elaborazione dei dati in letteratura (Deidda,2018)

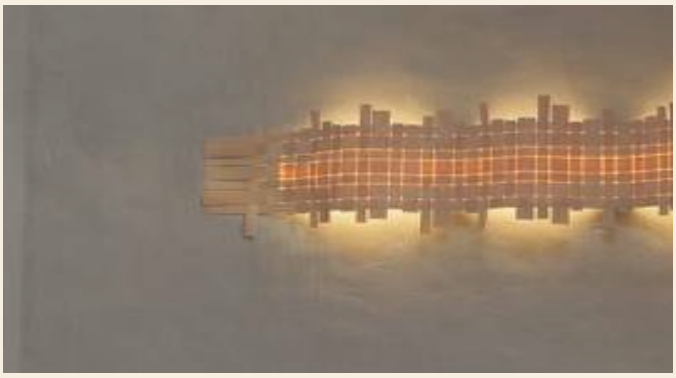
SCENARI DI RECUPERO LISTE SFOGLIATO

1. PARETE INTERNA

www.pianetadesign.it

Descrizione	Rivestimento parete interna in sfogliato di legno di dimensioni diverse.
Componenti	Sfogliato e colla
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	-
Posa in opera	Posizionamento tronchi e fissaggio al pavimento e al soffitto

2. LAMPADA PARETE



/www.passion4wood.be

Descrizione	Lampada da parete ondulata, con struttura in legno intrecciata e luce soffusa. Da usare verticalmente e orizzontalmente.
Componenti	Fogli di legno e soffusa.
Caratteristiche	Dimensioni: 1m50 x 30 cm o 1m80 x 40 cm
Lavorazioni tecnologiche	-
Posa in opera	Arredamento

SCHEDA COLLA

DESCRIZIONE

La residui di colla si presentano sotto forma di blocchi compatti di colla.

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	I residui di colla sono la parte della colla che resta desa ai macchinari nella fase di giuntatura e incollaggio dei pannelli per pressatura a caldo. (*)
Componenti	Urea e formaldeide
Dimensioni	Dimensioni variabili
Quantità/anno	70 ton circa (nel 2018)

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stabilità	-
Colore	bianco/grigio
Ritiro volumetrico totale (%)	-
Umidità relativa	-
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	-
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	-

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	Assente
Tenuta al chiodo	Assente
Stagionatura	Assente
Essiccazione	Assente

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(*) Per la scheda tecnica della colla utilizzata dall'azienda E. Vigolungo S.pa per i pannelli si rimanda all'allegato 1 di questa tesi..

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	I (liquida e in blocchi compatti)

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	3035,22 MJ/m^3 [Rif. Deidda,2018] ((*))
EC	140,9 kg CO_2 eq [Rif. Deidda,2018] ((*))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 080410, adesivi e sigillanti di scarto, diversi da quelli di cui alla voce 08 04 09
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Smaltimento

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+*

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
-	-

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
((*)) Elaborazione dei dati in letteratura Deidda,2018

SCHEDA RESIDUI SQUADRATURA

DESCRIZIONE

Listelli di multistrato di varia misura e spessore originati dal processo di squadratura.

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	I pannelli sottoposti a controllo di qualità hanno ancora i lati irregolari, vengono quindi inviati alla squadratrice che , tagliando con seghe circolari, rende il pannello squadrato e delle dimensioni richieste. Gli scarti di questa lavorazione sono i residui di taglio (*).
Componenti	Sfogliato e colla.
Dimensioni	Lunghezza da 130 a 320cm, larghezza qualche cm, spessore da 3 a 40mm
Quantità/anno	1879 ton nel 2018

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	+++ * [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stabilità	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Colore	bianco/giallo chiaro
Ritiro volumetrico totale (%)	Quasi assente [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Umidità relativa	8/12 % [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	420 kg/m^3 [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	0,12 W/m K [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]
Resistenza Maccanica [MPa]	-

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stagionatura	Presente
Essiccazione	Già essiccato

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(*) Per le analisi dello scarto residui di squadratura dell'azienda E. Vigolungo S.pa si rimanda all'allegato 2 di questa tesi..

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	D-s2,d0 - Dfl-s1 (per spessori > 9 mm) [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	5535,16 MJ/m3 [Rif. Deidda,2018] ((*))
EC	242,14 kg CO_2 eq [Rif. Deidda,2018] ((*))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 030105, Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone segatura, trucioli, resifui da taglio, legno, pannelli di truciolare non contenenti sostanze pericolose
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Smaltimento

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+*

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
-	-

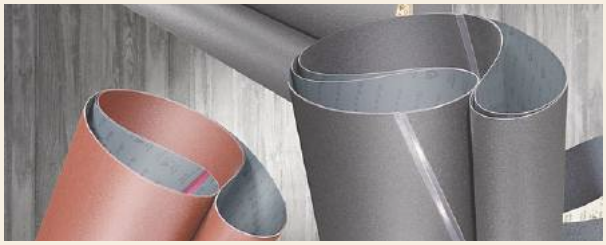
* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona

((*)) Elaborazione dei dati in letteratura Deidda,2018

SCHEDA CARTA ABRASIVA

DESCRIZIONE

Materiale utile per levigare le superfici. Costituito da un supporto flessibile in carta, tela o altro, ricoperto per incollaggio con granuli cristallini di materiale abrasivo.



Fonte: www.siaabrasives.com

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	Al termine della filiera il pannello viene sfregato con carta abrasiva per eliminare eventuali imperfezioni. La carta abrasiva viene utilizzata fino alla fine della sua vita utile per poi diventare rifiuto (*).
Componenti	Materiale abrasivo: carburo di silicio; Legante: doppia resina ((*))
Dimensioni	235X320 cm
Quantità/anno	183 fogli. E' un dato molto variabile, un foglio viene utilizzato in genere per 2-3 gg

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	+++ * ((*))
Stabilità	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Colore	nero/viola/rosso
Ritiro volumetrico totale (%)	Assente [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Umidità relativa	-
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	-
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	-

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Stagionatura	Assente
Essiccazione	Assente

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona

(*)Per le analisi dello scarto carta abrasiva utilizzata dall'azienda E. Vigolungo S.pa si rimanda all'allegato 4 di questa tesi.

((*)) Si rimanda all'allegato 5 per la scheda tecnica di una delle carte abrasive utilizzate dall'azienda.

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	-

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	12,03 MJ/m^3 [Rif. Deidda,2018] (((*)))
EC	0,72 kg CO_2 eq [Rif. Deidda,2018] (((*)))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 120117, Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica, residui di materiale di sabbiatura, non contenenti sostanze pericolose.
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Smaltimento

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+*

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
-	-

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(((*))) Elaborazione dei dati in letteratura Deidda,2018

SCHEDA CENERI

DESCRIZIONE

Residui di combustione

CENERI LEGGERE

CENERI PESANTI

CARATTERISTICHE GENERALI

Lavorazione	Residui di combustione dell'intero ciclo produttivo.
Componenti	Si rimanda all'allegato 6 di questa tesi (*)
Dimensioni	-
Quantità/anno	Ceneri pesanti: 600 ton circa Ceneri leggere: 60 ton circa (2018)

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE

Durabilità	-
Stabilità	-
Colore	Grigio/bianco
Ritiro volumetrico totale (%)	-
Umidità relativa	-
Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	800/1300 kg/m^3 [Rif. esperto Vigolungo S..p.a]
Calore specifico	-
Permeabilità al vapore acqueo	-
Conduttività termica	-
Resistenza Maccanica [MPa]	-

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

Lavorabilità	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Facilità all'assemblaggio	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tenuta al chiodo	Assente
Stagionatura	Assente
Essiccazione	Assente

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona

(*)Per le analisi dello scarto ceneri leggere e pesanti dell'azienda E. Vigolungo S.pa si rimanda all'allegato 6 di questa tesi.

COMPORTAMENTO AL FUOCO

Reazione al fuoco	-

INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE

EE	5988,66 MJ/m^3 [Rif. Deidda,2018] ((*))
EC	5988,66 MJ/m^3 [Rif. Deidda,2018] ((*))

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE ED ECOLOGICHE

Codice CER	CER 100101 (pesanti); CER 100103(leggere). Rifiuti provenienti da processi termici: 100103, ceneri leggere di torba e di legno non trattato, e 100101, ceneri pesanti, fanghi e polveri di caldaia.
Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014	Nessuna

GESTIONE DELLA RISORSA VIGOLUNGO SPA

Smaltimento

RICICLABILITÀ POTENZIALE DEI SOTTOPRODOTTI

	+*

POTENZIALI SCENARI DI RECUPERO DA BIBLIOGRAFIA

SCENARI	BIBLIOGRAFIA
1-SUPPLEMENTO DEL SUOLO IN AGRICOLTURA	Carević I, Štirmer N, Pečur IB, Milovanović B, Baričević A, Rukavina MJ. Potential of use wood biomass ash (WBA) in the cement composites. 1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future, University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, , Zadar, Croatia, 19-21 April 2017 12

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona

((*)) Elaborazione dei dati in letteratura (Deidda,2018)

1. SUPPLEMENTO DEL SUOLO IN AGRICOLTURA

SPERIMENTALE

Descrizione	La combustione della biomassa per la produzione di energia elettrica è in aumento in tutto il mondo. Di conseguenza la quantità di cenere derivata dalla combustione della biomassa, nello specifico la cenere di biomassa di legno. Il 20% attualmente tende ad essere utilizzato come supplemento del suolo in agricoltura.
Componenti	Cenere
Caratteristiche	-
Lavorazioni tecnologiche	-
Posa in opera	-

4.3 Concorso di Idee

Dopo aver redatto le schede di ogni potenziale sottoprodotto, è stato bandito un Concorso di Idee all'interno del corso di Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura aa. 2018-2019, della professoressa Simonetta Pagliolico, nel corso di laurea magistrale Architettura per il Progetto Sostenibile, con l'obiettivo di coinvolgere gli studenti per la raccolta di informazioni e spunti progettuali.

Ad ogni studente è stato chiesto di presentare delle idee per il recupero dei sottoprodotti oggetto della mia tesi. Il concorso richiedeva di soffermarsi sugli aspetti di:

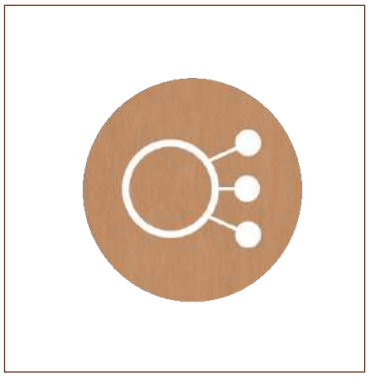
Questi tre obiettivi sono i punti fondamentali della parte di progetto che si presenterà nel prossimo capitolo della tesi. Lo studente era libero di ideare qualsiasi tipologia di oggetto (oggetti di design, pacchetti tecnologici, ecc...) e di rappresentarlo nel modo che riteneva essere il più adatto al suo progetto.
I sottoprodotti potevano essere utilizzati singolarmente o associati a altri sottoprodotti o materiali.
La giuria costituita dalla professoressa Simonetta Pagliolico, il professore Corrado Carbonaro, l'architetto Andrea Deidda, il dottor Gaetano Castro (CREA), il dottor Piermario Chiaraboglio (CREA) e la dottoressa Sara Bergante (CREA), nel giorno della consegna ed esposizione, è stata chiamata ad assegnare un punteggio per ogni obiettivo delineato in precedenza, così da poter stilare una graduatoria e annunciare i vincitori del concorso (i primi tre).

In generale, il tema del recupero, da sempre obiettivo principale del corso di laurea, ha affascinato i ragazzi che, nel loro ristretto tempo a disposizione(un mese circa), hanno presentato delle idee originali e in alcuni casi molto ben sviluppate. Le idee sono state molto diverse tra loro, dalla proposta di una serie di lampade al pacchetto tecnologico, dalla capanna alla seduta/ombrello, tutte pensate nei minimi dettagli.

I vincitori del concorso sono le idee oroginali che più hanno approfondito l'aspetto di ecocompatibilità e i dettagli tecnologici.
La giuria ha posizionato due idee per il primo posto la Capanna Pi e Nuova Vita per il Tondello, Ombredia come secondo posto e un terzo posto per il Pannello Vibrante Fonoassorbente alle Alte e alle Basse Frequenze. Si riportano le caratteristiche principali di ogni progetto e gli spunti progettuali utili per la tesi.

1. Capanna Pi
di Paolo Bianco

Capanna realizzata con materiali di scarto: tondelli per la struttura e per elementi di arredo, le liste di sfogliato per i rivestimenti interni, i residui di squadratura per le pareti traspiranti del bagno con il supporto di listelli e cavetti in acciaio, infine le ceneri per la realizzazione delle malte (con aggiunta di calce e sapone nero).



2. Nuova Vita per il Tondello
di Antongiulio Lizzio

I tondelli sono tagliati longitudinalmente e tratti per la realizzazione di schermature, interne, divisori e rivestimenti di design.

3. Ombredia
di Costanza Brocato

Il progetto prevede l'utilizzo di tre tondelli e un telo, per un sistema che a seconda delle esigenze permetta di ottenere un ombrellone o una sedia.

4. Pannello Vibrante Fonoassorbente alle Alte e alle Basse Frequenze di Mariasole Ballerini e Chiara Viada

Il pannello proposto è fonoassorbente alle alte e alle basse frequenze, realizzato con residui di squadratura cippati e di tondelli per la realizzazione della struttura.

1. Capanna Pi

capanna Pi
riuso degli scarti

tondelli

i tondelli per le loro dimensioni e la possibilità di essere tagliati/rifilati verranno utilizzati per buona parte della realizzazione della struttura (ad esclusione delle travi portanti in legno di larice). Oltre alla struttura dei solai e delle vetrate, verranno impiegati anche per il rivestimento stesso della capanna e la realizzazione di alcuni complementi di arredo

sfogliato

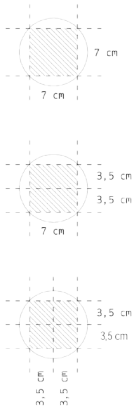
lo sfogliato verrà impiegato nel rivestimento interno della capanna; rifilato in pannelli di circa 160x120 cm coprirà i due solai leggeri del piano terra e del soppalco. Gli scarti del ritaglio e della posa verranno impegati nella realizzazione del "muro in scarti"

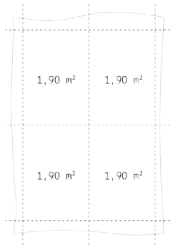
residui di squadratura

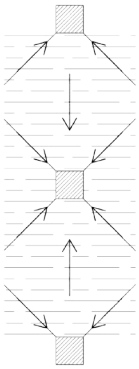
i residui, grazie ad una struttura realizzata con listelli e cavetto di acciaio, verranno utilizzati nella costruzione delle pareti traspiranti del corpo bagno della capanna, per poi essere rivestite sul lato interno da un intonaco impermeabile e traspirante

ceneri

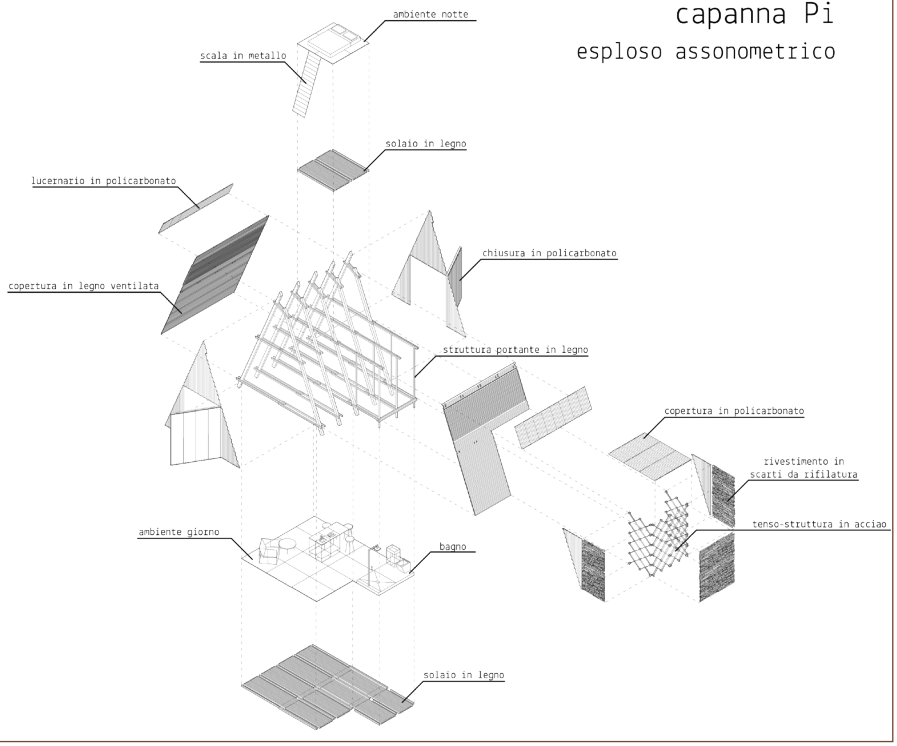
facendo riferimento al testo "Principj di architettura civil" di Francesco Milizia del 1781 e alla pratica del "Tadelakt" marocchino, la cenere verrà impiegata nella costituzione di una malta (assieme all'aggiunta di calce e sapone nero), impermeabile all'acqua ma traspirante che rivestirà per intero le pareti e il pavimento del bagno



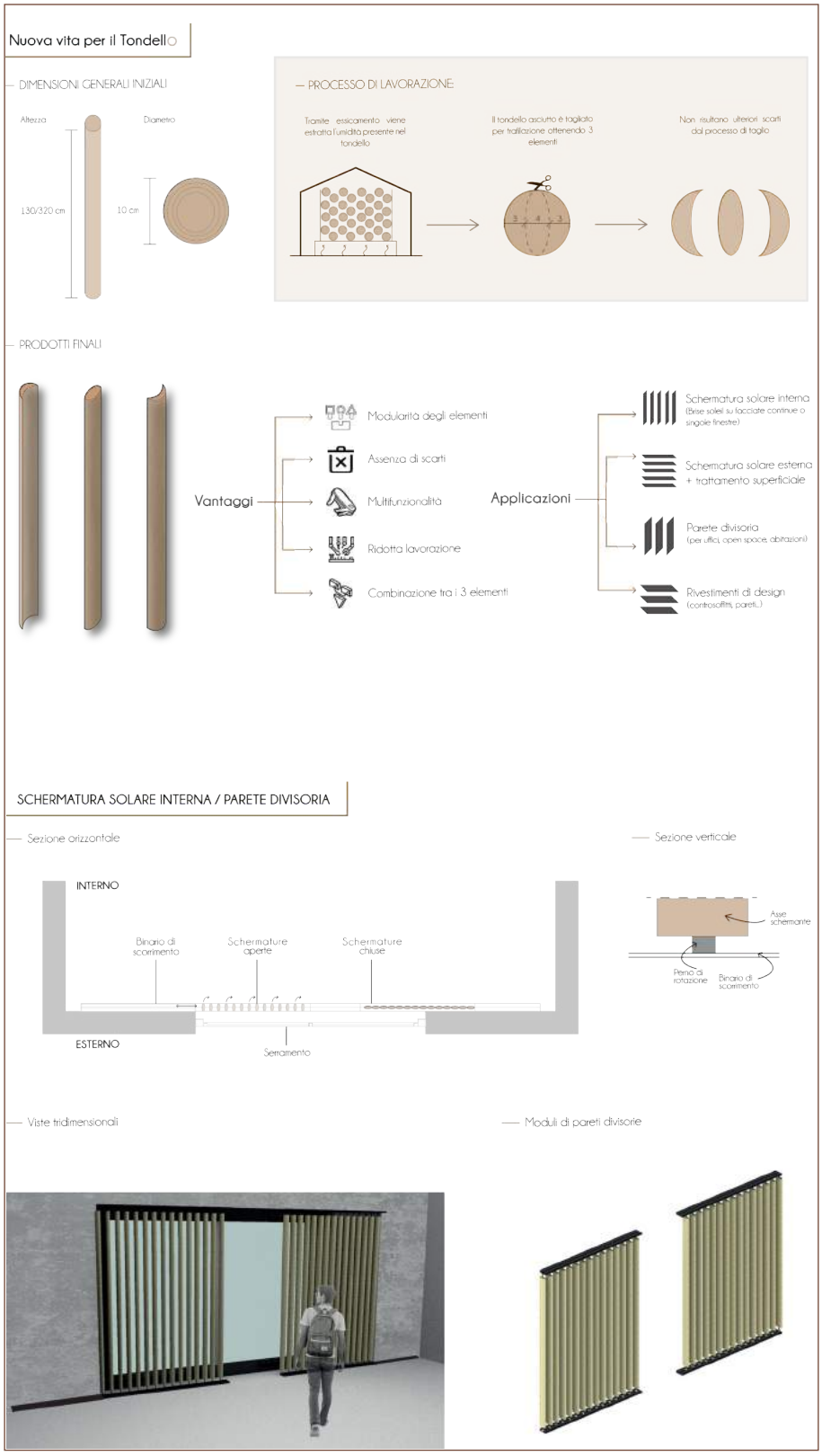




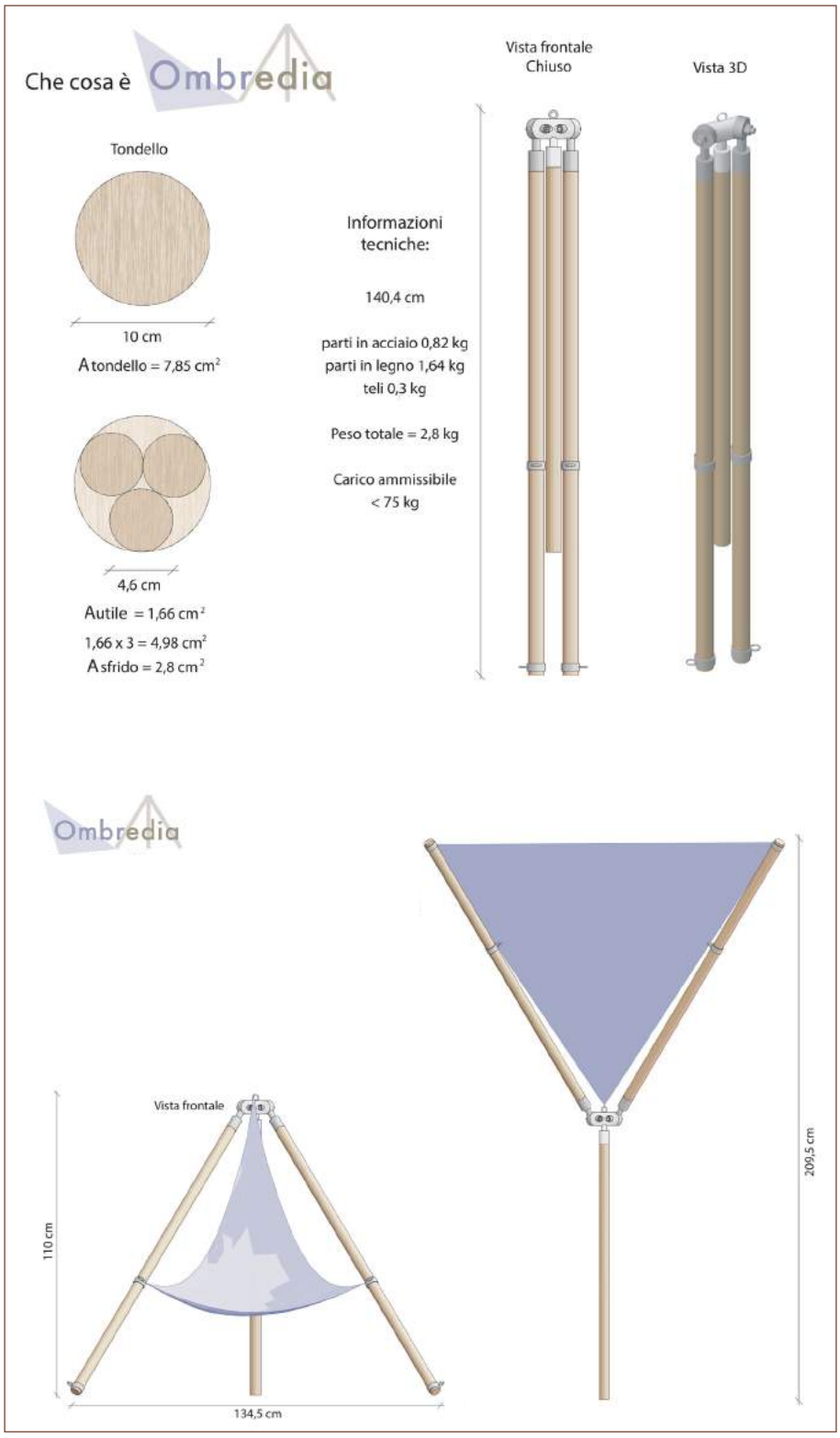
capanna Pi
esploso assonometrico



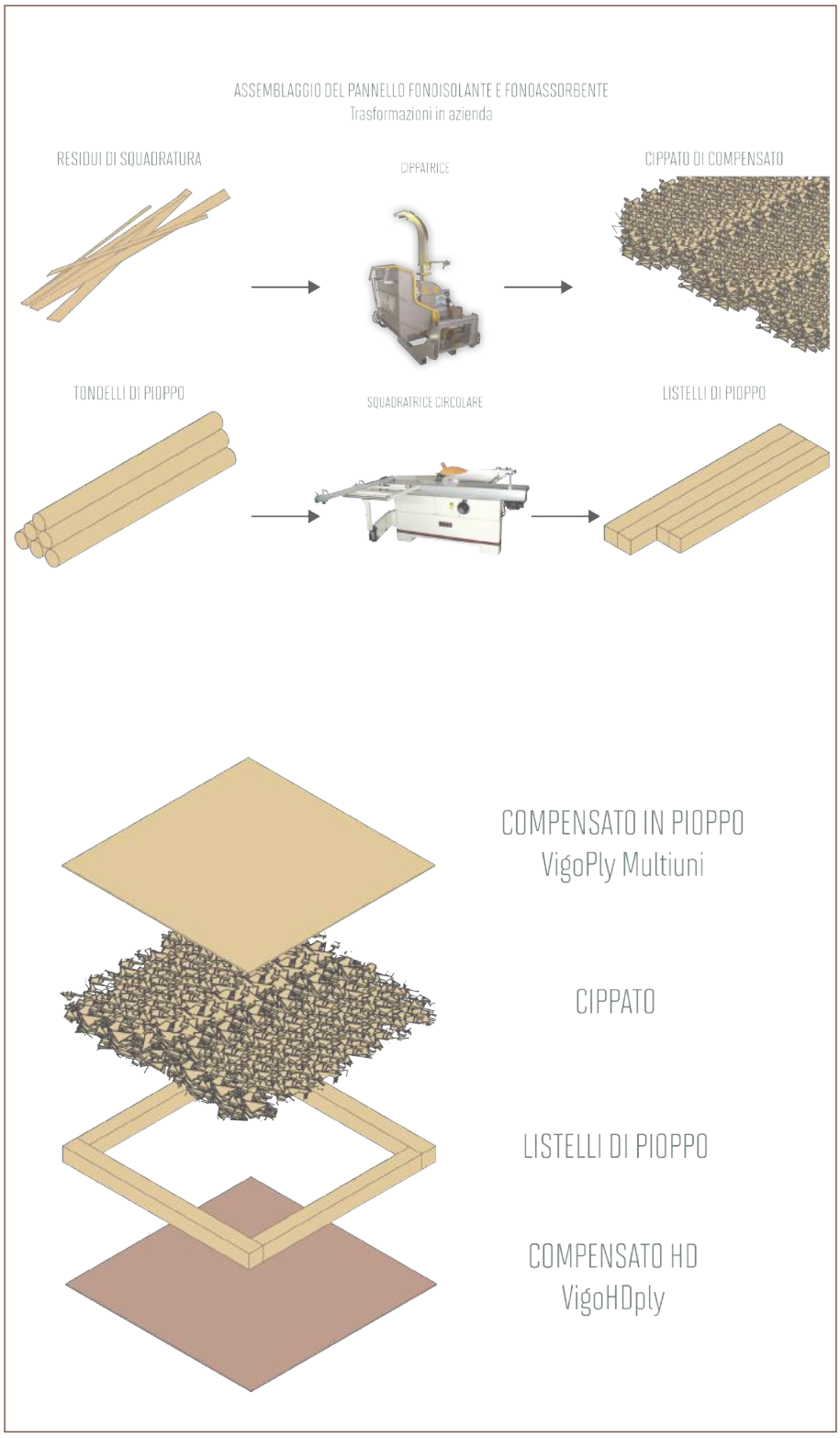
2. Nuova vita per il Tondello



3. Ombredia


Che cosa è Ombredia
Vista frontale
Chiuso
Vista 3D
Tondello
10 cm
A tondello = 7,85 cm²
Informazioni tecniche:
140,4 cm
parti in acciaio 0,82 kg
parti in legno 1,64 kg
teli 0,3 kg
Peso totale = 2,8 kg
Carico ammissibile
< 75 kg
4,6 cm
Autile = 1,66 cm²
1,66 x 3 = 4,98 cm²
A sfrido = 2,8 cm²
Ombredia
Vista frontale
110 cm
134,5 cm
209,5 cm

4. Pannello Vibrante Fonoassorbente alle Alte e alle Basse Frequenze



Fonte: www.material-id.de

5. CAMPO DI APPLICAZIONE DEL PROGETTO: I RIVESTIMENTI

Negli ultimi anni si sta diffondendo sempre di più l'utilizzo di materiali naturali e di recupero. La causa principale è la necessaria ricerca di un rapporto con l'ambiente per riuscire a preservare la Terra.

Nel 1987, il Rapporto Brundland della Word Commission on Environment and Development, definì il concetto di sostenibilità come: «il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri» (Brundtland Report, 1987).

L'obiettivo principale della tesi è: limitare la produzione di rifiuti industriali, nello specifico della produzione della E. Vigolungo S.p.a., recuperardoli in un'ottica di upcycling.

5.1 Selezione del campo di applicazione

I campi di applicazione di progetto proposti sono: oggetti di design, arredamento e elementi tecnologici d'involucro. Questi sono stati relazionati a tre obiettivi importanti:

- la RIDUZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI, confrontandoli con prodotti già presenti sul mercato;
- le RELAZIONI AZIENDALI, valutando il progetto che copra il più possibile il mercato dell'azienda Vigolungo S.p.a.;
- le PREFERENZE AZIENDALI, la volontà dell'azienda di investire per la produzione, o di collaborare con aziende esterne per la realizzazione del progetto.

La Fig 5.1 rappresenta schematicamente le relazioni su citate. I dati sono stati raccolti durante una breve intervista in azienda. I risultati finali sono rappresentati con un sistema a punteggio.

		Obiettivi generali			
		Riduzione impatto ambientale	Trattamento delle reti aziendali di Vigolungo	Preferenze aziendali	Punteggio totale
Campi di applicazione	Oggetti di design	● ● ●	● ○ ○	● ○ ○	5/9
	Arredamento interni	● ● ●	● ● ○	● ● ○	7/9
	Elementi tecnologici d'involucro	● ● ●	● ● ●	● ● ●	9/9

Fig 5.1 Tabella di confronto tra i vari campi di applicazione proposti

Da questa prima analisi si evidenzia come il campo di progetto più adatto sia: studio di elementi tecnologici d'involucro.

Si riportano gli obiettivi principali di progetto che guideranno e saranno vincolanti nella progettazione.

.

ECOCOMPATIBILITÀ

Materie prime: sottoprodotti Vigolungo S.p.a. e materiali sostenibili

Processo produttivo costituito da poche fasi e a basso impatto ambientale

Facilità di montaggio e smontaggio dei componenti

Fine vita caratterizzato da elevata riciclabilità

Fig 5.2 Obiettivi di progetto

5.2 I rivestimenti d'involucro: tecnologia, ricerca e tendenze di mercato

La fase di progettazione comprende una preliminare fase di ricerca, che permette la conoscenza delle nuove tecnologie e delle tendenze del mercato.

Il legno è un materiale adatto per la realizzazione di rivestimenti dalle svariate funzioni, ma anche dai più vari prezzi. Si è tenuto conto della realizzazione di rivestimenti a basso impatto ambientale ed economici. La Fig 5.3 riporta i requisiti, decisi a seguito dell'analisi delle materie prime, per i pannelli di rivestimento di progetto. Ciascun requisito è in seguito approfondito.

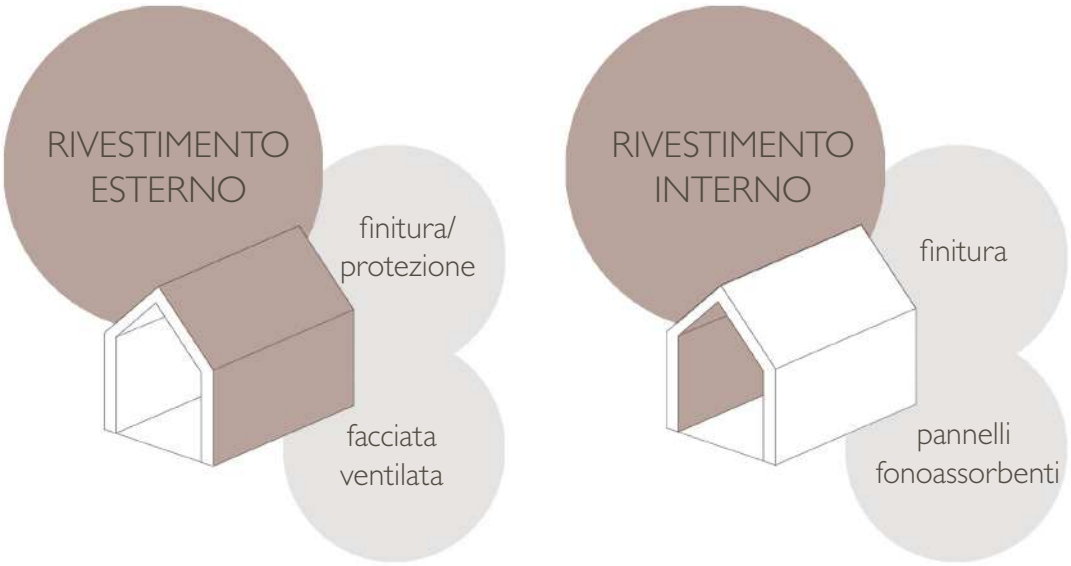


Fig 5.3 Requisiti di progetto

5.2.1 I RIVESTIMENTI ESTERNI
per finitura e protezione

Il rivestimento in legno in tutti i suoi aspetti (la disposizione di ogni elemento, lo spessore e i metodi di fissaggio) deve tener conto di tutte le caratteristiche del materiale tra cui l' umidità e la durabilità.
L'innovazione tecnologica ci ha condotti alla realizzazione di prodotti in legno di varie forme e dimensioni e che, con trattamenti adeguati, resistono all'umidità, agli agenti atmosferici, agli attacchi fungini e di insetti (jove.com).
A livello costruttivo vi è la possibilità di realizzare l'apparato strutturale in legno (travi, pareti portanti) ma anche le finiture, il rivestimento interno ed esterno.

I rivestimenti esterni, oltre a fornire caratteristiche estetiche, si occupano della protezione dell'intero involucro. Il rivestimento in legno è molto diffuso; si precisa che la progettazione deve essere effettuata con accortezza per evitare le infiltrazioni ma anche i ritiri e le deformazioni dovute all'umidità del materiale stesso.
La naturalezza del prodotto in legno comporta trasformazioni dimensionali e estetiche, tra queste l'ossidazione naturale del materiale che varia a seconda dell'esposizione ai raggi solari e agli agenti atmosferici.

ACCORGIMENTI PER LA PROGETTAZIONE

Il biodegradamento è un fattore molto importante da considerare durante la progettazione: è opportuno seguire una corretta finitura e una corretta posa.

Gli incastri e unioni devono essere progettati accuratemente per evitare ristagni localizzati di umidità. Piccoli accorgimenti permettono di lasciare il legno libero di muoversi e di evitare spaccature. L'umidità ideale del legno è del 16-18 %, un'umidità superiore rende necessario l'aumento degli spazi di sovrapposizione (Giachino, 2014).

La chiodatura può avvenire in diversi modi, anche questo in funzione dei climi in cui stiamo operando e delle caratteristiche che si vogliono ottenere. Nella Fig 5.4 si mostra: l'ipotesi A che permette in climi asciutti l'entrata di aria nell'intercapedine e in climi umidi, rigonfiandosi, una sicura tenuta; l' ipotesi B mostra una chiodatura che permette di ottenere la tenuta ma non la circolazione di aria. I chiodi devono essere zincati o in acciaio inossidabile, se a in ambienti a rischio di corrosione salina si consigliano in acciaio inox 304 o 305. I prefori devono essere sempre sovradimensionati per consentire il movimento dei singoli elementi di rivestimento (Giachino, 2014).

I vari trattamenti, che possono contribuire a contenere le variazioni dimensionali, devono proteggere dai raggi UV ed essere applicati su entrambe le facce e sui bordi. La finitura, la permeabilità al vapore e l'orientamento del rivestimento sono i tre aspetti che incidono sulla superficie del legno.
Per i sistemi costituiti da tavole posizionate in verticale, la posizione più ricorrente è quella sfalsata e sovrapposta, per compensare deformazioni dovute all'imbarcamento di elementi non perfettamente stagionati. La copertura viene interrotta a 20-30 cm per contrastare i i

fenomeni di risalita e l'ultimo elemento deve permettere il deflusso delle acque (Giachino, 2014).

La manutenzione è molto importante per gli elementi in legno. La frequenza di manutenzione è considerata maggiore per le vernici semitrasparenti rispetto a quelle opache e coprenti; l'intervallo potrà variare dai 3-5 anni e i 7-10 anni, il tutto dipendente dalla specie legnosa, l'esposizione e anche dalle prestazione delle vernici (UNI EN 927-2:2006). Tutti i tipi di trattamento che siano chimici o termici (nel paragrafo 5.3 sono approfonditi alcuni dei trattamenti presenti sul mercato) richiedono degli intervalli di tempo per la manutenzione ordinaria. L'Eurocodice 5 non fornisce delle prescrizioni o delle indicazioni; queste sono fornite dal produttore. In fase di progettazione il progettista deve redigere il "Piano di Manutenzione della parte strutturale dell'opera", introdotto dal D.P.R 554/ 1999, ma che con l'entrata in vigore delle norme Tecniche delle costruzioni è diventato obbligatorio del progetto esecutivo (Giachino, 2014).

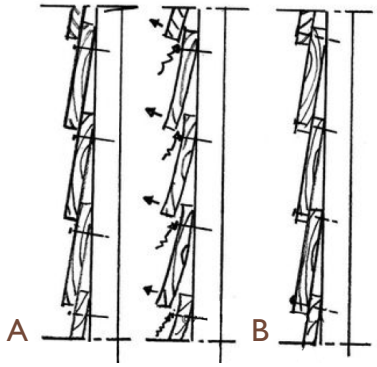


Fig 5.4 Schemi possibili chiodature

CASI STUDIO

1. Henley Street, Barwon Heads, Australia

Le forme circolari e il lucernario al primo piano sono dovuti a una volontà espressa dal committente: un planetario come inclusione. Il rivestimento dell'intero edificio, concepito come estensione del paesaggio circostante dominato da alberi, è totalmente in assi di cedro verticale che hanno la funzione di creare la privacy necessaria e la schermatura solare (architizer.com).

2. Saint-Ange Residence, Seyssins, France

La residenza è una scultura monolitica in cemento armato, rivestito in legno di pino locale la cui tonalità scura è dovuta alla finitura in asfalto. L'asfalto è utilizzato solitamente per impermeabilizzare gli scafi in legno delle barche. Oltre al rivestimento esterno anche le persiane e gli interni sono in legno (architizer.com).

3. Saint Benedict Chapel, Sumvitg, Svizzera

La cappella presenta una forma cilindrica. Il rivestimento è costituito da scandole in legno e cesoie tipiche delle case locali. A coronamento della cappello vi sono delle colonne in legno verticali e dei pannelli in vetro per permettere l'accesso della luce naturale (archdaily.com).

4. 25 Verde, Torino, Italia.

Il complesso residenziale, costituito da 63 appartamenti, è progettato come bosco abitabile. Comprende 200 alberi con la funzione di abbattere le polveri sottili causate dalle autovetture, limitare il rumore e mitigare gli sbalzi di temperatura. Realizzato in materiali naturali, il rivestimento esterno in scandole evoca la corteccia degli alberi. Le accortezze progettuali hanno permesso la massima efficienza energetica (lineeverdi.com).

1. Henley Street, Barwon Heads, Australia

Progettista:
Jackson Clements Burrows

Anno: 2009

Tipologia: Residenziale

Aspetti principali:
-l egno come risposta a forme circolari
- legno per schermatura solare e privacy

Fonte immagini:
https://architizer.com/projects/henley-street-barwon-heads/

2. Saint-Ange Residence, Seyssins, France

Progettista:
Studio Odile Decq

Anno: 2015

Tipologia: Residenziale e Padiglione Culturale

Aspetti principali:
- legno di pino trattato con catrame per ipermeabilizzazione e colore uniforme

Fonte immagini:
https://architizer.com/projects/residence-saint-ange/

3. Saint Benedict Chapel, Sumvitg, Svizzera

Progettista:
Peter Zumthor

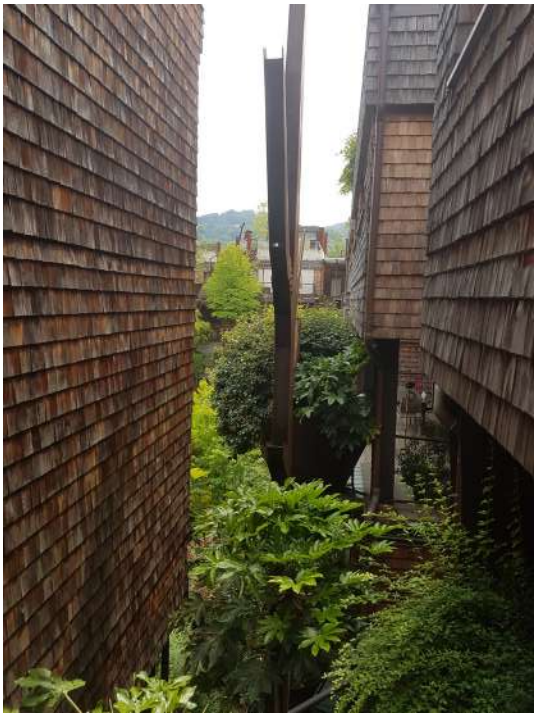
Anno: 1988

Tipologia: Cappella

Aspetti principali:
- scandole in legno
- coronamento vetrato per permettere l'accesso della luce naturale

Fonte immagini:
https://www.archdaily.com/418996/ad-classics-saint-benedict-chapel-peter-zumthor

4. 25 Verde, Torino, Italia.



Progettista:
Luciano Pia e
Studio Lineeverdi

Anno: 2012

Tipologia: Residenziale

Aspetti principali:
- scandole in legno
- massima efficienza energetica

Fonte immagini:
http://www.lineeverdi.com/portfolio/25-verde/ e MarioAlesinaPhotography

LE SCANDOLE

La scandola è un rivestimento antico molto presente nell'Europa centro settentrionale, come Norvegia, Svezia, Germania, Austria, ma anche in Turchia e in alcune zone dell'ex Unione Sovietica. Diffuse largamente anche negli U.S.A. tanto da designarne uno stile costruttivo: il "shingle stile". In Italia, si diffusero nelle zone dell'Alto Adige ma anche in alcune zone Piemontesi e Lombarde (infobuild.it).
Oggi questa copertura è quasi rara e in alcuni casi sostituita da pietra cotto o anche lamiera.

Il legno più comune utilizzato è il larice ma anche pino e abete.

Le scandole storicamente venivano realizzate a spacco o segagione e fissate alle strutture con perni in legno; oggi la chiodatura è il metodo più resistente. I chiodi da utilizzare per il legno sono zincati o in acciaio inossidabile.
La posizione di tre strati sovrapposti permette di ottenere le giunzioni coperte e quindi di evitare infiltrazioni (infobuild.it).

Le dimensioni delle scandole storicamente variavano in base ai sistemi costruttivi tipici delle varie zone su citate. Oggi in commercio sono presenti dimensioni e forme variabile a seconda della scelta progettuale.

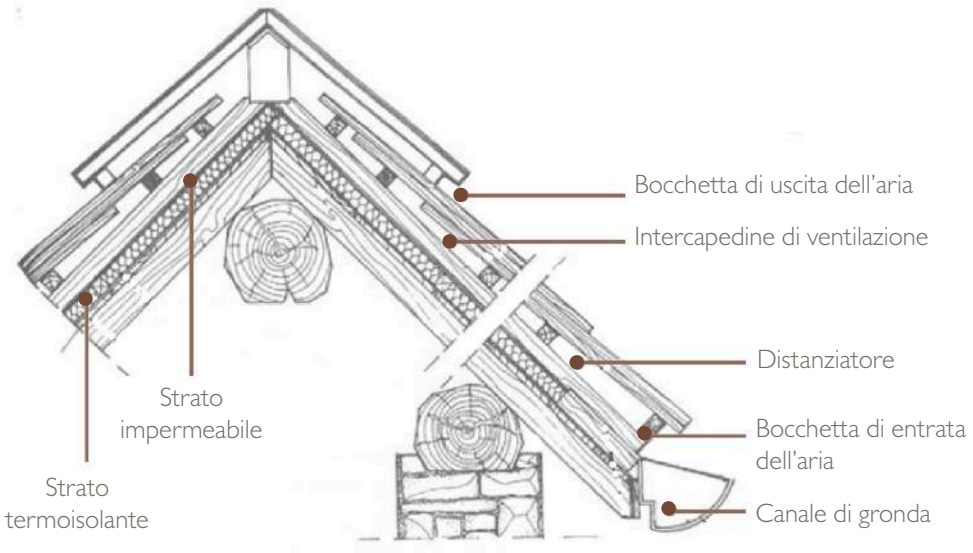


Fig 5.5 Schema possibile adegumento delle scandole per un sistema tetto moderno

La Fig. 5.5 riporta un possibile utilizzo delle scandole per sistemi moderni di copertura, con isolamento e facciata ventilata.

5.2.2 Le FACCIATE VENTILATE

L'involucro esterno è l'elemento architettonico che avvolge la struttura e che si occupa di svolgere varie funzioni tecniche tra cui l'ottimizzare le relazioni tra ambiente interno ed esterno, in ottica di un risparmio energetico e di comfort abitativo.
La facciata ventilata è una tipologia di parete formata da:
- un rivestimento esterno di qualsiasi materiale e dimensione;
- una struttura a cui viene fissato il rivestimento, che distanzia lo stesso dall'isolante termico, creando un'intercapedine. Questa intercapedine deve essere di dimensioni tali da innescare dei moti convettivi;
- l'isolamento termico;
- la struttura portante.

Le facciate ventilate possono essere suddivise in:
- pareti mediamente o fortemente ventilate, costituite da un'intercapedine di notevoli dimensioni permette di ridurre il carico sugli strati interni d'estate e la rapida evaporazione e smaltimento di umidità e acqua d'inverno. Questa tipologia di facciata necessita di griglie regolabili di espulsione e immissione di aria esterna.
- pareti debolmente o molto debolmente ventilate, questa tipologia risulta avere delle alte prestazioni di resistenza alla pioggia battente. Le dimensioni ridotte di intercapedine permette l'assenza di griglie regolabili di espulsione e immissione (Lucchini, Rockwool.it).

Il movimento che si crea all'interno dell'intercapedine permette l'eliminazione del vapore acqueo che proviene dall'interno dell'edificio, controllando i fenomeni di condensa. La facciata ventilata permette di ridurre la quantità di calore estivo in entrata con conseguente risparmio energetico. La Fig 5.6 raffigura il trasferimento del vapore acqueo dall'ambiente interno all'ambiente esterno di una facciata ventilata.

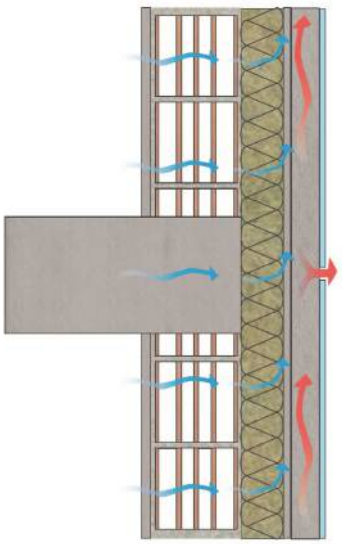
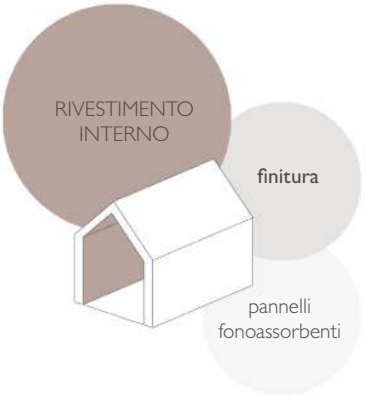


Fig. 5.6 Comportamento di una facciata ventilata.



5.2.3 Il RIVESTIMENTO INTERNO come finitura

I rivestimenti interni in legno sono molto utilizzati per la bellezza naturale del materiale. Sul mercato attualmente si possono trovare pannelli di tutte le specie di legno, di tutte le forme (listelli, pannelli) e di tutti i colori, ed è permessa anche la personalizzazione con lavorazioni artigianali che donano prestigio all'ambiente.

L'applicazione del legno, nello specifico legno da riuso o riciclo, è molto meno onerosa e problematica rispetto ai rivestimenti esterni: il materiale non deve essere protetto dagli agenti atmosferici (grandi nevicate, infiltrazioni, umidità) o agenti esterni.
E' da sottolineare la necessità di vari accorgimenti nel caso di progettazioni di ambienti particolarmente umidi.

Negli ultimi anni si sta sviluppando sempre di più la volontà da parte di designer di dare una seconda vita ai materiali. Anche molte aziende si occupano della realizzazione di rivestimenti interni con materiale da riciclo.
La ditta di Francoforte Material-Id, ad esempio, ha presentato alla fiera biennale Holz HandWerk rivestimenti su unità modulari di supporto con l'utilizzo di legno grezzo e da riciclo trattato opportunamente.

CASI STUDIO

1. Wände in Wein, le pareti di vino per veri intenditori, Germania.
La casa è arredata con materiali Material Id, nello specifico pezzi di legno ottenuti dalle vecchie botti di vino di forma rettangolare. Nelle varie zone della casa il materiale assume forme e colorazioni diverse (material-id.de).
2. Panetteria Küster. Göttingen, Germania.
Gli interni della panetteria tedesca, come anche il bancone, sono rivestiti con pannelli di legno di querce secolari riciclati. La forma rettangolare non è perfettamente regolare (material-id.de).
3. Nishi Hotel Hotel. Canberra, Australia.
Il ruolo di March Studio nel progetto Hotel Hotel è stato quello di progettare gli spazi al piano terra, che corrono tra i due ingressi dell'edificio. Il progettetto ha previsto gli interni con legno riciclato, travi di cemento e pannelli di acciaio.
La hall del Nishi Hotel hotel è costituita da 5000 listelli in legno di dimensioni diverse sospesi e uniti tra loro con elementi metallici. Le sedute e le pareti sono in legno riciclato(architetturaecosostenibile.it).

1. Wände in Wein, le pareti di vino per veri intenditori, Germania

Progettista: Material Id

Tipologia: Residenziale

Aspetti principali:
- legno di recupero da botti di vino
- spruzzi di colore per la camera da letto

Fonte immagini:
https://www.material-id.de/portfolio/paneele-impressionen-baeckerei-kuester-goettingen/

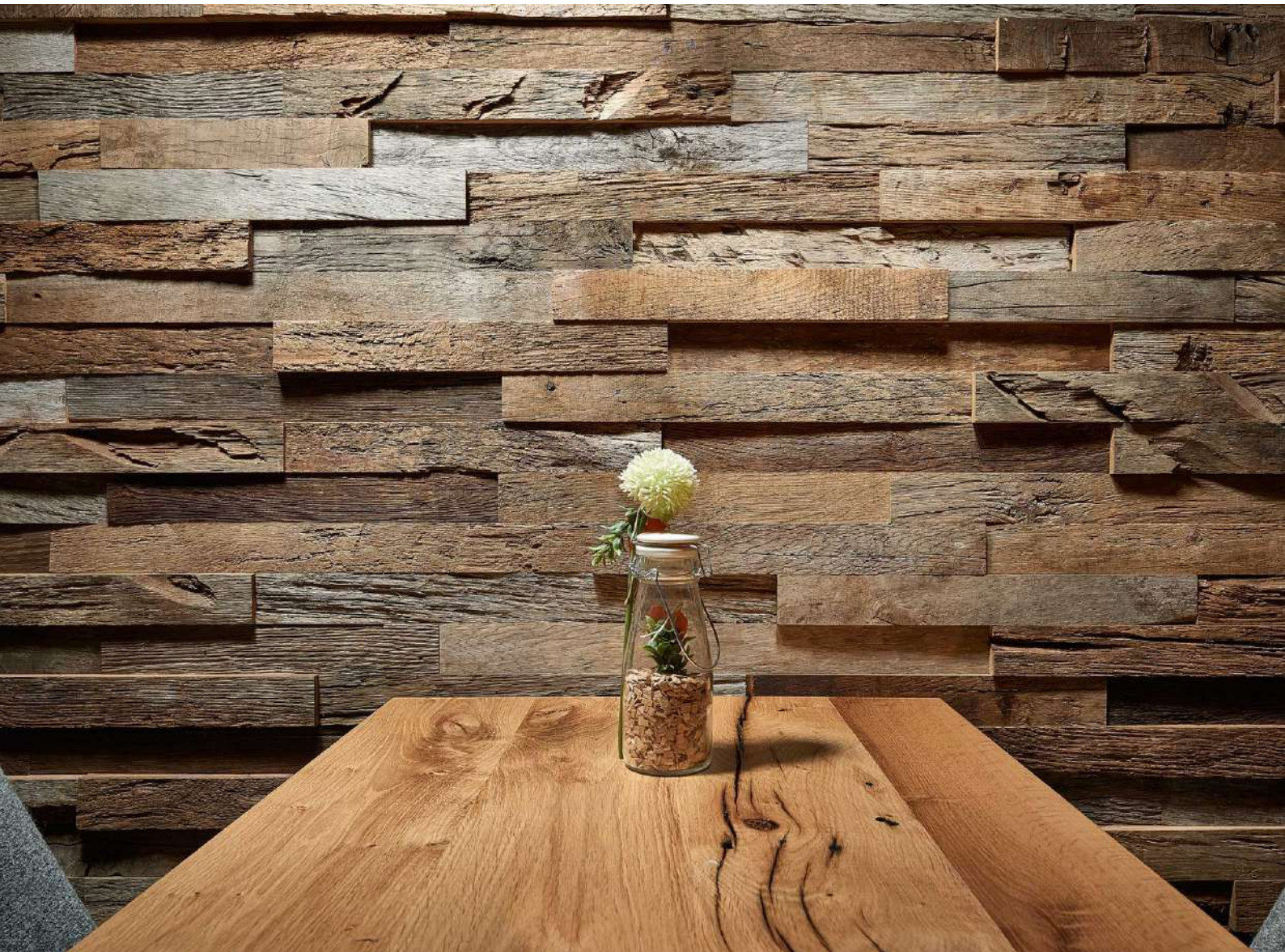
2. Panetteria Küster. Göttingen, Germania.

Progettista: Material Id

Tipologia: Commerciale

Aspetti principali:
- legno di quercia da riciclo

Fonte immagini:
https://www.material-id.de/portfolio/wandpaneele-aus-holz-alte-weinfaesser-neu-verarbeitet/



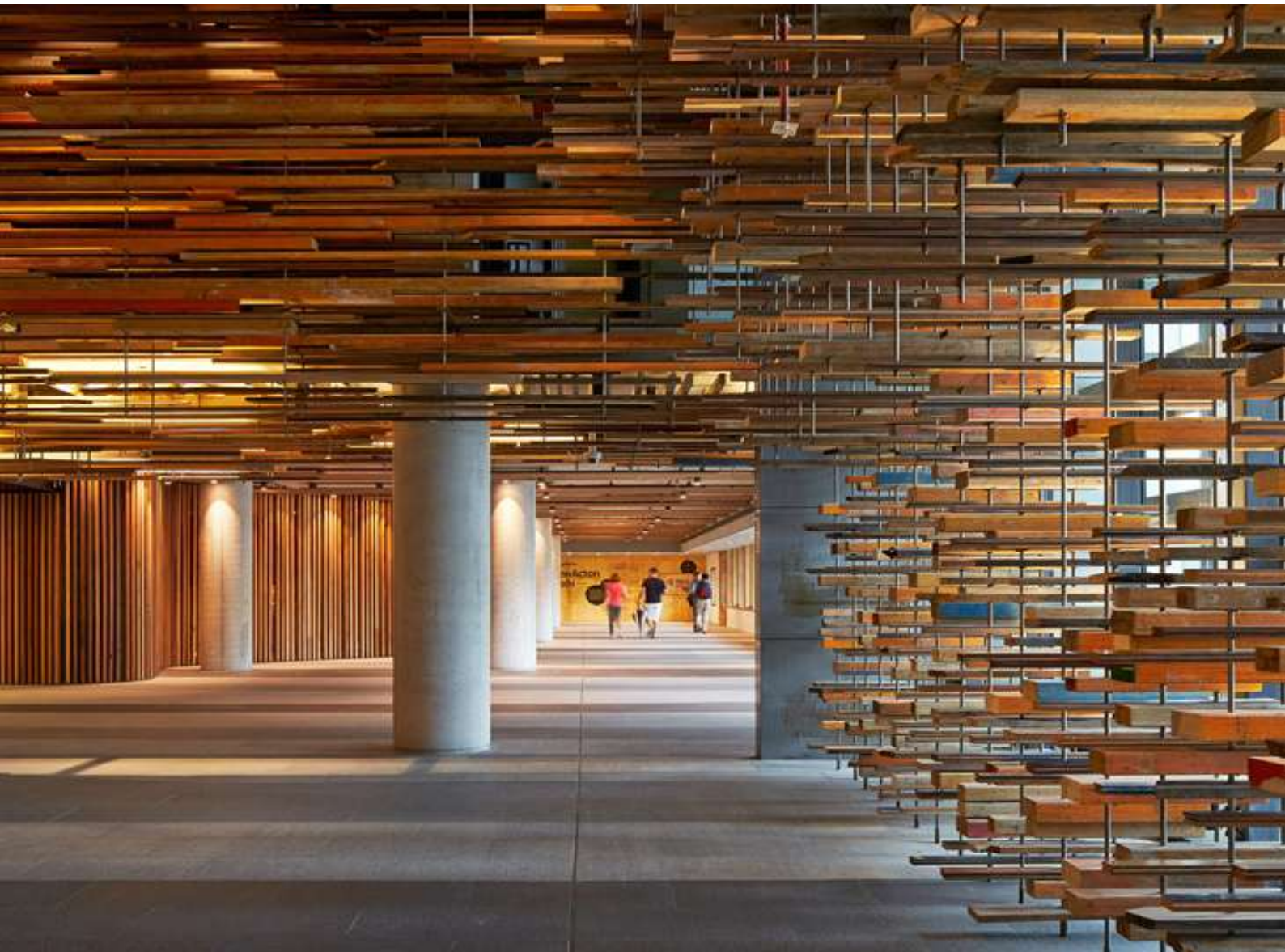
3. Nishi Hotel Hotel. Canberra, Australia. World Interior of the Year 2015

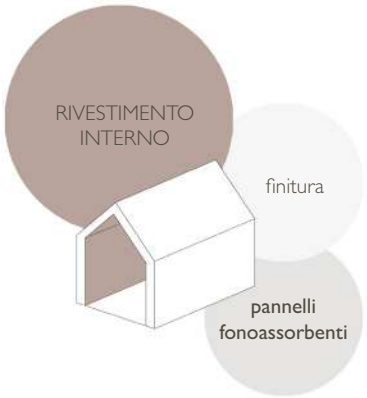
Progettista: March Studio

Tipologia: Hotel

Aspetti principali:
- legno di scarto
- legno di forme e colori diversi

Fonte immagini:
https://www.dezeen.com/2015/11/06/canberra-hotel-lobby-bar-march-studio-world-interior-of-the-year-2015-world-architecture-festival/





5.2.4 I PANNELLI FONOASSORBENTI

I pannelli fonoassorbenti permettono di limitare il riverbero in un ambiente confinato; infatti, questo fattore dipende principalmente dalle pareti e dalle dimensioni della stanza.
I materiali che costituiscono un pannello fonoassorbente hanno una bassa densità o sono materiali compatti, come il legno o il metallo.

I pannelli acustici molto spesso sono costituiti da superfici lavorate e colorate che abbinano un'estetica e un design alla funzione originale di correzione acustica. Possono essere un rivestimento delle pareti verticali o del soffitto e essere installati in continuità o singolarmente a seconda delle caratteristiche necessarie per l'ambiente di progetto. Il fissaggio può avvenire con collanti o viti.

CASO STUDIO

Il pannello Dukta Linear è realizzato in MDF ed è adatto per ambienti acusticamente sensibili (studi di registrazione, sale da concerto). Le elevate proprietà acustiche sono confermate dalle misurazioni effettuate dall'EMPA Schweiz. Il pannello è flessibile e quindi permette di convogliare le onde sonore con la sua geometria ondulata. Adatto per assorbire le alte e le basse frequenze. La Fig. 5.7 rappresenta l'applicazione di questa tipologia di pannello in una sala da concerto in Svizzera.

Fig 5.7 Immagine pannelli Dukta applicati in una sala da concerto

5.3 I trattamenti del legno

Il trattamento del legno comprende alcuni processi volti a migliorare le caratteristiche del materiale; purtroppo, in alcuni casi, a seguito di questo processo, lo smaltimento del legno al termine del suo ciclo di vita può presentare maggiori problematiche.
Le proprietà del materiale suscettibili di trattamenti sono: la stabilità dimensionale, la resistenza al degrado biologico o termico, la resistenza al fuoco, la resistenza ai raggi UV, le proprietà meccaniche.

Solitamente i trattamenti possono essere fisici o chimici, tra i quali:
-Trattamenti idrofobici o con il riempimento con agenti bloccanti per la diminuzione della quantità di acqua scambiata nel materiale, che permette la riduzione dei cambiamenti di volume del legno e l'inibizione della crescita di funghi e batteri;
- Spegnimento di gruppi chimicamente attivi come i gruppi ossidrilici, per prevenire l'attacco da parte di funghi, batteri e insetti, ma anche per l'aumento della resistenza al fuoco;
- Impregnanti per evitare l'attacco di funghi, batteri e insetti, o per la stabilità termica;
- Coating con agenti resistenti a funghi, al fuoco o ai raggi UV.
In generale agiscono: (1)modificando la parete cellulare, (2) impregnando o (3) rivestendo [Fig 5.8].

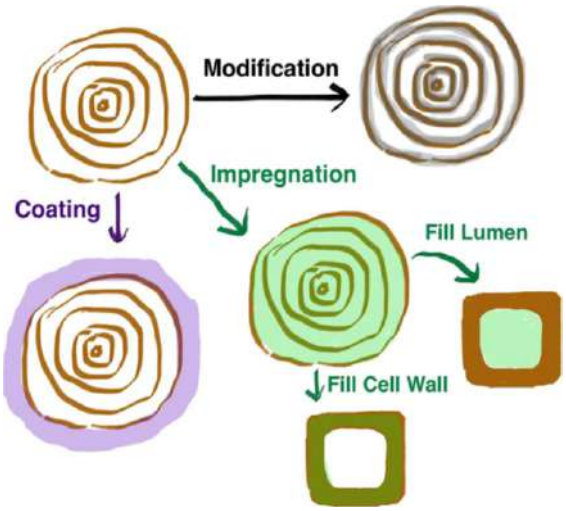


Fig 5.8 Illustrazione di diversi trattamenti del legno. I trattamenti del legno normalmente utilizzano una delle tre strategie: modifica della parete cellulare, impregnazione e rivestimento.

(1) MODIFICA DELLA PARETE CELLULARE

Tra i trattamenti che si occupano della modifica della parete cellulare ci sono quelli termici e quelli chimici.
TERMICI:

TERMOTRATTAMENTO

Il termotrattamento comporta un ciclo di essiccazione del legno a temperature comprese tra i 165°C e i 220°C, in atmosfera controllata e povera di ossigeno, per un determinato tempo. La perdita di umidità comporta una lieve sovrapressione rispetto all'esterno. La

modifica termica è molto diffusa per la sua fattibilità, infatti è un modo efficace per garantire la stabilità, aumentare la durabilità contro la biodegradazione del legno e la parete cellulare dei legni trattati diventa meno elastica (Ramage e al. 2017).
SVANTAGGI_ La struttura cristallina del legno viene modificata a tal punto da provocarne un irrigidimento che ne aumenta sensibilmente la fragilità; si sconsiglia l'utilizzo del legno termotrattato per strutture portanti. Sempre a causa della rigidità si possono verificare spaccature durante la lavorazione.
VANTAGGI_ A seguito del trattamento diminuiscono i rigonfiamenti e i ritiri del materiale esposto ad agenti atmosferici; inoltre, il diminuisce in modo sostanzioso la presenza di zuccheri nel materiale e quindi la possibilità di proliferazione di funghi e muffe nel legno. Il termotrattamento permette di aumentare la stabilità e la durabilità, pur essendo un trattamento "naturale", ovvero senza l'introduzione di alcun agente chimico esterno. L'aumento della temperatura conferisce un colore bruno al legno, che diventa più scuro all'aumentare della temperatura del trattamento, comportando quindi particolari caratteristiche estetiche, generalmente apprezzate sul mercato.
Il legno termotrattato non necessita di ulteriori trattamenti.
Si riporta (Fig 5.9) un esempio di edificio con facciata termotrattata, il Rifugio Mollino, una casa passiva per sciatori estremisti nel comune di Gressoney St. Jean in Valle d'Aosta, del 2014. Su modello di Casa Capriata, progetto irrealizzato di Carlo Mollino, un'equipe del Politecnico di Torino, capeggiata dal professor Guido Callegari, trasforma un prototipo degli anni '50 in un edificio in classe A Gold di Casa Clima. Una macchina autosufficiente e completamente realizzata in materiali riciclabili, tra cui l'involucro in legno termotrattato.

Fig 5.9 Rifugio Mollino, Gressoney St. Jean,Valle d'Aosta. Involucro termotrattato.

SHOU SUGI BAN

Il trattamento Shou sugi ban nasce in Giappone come metodo di trattamento per rendere il cedro resistente alle intemperie; è oggi utilizzato per esterni contemporanei ma anche per arredi interni. Questa tecnica implica un processo termico di bruciatura controllatta della

superficie di legno. Tutte le reazioni chimico-fisiche provocate dalla bruciatura ne migliorano le caratteristiche e le prestazioni. La diversa specie legnosa e la diversa temperatura di carbonatazione permette di ottenere una varietà di finiture estetiche. E' un trattamento superficiale eco-sostenibile che rende il legno più resistente usando vapore e calore per sigillare i pori, rendendolo ignifugo e impermeabile ed evitando attacchi da parte di funghi e muffe. Inoltre, migliora: le capacità isolanti(del 20-25%) e fonoassorbenti, la stabilità dimensionale e la resistenza a raggi UV e agli agenti chimici (architetturatiberio.it).
La possibilità di applicazione a qualsiasi tipo di legno permette l'utilizzo di specie a kilometro zero in sostituzione di legni esotici, resistenti naturalmente, rendendo tale tecnica totalmente ecologica anche per il suo smaltimento. Come nel caso del legno termotrattato, è importante precisare che il legno con trattamento Shou sugi ban non può essere utilizzato per usi strutturali, poiché la trasformazione termica ne diminuisce la quantità di estrattivi, tra cui l'emicellulosa, e il modulo di elasticità.

La stazione dei vigili del fuoco Fire Station 76 di Gresham, nell'Oregon è stata progettata dallo studio Hennebery Eddy Architects, realizzata nel 2015, si è aggiudicata il premio per l'Institutional Wood Design. L'obiettivo principale è rappresentare il fuoco come elemento di bellezza e distruzione, infatti lo studio decide di utilizzare il legno recuperato da un fienile nelle vicinanze e di trattarlo con la vecchia tecnica giapponese dello Shou Sugi Ban. La tecnica infatti, oltre a fornire protezione dal decadimento e dagli insetti, trasforma il fuoco in un'immagine di bellezza. Oltre al tetto in lamellare, il legno è impiegato anche per le pareti: la specie scelta è il pino dell'Oregon, anch'esso sottoposto a Shou Sugi Ban.

Fig 5.10 Fasi di trattamento del legno di rivestimento: Shou Sugi Ban

Fig 5.11 Facciata Fire Station 76, Gresham, Oregon, USA. Studio di progetto Hennebery Eddy Architects

TERMOVUOTO

Il termovuoto è un processo alternativo di trattamento del legno.
Questo processo prevede una riduzione dell'ossigeno all'interno del reattore e l'utilizzo di una pompa a vuoto per la rimozione dei volatili e del vapore acqueo.

Per l'elenco delle caratteristiche di questa tipologia di trattamento si fa riferimento al progetto ThermoPoplarPly (Sandak e al. 2016) che mira alla realizzazione di pannelli di compensato di pioppo termotattati con questa tecnologia innovativa: il sottovuoto.
Inoltre, il progetto si è dedicato anche all'applicazione di questa tecnologia sullo sfogliato prima dell'assemblaggio in compensato e sul tondello, sottoprodotto della produzione del compensato di pioppo (si rimanda al Capitolo 4 di questa tesi per le specifiche tecniche dello sfogliato e del tondello) (Zanuttini, 2015).

L'obiettivo del progetto è la realizzazione di semilavorati destinati ad applicazioni esterne (classi di utilizzo 2 e 3 della norma EN 335:2013; per indicazioni specifiche sulle classi di utilizzo: paragrafo 3.1) con proprietà migliorate e competitive con quelle di prodotti già presenti sul mercato, solitamente di origine extra UE e trattati con agenti chimici (Zanuttini, 2015).

I risultati dello studio evidenziano le variazioni delle caratteristiche del legno a seguito di questo trattamento:

- Il colore del legno risulta essere più scuro del colore originale, pur mantenendosi omogeneo su tutto lo spessore. Le temperature dai 190° ai 210° rendono il legno molto scuro per alcune applicazioni.
- La durabilità del legno risulta essere migliore all'aumentare delle temperature.
- Le caratteristiche meccaniche, estrapolate dallo studio, confermano la tendenza della loro riduzione al crescere delle temperature, sebbene fino a 190° la riduzione sia molto contenuta. Il significativo aumento della fragilità si ottiene a 210°, in alcuni casi si evidenziano fenomeni di collasso localizzati.
- La qualità dell'incollaggio con l'utilizzo di adesivi MUF risulta mantenersi idonea a seguito delle alte temperature.
- Le emissioni di formaldeide risultano notevolmente ridotte, approssimabili a quelle del legno non trattato. Si registra invece una elevata emissione di VOC, nello specifico di acido acetico, pur considerandosi compatibili per uso esterno. (Zanuttini, 2015)
- L'igroscopicità risulta ridursi, infatti a parità di situazioni termo igrometriche ambientali il valore di umidità è più basso del valore di un materiale non trattato. Anche i ritiri si riducono, fenomeno nel compensato già attenuato dalla composizione a fibra incrociata.

In generale i manufatti realizzati nel progetto ThermoPoplarPly risultano avere una notevole flessibilità di impiego. Possono essere utilizzati nel settore nautico, per complementi di arredo e design o nell'artigianato.

CHIMICI:

ACCOYA

Alcuni trattamenti implicano modifiche chimiche del legno, comportandone un cambiamento permanente sulla struttura molecolare della cellulosa, dell'emicellulosa ecc. Un esempio è il legno acetilato, noto anche come trattamento Accoya, in cui avviene la trasformazione degli idrossili liberi in gruppi acetili, così che il legno reagisca con l'anidride acetica, derivata dall'acido acetico. La modifica degli idrossili liberi comporta la diminuzione delle capacità del legno di assorbire acqua, aumentandone la stabilità dimensionale e la durabilità. Questa tipologia di trattamento comporta un significativo aumento della resistenza all'umidità e ai funghi, grazie al trattamento idrofobico. I gruppi acetili, inoltre, sono elementi naturali composti da idrogeno e carbonio che non liberano tossine in ambiente, e quindi possono essere bruciati per il recupero di energia senza rischi a fine del ciclo di vita. Attualmente il processo di acetilazione su scala industriale è prodotto in Nuova Zelanda. Il trattamento è effettuato in profondità, non si limita alla sola superficie, quindi sezionando il legno non si presenterà mai una sezione non trattata. Le caratteristiche del legno così trattato lo rendono ideale per applicazioni esterne, strutture, ponti, infissi, pavimentazioni; inoltre, poichè risulta resistente ai sali, può essere utilizzato in prossimità di acqua salata.

L' Ivy in the Park, in Canada Square Park a Londra è un ristorante della catena Ivy. La nuova costruzione è una combinazione di qualità e sostenibilità con l'utilizzo del legno ad alte prestazioni leader a livello mondiale: Accoya. L'architetto William Conway della William Matthews Associates ha progettato l'intero edificio in legno lamellare e lamellare a strati incrociati. Per gli elementi in legno di Accoya del progetto sono state necessarie 47 travi in legno lamellare, 42 colonne in legno lamellare e 740 m^2 di traliccio antipioggia. L'obiettivo di progetto era la realizzazione di facciate a bassa manutenzione così il progetto ha previsto l'utilizzo di questa tipologia di legno.

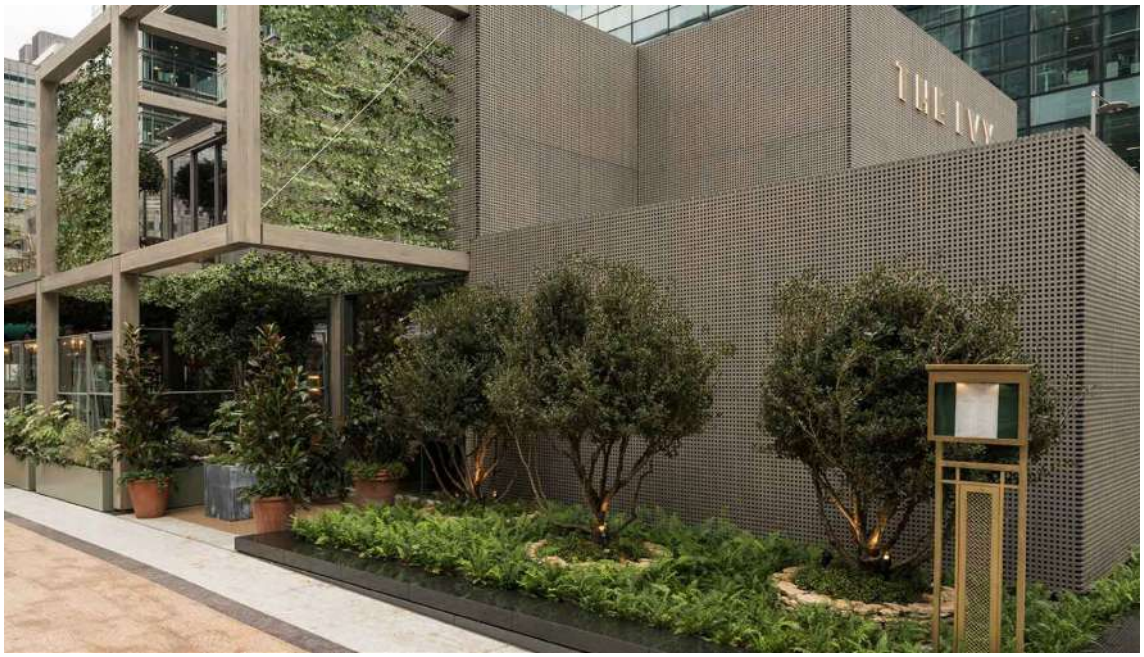


Fig 5.12 Ivy in the Park, Canada Square Park, Londra. Progettista William Conway

TRATTAMENTO NANOTECNOLOGICO

Come detto in precedenza, la variazione dell'umidità nel legno comporta instabilità dimensionale, che può compromettere anche le prestazione dei materiali combinati con il legno (adesivi, rivestimenti superficiali,ecc..)e provocare l'attacco da parte di funghi e batteri. Una delle soluzioni è sfruttare le nanotecnologie, che possono portare a una nuova generazione di prodotti con prestazioni iper-performative e anche capacità di servizio su periodi in ambienti severi.

E' noto che la parete cellulare del legno presenta porosità di dimensioni molecolari a causa del parziale riempimento dello spazio tra le microfibrille di cellulosa da parte di lignina, emicellulosa ed estrattivi. Le nanoparticelle dei trattamenti possono penetrare in modo profondo nel legno, alterandone la chimica superficiale e garantendo un'elevata impermeabilità (Mantanis et al. 2010). Molte sono le ricerche di modelli nanotecnologici adatti alle caratteristiche del legno e i potenziali rischi ambientali. Ad esempio è stato studiato il biossido di titanio e le nanoparticelle di argilla incorporate nei rivestimenti e conservanti, valutandone il miglioramento della durabilità, di reazione al fuoco ma anche i carichi ambientali o i benefici. I campioni di questo studio sono stati sottoposti anche ai test di invecchiamento accelerato (Fufa, 2013).

Sul mercato sono presenti vari tipi di trattamenti protettivi nanotecnologici tra cui la linea Ector, semplici trattamenti da spruzzare o stendere che creano una barriera nanometrica sul legno, non visibile e che dura nel tempo.

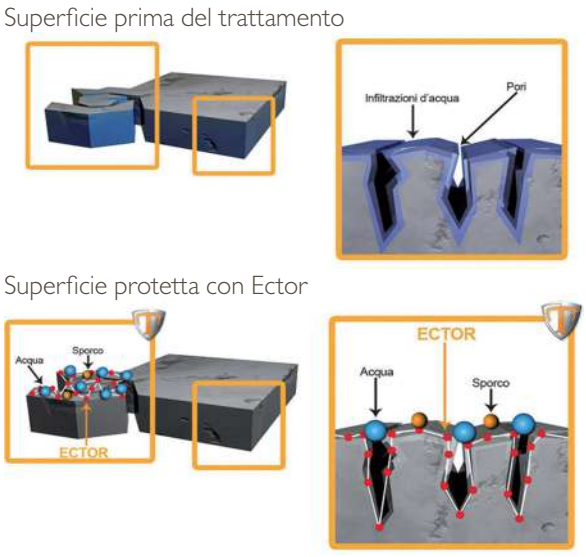


Fig 5.13 Schema rappresentante una superficie prima e dopo il trattamento nanotecnologico Ector.

Anche il SMP-80 Mold Proofer Construction Spray è un sigillante nanotecnologico, presente sul mercato: risulta non tossico, ignifugo e che impedisce la crescita di vita microbiologica sul film. Non permette la penetrazione dell'umidità. La nanostruttura che si posiziona sul materiale fornisce anche qualità anti-abrasione e anti-graffio. E' un trattamento molto veloce da effettuare con brevi tempi di asciugatura, dai 30min alle 2 ore a seconda dell'umidità dell'ambiente (seichemical.com).

(2) IMPREGNANTI A SOLVENTE E AD ACQUA

L'impregnante è un prodotto liquido costituito da sostanze chimiche che, a differenza dei trattamenti chimici, migliora le proprietà del legno senza alterarlo dal punto di vista chimico. L'impregnante permette di diminuire la permeabilità del legno, migliorandone la resistenza all'acqua e ai funghi. Anche la densità del legno aumenta, migliorando alcuni aspetti meccanici (Ramage e al. 2017). Inoltre, può essere utilizzato per ottenere nel contempo anche la voluta colorazione del legno.

Vi sono due tipologie di impregnanti: ad acqua, utilizzabili sia in ambienti interni che in esterni, caratterizzati da una rapida asciugatura, ecocompatibili e a basso impatto ambientale, garantiscono la traspirabilità del legno. Questi prodotti possono essere a base solvente o ad acqua. Gli impregnanti a base solvente con capacità di penetrazione maggiore e resistenti ai fattori climatici, proteggono il legno anche dalla formazione di funghi, a differenza degli impregnanti ad acqua, la tipologia a base solvente ha un forte odore e quindi è sconsigliata per interni. I marchi leader nel settore sono riusciti ad ottenere, ad oggi, l'utilizzo di impregnanti ad acqua in sostituzione di quelli a base solvente.

L'applicazione dell'impregnante è molto semplice e viene effettuata con un semplice pennello o spugna. E' consigliato effettuare due applicazioni di impregnante per conferire una maggior resistenza del prodotto, tenendo conto che, per gli impregnanti colorati, aumenterà la tonalità del colore. Per ciò che riguarda i colori, sul mercato sono ormai presenti tutte le tonalità desiderate; occorrerà tener conto della tonalità del legno di partenza che influenzerà molto sulla colorazione. Anche la base del colore, trasparente o bianca, influenza molto la visibilità delle venature del legno stesso.

In seguito si riportano le informazioni tratte da un'intervista effettuata all'azienda Sestriere Vernici con sede a Nichelino (TO), che opera nel settore dell'edilizia, all'estero in 12 paesi, con due filiali in Francia e Romania.
La produzione dell'azienda utilizza innovative tecnologie a basso impatto ambientale, impiegando un team di ricercatori per la realizzazione di prodotti ecocompatibili. Offre uno dei migliori sistemi di Tintometria, con software realizzati internamente ("Sfera Sestriere" e "Sfera Match Color Sestriere"), che si occupano della gestione delle informazioni per la produzione di prodotti con qualità costante e con alte performance.

L'azienda è stata tra le prime aziende italiane ad installare un post-combustore all'interno dello stabilimento nella sede della Sestriere Vernici, che permette di ridurre le emissioni di composti organici volatili (VOC), nel rispetto dell'ambiente e dei lavoratori. Questo ideale di rispetto ambientale si rispecchia nella loro linea "D'ecò", prodotti ad alto contenuto tecnologico, sicuri per la salute, facili da applicare e a bassissimo impatto ambientale. La linea comprende prodotti quali: smalti, ferromicaceo e legno.
La linea per legno, di particolare interesse per la tesi, è composta da resine acril-uretaniche che aumentano la resistenza negli esterni e da additivi specifici che resistono ai raggi UV. Si riportano i prodotti protettivi consigliati dall'azienda per l'impiego di progetto, per interni ed esterni e con diverse colorazioni, a base trasparente e base bianca. Due campioni forniti dall'azienda saranno utilizzati nella fase successiva di prototipizzazione.

IMPREGNANTE PROTETTIVO LINEA D'ECO

L'impregnante protettivo scelto è costituito da resine acril-uretaniche di ultima generazione. Protegge il legno dagli agenti atmosferuci ed è resistente ai raggi UV.

Penetra nella struttura e permette di evitare l'alterazione del legno, inoltre non copre le naturali venature.

- Proprietà da scheda tecnica:

Antisfogliamento
Elevata penetrazione
Buona protezione dagli agenti atmosferici
Resistente ai raggi UV
Non filmogeno

- VOC (Direttiva 2004/42/CE) (g/l) da scheda tecnica:
Vernici ed impregnanti per legno per finiture interne/esterne. Valore limite UE per questo prodotto (Cat.A/e):130 g/l (2010). Questo prodotto contiene al massimo 60 g/l.
Il sistema tintometrico MW2 utilizzato dall'aziende permette la realizzazione di vari colori.

Si riporta parte della scheda tecnica dell'impregnante.

CARATTERISTICHE ED INFORMAZIONI TECNICHE	Dati rilevabili a T=20°C e 60% umidità relativa		
ASPETTO IN LATTA **LEGANTE** **COLORE**	Liquido Acrilico Uretanizzato Trasparente Neutro Tinte realizzabili con sistema tintometrico MW2		
UTILIZZO	Pennello · Rullo · Aerografo · IN OUT		
DILUENTE	Acqua		
PULIZIA DEGLI ATTREZZI	Acqua		
MODALITÀ APPLICAZIONE	**SPRUZZO AD ARIA** Diluente (% Volume) Diametro Ugello (mm/inch) Pressione Ugello(Atm/Mpa) **PENNELLO / RULLO** Diluente (% Volume)	 Acqua 0,9 - 1,2 3 - 4 Acqua	 0 - 5 0
DATI TECNICI	DENSITA' DI MASSA (kg/l) CONTENUTO SOLIDO IN VOLUME (%) CONTENUTO SOLIDO IN PESO (%) VISCOSITA' BROOKFIELD (cP) VISCOSITA' COPPA ASTM 4 (s) BRILLANTEZZA (%) FUORI POLVERE (minuti) SECCO AL TATTO (h) SECCO IN PROFONDITA' (giorni)	1,02 22 - - - - - 1 4 - 5	 Opaco

Fonte: www.sestrierevernici.com

VERNICE CERATA PER ESTERNI

Utilizzabile per il trattamento protettivo del legno per interni ed esterni.
Formulazione idrorepellente che permette di ottenere una efficace protezione dall'azione degli agenti atmosferici.

- Proprietà da scheda tecnica:

Idrorepellente
Antisfogliamento
Buona protezione dagli agenti atmosferici
Resistente ai raggi UV
Ottima elasticità

- VOC (Direttiva 2004/42/CE) (g/l) da scheda tecnica:
Vernici ed impregnanti per legno per finiture interne/esterne. Valore limite UE per questo prodotto (Cat.A/e):130 g/l (2010). Questo prodotto contiene al massimo 100 g/l.

Si riporta parte della scheda tecnica dell'impregnante.

CARATTERISTICHE ED INFORMAZIONI TECNICHE	Dati rilevabili a T=20°C e 60% umidità relativa		
ASPETTO IN LATTA	Liquido, Leggermente Tixotropico		
LEGANTE	Acrilico Uretanizzato		
COLORE	NEUTRO TRASPARENTE CERATO		
UTILIZZO	Pennello · Rullo · Aerografo		
DILUENTE	Acqua		
PULIZIA DEGLI ATTREZZI	Acqua		
MODALITÀ APPLICAZIONE	**SPRUZZO AD ARIA**		
	Diluente (% Volume)	Acqua	0 - 5
	Diametro Ugello (mm/inch)	0,9 - 1,2	
	Pressione Ugello(Atm/Mpa)	3 - 4	
	PENNELLO / RULLO		
	Diluente (% Volume)	Acqua	0
DATI TECNICI	DENSITA' DI MASSA (kg/l)	1,05	
	CONTENUTO SOLIDO IN VOLUME (%)	30	
	CONTENUTO SOLIDO IN PESO (%)	-	
	VISCOSITA' BROOKFIELD (cP)	-	
	VISCOSITA' COPPA ASTM 4 (s)	-	
	BRILLANTEZZA (%)	-	Satinato
	FUORI POLVERE (minuti)	-	
	SECCO AL TATTO (h)	1	
	SECCO IN PROFONDITA' (giorni)	4 - 5	

Fonte: www.sestrierevernici.com

(3) TRATTAMENTI NATURALI:

OLIO DI LINO

Come in ogni campo, molto interesse si pone nei confronti di materiali naturali e poco impattanti sull'ambiente. Molto importante, specie per rivestimenti interni, è l'attenzione nei confronti della salute umana e quindi delle emissioni dei prodotti che il progettista pone negli ambienti interni.
Il trattamento naturale più diffuso è quello a base di olio di lino, prodotto utilizzato già anticamente per le sue peculiarità; l'olio infatti, riempiendo i pori della fibra legnosa, cristallizza e crea una barriera all'assorbimento di liquidi aumentando la resistenza meccanica. Una delle caratteristiche fondamentali è che l'olio penetra nel legno a differenza della verniciatura tradizionale che crea un film. Sul mercato sono presenti prodotti con caratteristiche tali da riuscire a sostituire totalmente i prodotti chimici, costituendo una valida alternativa naturale che non emette VOC o altre sostanze. Molto facile da applicare, solitamente se ne consiglia l'applicazione con pennello di 2-3 mani.
Sul mercato alcune aziende hanno già adottato trattamenti di tipo naturale, specie per applicazioni interne. Un esempio è la Tolin Parquets di Torre San Giorgio (CN), azienda che si occupa di ogni fase di lavorazione di parquet completamente realizzato a mano, rendendo il prodotto unico. Da qualche anno l'azienda ha scelto di utilizzare per la sua produzione le finiture ad olio, anche queste realizzate a mano in laboratorio con prodotti completamente naturali di origine vegetale. Il procedimento di trattamento messo a punto dall'azienda consiste in una prima oliatura con olio di fondo pigmentato che ne definisce la colorazione; successivamente all'asciugatura ,che avviene in tempi lunghi a causa dell'assenza di solventi, si stendono due mani di finitura a cera che rendono il parquet impermeabile. Anche la cera utilizzata è a base vegetale.
In alcuni casi, per la realizzazione di colorazioni particolari, il legno viene bruciato prima della prima oliatura e in seguito trattato con l'uso di mordenzanti naturali che permettono di ottenere colorazioni con sfumature e patinature che rendono le doghe preziose (tolin.it).

Fig 5.14 Immagini fasi di applicazione dei trattamenti naturali dell'azienda Tolin

VERNICI NATURALI

In commercio esistono, oltre all'olio di lino, vari trattamenti di origine vegetale naturale adatti sia per il trattamento di legno per interni che per esterni.
In Italia non è diffuso l'utilizzo di questi prodotti a causa del loro costo elevato ed infatti risultano anche di difficile reperimento.

L'azienda tedesca AURO, ad esempio, è leader in Europa e nel mondo nella produzione di finiture e prodotti per la manutenzione ottenuti da sostanze vegetali naturali.
In Italia questi prodotti sono reperibili principalmente online e in pochi punti vendita Bio.
Non contengono nessuna sostanza di origine petrolchimica e tutte le materie prime naturali che costituiscono i prodotti provengono da cicli di produzione sostenibili. Ad esempio, l'olio di lino utilizzato per i prodotti è certificato biologico.

Nello specifico la velatura per legno n°160 è stata riconosciuta in Inghilterra tra i 21 prodotti migliori per il trattamento del legno.

Questa tipologia di prodotti è garantita sia per interni che per esterni.
Per esterni:
Si consiglia l'utilizzo della vernice per velatura AURO n°160 disponibile in 24 colori. Questo prodotto è una vernice e agisce in superficie; ne risultano necessarie tre mani per un quantitativo di 240 gr al m^3 di prodotto per avere una protezione agli agenti atmosferici conforme alla UNI EN 927 "Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni". Gli intervalli di manutenzione variano dai 3 ai 5 anni a seconda dell'esposizione.
Per interni:
Si consiglia lo stesso prodotto utilizzato per esterni, AURO n°160, oppure altri oli e cere, sempre di origine naturale, che possono essere utilizzati per mantenere l'effetto naturale del legno. I tempi di manutenzione sono molto lunghi, solitamente si interviene solo se necessario.

Fig 5.15 L'immagine riporta una delle colorazioni disponibili di AURO n°160

Si riassumono i vantaggi, gli svantaggi e i prezzi indicativi dei trattamenti analizzati nei paragrafi precedenti, in modo da confrontarli e valutare i trattamenti più adatti ai pacchetti di progetto.

		Vantaggi	Svantaggi	Prezzi
(1) Modifica parete cellulare – Termici	**Termotrattamento**	- Trattamento naturale - Aumento della durabilità del legno - Diminuzione dei ritiri e rigonfiamenti - Diminuzione attacco di funghi e muffe - Valenza estetica: colore scuro che varia a seconda delle temperature	- La modifica della struttura causa: la diminuzione del rendimento e aumento della rigidezza - Sconsigliato per usi strutturali - Applicazione in forni industriali	- Circa 200 €/mc di legno [rif. esperto Valli unite del Canavese]
(1) Modifica parete cellulare – Termici	**Shau Sugi Ban**	- Trattamento eco-sostenibilie - Valenza estetica: ideale per interni ed esterni - Ingnifugo - Aumenta la resistenza all'acqua e ad attacchi di funghi e muffe - Aumenta la capacità isolante e fonoassorbente - Aumento resistenza UV e agenti chimici	- Non utilizzabile per usi strutturali - Applicazione industriale	- Elevati
(1) Modifica parete cellulare – Termici	**Termovuoto**	- Applicazione per esterni -Aumento della durabilità del legno -Flessibilità d'impiego	- Applicazione industriale - Riduzione delle caratteristiche meccaniche del legno -Elevata emissione di VOC	-
(1) Modifica parete cellulare – Chimici	**Accoya**	- Resistenza all'umidità e ad attacchi di funghi - Possibilità di essere bruciato a fine vita non liberando tossine - Utilizzo per esterni, strutture pareti, infissi - Possibile applicazione nei pressi di acque salate - Trattamento in profondità	- Applicazione industriale in aziende specializzate	- Elevati

Chimici	**Trattamento Nanotecnologico**	- Trattamento naturale - Aumento della durabilità del legno - Diminuzione dei ritiri e rigonfiamenti - Diminuzione attacco di funghi e muffe - Valenza estetica: colore scuro che varia a seconda delle temperature	- La modifica della struttura causa: la diminuzione del rendimento e aumento della rigidezza - Sconsigliato per usi strutturali - Applicazione in forni industriali	-
(2) Impregnanti	**Impregnanti a solvente e ad acqua**	- Resistenza ad attacco di funghi e muffe -Miglioramento caratteristiche meccaniche -Disponibilità di varie colorazioni -Applicazione semplice con pennello -Linee ad acqua sostenibili - Facilità di reperimento	- Necessità di più mani di prodotto -Manutenzione necessaria ogni 3-5 anni	Circa 25 €/l
Naturali	**Olio di lino**	- Trattamento naturale - Nessuna emissione VOC - Protezione del legno anche in esterni - Applicazione semplice con pennello - Adatto per interni e per esterni - Facilità di reperimento	- Necessità di più mani di prodotto - Manutenzione necessaria periodicamente a seconda dell'esposizone. Per interni non necessaria.	Circa 8 €/l
	Vernice naturale	- Trattamento di origine vegetale naturale - Adatto per interni e per esterni - Applicazione semplice con pennello - Disponibilità di varie colorazioni	- Necessità di più mani di prodotto - Manutenzione necessaria periodicamente a seconda dell'esposizone. Per interni non necessaria. - Difficile reperimento - Costi elevati	Circa 55 €/l

I trattamenti riportati risultano essere validi per la tipologia di impiego di questa tesi. Considerando l'obiettivo di progetto di ridurre al minimo le lavorazioni a causa dell'impatto ambientale di ognuna e l'impatto economico, i trattamenti che risultano più adeguati sono: gli impregnanti a solvente e ad acqua e l'olio di lino, poichè di facile applicazione. Per quanto riguarda la sostenibilità anche del prodotto utilizzato per il trattamento, i più adeguati sono i prodotti di origine naturale: l'olio di lino, l'impregnante ad acqua e gli impregnanti naturali.

I trattamenti che si utilizzeranno all'interno del progetto di tesi sono: l'**olio di lino**, l'**impregnante ad acqua** Sestriere Srl e la **vernice naturale** AURO.

M4
12 4 6 8
makita
DF330D
2015 2627090 Y
Made in China

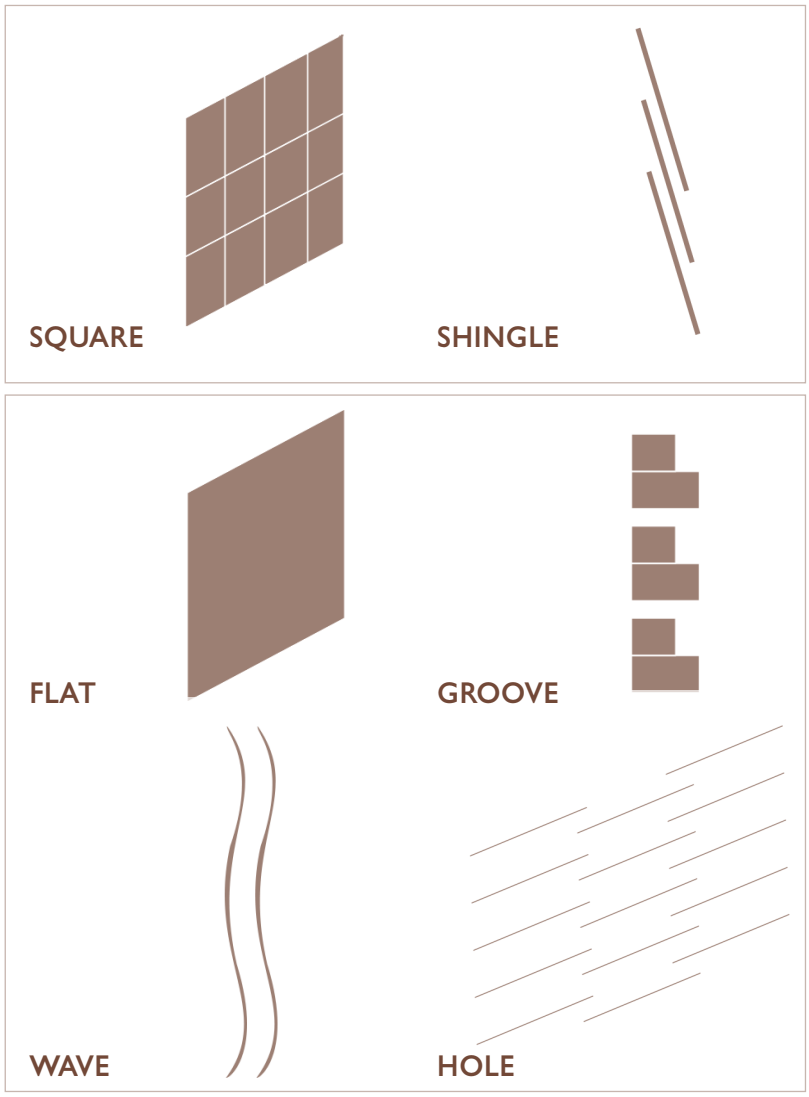
6. IL PROGETTO

Come anticipato nel capitolo precedente, il progetto prevede lo studio e realizzazione di pannelli di rivestimento per esterni e per interni totalmente a secco.

Per la realizzazione è stato fondamentale il supporto dell'azienda E.Vigolungo S.p.a. che ha fornito tutti i sottoprodotti necessari per il progetto e dell'azienda Sestriere Vernici che ha permesso la realizzazione delle prove di trattamento.
L'intera fase di progettazione è stata resa possibile anche grazie al supporto della falegnameria presente presso il CREA di Casale Monferrato (AL) e di tutti i macchinari del Laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi LastIn del Politecnico di Torino (TO).

Nelle pagine successive si porta la **LineaUP**, linea di rivestimenti interni ed esterni nata in ottica di upcycling.

RIVESTIMENTO ESTERNO



6.1 IL RIVESTIMENTO ESTERNO

Il pannello di rivestimento per esterni è stato fin dall'inizio pensato semplice, pratico e con una valenza estetica che riprendesse le antiche scandole, approfondite nel paragrafo 5.2.
Un pannello con tre funzioni ben distinte a seconda delle esigenze del committente: semplice rivestimento, schermatura o facciata ventilata.

6.1.1 Il concept

RIVESTIMENTO ESTERNO

-LEGNO 100% RICICLATO

-TRATTAMENTI A BASSO IMPATTO E RESISTENTI AGLI AGENTI ATMOSFERICI

-MONTAGGIO E SMONTAGGIO A SECCO

-SEPARABILITÀ DEI COMPONENTI

-RIUTILIZZO DEI COMPONENTI A FINE VITA

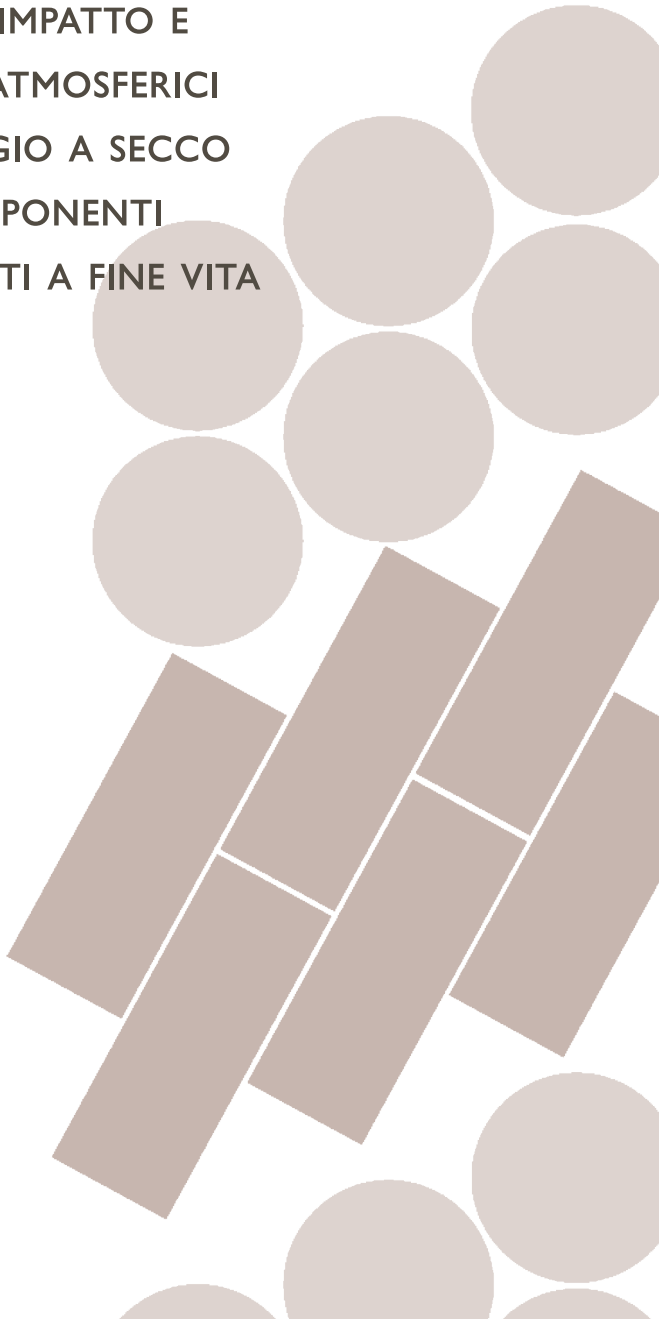
SOTTOPRODOTTI
Tondelli

FUNZIONE
Finitura estetica e protezione
Facciata Ventilata
Schermatura esterna

FORMA
Listelli rettangolari

TRATTAMENTI
Impregnanti sostenibili colorati o trasparenti
Trattamenti chimici a scelta

COLORE
Naturale (a seconda delle essenza)
Monocromo
Multicolore



6.1.2 Progetti e prototipi preliminari

In questo paragrafo saranno illustrati tutti i passaggi che hanno permesso la realizzazione del prototipo e di conseguenza hanno permesso, in modo più concreto, le scelte per il progetto dei rivestimento esterno.

Il sottoprodotto principale per la produzione del pannello è il TONDELLO.
Andando per ordine:

PRIMA PROVA PRESSO FALEGNAMERIA LOPARCO
La collaborazione con la falegnameria Loparco di Martina Franca(TA) ha permesso il primo approccio al taglio del tondello, che si è verificato fin dall'inizio non molto semplice con i macchinari disponibili.
Il tondello, come precisato nella scheda del sottoprodotto del paragrafo 4.3, ha una lunghezza di 130 o 320 cm [Fig 6.1] e un diametro di 10 cm. Per la realizzazione del progetto si è tenuto conto dell'utilizzo del tondello di dimensioni minori, con lunghezza 130 cm.

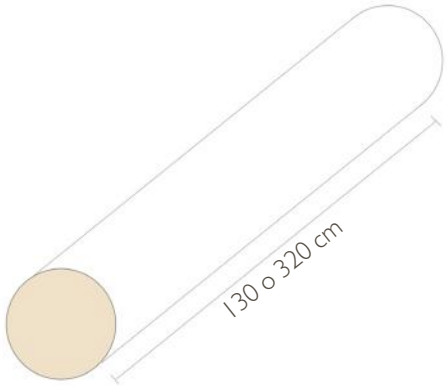


Fig 6.1 Schema tondello con lunghezze

Il taglio richiesto in falegnameria è longitudinale per ottenere dei listelli di forma rettangolare e spessore 1 cm.
Fin dalla prima prova è stata evidente l'impossibilità, con gli strumenti a disposizione, di un taglio unico per tutta la lunghezza di 130 cm, e soprattutto dell'utilizzo degli estremi del tondello, poichè solitamente danneggiati a causa del trasporto o di altri fattori esterni.

Si decide così di eliminare 5 cm dalle stremità del tondello [Fig 6.2] e successivamente tagliarlo in quattro spezzoni uguali.
Dal taglio di un tondello si ottengono spezzoni di lunghezza 30 cm e diametro 10 cm.

Ogni spezzone di tondello è stato poi tagliato longitudinalmente per ottenere i listelli rettangolari richiesti inizialmente. Le dimensioni ottenute sono molto simili al rivestimento preso come riferimento: le scandole, tipiche delle località montane.

Fig 6.2 Taglio estremità del tondello

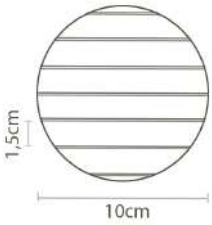


Fig 6.3 Sezione tondello. L'immagine evidenzia le linee di taglio (0,3 mm) per ottenere i listelli con spessore 1 cm.

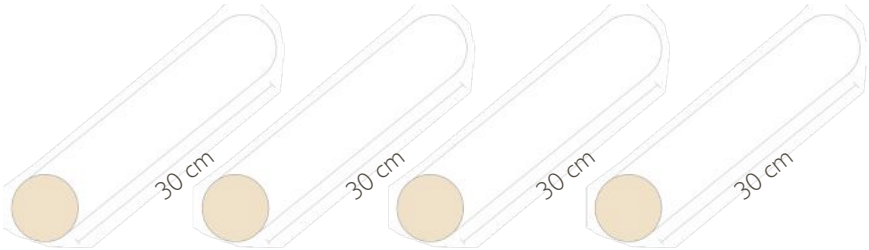


Fig 6.4 Dimensioni dei quattro tondelli, spezzoni ottenuti dal taglio del tondello originale di lunghezza 120 cm

Con un diametro di 10 cm di tondello si riescono ad ottenere solo sei listelli di spessore 1 cm, a causa dello scarto ottenuto dalla lama utilizzata per il taglio. Si ritiene necessario, con i macchinari a disposizione un primo taglio di spezzore circa 0,5 cm che aiuta i successivi tagli [Fig 6.5].
Si è proceduto così con il taglio dei sei listelli di lunghezza 30 cm, spessore 1cm e larghezza variabile [Fig 6.6].

Fig 6.5 Viene eliminato, su due lati, uno strato di circa 0,5cm che evitare il rotolamento del tondello.

Fig 6.6 Taglio dei sei listelli di spessore 1cm.

I listelli che otterremo da un tondello [Fig 6.7] sono 24.

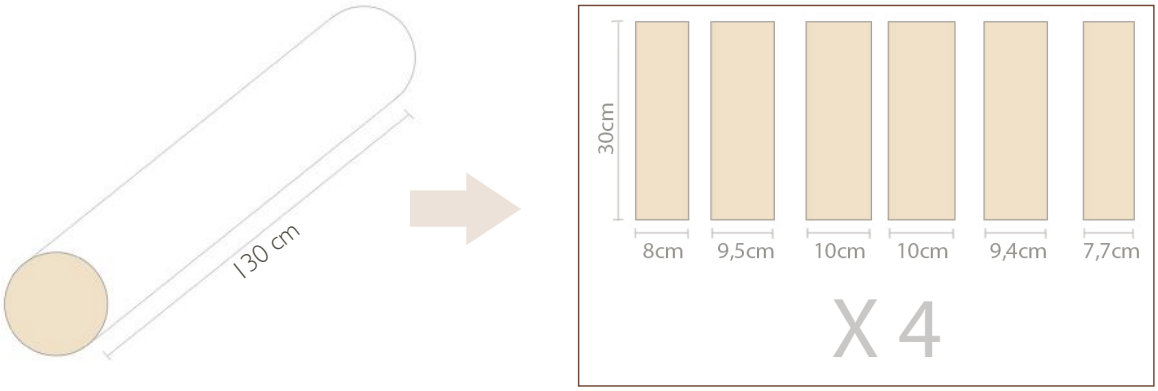


Fig 6.7 Schema rappresentativo della quantità di listelli rettangolari ottenuti da un tondello.

Per ottenere il pannello di progetto si è provato a inchiodare i listelli rettangolari con una sparachiodi a spillette su un supporto prova [Fig 6.8] per valutare la resistenza alla chiodatura, l'estetica e la funzionalità dei listelli ottenuti.

Si precisa che ogni listello ottenuto presenta una sezione non perfettamente regolare e tondeggiante dovuta alla forma circolare del tondello. Per la chiodatura si è posizionata la faccia dotata di superficie maggiore in evidenza così da ottenere, una volta affiancati i listelli, una superficie più omogenea possibile [Fig 6.9].

Fig 6.8 I sei listelli di varie larghezze vengono inchiodati ad un supporto di prova.

Fig 6.9 Primo prototipo di rivestimento esterno, ottenuto da un solo spezzone di tondello di diametro 10 cm e lunghezza 30cm

La prima prova presso la falegnameria ha permesso di trarre alcuni accorgimenti:

- i listelli devono presentare esternamente la faccia piana, quindi i lati tondeggianti devono essere nascosti
- i listelli devono essere ben affiancati l'un l'altro
- ogni listello deve essere trattato per resistere agli agenti atmosferici; si sottolinea che si tratta della lavorazione di un sottoprodotto completamente naturale.

SECONDA PROVA PRESSO IL LABORATORIO CREA (Casale Monferrato)

Il laboratorio del CREA dispone di diversi vari macchinari che mi hanno permesso, con l'assistenza del dott. Gaetano Castro, di effettuare nuove prove di taglio del legno per la composizione del prototipo.
Il taglio è stato eseguito su tondello essiccato in natura, ottenendo gli stessi risultati della prima prova: sei listelli rettangolari di dimensioni differenti.

Si è provato anche ad effettuare il taglio su una porzione di tondello, di lunghezza 30 cm [Fig 6.10], termotrattato ad una temperatura di 180 °C. Il termotrattamento viene effettuato sull'intero tondello che successivamente viene tagliato. Il risultato ottenuto è stato diverso dal taglio effettuato sul tondello senza trattamenti; infatti il termotrattamento comporta una diminuzione della resistenza e dell'elasticità del legno con conseguenti lesioni interne [Fig 6.11].
I listelli termotrattati hanno un colore bruno scuro ed un odore gradevole, ma le spaccature li rendono poco resistenti e permeabili all'acqua, compromettendo il loro impiego in esterno.
Dal taglio di un tondello, in media, solo tre su sei listelli sono utilizzabili, ciò comporta uno spreco di materiale e di energia.
Data la valenza estetica, i listelli termotrattati potrebbero essere impiegati in interno.

Fig 6.10 Taglio del tondello termotrattato.

Fig 6.11 Listelli con evidenti spaccature.

Le scandole largamente diffuse nelle zone montane, sono vendute singolarmente e assemblate in cantiere su una sottostruttura in legno (vedi paragrafo 5.2.1) che permette, in alcuni casi, di ottenere una facciata ventilata.
Si è provato, quindi a progettare un pannello utilizzando i listelli come scandole, così da consentire un assemblaggio più veloce in cantiere.

SUPPORTO RIVESTIMENTO ESTERNO

La struttura portante è stata realizzata con montanti e traversi ricavati dal tondello.

PROVA PRESSO IL LABORATORIO CREA (Casale Monferrato)

Presso il laboratorio CREA sono stati realizzati i tagli dei tondelli per ricavare i montanti e i traversi del pannello.
Da un tondello sono stati ricavati quattro travetti con tre lati squadrati e uno curvo [Fig 6.12].

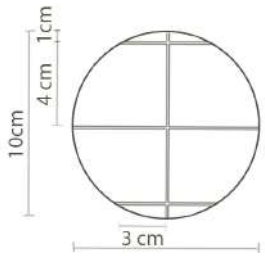


Fig 6.12 Le linee di taglio del tondello (0,3 mm di spessore) per l'ottenimento dei travetti. Le sezioni longitudinali superiore e inferiore vengono scartate per ottenere un terzo lato squadrato del travetto.

Dalle estremità dei tondelli sono stati asportati due spezzoni ammalorati lunghi 5 cm, ottenendo una lunghezza utile pari a 120 cm. Successivamente si è proceduto con il taglio di circa 0,5 cm su due estremi dello spezzone per permettere il taglio evitando il rotolamento [Fig 6.13] e al taglio dei quattro travetti con sezione regolare [Fig 6.14]

Fig 6.13Taglio due estremità del tondello

Fig 6.14 Taglio per ottenere i travetti

Fig 6.15 Taglio estremità del tondello

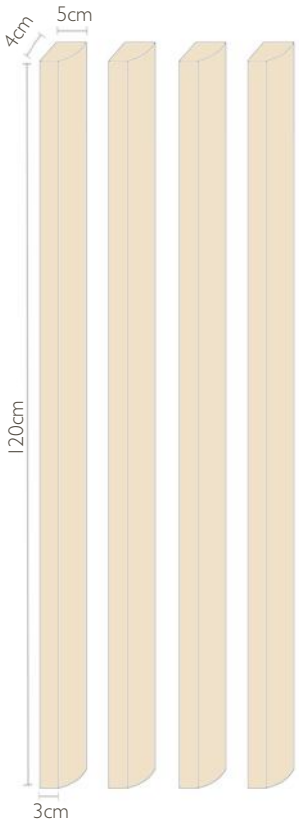


Fig 6.16 Travetti. Dal taglio si ottengono quattro travetti con un lato curvo che non sarà eliminato poichè è considerato una lavorazione non necessaria. I lati piani del travetto sono tre e rispettivamente di 3, 4 e 5 cm.

I travetti ottenuti da questa fase di laboratorio risultano essere molto interessanti da approfondire.

Non essendo state effettuate, all'interno di questa tesi, prove di resistenza al carico su questo supporto, si è preferito utilizzare una struttura portante reperibile in commercio, come descritto nei paragrafi successivi.

PROVE PER TRATTAMENTI

I listelli sono stati trattati con i prodotti descritti nel paragrafo 5.3: termotrattamento, impregnante ad acqua colorato Sestriere Vernici e impregnante ad acqua naturale AURO.

Nelle immagini [Fig. 6.17 e Fig 6.18] si riportano i listelli trattati a confronto con il listello non trattato. Tutti i campioni sono stati esposti agli agenti atmosferici per sei mesi per evidenziarne lo stato di degrado e valutarne la durabilità.

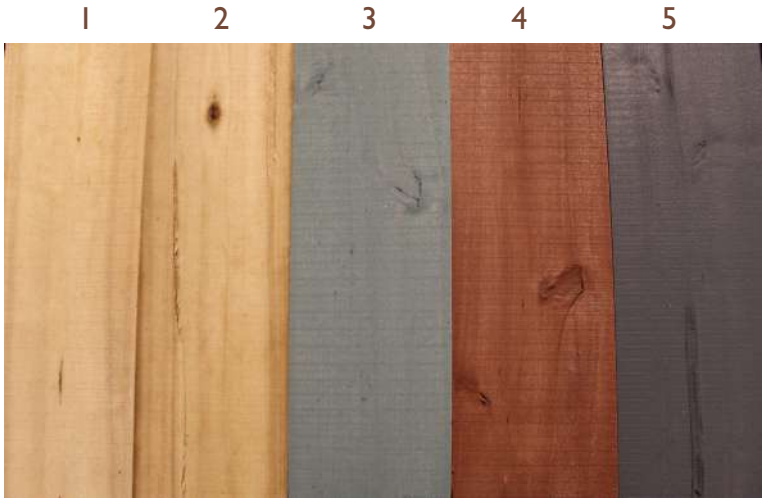


Fig 6.17Si riportano i listelli trattati **PRIMA** dell'esposizione agli agenti atmosferici.
1. Senza trattamento
2. Termotrattamento
3.Trattamento impregnante naturale AURO colorato (due mani)
4. Trattamento impregnante ad acqua colorato base trasparente SESTRIERE VERNICI (due mani)
5.Trattamento impregnante ad acqua colorato base bianca SESTRIERE VERNICI (due mani)

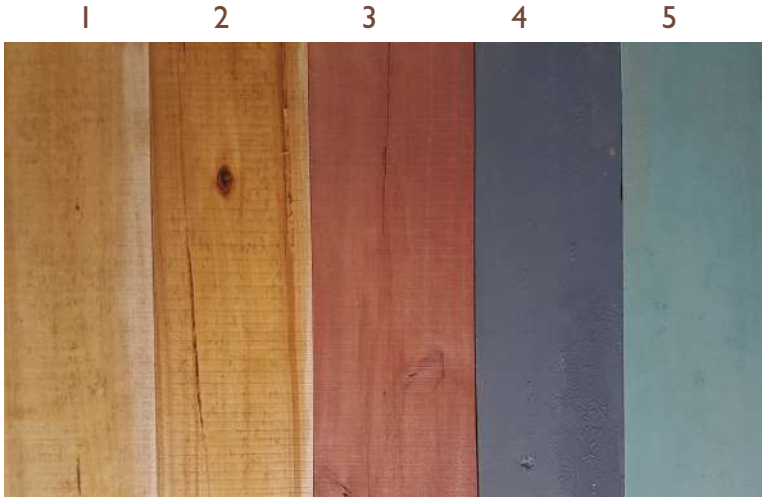


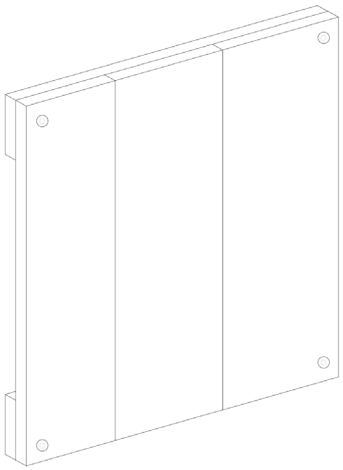
Fig 5.26 Si riportano i listelli trattati **DOPO** l'esposizione agli agenti atmosferici (sei mesi).
1. Senza trattamento
2. Termotrattamento
3.Trattamento impregnante naturale AURO colorato
4. Trattamento impregnante ad acqua colorato base trasparente SESTRIERE VERNICI
5.Trattamento impregnante ad acqua colorato base bianca SESTRIERE VERNICI

I listelli non trattato e termotrattato presentano evidenti forme di degrado biologico a differenza dei trattamenti vernice naturale e impregnante ad acqua che evidenziano la resistenza del trattamento agli agenti atmosferici.

6.1.3 I pannelli e gli ancoraggi

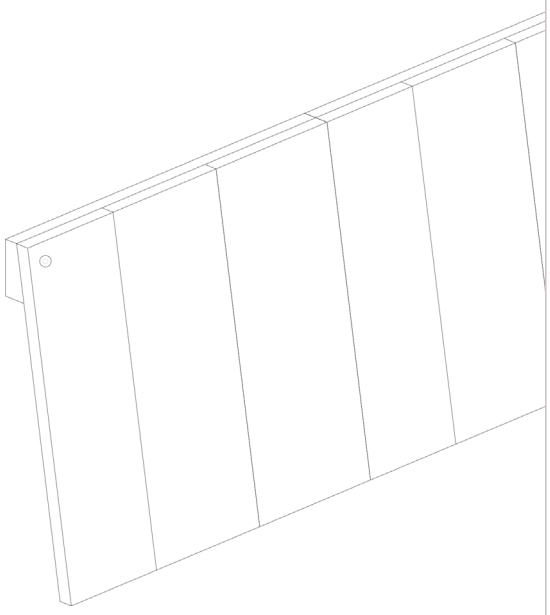
SQUARE

DESCRIZIONE
Pannello per rivestimento esterno costituito al 100% da legno naturale, sottoprodotto della produzione di compensato .
Due tipologie di pannello costituite dall'accostamento di tre simil-scandole di dimensioni diverse.
DIMENSIONI
Larghezza pannello 30 cm
Altezza pannello 27,5 cm
ASSEMBLAGGIO
Chiodatura su supporto in legno naturale
ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA
Viti con tasselli su montanti in legno che possono costituire (variando lo spessore) una facciata ventilata.



SHINGLE

DESCRIZIONE
Pannello per rivestimento esterno costituito al 100% da legno naturale, sottoprodotto della produzione di compensato .
Due tipologie di pannello costituite dall'accostamento delle sei simil-scandole, di dimensioni diverse, ottenute dal tondello.
DIMENSIONI
Larghezza pannello 30 cm
Altezza pannello 55 cm
ASSEMBLAGGIO
Chiodatura su supporto in legno naturale
ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA
Viti con tasselli su montanti in legno che possono costituire (variando lo spessore) una facciata ventilata.



SQUARE

SQUARE è pannello di rivestimento esterno di dimensioni **30x27,5 cm**.

Costituito da tre dei sei listelli (di diversa larghezza) ricavati da spezzoni di tondello.

A

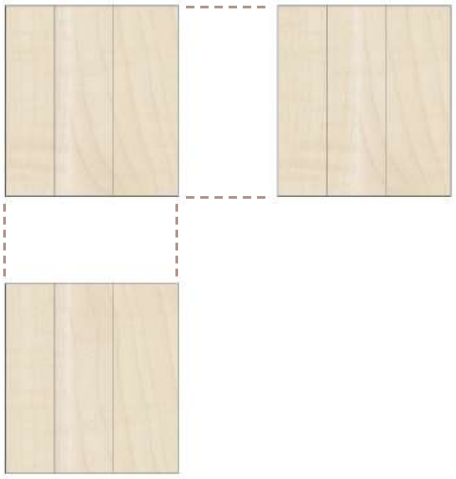
A_27,5 cm

B

B_27,5 cm

SISTEMA DI AGGANCIO TRA PANNELLI

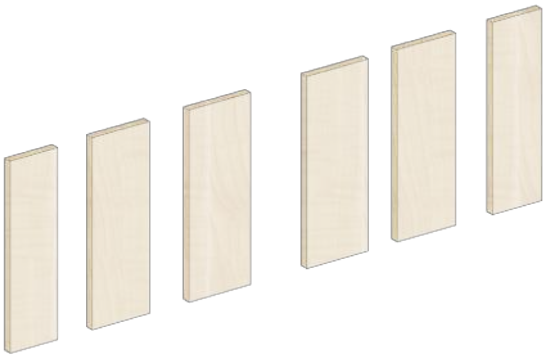
I pannelli vengono affiancati e inchiodati per costituire il rivestimento.



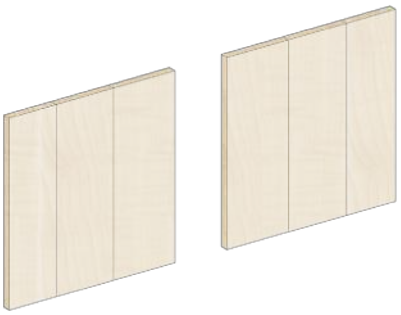
ASSEMBLAGGIO PANNELLO

L'assemblaggio dei pannelli è totalmente a secco. I tre listelli vengono fissati a due supporti in legno con una graffettatrice per legno. Accanto si riportano le fasi di realizzazione.

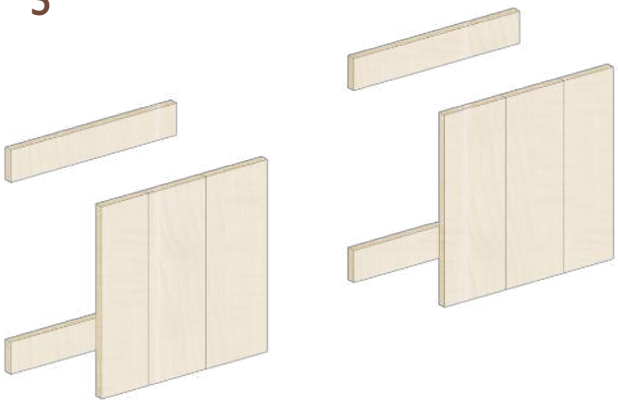
1



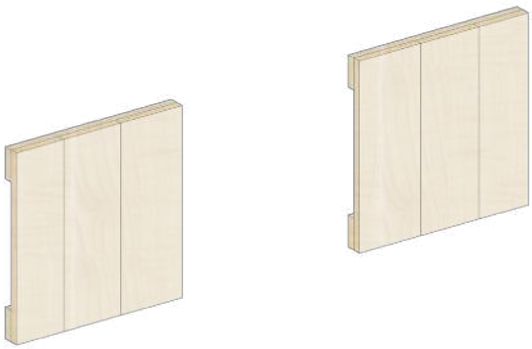
2



3



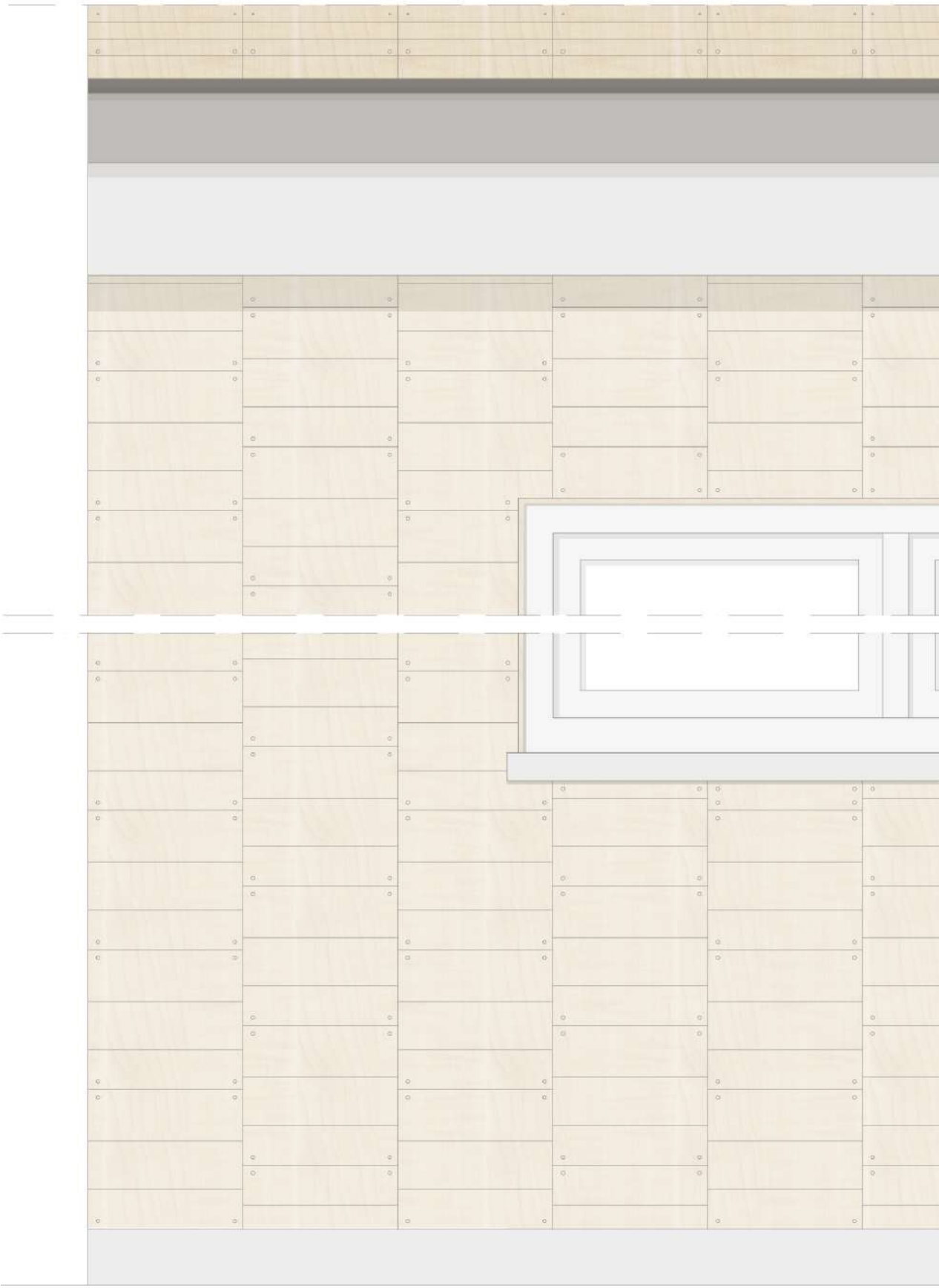
4



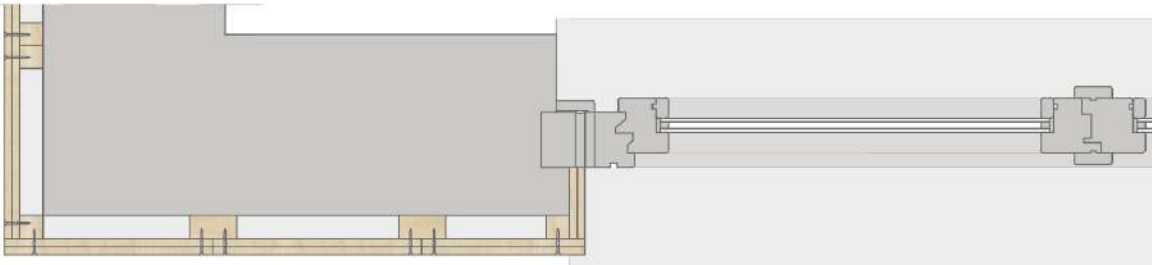
4 VITI DA LEGNO

Per il fissaggio del pannello in cantiere, è prevista una **struttura retrostante** costituita da montanti in legno sezione 3x6 cm.

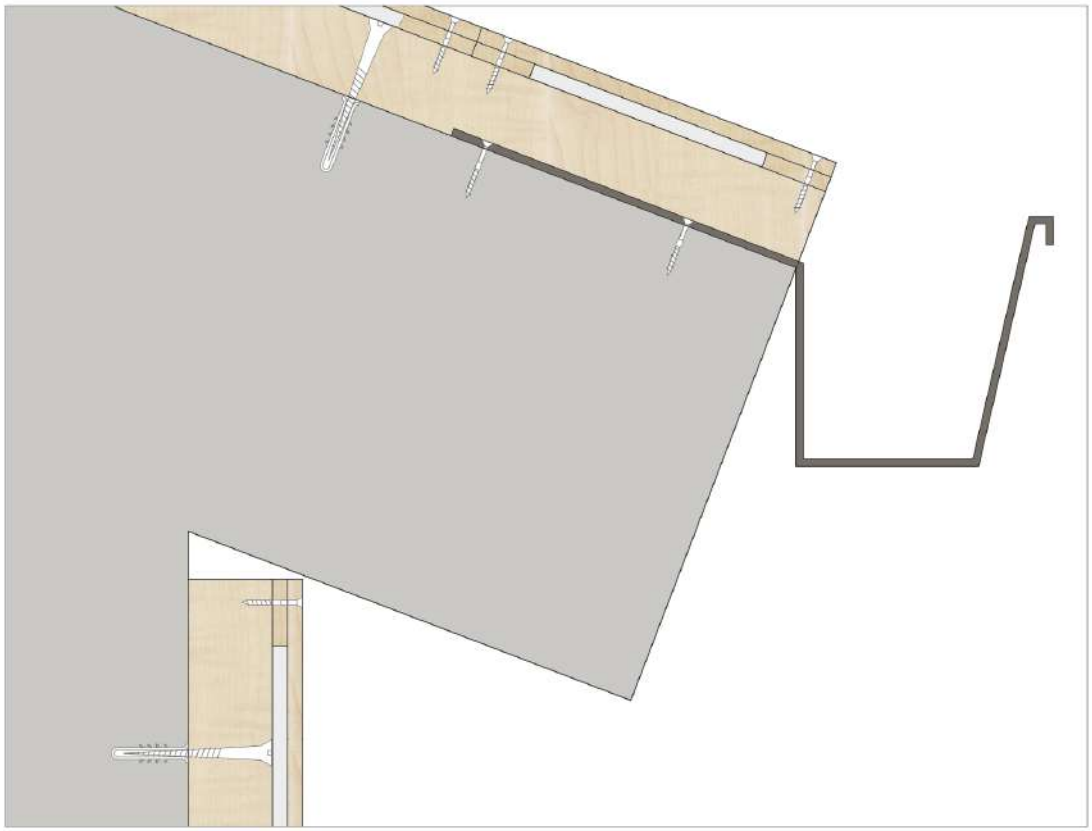
L'ancoraggio del pannallo a questa avviene con quattro viti da legno con diametro 0,35 cm e lunghezza 4 cm.



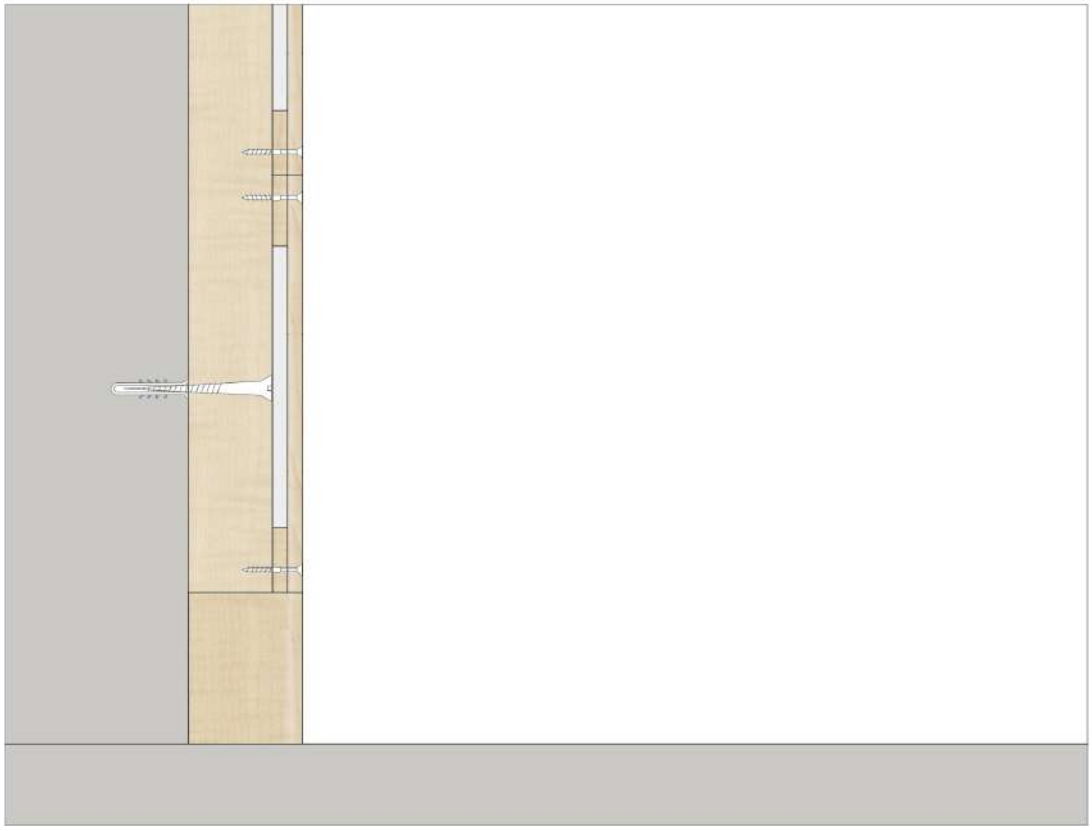
PROSPETTO E PIANTA SCALA 1:10



Stratigrafia:
Rivestimento esterno SQUARE
Supporto in legno costituito da montanti in 3x6 cm
Paramento murario

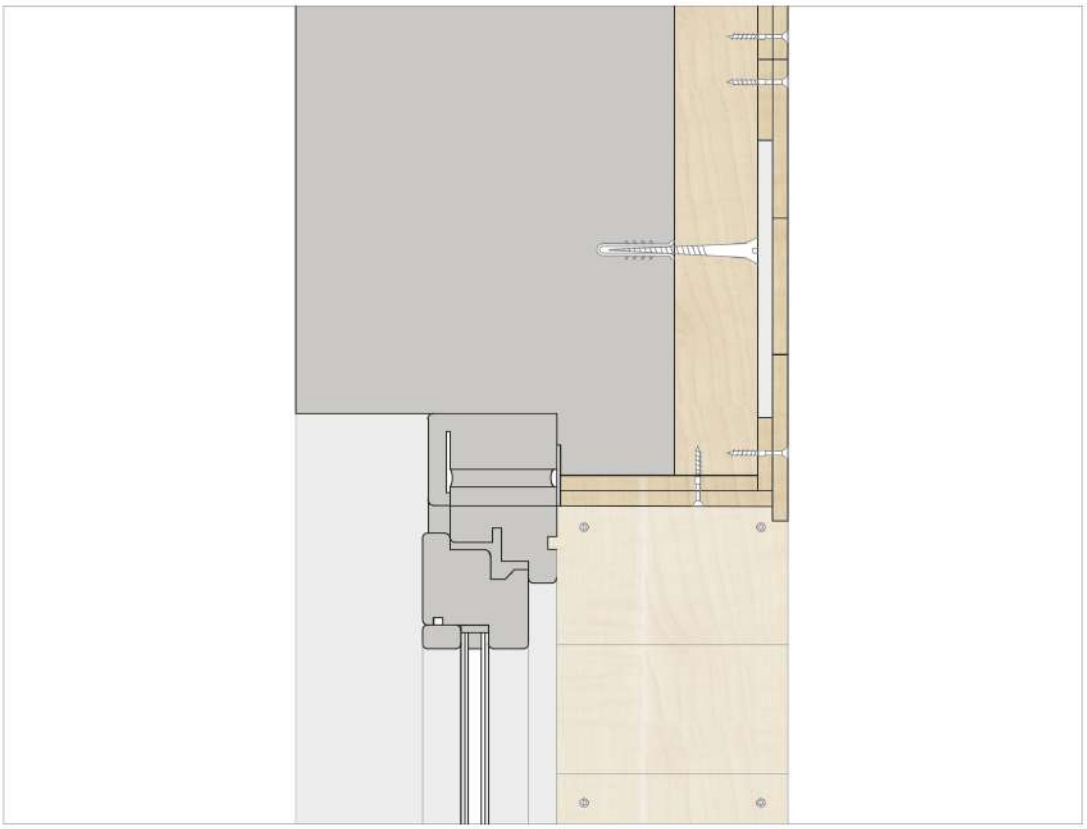


NODO PARETE VERTICALE - SOLAIO
SCALA 1:5

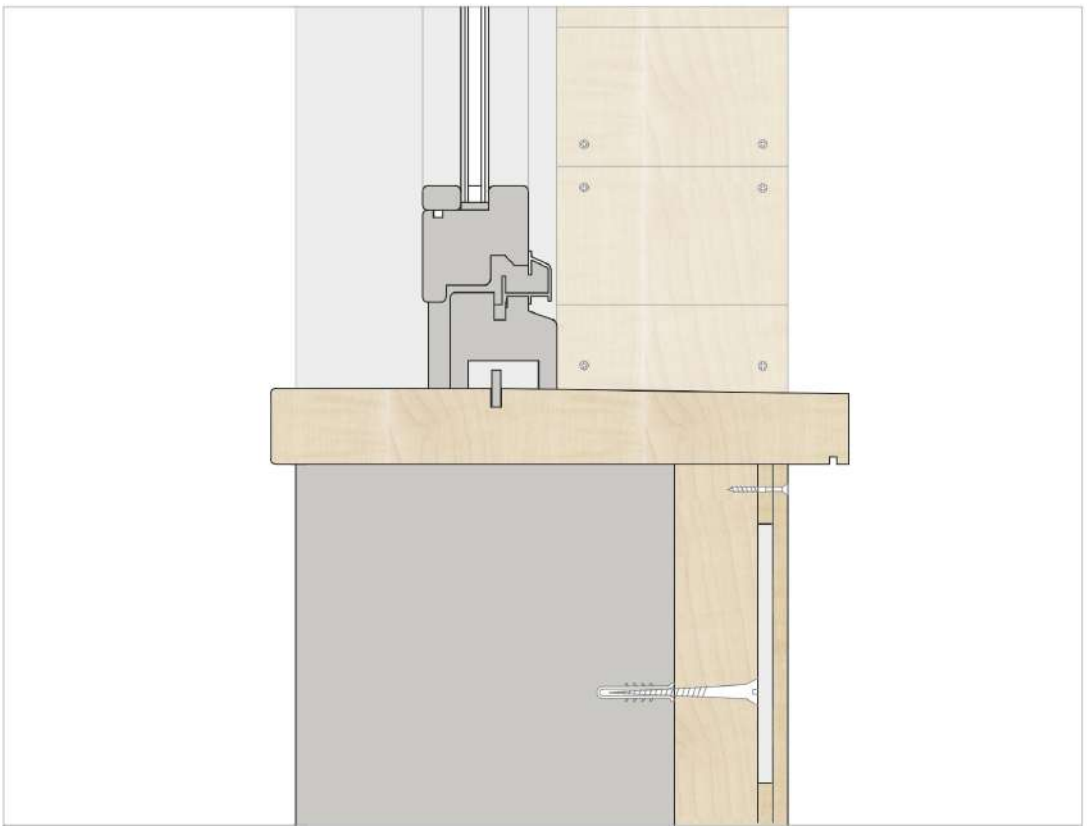


NODO PARETE VERTICALE - ATTACCO A TERRA
SCALA 1:5

Stratigrafia:
Rivestimento esterno SQUARE
Supporto in legno costituito da montanti in 3x6 cm
Paramento murario



NODO PARETE VERTICALE - SERRAMENTO SCALA 1:5

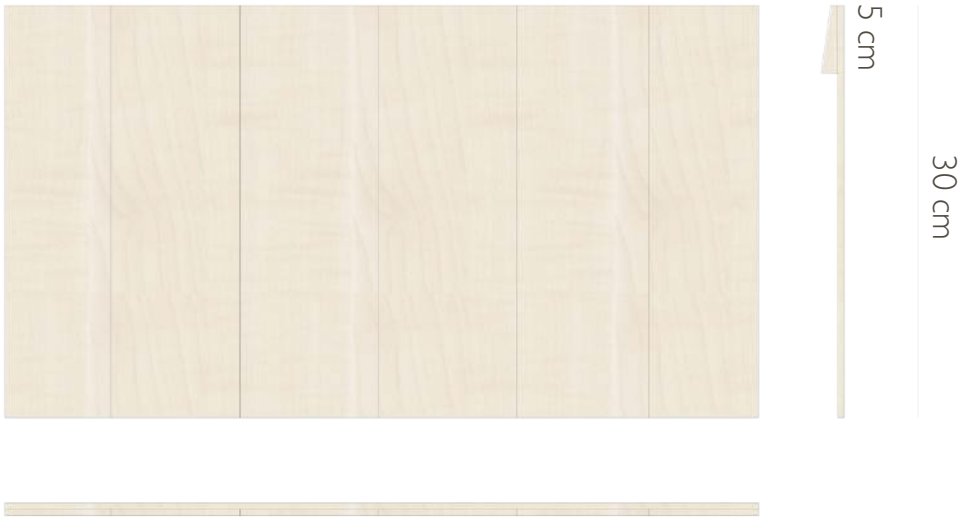


NODO PARETE VERTICALE - DAVANZALE SCALA 1:5

SHINGLE

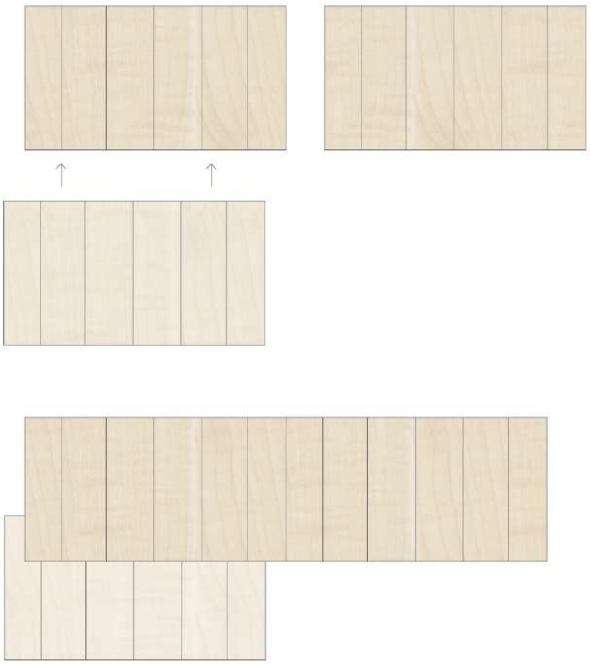
SHINGLE è pannello di rivestimento esterno di dimensioni **30x55 cm**.

Costituito da sei listelli (di diversa larghezza) ricavati da spezzoni di tondello.



SISTEMA DI AGGANCIO TRA PANNELLI

L'ancoraggio tra pannelli avviene per sovrapposizione come si mostra nei disegni riportati a lato.



ASSEMBLAGGIO PANNELLO

L'assemblaggio dei pannelli è totalmente a secco. I sei listelli ottenuti da uno spezzone di tondello vengono assemblati ad un supporto mediante graffettatrice per legno.

1

2

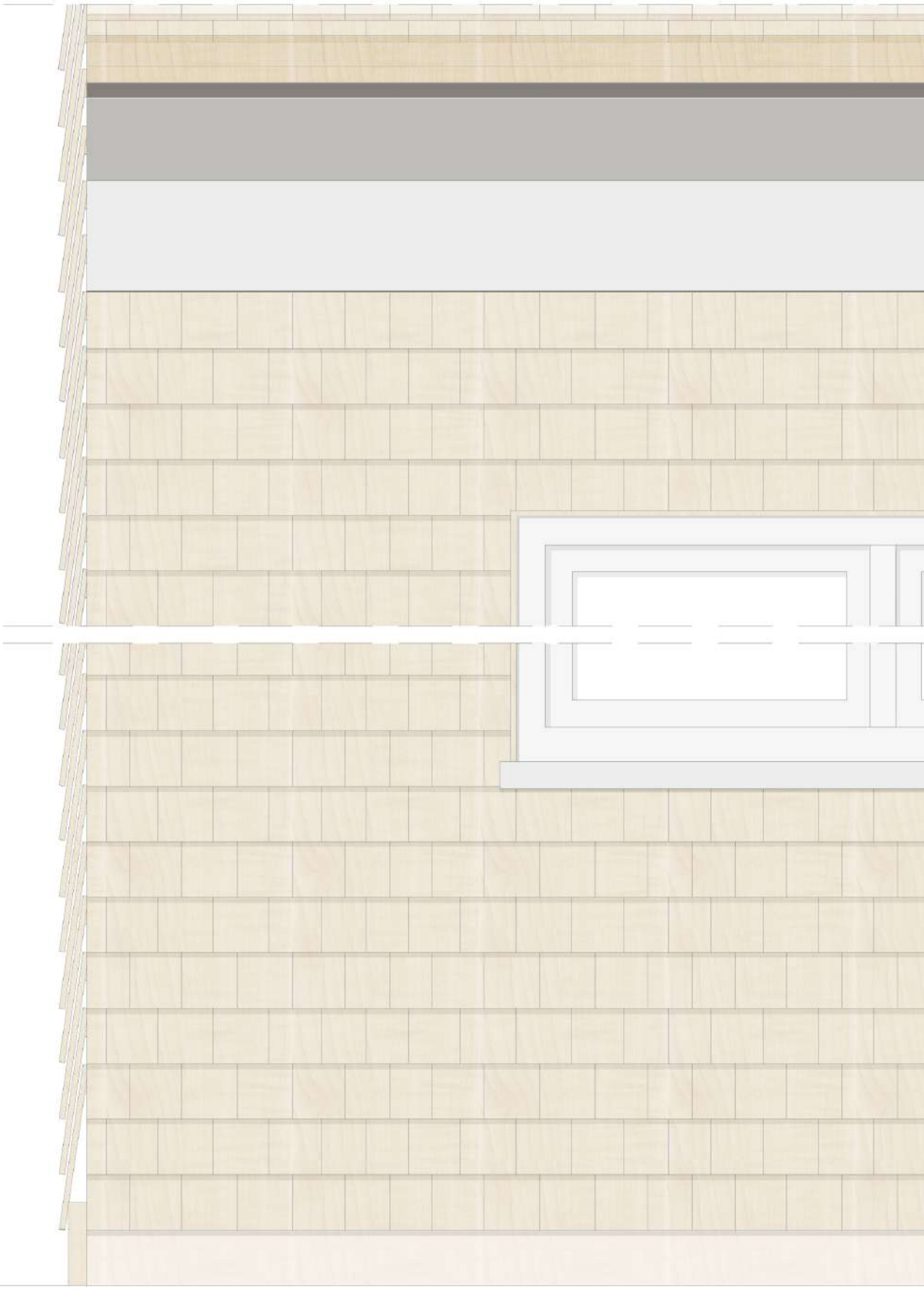
2 VITI DA LEGNO

3

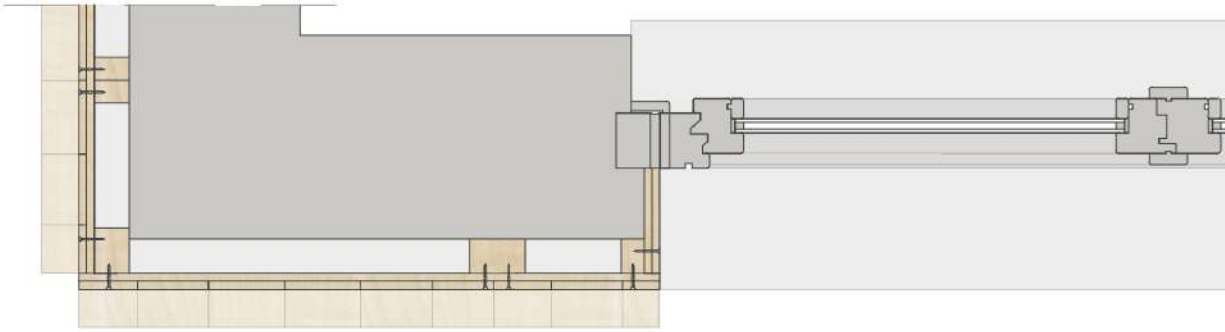
Per il fissaggio del pannello in cantiere, è prevista una **struttura retrostante** costituita da montanti in legno sezione 3x10 cm.

L'ancoraggio del pannallo a questa avviene con due viti da legno: diametro 0,35 cm e lunghezza 4 cm.

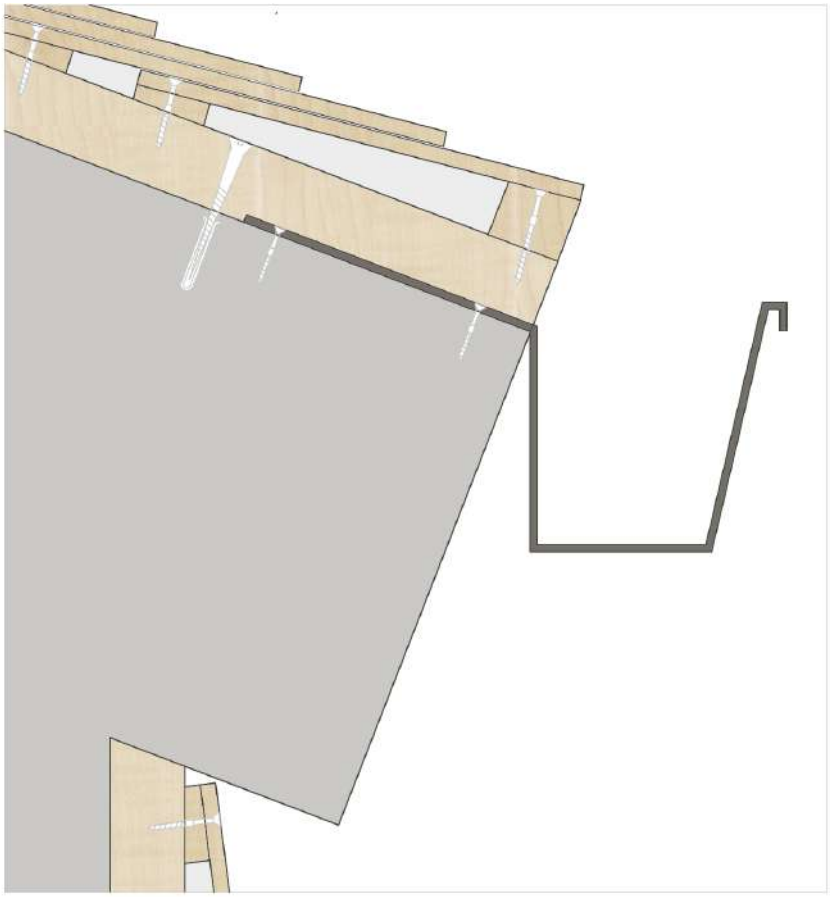
Questa tipologia di rivestimento può essere impiegata come facciata ventilata, prevedendo un supporto con sezione più grande.



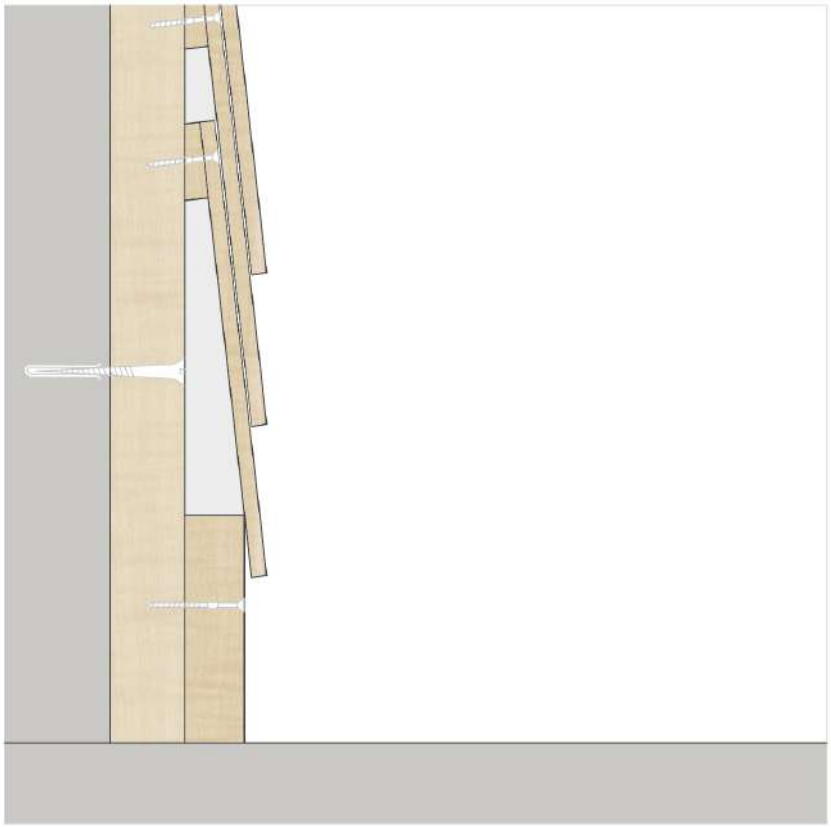
PROSPETTO E PIANTA SCALA 1:10



Stratigrafia:
Rivestimento esterno SHINGLE
Supporto in legno costituito da montanti in 3x10 cm
Paramento murario

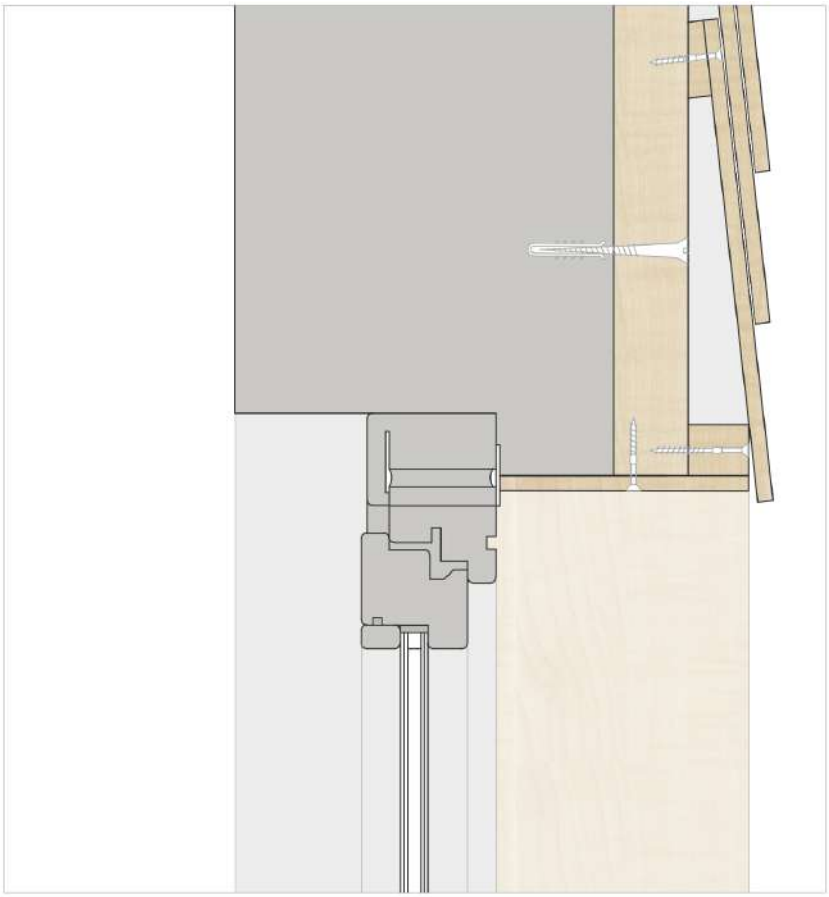


NODO PARETE VERTICALE - SOLAIO
SCALA 1:5

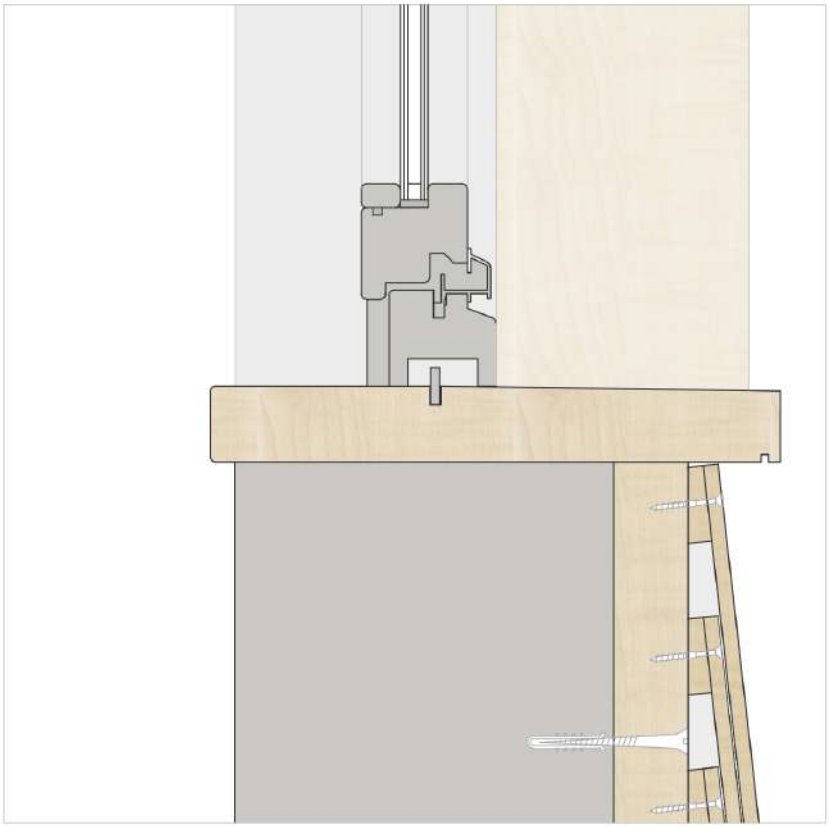


NODO PARETE VERTICALE - ATTACCO A TERRA
SCALA 1:5

Stratigrafia:
Rivestimento esterno SHINGLE
Supporto in legno costituito da montanti in 3x10 cm
Paramento murario



NODO PARETE VERTICALE - SERRAMENTO
SCALA 1:5



NODO PARETE VERTICALE - DAVANZALE
SCALA 1:5

6.2 IL RIVESTIMENTO INTERNO

Il pannello di rivestimento per interni è stato fin dall'inizio pensato, come nel caso del rivestimento esterno, semplice e pratico.
Un pannello realizzato completamente con scarti della produzione, con assemblaggio a secco, con modalita di posa pratica e veloce, e con performance acustiche rilevaneti, che saranno approfondite nel capitolo 7.

6.2.1 Il concept

RIVESTIMENTO INTERNO

LEGNO 100% RICICLATO

TRATTAMENTI A BASSO IMPATTO

MONTAGGIO E SMONTAGGIO A SECCO

SEPARABILITÀ DEI COMPONENTI

RIUTILIZZO DEI COMPONENTI A FINE VITA

SOTTOPRODOTTI
Residui di squadratura

FUNZIONE
Finitura estetica e protezione
Parete divisoria

FORMA
Pannelli forati o con scanalature

TRATTAMENTI
Impregnanti sostenibili colorati o trasparenti
Oli naturali
Nessun trattamento

COLORE
Naturale
Monocromo
Multicolore

6.2.2 Progetti e prototipi preliminari

Il revestimento interno è stato realizzato con gli scarti di squadratura, sottoprodotti più difficili da riulizzare. Sono stati utilizzati sistemi di assemblaggio sostenibili e poco impattanti sull'ambiente.

PROVA PRESSO LA FALEGNAMERIA LOPARCO

I sottoprodotti disponibili sono quasi tutti adatti all'utilizzo interno senza particolari trattamenti. Inizialmente è stato assemblato un pannello impiegando liste di sfogliato e colla. Si riportano le varie fasi costruttive nel seguito.

1. Lo sfogliato viene affiancato per ottenere il primo strato del pannello e viene posizionato uno strato di colla.

2. Altri fogli di sfogliato vengono posizionati ruotati di 90° rispetto al primo strato.

3. Il pannello a due strati è pronto per essere pressato.

4. Pressatura

5. Il pannello ottenuto dopo il passaggio in pressatrice

Dalla prima prova del rivestimento interno con l'utilizzo di liste, si evidenzia:
- utilizzo eccessivo di colla DUDIVIL VR 10 della ditta Durante&Vivan, adesivo a base acetovinilica in dispersione acquosa per nobilitazione e assemblaggio, con buona presa e classe di durabilità D3 (UNI EN 20)
- il pannello necessita di un terzo strato di sfogliato per l'irrigidimento.

PROVE DI COLORAZIONE

Prove in falegnameria di colorazione con vernice trasparente cerata all'acqua linea D'ecò dell'azienda Sestriere di Nichelino (TO). Questo prodotto è caratterizzato dalle proprietà di antisfogliamento e elasticità, ma anche dalla struttura microporosa.
Permette la protezione del legno da muffe e funghi, ma anche dai raggi UV. E' disponibile in vari colori.

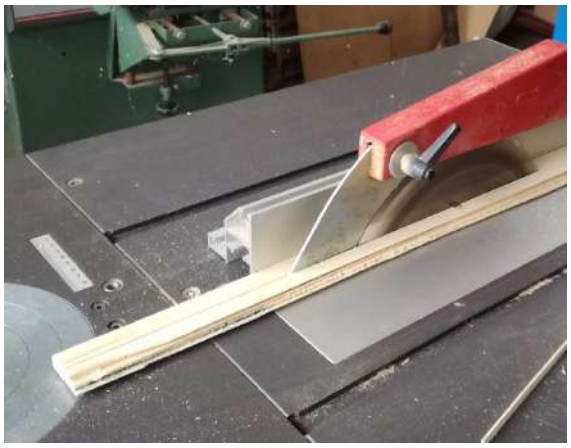
1. Prova colorazione su sfogliato.

2. Asciugatura immediata.

SECONDA PROVA PRESSO LABORATORIO CREA (Casale Monferrato)

Presso il laboratorio CREA si è proceduto con il riutilizzo dei residui di squadratura contenenti colla, che solitamente sono smaltiti in discarica. Il riutilizzo di questa tipologia di sottoprodotto risulta essere un ottimo metodo per la riduzione dell'impatto ambientale. Infatti, i residui di squadratura risultano essere in quantitativo elevato ed, essendo composti anche da colla, il loro smaltimento avviene solo in discarica.
Dopo vari tentativi è stata studiata una soluzione che assemblasse tra loro i residui ottenendo un pannello leggero e regolare.
Si riportano le immagini con i passaggi per la composizione del pannello.

1. Residuo di squadratura: presenta tre lati piani e uno irregolare. Dai dati forniti dall'azienda la larghezza di un residuo è variabile ma supera 1,5 cm.



2. Ogni residuo è tagliato a 1,5 cm per ottenere una serie di listelli di uguale dimensione

3. Ogni listello presenta le quattro facce piane dopo il taglio.

4. I residui tagliati in lunghezza a 60 cm, sono pronti per l'assemblaggio del pannello di rivestimento interno.

5. Ogni listello viene forato a circa 2cm dal bordo. Il foro ha un diametro di 0,4 cm.

6. I listelli forati vengono assemblati attraverso l'utilizzo di due barre filettate in acciaio zincato.

7. Il pannello viene levigato

Il pannello risponde ai requisiti delineati in partenza: **realizzato da scarti di produzione** e **assemblato a secco** con barre filettate, rondelle e dadi. L'assemblaggio in cantiere è pensato **a secco, tramite viti,** su una struttura in legno.

Le proposte di progetto, per i rivestimenti interni, hanno come obiettivo l'ottimizzazione delle caratteristiche acustiche.

Ogni proposta è stata verificata con le opportune prove acustiche nel Capitolo 7. Ad oggi non esistono delle precise regole da seguire per la progettazione di un pannello fonoassorbente.

Il capitolo 7 approfondirà i pannelli acustici fonoassorbenti, le prove sperimentali necessarie e le prove effettuate sui pannelli di progetto; in questo capitolo mi limito a riportare il progetto dei pannelli, le fasi di realizzazione, con un accenni di consigli acustici tratti da bibliografia.

IL CONFRONTO TRA I CAMPIONI PRESSO LABORARIO DEL POLITECNICO DI TORINO

I campioni di residui di squadratura dello stabilimento E.Vigolungo S.p.a. sono stati caratterizzati in dimensioni e peso (Tab. 5.1).

Esistono tre lunghezze standard di residui di squadratura:: 130 cm, 200 cm e 230 cm. Nelle ipotesi di progetto descritte nei paragrafi precedenti si è considerata la lunghezza minore in quanto più vincolante.

Lunghezza	Spessore	Larghezza	Peso totale	Larghezza di Recupero
195 cm	1,5 cm	7,5 cm	0,824 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	6,5 cm	0,552 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	2 cm	0,236 kg	0 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,764 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	6,5 cm	0,824 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	6,5 cm	0,720 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	4 cm	0,374 kg	1,5 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,636 kg	1,5 cm
195 cm	1,5 cm	8,5 cm	0,824 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	7 cm	0,774 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	3 cm	0,254 kg	0 cm
195 cm	1,5 cm	5 cm	0,502 kg	1,5 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,688 kg	3,5 cm
195 cm	1,5 cm	4 cm	0,394 kg	0 cm
195 cm	1,5 cm	3 cm	0,240 kg	0 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,708 kg	2 cm
195 cm	1,5 cm	7 cm	0,742 kg	2 cm
195 cm	1,5 cm	8 cm	0,604 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	7 cm	0,834 kg	3,5 cm
195 cm	1,5 cm	7 cm	0,783 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	8 cm	0,888 kg	3 cm
195 cm	1,5 cm	7,5 cm	0,744 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	7 cm	0,752 kg	1,5 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,696 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	8 cm	0,734 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	8,5 cm	0,850 kg	4 cm
195 cm	1,5 cm	7,5 cm	0,870 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,736 kg	2 cm
195 cm	1,5 cm	8 cm	0,640 kg	2 cm
195 cm	1,5 cm	8 cm	0,960 kg	2,5 cm
195 cm	1,5 cm	6 cm	0,646 kg	2,5 cm

Tab. 5.1 Dati riferiti ad un campione di 31 residui di squadratura. Ogni residuo di squadratura proviene dal ciclo di produzione del pannello di compensato spesso 15 mm, il manufatto maggiormente prodotto nell'Azienda Vigolungo Spa.

La colonna "Larghezza di Recupero" riporta i cm che possono essere recuperati da un intero residuo di squadratura. Emergono quattro dimensioni ricorrenti: 1,5 cm, 2 cm, 2,5 cm e 3 cm. Al fine di ottimizzare il materiale di scarto per la realizzazione del pannello sono stati ipotizzati i sistemi a maggior recupero di materiale.

Sono stati utilizzati listelli di larghezza rispettivamente::

1,5 cm	2 cm	2,5 cm

I listelli da 3 cm sono stati suddivisi in due porzioni da 1,5cm di larghezza.

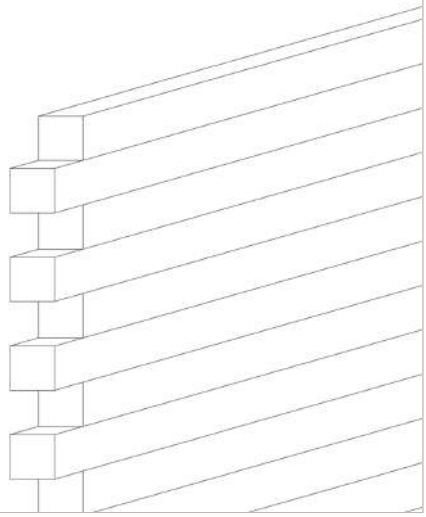
La possibilità di accostamenti di diverse larghezze ottimizza le prestazioni acustiche.

6.2.3 I pannelli e gli ancoraggi

Grazie alle prove, effettuate in laboratorio, sui primi prototipi e alle indicazioni bibliografiche relative alle prestazioni acustiche dei pannelli sono state progettate quattro diverse tipologie di pannello.

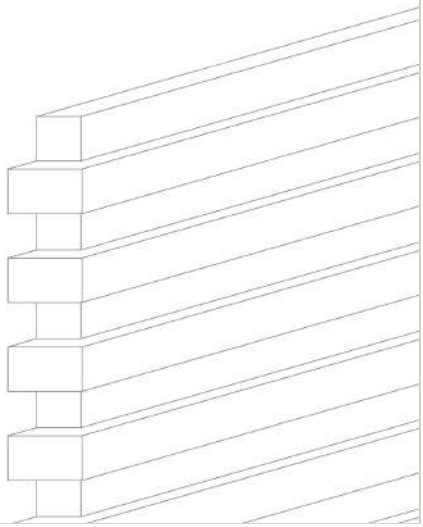
FLAT

DESCRIZIONE
Pannello per rivestimenti interni costituito da residui di squadratura contenenti colla. Presenta due facce piane. **Realizzato dall'accostamento di listelli di dimensione 1,5x1,5x60cm**
DIMENSIONI
Larghezza pannello 60 cm
Altezza pannello 80 cm (varia a seconda delle esigenze del committente)
ASSEMBLAGGIO
2 barre filettate, 4 dadi e 4 rondelle
ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA
6 viti con tasselli o viti da legno



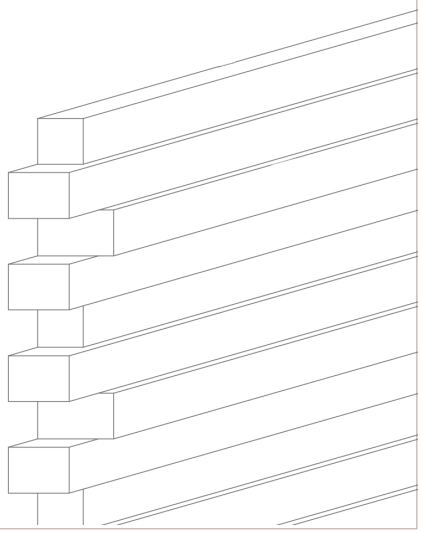
GROOVE

DESCRIZIONE
Pannello per rivestimenti interni costituito da residui di squadratura contenenti colla.
Realizzato dall'accostamento di listelli di dimensioni 1,5x1,5x60cm e 2,5x1,5x60cm
DIMENSIONI
Larghezza pannello 60 cm
Altezza pannello 80 cm (varia a seconda delle esigenze del committente)
ASSEMBLAGGIO
2 barre filettate, 4 dadi e 4 rondelle
ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA
6 viti con tasselli o viti da legno



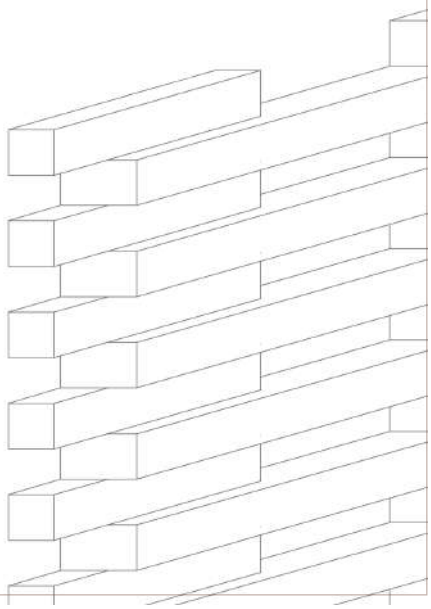
WAVE

DESCRIZIONE
Pannello per rivestimenti interni costituito da residui di squadratura contenenti colla.
Realizzato dall'accostamento di listelli dimensione 1,5x1,5x60cm- 2x1,5x60cm e 2,5x1,5x60cm
DIMENSIONI
Larghezza pannello 60 cm
Altezza pannello 80 cm (varia a seconda delle esigenze del committente)
ASSEMBLAGGIO
2 barre filettate, 4 dadi e 4 rondelle
ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA
6 viti con tasselli o viti da legno



HOLE

DESCRIZIONE
Pannello per rivestimenti interni costituito da residui di squadratura contenenti colla.
Realizzato dall'accostamento di listelli dimensioni 1,5x1,5x60cm e 2,5x1,5x60cm
Il pannello presenta delle forature utili per l'ottimizzazione delle prestazioni acustiche.
DIMENSIONI
Larghezza pannello 65 cm
Altezza pannello 81 cm (varia a seconda delle esigenze del committente)
ASSEMBLAGGIO
6 barre filettate, 12 dadi e 12 rondelle
ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA
6 viti con tasselli o viti da legno



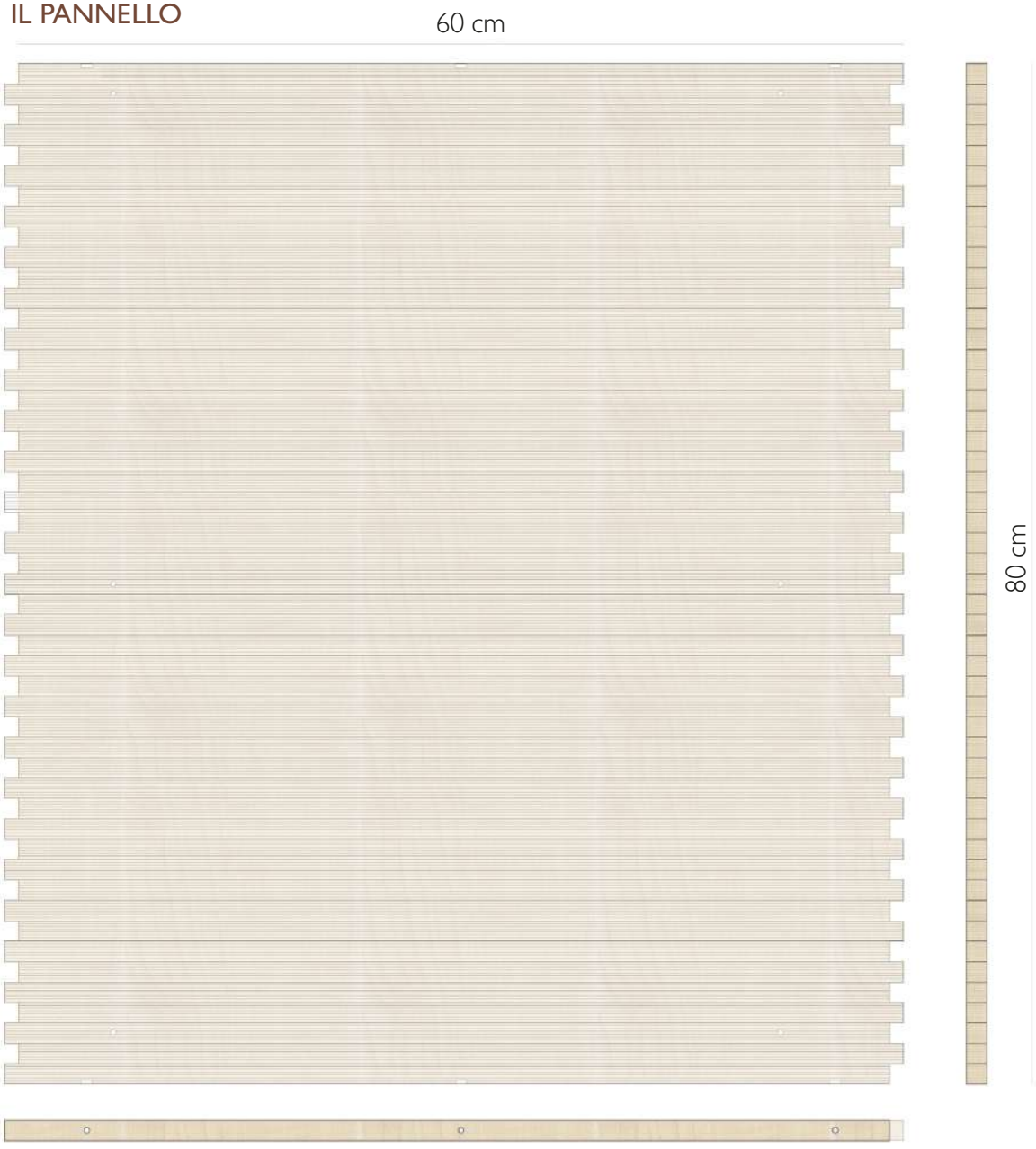
Ogni ipotesi brevemente descritta nelle schede viene di seguito analizzata in dettaglio. Verranno riportati: le modalità di aggancio tra pannelli e con la struttura retrostante, lo sviluppo del pannello su una parete interna con particolare attenzione nei pressi dell'infisso e i nodi principali (parte verticale-copertura, attacco a terra, parete verticale-serramento e parete-parete). Si riportano alcune immagini finali della realizzazione dei prototipi e delle prove di colorazione.

FLAT

FLAT è pannello di rivestimento interno di dimensioni **60x80 cm**.

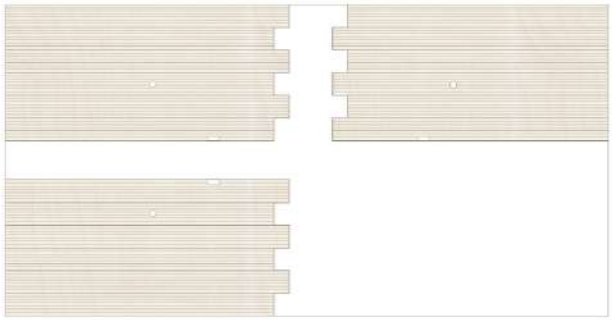
Il pannello è costituito da residui di squadratura di dimensione **1,5x1,5x60cm** assemblati a secco.

IL PANNELLO



SISTEMA DI AGGANCIO TRA PANNELLI

L'ancoraggio tra pannelli avviene ad incastro grazie ai bordi sagomati del pannello FLAT.

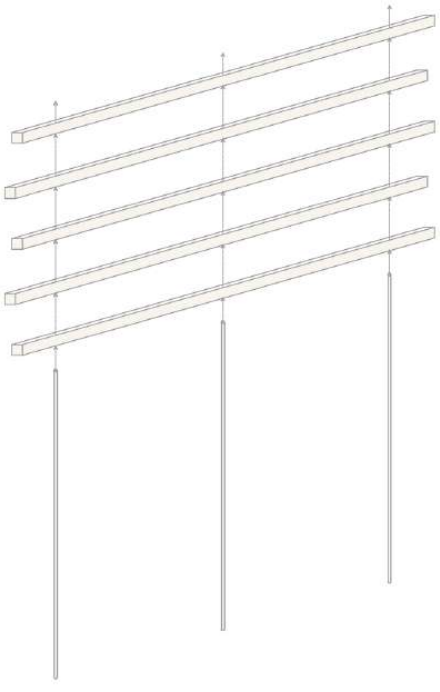


ASSEMBLAGGIO PANNELLO

L'assemblaggio del pannello è totalmente a secco. I listelli per la realizzazione di questo pannello sono 46.

Ogni listello, ricavato dai residui di squadratura, è forati e assemblato con 3 barre filettate, come si illustra nelle immagini riportate sotto.

3 BARRE FILETTATE



Le tre barre filettate vengono inserite nei vari listelli.

Si ottiene il pannello Flat

I dadi autobloccanti e le rondelle lisce permettono di eliminare la possibilità di allentamento del collegamento tra i listelli di legno.

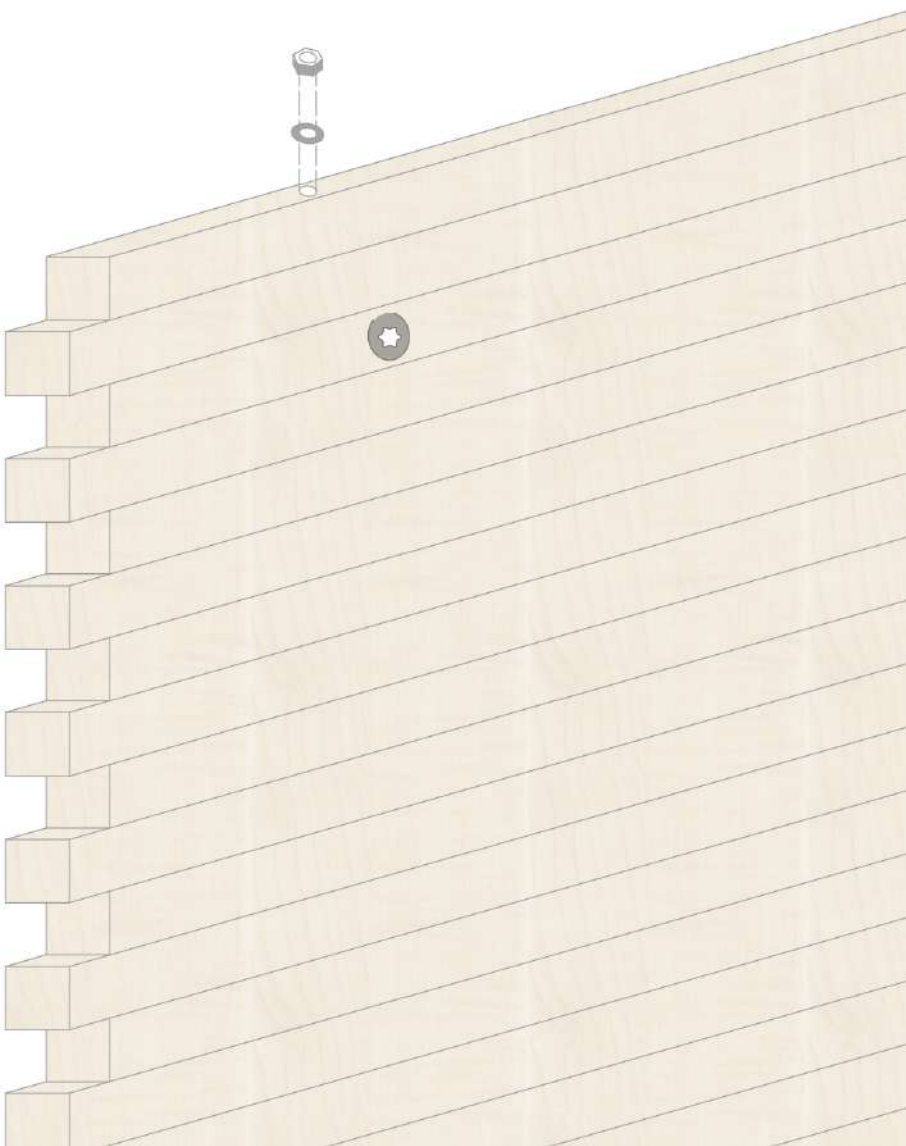
6 DADI IN ACCIAIO

6 RONDELLE IN ACCIAIO

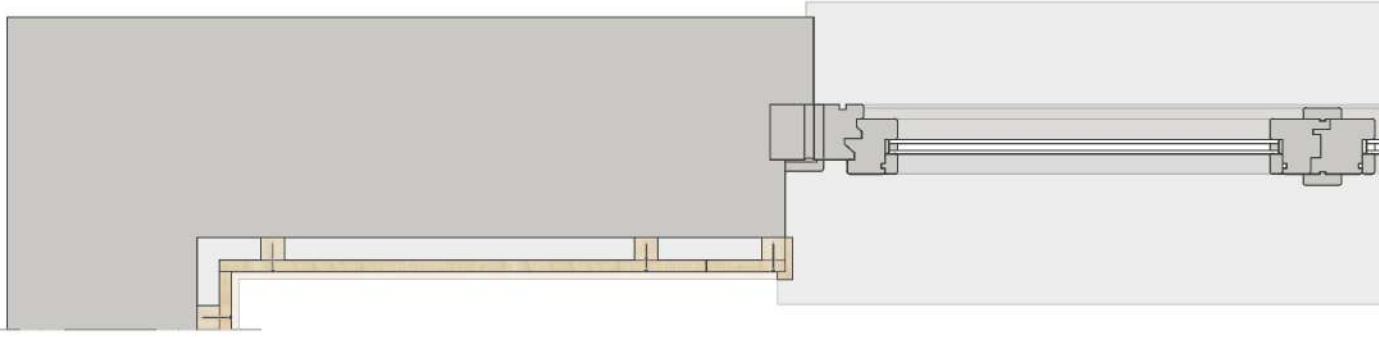
Per il fissaggio del pannello in cantiere, è prevista una **struttura retrostante** costituita da montanti in legno sezione 3x3 cm.

L'ancoraggio del pannallo a questa avviene con sei viti da legno: diametro 0,35 cm e lunghezza 4 cm.

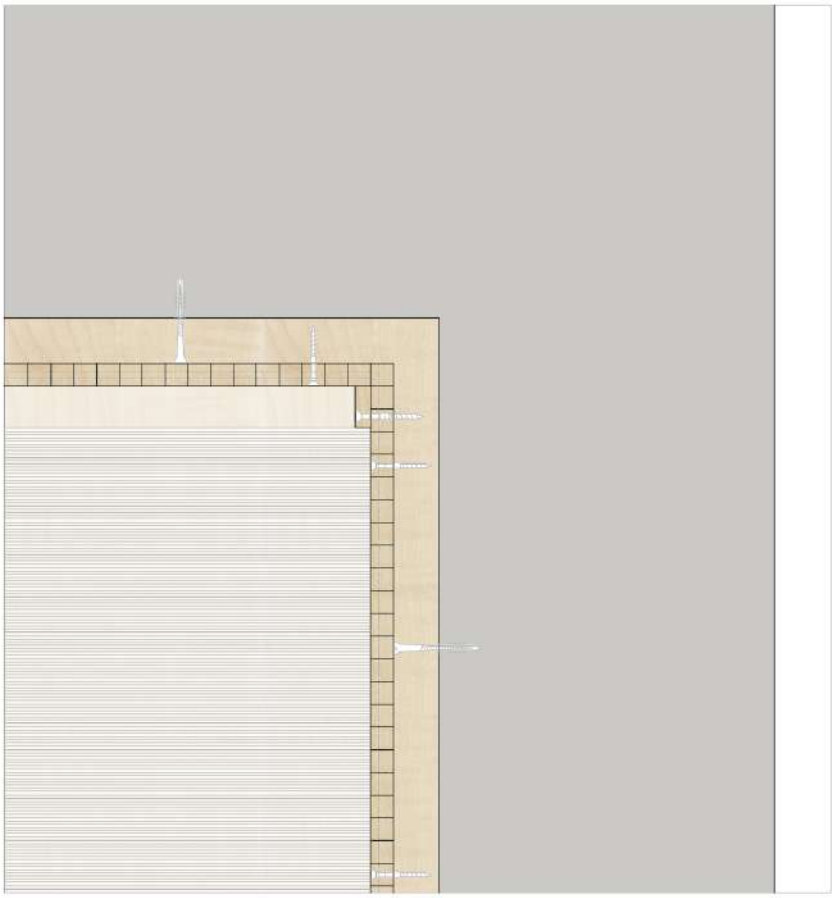
6 VITI DA LEGNO



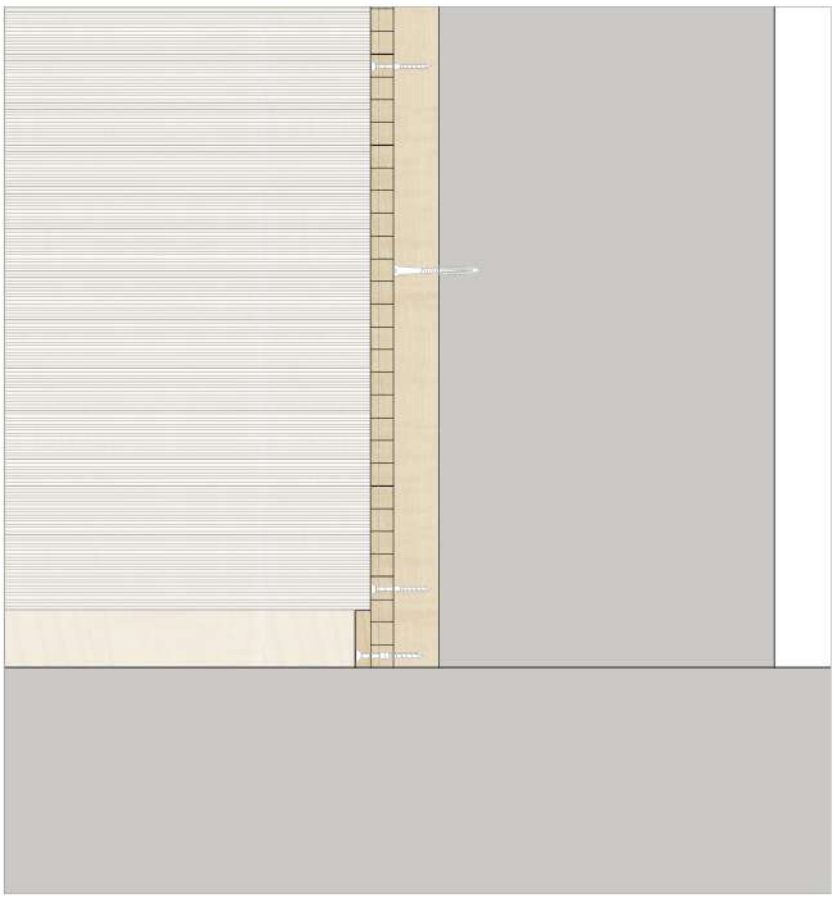
SEZIONE E PIANTA SCALA 1:10



Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno FLAT

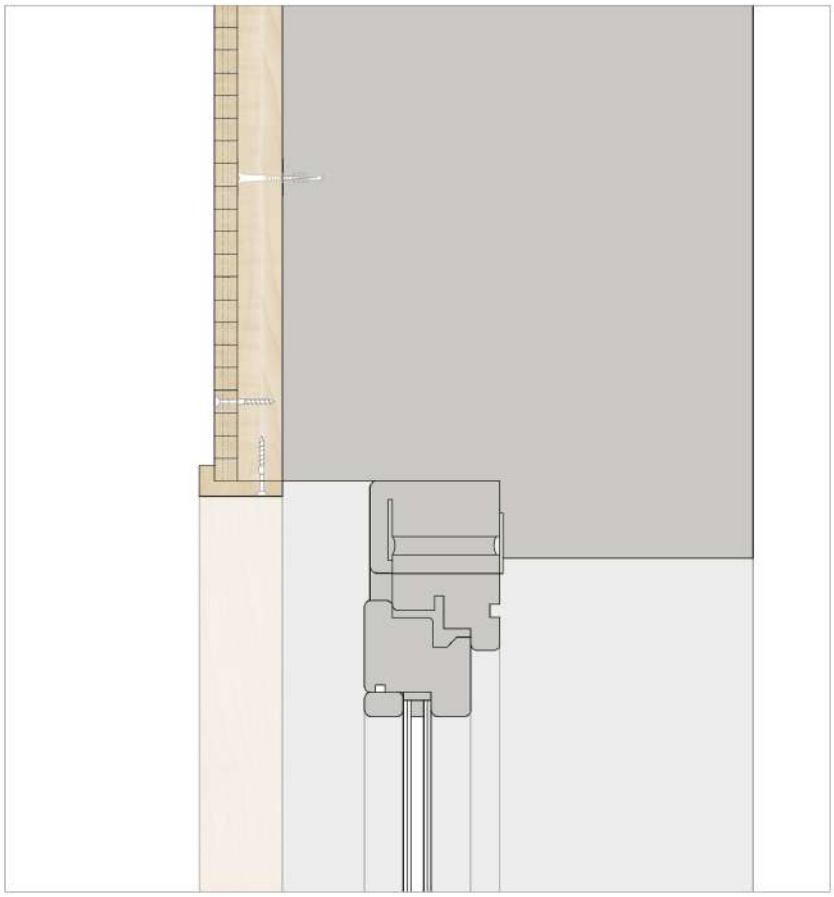


NODO PARETE VERTICALE - SOLAIO
SCALA 1:5

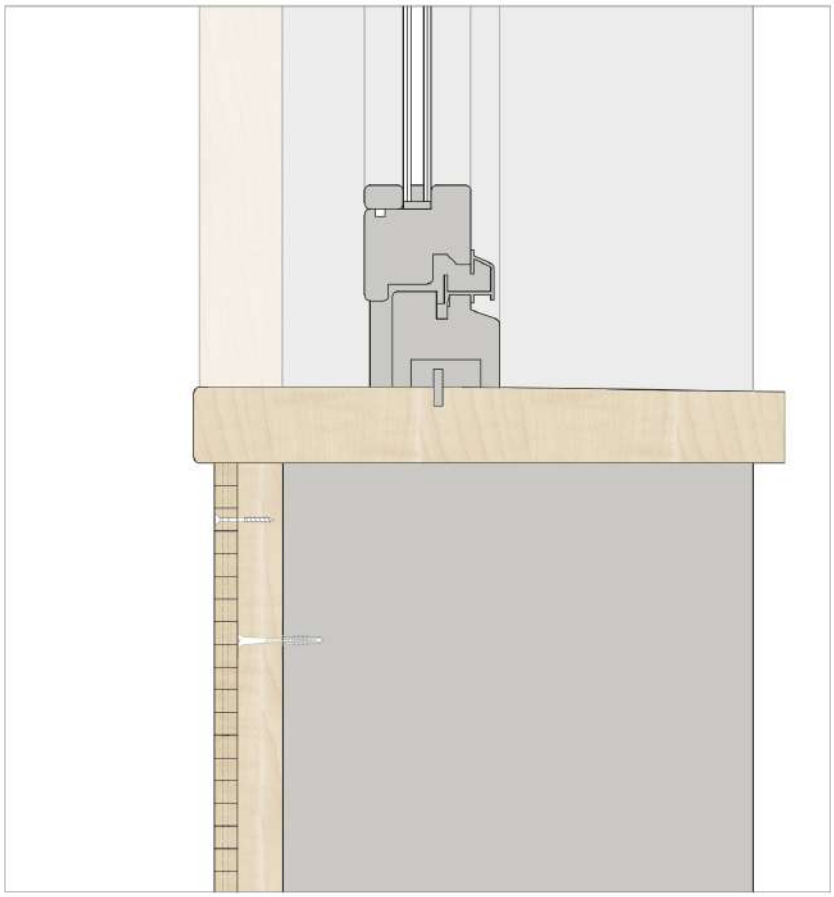


NODO PARETE VERTICALE - ATTACCO A TERRA
SCALA 1:5

Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno FLAT



NODO PARETE VERTICALE - SERRAMENTO
SCALA 1:5



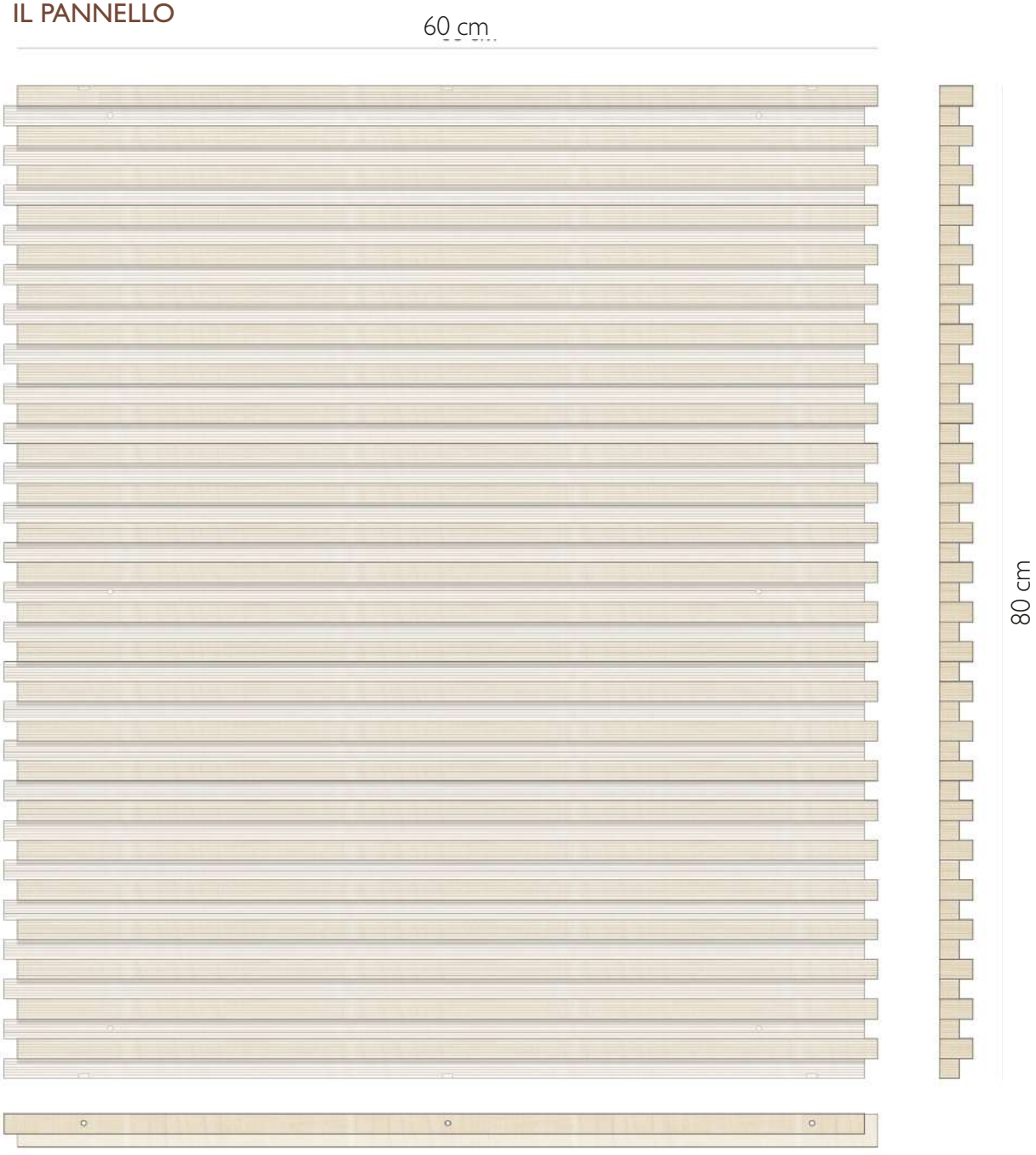
NODO PARETE VERTICALE - DAVANZALE
SCALA 1:5

GROOVE

GROOVE è un pannello di rivestimento interno di dimensioni **60x80 cm**.

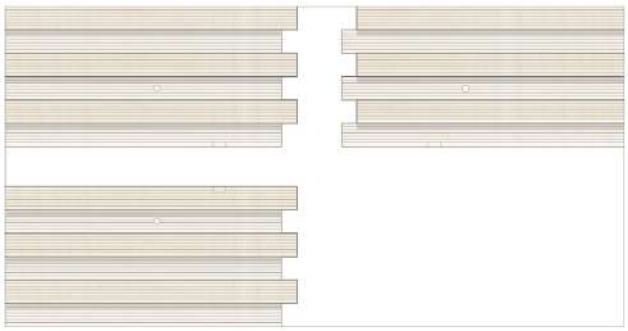
Il pannello è costituito da residui di squadratura di dimensione **1,5x1,5x60 cm** e **2,5x1,5x60 cm** assemblati a secco.

IL PANNELLO



SISTEMA DI AGGANCIO TRA PANNELLI

L'ancoraggio tra pannelli avviene ad incastro grazie ai bordi sagomati del pannello GROOVE

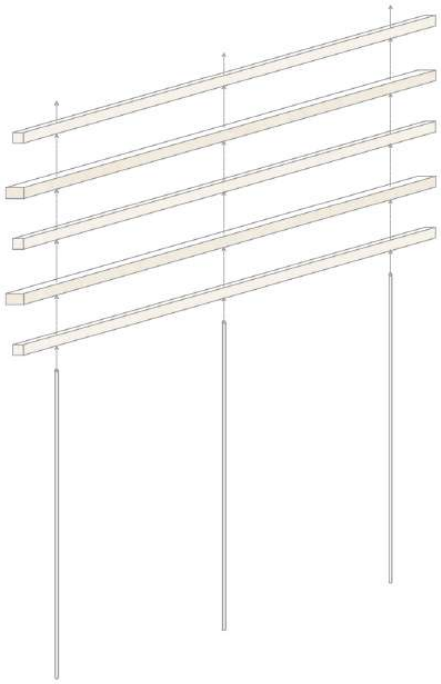


ASSEMBLAGGIO PANNELLO

L'assemblaggio del pannello è totalmente a secco. I listelli per la realizzazione di questo pannello sono 46.

Ogni listello, ricavato dai residui di squadratura, è forati e assemblato con 3 barre filettate, come si illustra nelle immagini riportate sotto.

3 BARRE FILETTATE



Le tre barre filettate vengono inserite nei vari listelli.

Si ottiene il pannello Flat

I dadi autobloccanti e le rondelle lisce permettono di eliminare la possibilità di allentamento del collegamento tra i listelli di legno.

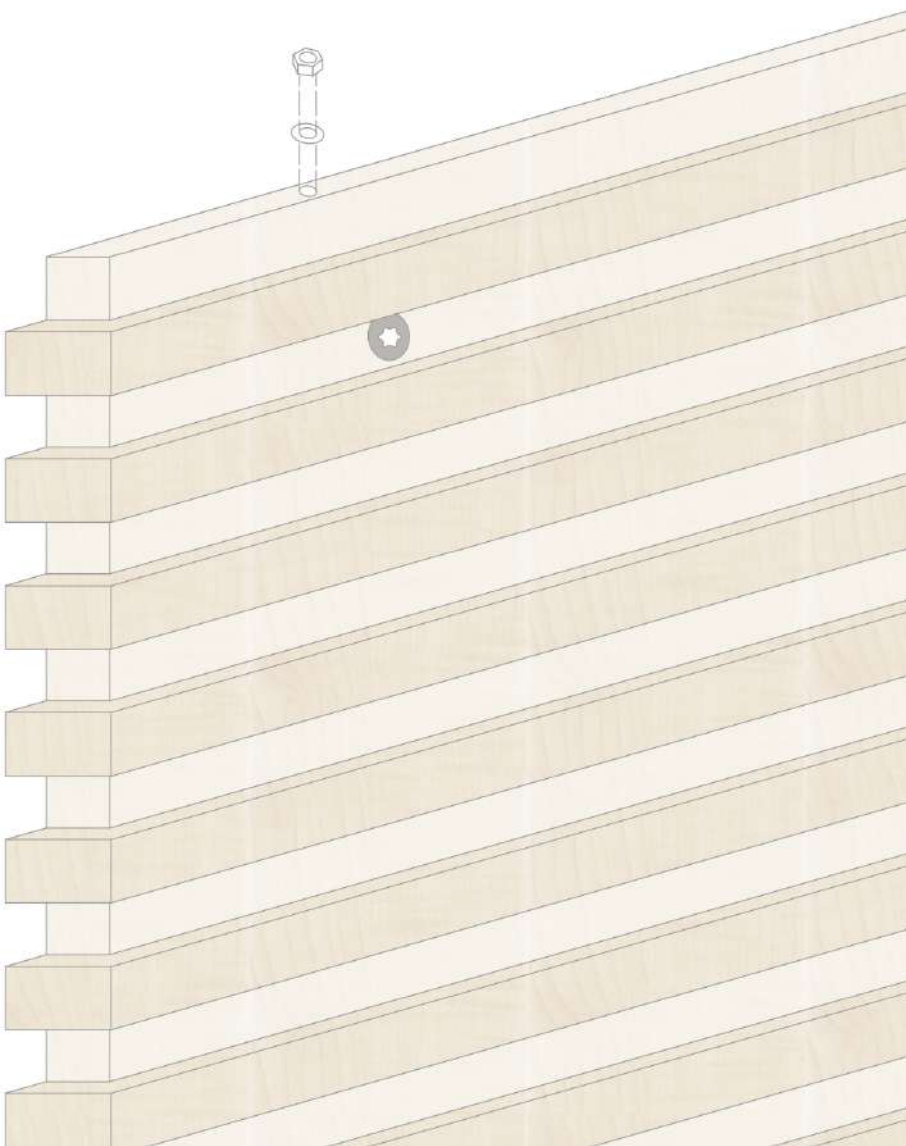
6 DADI IN ACCIAIO

6 RONDELLE IN ACCIAIO

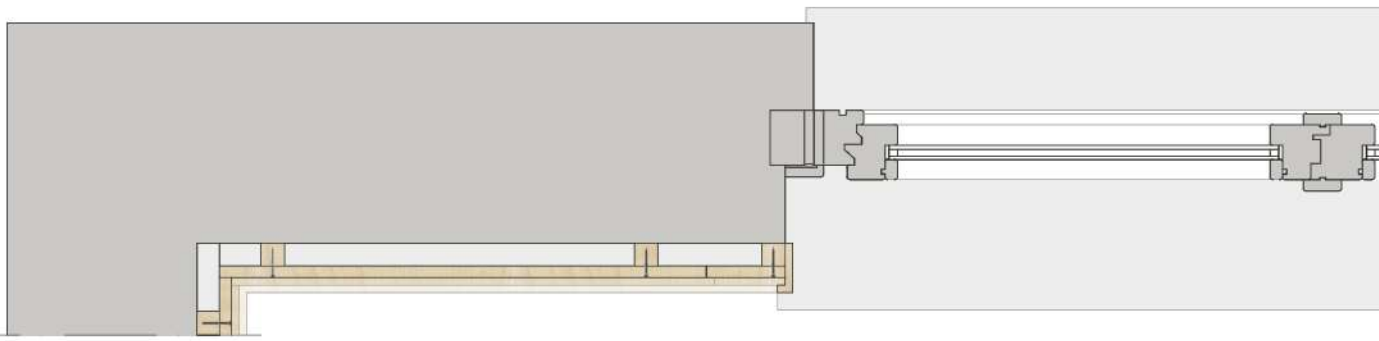
Per il fissaggio del pannello in cantiere, è prevista una **struttura retrostante** costituita da montanti in legno sezione 3x3 cm.

L'ancoraggio del pannallo a questa avviene con sei viti da legno: diametro 0,35 cm e lunghezza 4 cm.

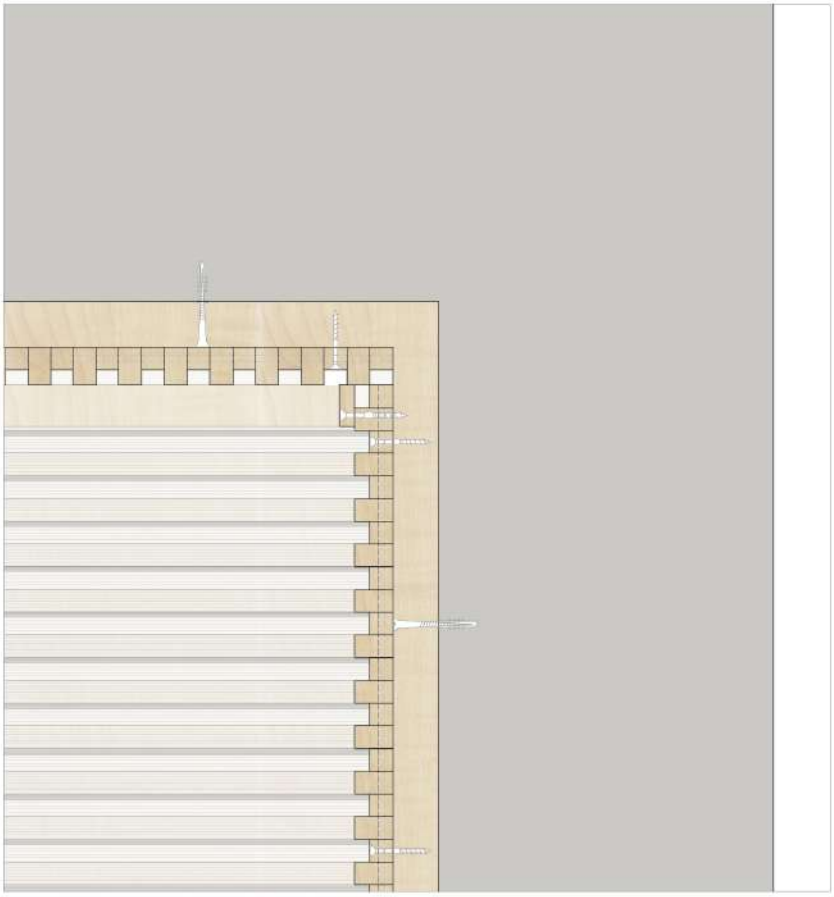
6 VITI DA LEGNO



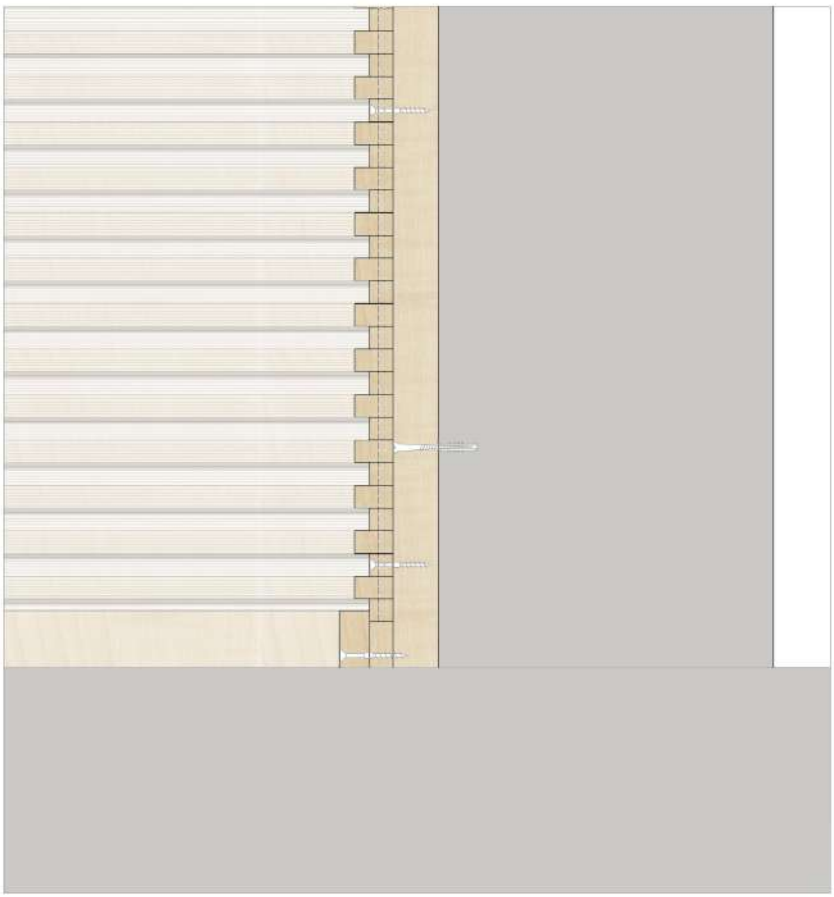
SEZIONE E PIANTA SCALA 1:10



Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno GROOVE

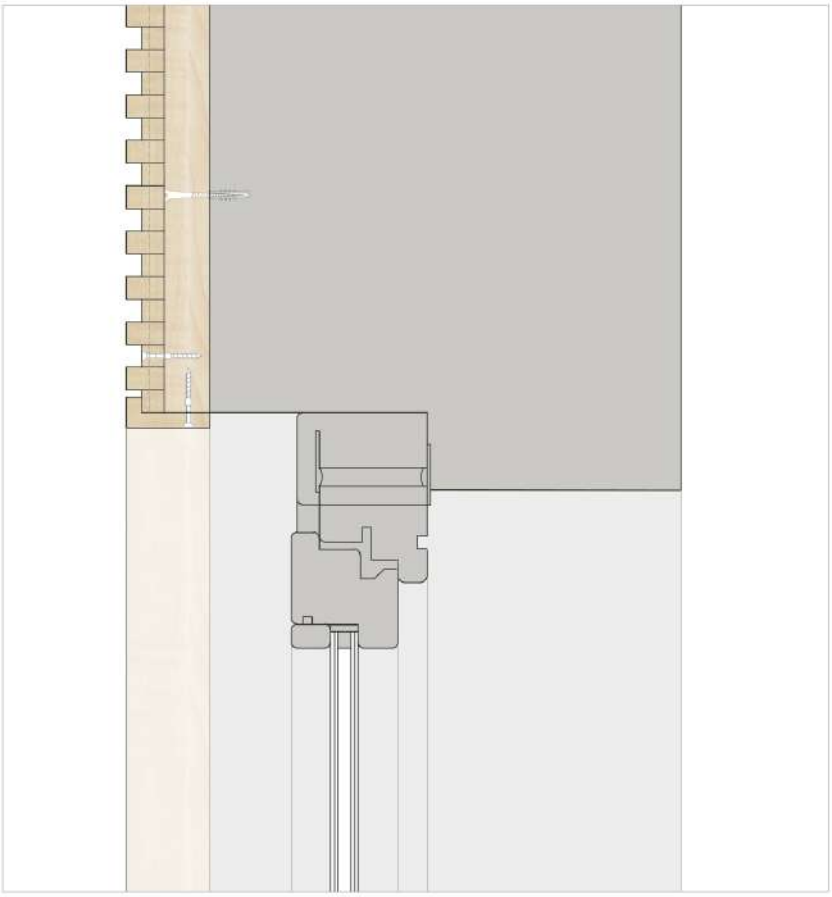


NODO PARETE VERTICALE - SOLAIO
SCALA 1:5

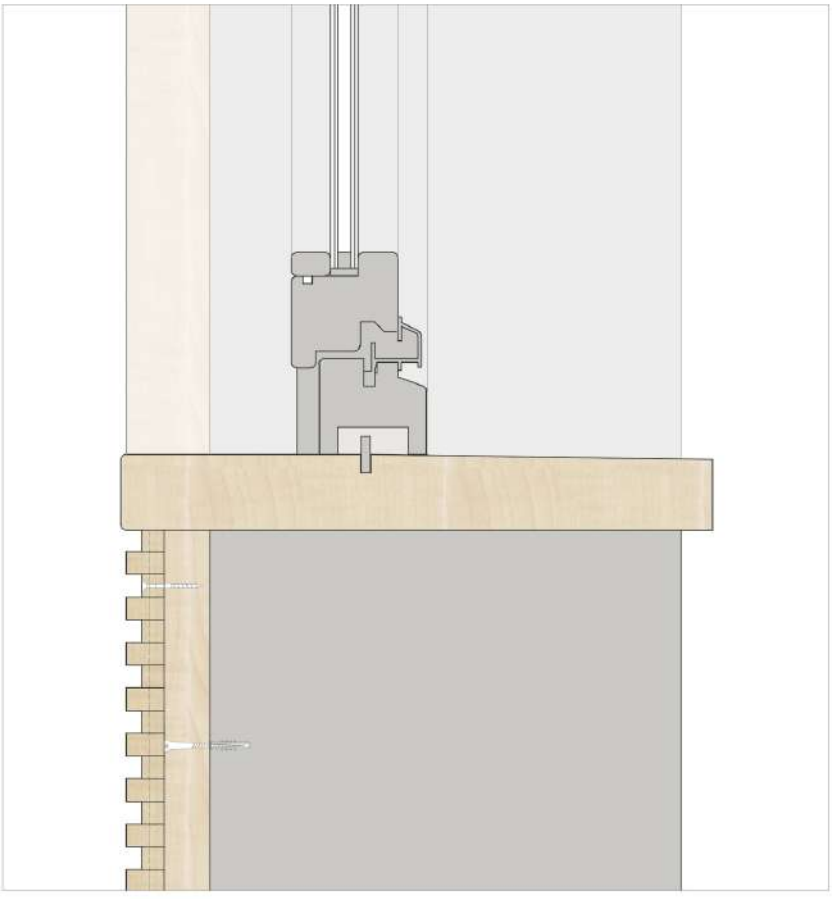


NODO PARETE VERTICALE - ATTACCO A TERRA
SCALA 1:5

Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno GROOVE



NODO PARETE VERTICALE - SERRAMENTO
SCALA 1:5



NODO PARETE VERTICALE - DAVANZALE
SCALA 1:5

WAVE

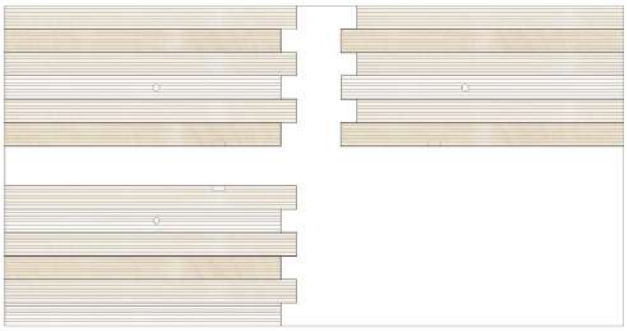
WAVE è un pannello di rivestimento interno di dimensioni **60x78cm**.

Il pannello è costituito da residui di squadratura di dimensione **1,5x1,5x60 cm, 2x1,5x60 cm** e **2,5x1,5x60 cm** assemblati a secco.

IL PANNELLO

SISTEMA DI AGGANCIO TRA PANNELLI

L'ancoraggio tra pannelli avviene ad incastro grazie ai bordi sagomati del pannello WAVE.

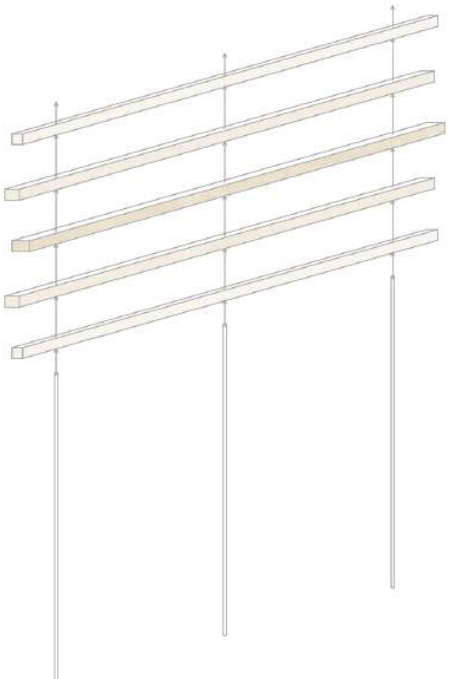


ASSEMBLAGGIO PANNELLO

L'assemblaggio del pannello è totalmente a secco. I listelli per la realizzazione di questo pannello sono 46.

Ogni listello, ricavato dai residui di squadratura, è forati e assemblato con 3 barre filettate, come si illustra nelle immagini riportate sotto.

3 BARRE FILETTATE



Le tre barre filettate vengono inserite nei vari listelli.

Si ottiene il pannello Wavw

I dadi autobloccanti e le rondelle lisce permettono di eliminare la possibilità di allentamento del collegamento tra i listelli di legno.

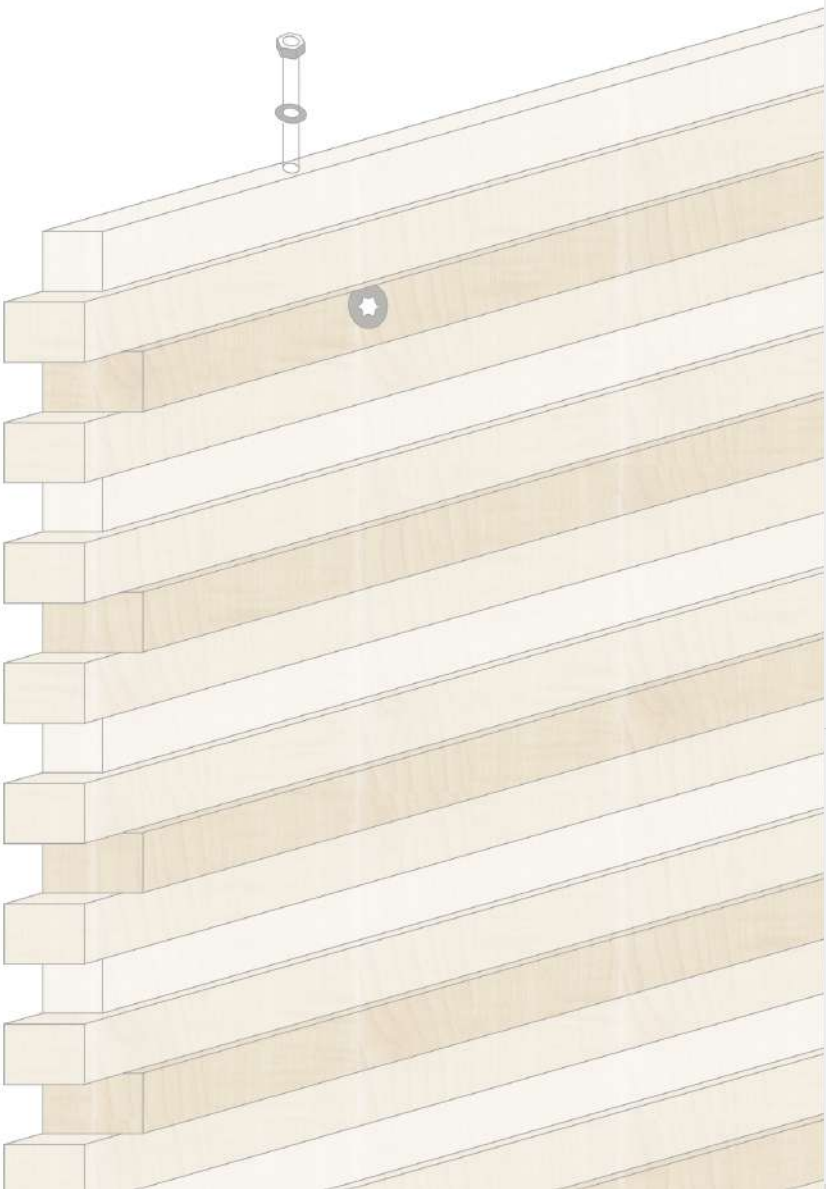
6 DADI IN ACCIAIO

6 RONDELLE IN ACCIAIO

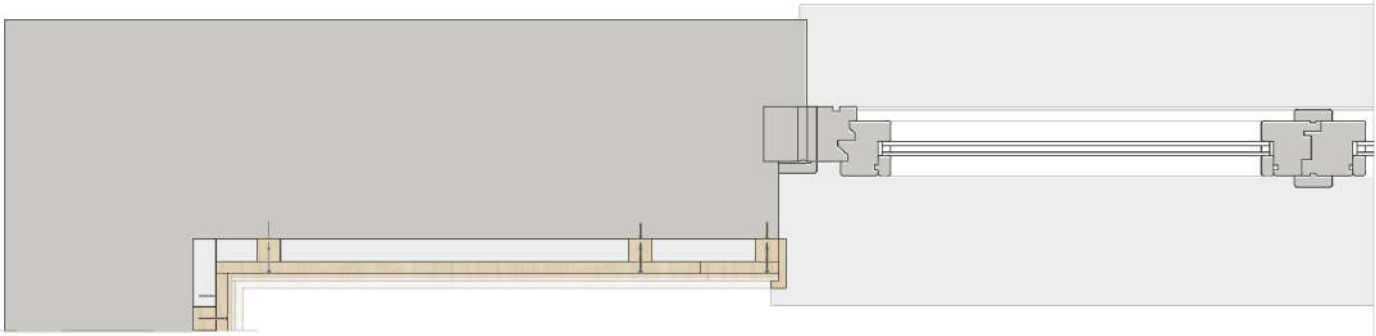
Per il fissaggio del pannello in cantiere, è prevista una **struttura retrostante** costituita da montanti in legno sezione 3x3 cm.

L'ancoraggio del pannallo a questa avviene con sei viti da legno: diametro 0,35 cm e lunghezza 4 cm.

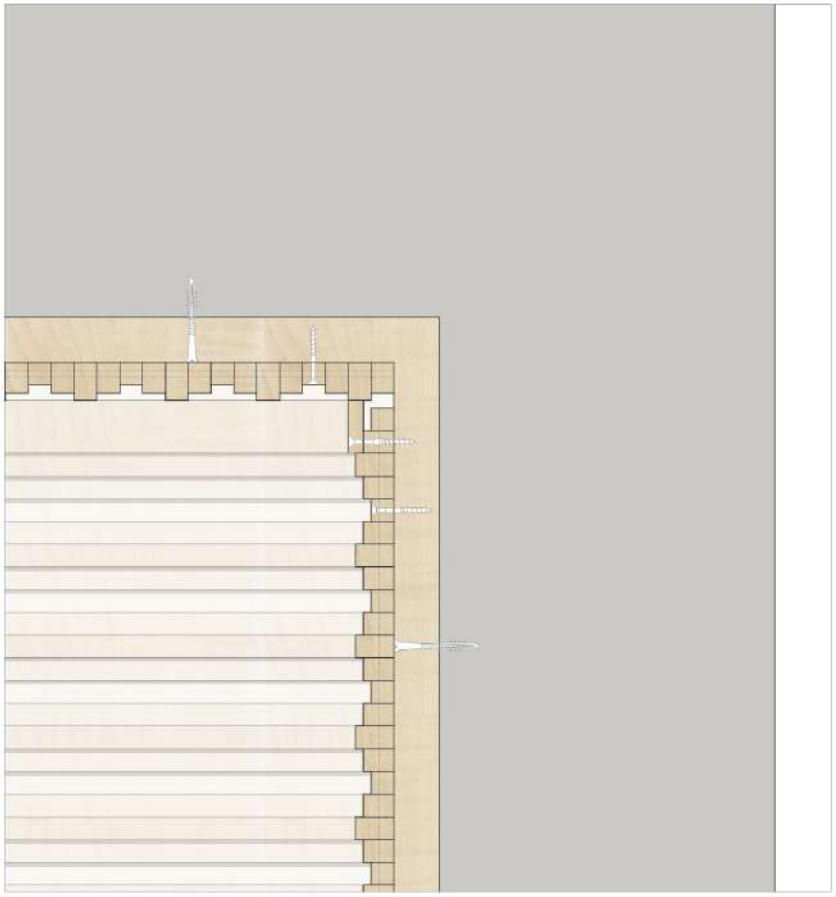
6 VITI DA LEGNO



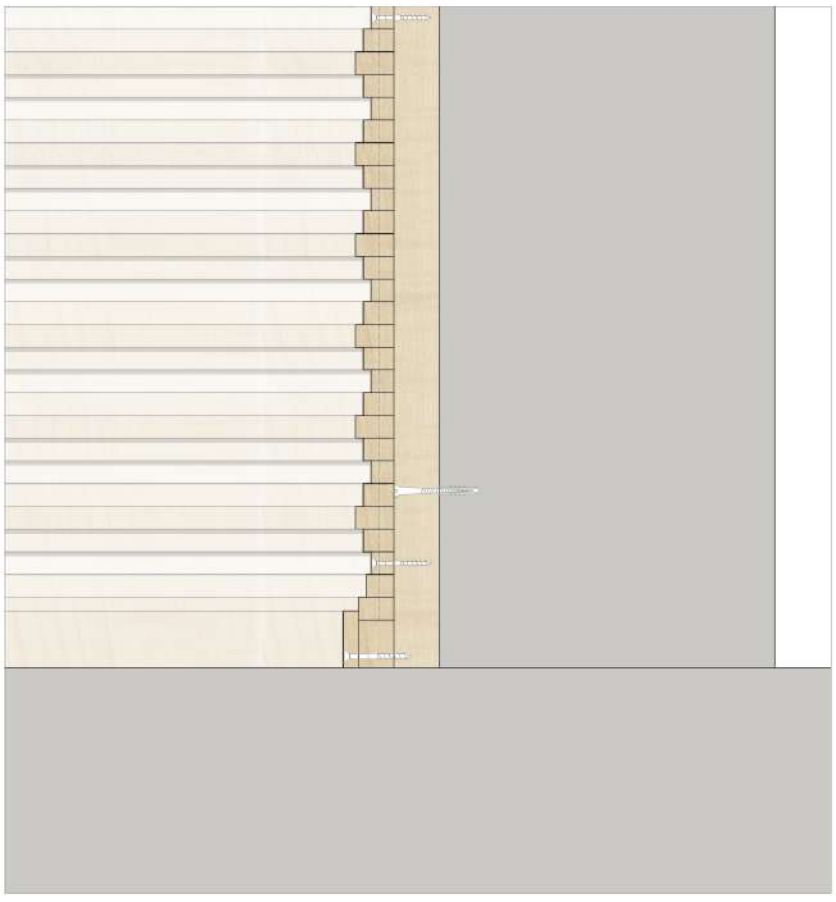
SEZIONE E PIANTA SCALA 1:10



Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno WAVE

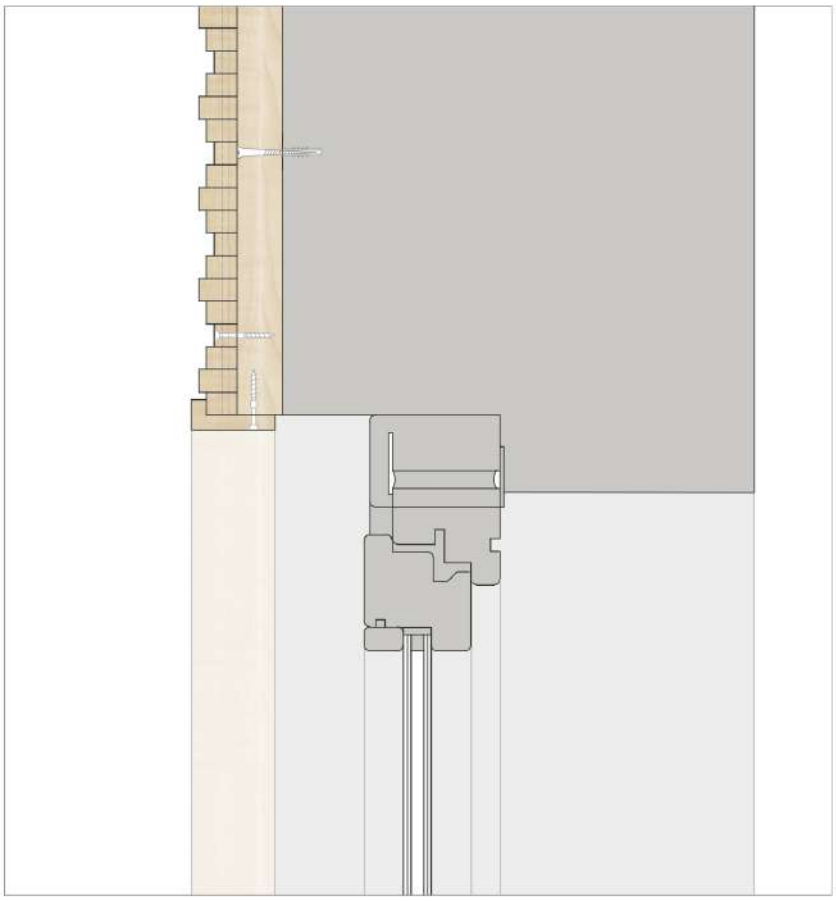


NODO PARETE VERTICALE - SOLAIO
SCALA 1:5

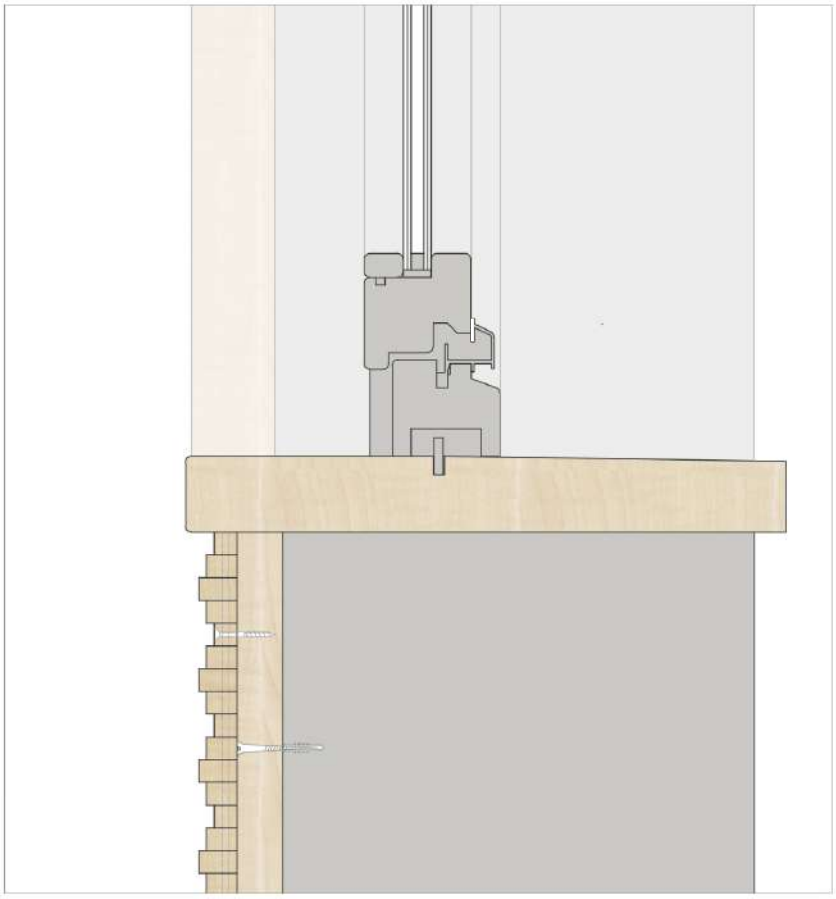


NODO PARETE VERTICALE - ATTACCO A TERRA
SCALA 1:5

Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno WAVE



NODO PARETE VERTICALE - SERRAMENTO
SCALA 1:5



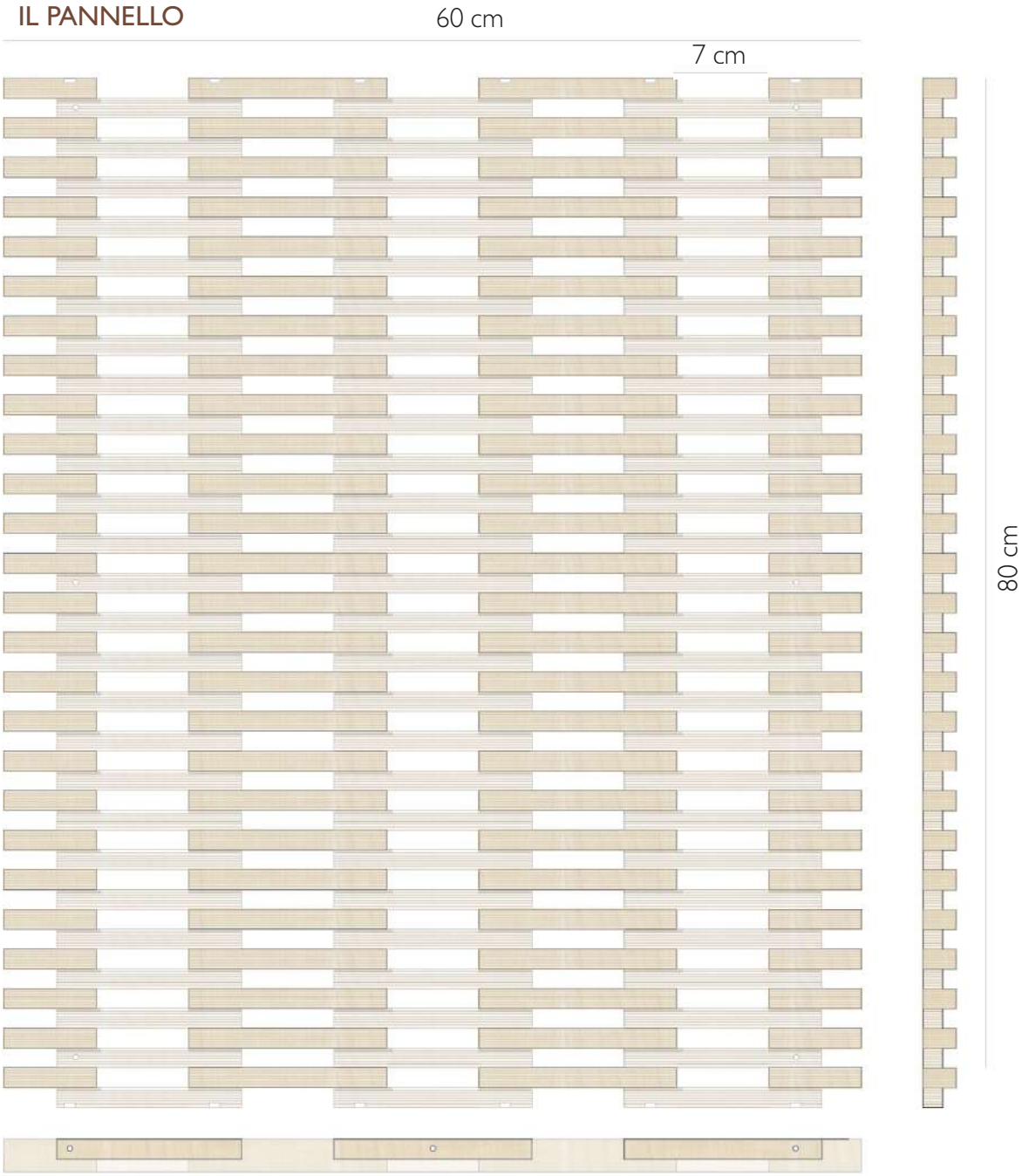
NODO PARETE VERTICALE - DAVANZALE
SCALA 1:5

HOLE

HOLEE è un pannello di rivestimento interno di dimensioni **60x80 cm**.

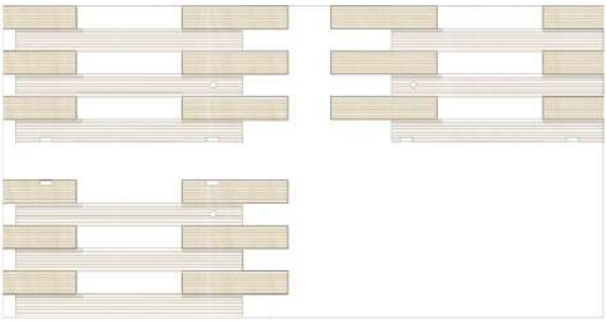
Il pannello è costituito da residui di squadratura di dimensione **1,5x1,5x60 cm** e **2,5x1,5x60 cm** assemblati a secco. I sottoprodotti sono posizionati formando delle aperture di **7 cm**.

IL PANNELLO



SISTEMA DI AGGANCIO TRA PANNELLI

L'ancoraggio tra pannelli avviene ad incastro grazie ai bordi sagomati del pannello HOLE.

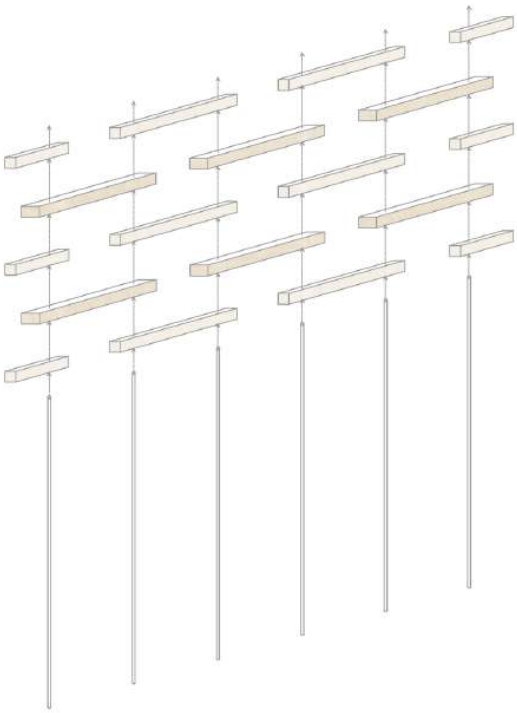


ASSEMBLAGGIO PANNELLO

L'assemblaggio del pannello è totalmente a secco. I listelli per la realizzazione di questo pannello sono 144: 96 da 15 cm e 48 da 7 cm.

Ogni listello, ricavato dai residui di squadratura, è forati e assemblato con 3 barre filettate, come si illustra nelle immagini riportate sotto.

6 BARRE FILETTATE



Le sei barre filettate vengono inserite nei vari listelli.

Si ottiene il pannello Hole

I dadi autobloccanti e le rondelle lisce permettono di eliminare la possibilità di allentamento del collegamento tra i listelli di legno.

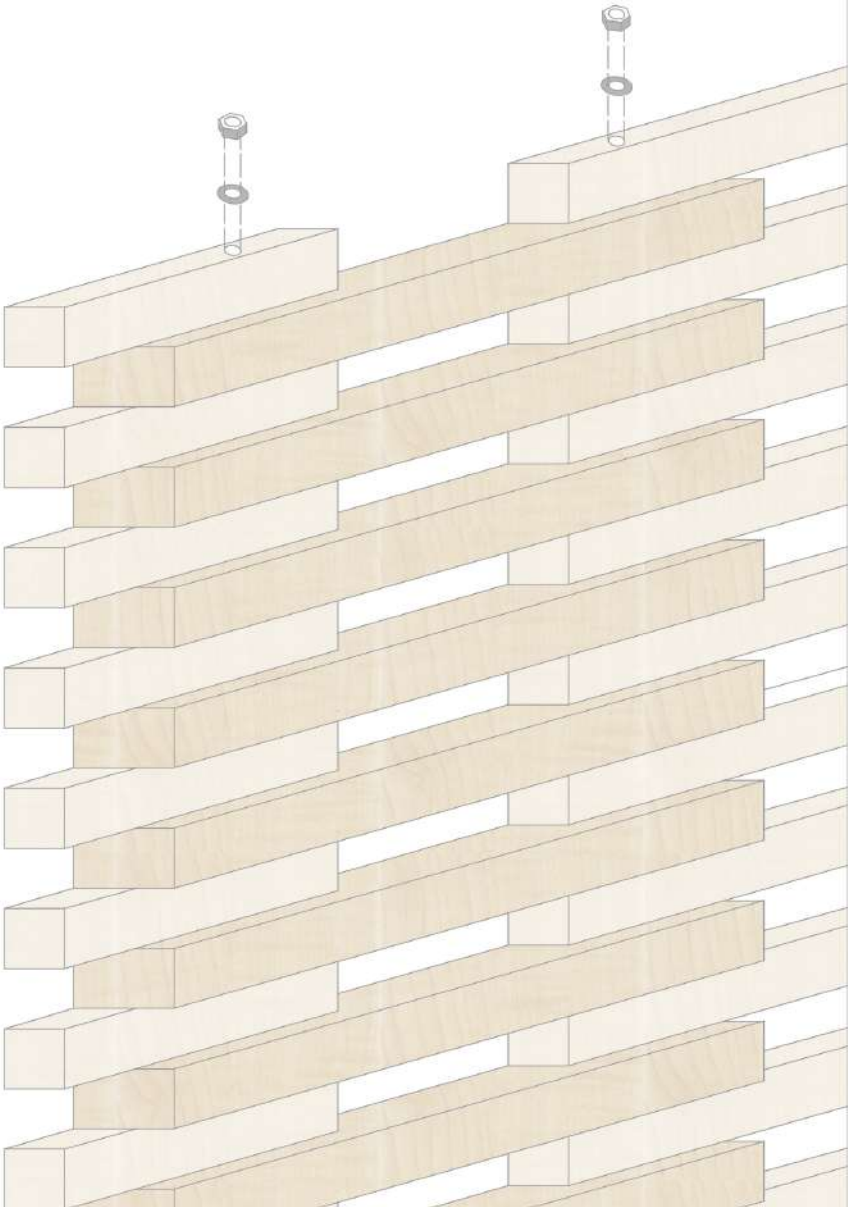
6 DADI IN ACCIAIO

6 RONDELLE IN ACCIAIO

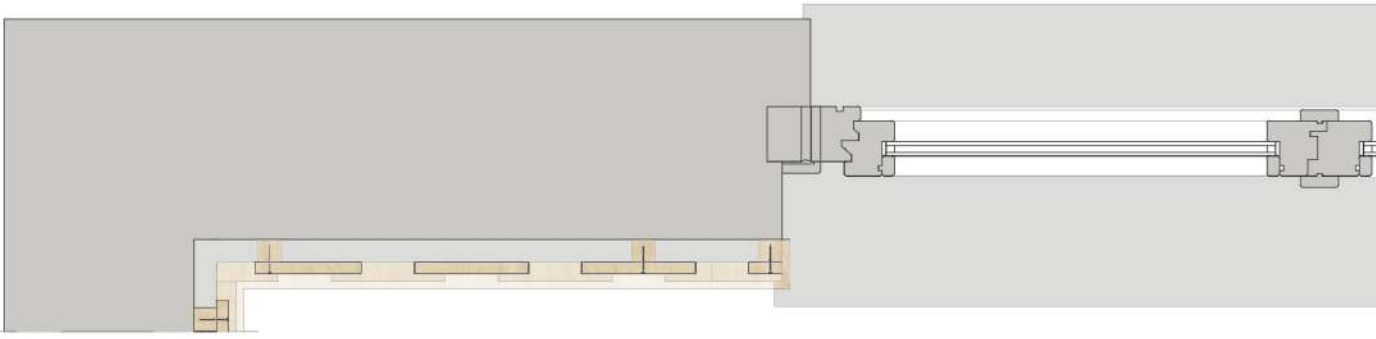
Per il fissaggio del pannello in cantiere, è prevista una **struttura retrostante** costituita da montanti in legno sezione 3x3 cm.

L'ancoraggio del pannallo a questa avviene con sei viti da legno: diametro 0,35 cm e lunghezza 4 cm.

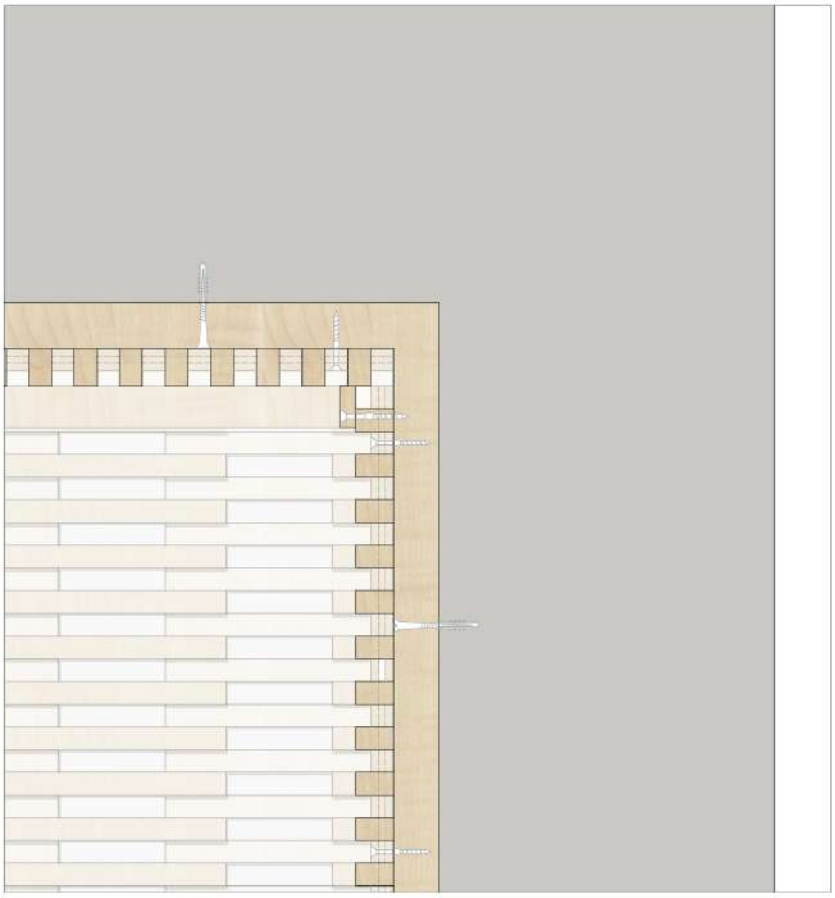
6 VITI DA LEGNO



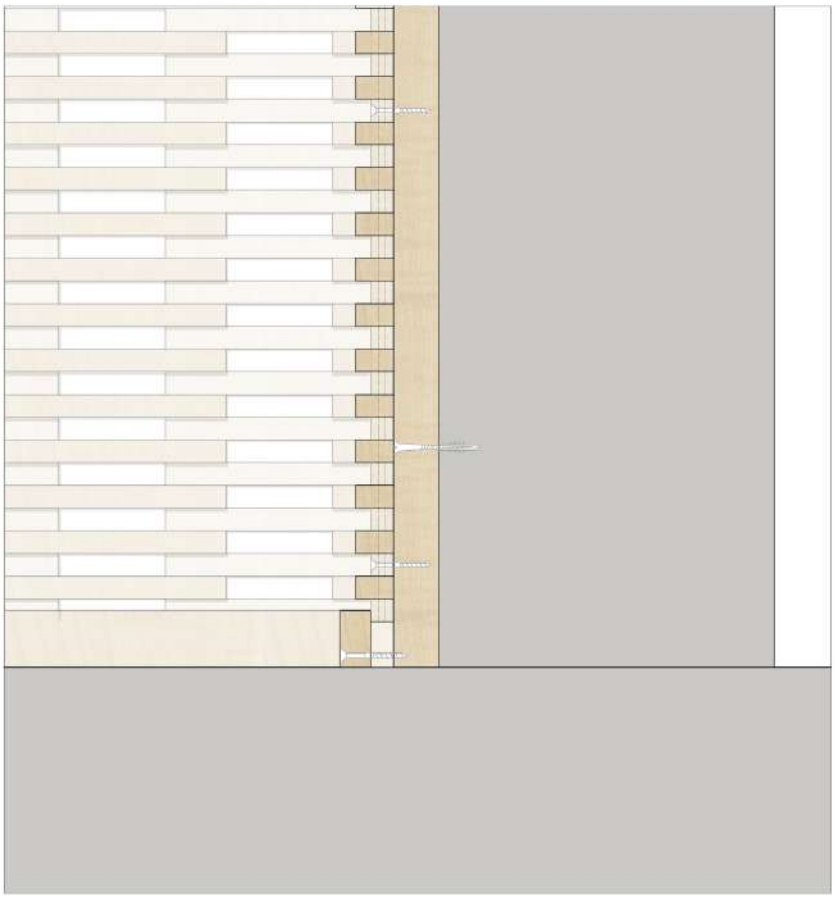
SEZIONE E PIANTA SCALA 1:10



Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno HOLE

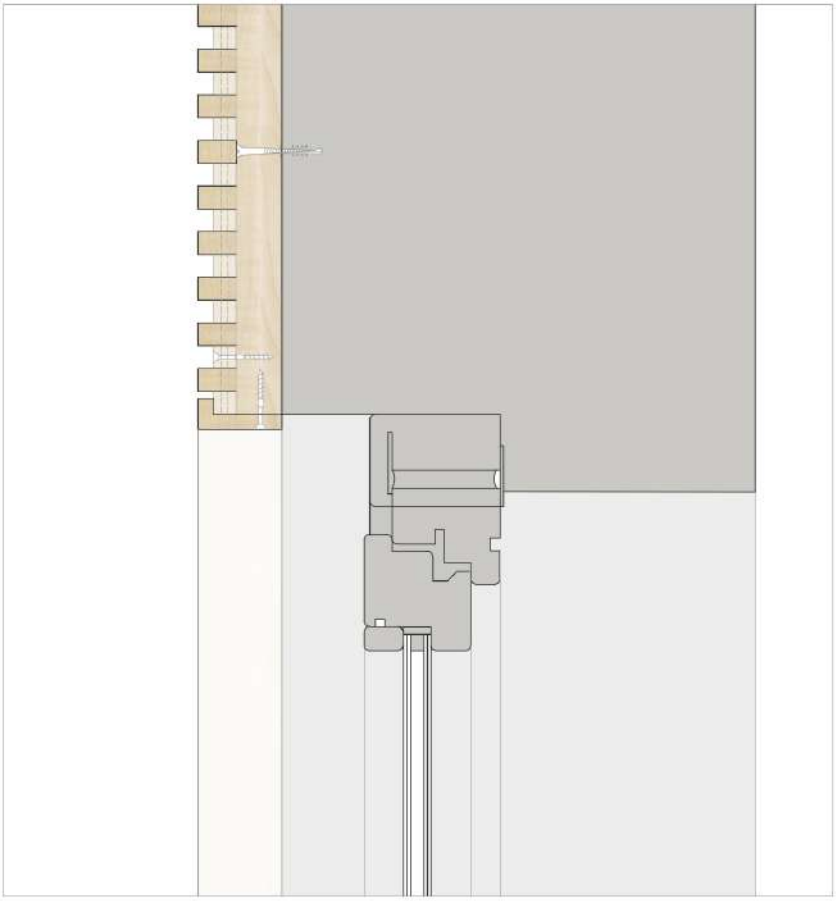


NODO PARETE VERTICALE - SOLAIO
SCALA 1:5

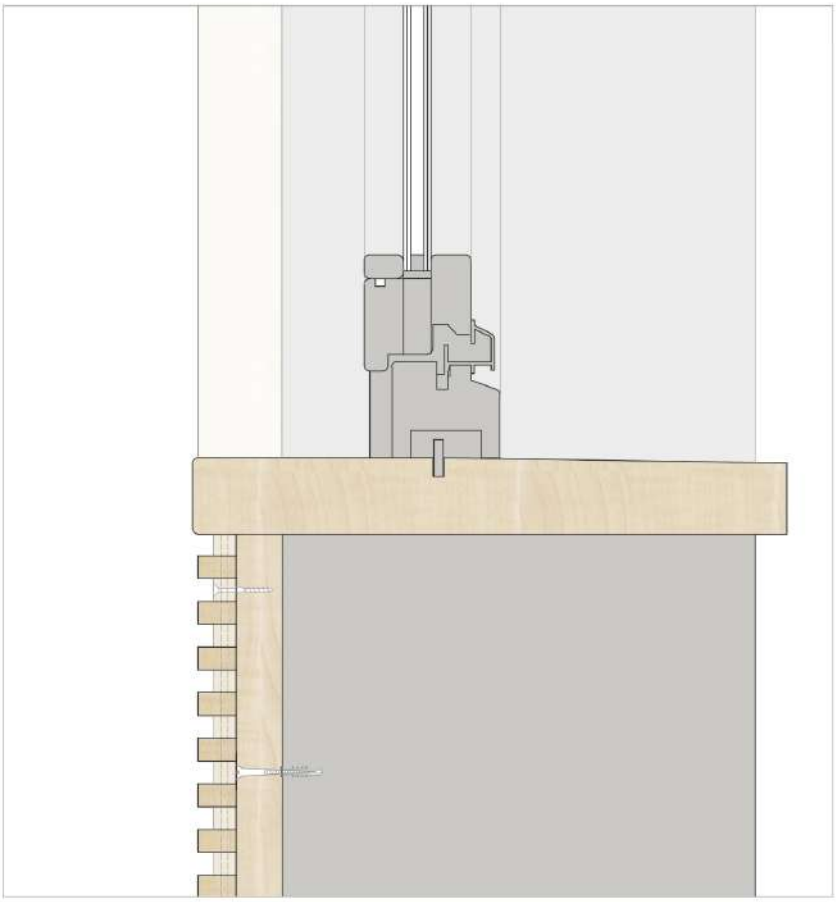


NODO PARETE VERTICALE - ATTACCO A TERRA
SCALA 1:5

Stratigrafia:
Paramento murario
Supporto in legno costituito da montanti 3x3 cm
Rivestimento interno HOLE



NODO PARETE VERTICALE - SERRAMENTO
SCALA 1:5



NODO PARETE VERTICALE - DAVANZALE
SCALA 1:5

6.3 Indicazioni e schemi di montaggio

Gli schemi di montaggio comprendono informazioni base per la posa in opera dei rivestimenti della Linea Up.

RIVESTIMENTI ESTERNI

I pannelli di rivestimento esterno sono caratterizzati dall'assemblaggio a secco e dalla facilità di montaggio. Si riportano le fasi per la posa in opera:

PANNELLO SQUARE

- I primi passaggi per poter installare questa tipologia di pannelli sono: il fissaggio dei montanti a cui saranno avvitati tutti i pannelli (3cmx3cm, in caso di facciata ventilata i montanti dovranno costituire l'intercapedine quindi sarà necessario uno spessore maggiore) e il fissaggio del basamento in legno di altezza 10 cm.

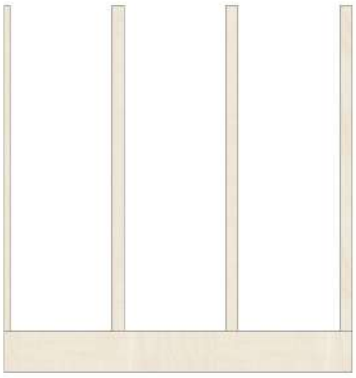
- Ciascun pannello Square è fissato alla struttura retrostante con viti da legno di diametro 0,38 cm e lunghezza 4 cm.

- Durante l'installazione, è necessario mantenere il susseguirsi di un pannello all'altro.

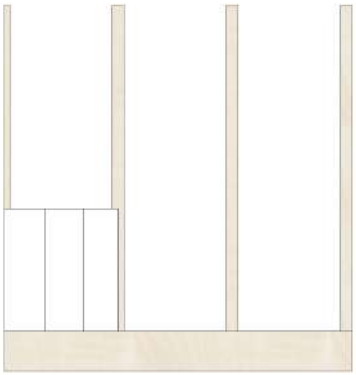
- I bordi regolari del pannello permettono la posa in opera per accostamento sia in verticale che in orizzontale.

- Si consiglia, prima della fase di montaggio, la stima della larghezza dell´ultimo pezzo in modo che non sia necessaria una striscia piccola di difficile ancoraggio.

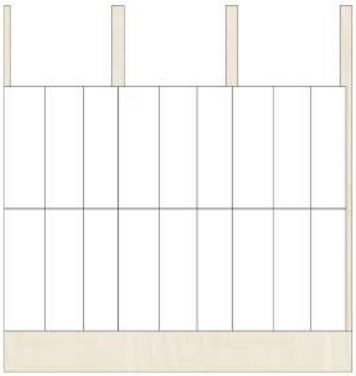
Gli schemi accanto raffigurano le fasi di montaggio del rivestimento.



FASE 1_ Il fissaggio dei montanti



FASE 2_fissaggio del primo pannello SQUARE



FASE 3_fissaggio con viti dei pannelli accostandoli l'un l'altro

PANNELLO SHINGLE

- Il primi passaggi per poter installare questa tipologia di pannelli è il fissaggio dei montanti a cui saranno avvitati tutti i pannelli (10cmx3cm, in caso di facciata ventilata i montanti dovranno costituire l'intercapedine quindi sarà necessario uno spessore maggiore) e del basamento in legno di altezza 10 cm.

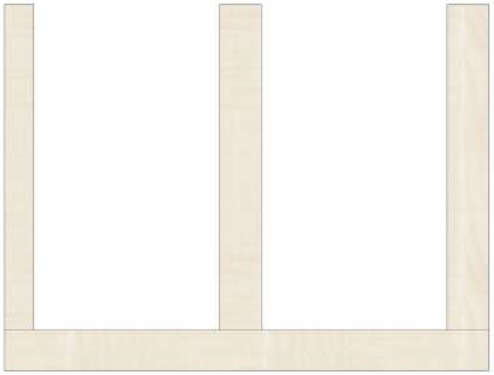
- Ciascun pannello Shingle è fissato alla struttura retrostante con viti da legno di diametro 0,38 e lunghezza 4 cm.

- Durante l'installazione, è necessario mantenere il susseguirsi di un pannello all'altro.

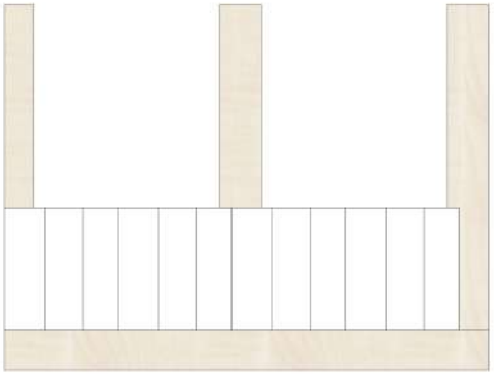
- Le file dei pannelli sono montate sfalsate per ottenere un maggior movimento in facciata e sovrapposte per 2/3 dell'altezza.

- Si consiglia, prima della fase di montaggio, la stima della larghezza dell´ultimo pezzo in modo che non sia necessaria una striscia piccola di difficile ancoraggio.

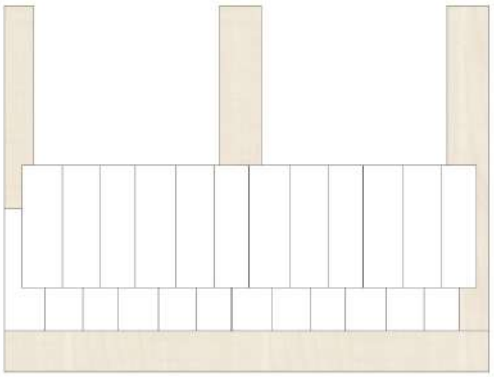
Gli schemi accanto raffigurano le fasi di montaggio del rivestimento.



FASE 1_fissaggio dei montanti



FASE 2_fissaggio del primo pannello SQUARE



FASE 3_fissaggio con viti dei pannelli accostandoli l'un l'altro

I pannelli di rivestimento esterno, a seconda delle dimensioni dei montanti e quindi dello spessore dell'intercapedine creata, possono essere utilizzati per costituire una facciata ventilata.
Nel caso del rivestimento SHINGLE è possibile interporre tra i montanti uno strato di isolante per migliorare le caratteristiche di isolamento termico dell'involucro.

RIVESTIMENTI INTERNI

I pannelli di rivestimento interno, come nel caso degli esterni, sono assemblati a secco con semplici fasi di montaggio. Si riportano alcune indicazioni, valide per tutti i pannelli per interni, per il montaggio:

- Il primo passaggio per poter installare questa tipologia di pannelli è il fissaggio dei montanti a cui saranno avvitati tutti i pannelli (3cm×3cm).

- Ciascun pannello per interni è fissato alla struttura retrostante con viti da legno di diametro 0,38 e lunghezza 4 cm.

- Il primo pannello fissato è appositamente tagliato nel suo lato sinistro per poter essere allineato con il muro.

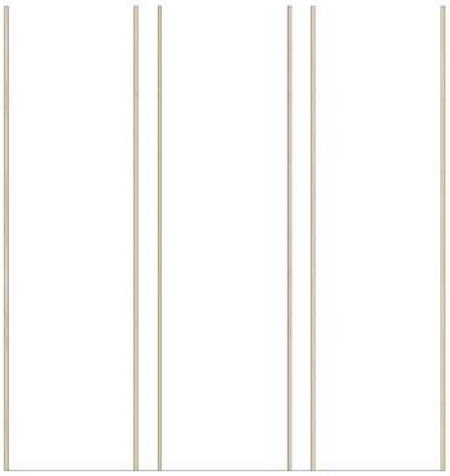
- Durante l'installazione, è necessario mantenere il susseguirsi di un pannello all'altro.

- I bordi (destro e sinistro) sono studiati appositamente per permettere la posa in opera per incastro in orizzontale; in verticale, avendo i bordi (superiore e inferiore) piani, i pannelli permettono la posa in opera per accostamento.

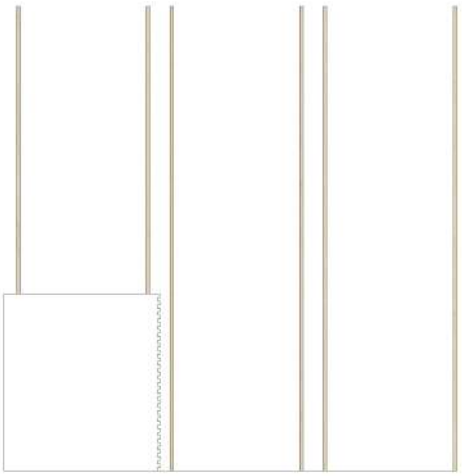
- Si consiglia, prima della fase di montaggio, la stima della larghezza dell´ultimo pezzo in modo che non sia necessaria una striscia piccola di difficile ancoraggio.

- A seguito del montaggio della prima fila in basso è necessario intallare un battiscopa in legno di altezza 5 cm.

Gli schemi accanto raffigurano le fasi di montaggio dei rivestimenti interni.



FASE 1_
Fissaggio dei montanti



FASE 2_
Fissaggio del primo pannello di rivestimento interno

FASE 3_ Posizionamento dei pannelli per accostamento ed incastro.

6.4 I prototipi finali

La fase di laboratorio ha permesso la realizzazione dei prototipi finali di alcuni rivestimenti della LineaUp.

I rivestimenti interni sono stati appositamente realizzati per le misurazioni in camera anecoica (Capitolo 7 di questa tesi) e per testare i trattamenti, selezionati nel Paragrafo 5.3, come i più idonei per l'impiego.

Si riporta un repertorio fotografico per ogni prototipo che comprende alcuni momenti dell'assemblaggio, alcuni dettegli del pannello e le varie ipotesi di trattamento.

RIVESTIMENTO ESTERNO

SQUARE

RIVESTIMENTI INTERNI

GROOVE

WAVE

HOLE

I TRATTAMENTI PER LA LineaUP

I trattamenti del legno sono i processi volti a migliorare le caratteristiche del materiale. Nel capitolo 5 sono riportati alcuni dei possibili trattamenti per legno esistenti sul mercato e la selezione dei più adeguati per la tipologia di applicazione di progetto.

A seguito della realizzazione dei prototipi di progetto si è deciso di testare i trattamenti selezionati con lo scopo di dichiarare i potenziali vantaggi e svantaggi del trattamento.

Si riportano i prodotti selezionati per ciascuna tipologia di rivestimento.

RIVESTIMENTO ESTERNO

Il trattamento previsto per i rivestimenti esterni è:
- 1/2 mani (a seconda della colorazione che si preferisce ottenere) di impregnante ad acqua trasparente o colorato;
- 2 mani di vernice cerata, necessarie per la protezione all'esposizione ad agenti atmosferici.

1/2 MANI IMPREGNANTE AD ACQUA

+

2 MANI VERNICE CERATA

RIVESTIMENTO INTERNO

Il trattamento proposti per i rivestimenti interni sono:
- 1/2 mani (a seconda della colorazione che si preferisce ottenere) di vernice naturale trasparente o colorato
- 2 mani di olio di lino;
- 1/2 mani (a seconda della colorazione che si preferisce ottenere) di impregnante ad acqua trasparente o colorato

1/2 MANI VERNICE NATURALE

2 MANI OLIO DI LINO

1/2 MANI IMPREGNANTE AD ACQUA

RIVESTIMENTO ESTERNO

SQUARE

Il trattamento testato sul pannello SQUARE è l'impregnante ad acqua colorato della linea D'Eco dell'azienda Sestriere Vernici di Nichelino (TO).
Il prodotto risulta essere facilmente applicabile.

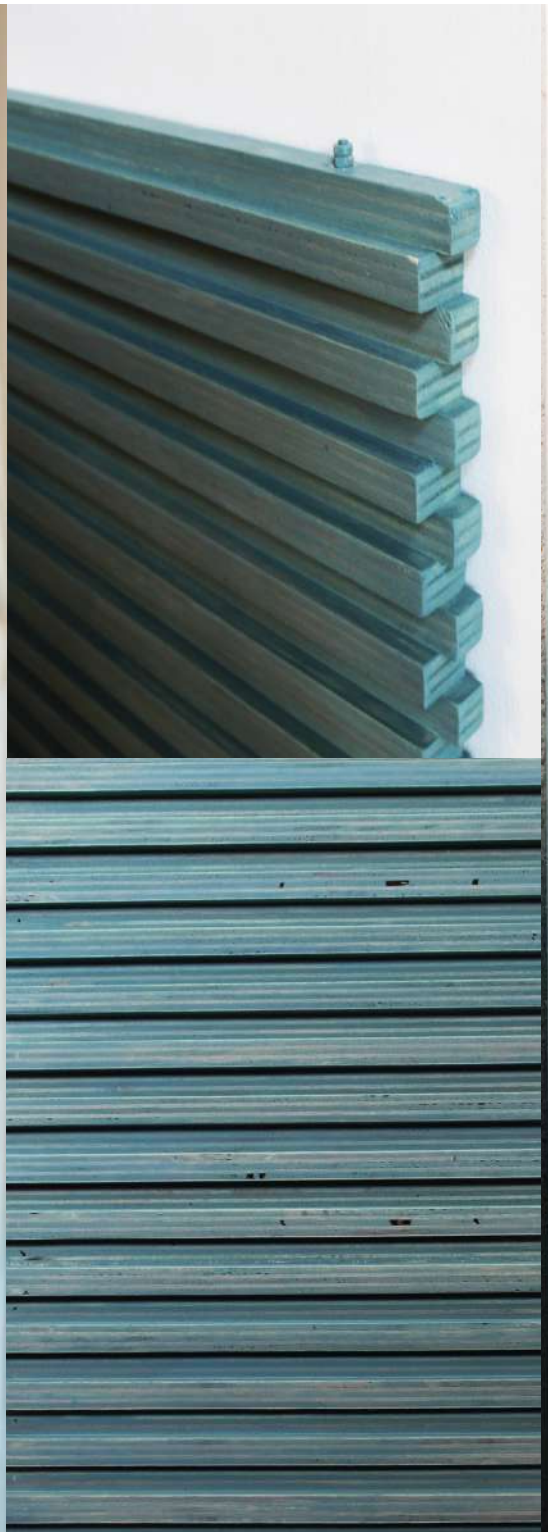
Si riportano le immagini che evidenziano la resa di due mani di impregnante ad acqua colorato.

RIVESTIMENTO INTERNO

GROOVE

Il trattamento testato sul pannello GROOVE è la vernice naturale dell'azienda AURO. Disponibili trasparente e in 24 colorazioni.

Il prodotto risulta essere molto denso ma facilmente applicabile. Le immagini sotto riportano la resa di due mani di vernice colorata



WAVE

Il trattamento testato sul pannello WAVE è l'olio di lino cotto.

Il prodotto risulta essere facilmente applicabile, ravvivando la colorazione naturale del legno di partenza. L'odore pungente del trattamento permane per settimane sul pannello.

Si riportano le immagini che evidenziano la resa di due mani di olio di lino.

HOLE

Il trattamento testato sul pannello HOLE è l'impregnante ad acqua colorato della linea D'Eco dell'azienda Sestriere Vernici di Nichelino (TO).

Il prodotto risulta essere facilmente applicabile.

Si riportano le immagini che evidenziano la resa di due mani di impregnante ad acqua colorato.

7. IL RIVESTIMENTO INTERNO COME PANNELLO ACUSTICO

Alcuni ambienti come le sale da concerto, gli studi di registrazione o le aule universitarie richiedono una progettazione acustica di alta qualità. Nei casi di scuole, residenze o alberghi, l'attenzione è rivolta all'ambiente esterno talvolta molto rumoroso. Lo studio acustico permette il miglioramento del comfort fisico e psicologico dell'utente (Wang et al, 2005).

Questo capitolo ha l'intento di introdurre i concetti utili per lo studio acustico dei pannelli di rivestimento.
Si tratterà il fenomeno della riverberazione, lo studio delle tre tipologie di materiale fonoassorbente e delle relative caratteristiche e i metodi di misura del coefficiente di assorbimento.
Un breve accenno sarà fatto alla descrizione della camera anecoica in scala 1:5 del Politecnico di Torino in cui sono state effettuate le misure effettuate sui pannelli di rivestimento interno di progetto (progetto pannelli: Capitolo 6).
Infine, sono riportati e confrontati i risultati del coefficiente di assorbimento ottenuti dai pannelli di progetto.

7.1 Il riverbero

Il riverbero è il decadimento del suono che avviene in seguito allo spegnimento della sorgente, ed è causato dalle riflessioni del suono nell'ambiente. Parametro che influenza molto la qualità dell'acustica, il riverbero, in alcuni casi, come per le sale da concerto, è una qualità ricercata, ma in altri, coprendo il suono diretto e causandone una perdita di intelligibilità, è da evitare (Spagnolo, 2001). Ogni ambiente ha un tempo di riverberazione ottimale come si può leggere nella Fig 7.5.

Fig 7.1 Tempo di riverberazione ottimale, per banda di ottava a 500 Hz, in funzione del volume e della destinazione d'uso del locale.

Il tempo di riverberazione, T60, è il parametro che esprime il riverbero. Nello specifico il T60 è il tempo che, a partire dal momento dello spegnimento della sorgente sonora, il suono impiega per decrescere di 60 dB di livello di pressione (Cox e al. 2009).

Fig. 7.2 Decadimento della pressione sonora e T60

Il tempo di riverberazione è un parametro fondamentale per le misure dell'assorbimento acustico, infatti un materiale fonoassorbente posto all'interno di un ambiente causerà una variazione del tempo di riverberazione dissipando una parte dell'energia.
Il superamento dei 60 dB è difficile da ottenere, vengono cosi introdotti gli equivalenti: T30 cioè il doppio del tempo che il suono impiega per andare da -5 a -35 dB, T20 e T15. (Latorella,2018).

La relazione del fisico Sabine:

$$T_{60} = 0{,}16\,\frac{V}{(A + 4mV)}$$

Permette di mettere in relazione il tempo di riverberazione con l'ambiente e con l'assorbimento; infatti, V è il volume in m^2, m il coefficiente di attenuazione dell'aria e A l'assorbimento totale dell'ambiente considerato.
Questo A è calcolato come:

$$A = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i S_i$$

Con **α** il coefficiente di assorbimento medio della i-esima superficie di materiale che delimita l'ambiente e S_i la superficie in m^2 dell'ambiente.

7.2 I materiali fonoassorbenti

I materiali acustici possono avere due funzioni: fonoisolamento e fonoassorbimento.
Il fonoisolamento impedisce la trasmissione del suono tra due ambienti, il fonoassorbimento attenua la riflessione del suono.
L'assorbimento del suono dipende dalle caratteristiche costruttive del materiale: all'aumento dell'impermeabilità all'aria e della rigidità, il materiale si avvicina alle caratteristiche e al comportamento di un riflettore ideale; all'aumento della porosità e della flessibilità ne aumenta l'assorbimento dell'energia sonora (Pero, IUAV).
In generale un materiale fonoassorbente è utilizzato all'interno degli ambienti per variare il tempo di riverberazione, permettendo il controllo del livello di pressione sonora.
Il suono che si sente nella maggior parte degli ambienti è una combinazione del suono diretto, direttamente dalla fonte, e dei riflessi indiretti da superfici e altri oggetti. Infatti, nell'acustica di una stanza è importante il suono diretto ma anche i riflessi dalle pareti, soffitto e pavimento, poichè ne determinano la qualità dell'acustico (Cox, et al, 2009).
La Fig [7.1] riporta il comportamento di un materiale acustico all'incontro dell'onda acustica; l'energia viene in parte assorbita e in parte trasmessa, seguendo la relazione:

$$E_{incidente} = E_{riflessa} + E_{assorbita}$$

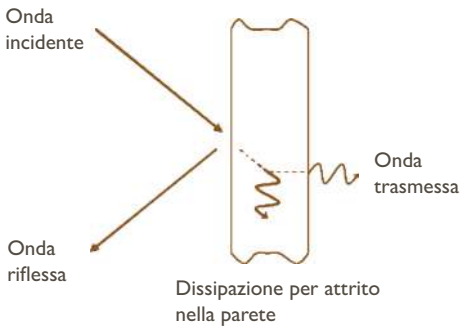


Fig. 7.3 Il comportamento di un materiale acustico.

La quantità di energia trasmessa o assorbita dipende principalmente dalle caratteristiche del materiale, ma anche dalla progettazione corretta della stanza con una combinazione e un posizionamento appropriato di assorbitori, diffusori e superfici piane.

La qualità di un materiale fonoassorbente è definita dal coefficiente di assorbimento acustico (α), cioè il rapporto tra l'energia sonora assorbita della superficie e l'energia incidente. Questo parametro assume valori da 0 a 1: il coefficiente di assorbimento uguale a 0 corrisponde a superfici non assorbenti, uguale a 1 a superfici totalmente assorbenti. Capita molto spesso che i valori superino 1, questo è causato della diffrazione sui bordi dei campioni misurati (Latorella,2018). L'angolo di incidenza dell'onda acustica e la frequenza modificano le caratteristiche assorbenti del materiale: i suoni al di sotto dei 500Hz sono più difficili da assorbire.

LA CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

I materiali fonoassorbenti sono suddivisi, per il range di frequenze assorbite, in: materiali porosi, pannelli forati e pannelli vibranti (Spagnolo,2001). Il grafico [Fig 7.2] raffigura l'andamento delle frequenze di coefficienti di assorbimento per ogni tipologia di materiale.

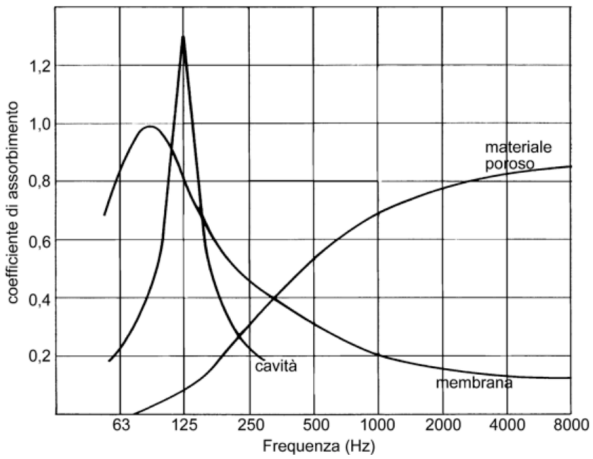


Fig. 7.4 Andamento in frequenza di α per differenti materiali fonoassorbenti.

MATERIALI POROSI

L'assorbimento di questa tipologia di materiali è detta assorbimento per porosità. La struttura porosa di questa categoria di materiali consente la dissipazione per frizione dell'onda sonora all'interno delle microcavità (Latorella,2018).

Il passaggio all'interno dei pori avviene nelle strutture dette a celle aperte, poiché presentono percorsi di interconnessione per il passaggio dell'onda sonora (Spagnolo,2001). È necessario avere una fitta concentrazione di pori e una bassa resistenza al flusso d'aria per aumentare le caratteristiche assorbenti del materiale, molto elevate alle medio e medio-alto frequenze, mentre risulta necessario uno spessore maggiore di materiale alle basse frequenze.
Lo spessore del materiale ne aumenta le qualità fonoassorbenti, talvolta si compensa lo spessore del pannello con un'intercapedine d'aria retrostante; si deve tener conto che sulla superficie la pressione sonora e i moti sono sempre nulli e che si massimizzano a una distanza di λ/4 e a multipli di essa.
Anche l'installazione del materiale e il trattamento superficiale incidono sulle proprietà; nel caso dei materiali porosi è necessaria una finitura che permetta la resistenza all'usura e che sia esteticamente piacevole (legno, metallo o cartongesso).

Tra i materiali porosi abbiamo:
- i materiali a struttura cellulare di origine minerale (vetro cellulare o argilla espansa) e le resine espanse (poliuretano espanso);
- i materiali fibrosi: minerali (lana di roccia o di vetro), vegetali (legno mineralizzato o sughero) e sintetici (polistirene);
- i materiali a struttura granulare.

MATERIALI FORATI_RISUONATORI DI HELMHOLTZ

L'assorbimento di questa tipologia di materiali è detta assorbimento per risonanza di cavità. Nei pannelli forati l'energia viene dissipata con lo smorzamento dell'oscillazione della massa di aria all'interno della cavità (Spagnolo,2001).
Il risuonatore a cavità, o risonatore di Helmholtz, raffigurato nella [Fig. 7.3], è costituito da un collo stretto che termina in una camera d'aria interna. In alcuni casi l'intero volume è riempito con materiale poroso per aumentarne l'assorbimento nell'intervallo di frequenza.
Il sistema raffigurato è molto selettivo, il suono è assorbito ad una particolare frequenza f_r, detta frequenza di risonanza (Cox, e al, 2009):

$$f_r = \frac{c_0}{2\pi}\sqrt{\frac{S_a}{V_c\left(l+\frac{16d}{3\pi}\right)}}$$

Al variare delle dimensioni del foro (larghezza del collo, volume della camera) si può spostare la frequenza di risonanza dell'intero sistema (Pero, IUAV).
La progettazione di risuonatori multipli, cioè pannelli forati, con un' intercapedine retrostante, ha permesso di verificare che non è necessario che dei fori, nello spessore del materiale (collo), abbiano un corrispondente volume retrostante, come nel caso dei risonatori di Helmhotz. L'intera intercapedine funge da cavità risonante.

La realizzazione di fori con diametri differenti permette l'aumento del range di frequenze assorbite.
Il calcolo della frequenza di risonanza dei pannelli forati è dato da:

$$f_r = \frac{c_0}{2\pi}\sqrt{\frac{P\%}{h(l+1{,}6d)}}$$

Con P% la percentuale di foratura del pannello, h lo spessore dell'intercapedine di aria e d il raggio dei fori (Cox, e al, 2009).

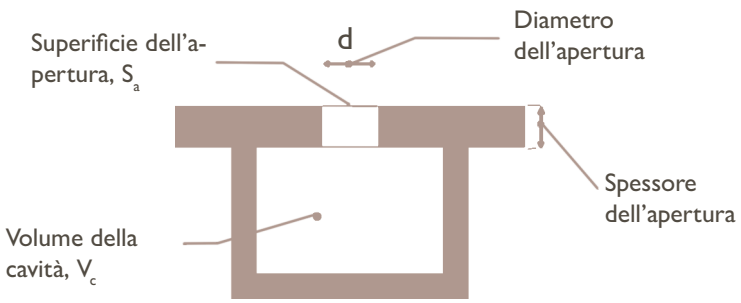


Fig. 7.5 Schema di un risuonatore a cavità: principali caratteristiche.

I PANNELLI VIBRANTI

L'assorbimento di questa tipologia di materiali è detta assorbimento per risonanza di membrana. Si tratta di pannelli molto sottili (in legno o gesso), fissati al muro con una struttura di sostegno che costituisce un'intercapedine. Nel dettaglio l'energia dell'onda sonora è dissipata mediante lo smorzamento dell'oscillazione della superficie che vibra (il pannello) e l'attrito viscoso all'interno dell'intercapedine (Spagnolo,2001).

Questa tipologia di pannelli è adatta all'assorbimento delle basse frequenze, poiché le frequenze di vibrazione si collocano nella parte inferiore del campo dell'udibile (Latorella,2018). I parametri che variano il comportamento del materiale sono: la natura, lo spessore, il sistema di ancoraggio, la massa e la rigidezza del pannello. Le relazioni tra questi fattori sono molto complesse e difficili da esplicitare (Pero, IUAV).

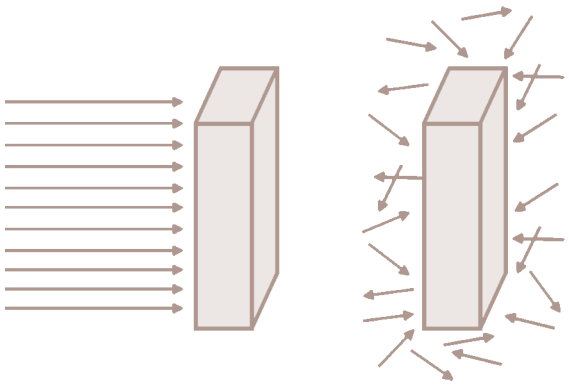
Per i pannelli vibranti la frequenza di risonanza è data da:

$$f_r = \frac{60}{\sqrt{MsH}}$$

Con Ms la massa per unità superficiale in kg/m^2 e H lo spessore dell'intercapedine in m.

7.3 La misura del coefficiente di assorbimento

Per la caratterizzazione di un materiale fonoassorbente è necessaria la misurazione del coefficiente di assorbimento. Le metodologie utilizzate sono: la misura in camera riverberante e la misura nel tubo di Kundt, il tubo di impedenza (Spagnolo, 2001); nel primo caso vi è una distribuzione equa degli angoli incidenti, nel secondo caso le onde arrivano perpendicolarmente alla superficie.



7.6 A sinistra incidenza normale (Tubo di Kundt), a destra incidenza casuale(camera riverberante).

Dai due differenti metodi di misura si ottengono differenti coefficienti di assorbimento. Si considera più affidabile la misurazione in camera riverberante poiché i campi sonori nelle varie applicazioni sono più vicini a quelli reali (Spagnolo,2001).

La camera riverberante, è una stanza in cui si riproducono onde sonore in qualsiasi direzione e in qualsiasi momento con la stessa probabilità.
L'energia sonora crea onde stazionarie ai modi acustici, cioè a determinate frequenza; i modi sono di tre tipi: gli assiali che colpiscono due superfici opposte, i tangenziali colpiscono quattro superfici e i modi obliqui sei superfici.
Le frequenze di risonanza, nel caso di una camera rettangolare, si ottengono con la seguente formula(Latorella,2018):

$$f_{(x,y,z)} = \frac{c}{2}\sqrt{\left(\frac{n_x}{L}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{W}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{H}\right)^2}$$

Con c la velocità del suono in m/s
$f_{(x,y,z)}$ la frequenza di risonanza naturale in Hz nei tre modi n_x, n_y e n_z
L, W e H rispettivamente lunghezza, larghezza e altezza della stanza in m

Per un campo sonoro diffuso è necessario che le tre frequenze modali siano distribuite omogeneamente e, per far ciò, è necessario rispettare alcuni dei requisiti geometrici della stanza stessa: in particolare il rapporto tra le dimensioni della stanza non deve essere un numero intero e devono essere evitate delle pareti parallele.

La frequenza di taglio (frequenza minima) e la frequenza di Schroeder sono parametri caratteristici di una camera riverberante.
La prima, la frequenza di taglio, è la frequenza al di sopra della quale la camera ha il potenziale per essere diffusa ed è dipendente dal volume della stanza (Spagnolo,2018).

$$f_{min} = \frac{c}{\left(\frac{V}{4}\right)^{\frac{1}{3}}}$$

Con c la velocità del suono e V il volume della stanza
La seconda, la frequenza di Schroeder, è la frequenza al di sopra della quale i modi si raggruppano e non sono più rappresentati i picchi risonanti, oltre questa frequenza il campo è diffuso.

$$f_s = \frac{4c}{(\pi A)^{0.5}} - \frac{S_r}{16V}$$

Con A assorbimento della stanza, S_r la superficie della stanza

$$f_s \geq 2000 \left(\frac{T}{V}\right)^{0.5}$$

Si precisa che, f_s è superiore a f_{min}.

In generale il calcolo dell'assorbimento viene effettuato misurando i tempi di riverberazione della camera, in funzione della frequenza su citata, sia prima che dopo il posizionamento del campione all'interno; il campione aggiunge l'assorbimento alla stanza riducendo il tempo di riverberazione.

IL COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO (α)

Il calcolo del coefficiente di assorbimento nella camera riverberante è normato dalla ASTM-C423 (American Society for Testing and Materials) e dalla ISO-354 (International Organization for Standardization).
Entrambe le normative richiedono una camera di misura di 200 m^3 e un campione di misura di 5,5-6,7 m^2 per la ASTM-C423 e 10-12 m^2 per la ISO-354 (Latorella,2018).
Per questa tesi viene seguita la ISO-354:2003 e viene utilizzata una camera riverberante in scala.

La camera riverberante in scala, molto diffusa negli ultimi anni, permette un fondamentale vantaggio: la necessità di un campione inferiori ai 10-12 m^2 citati dalla norma ISO-354, ciò non ne varia l'incidenza diffusa del metodo. I limiti di queste camere di dimensioni ridotte sono: la mancanza di diffusività del campo acustico nelle frequenze medio-basse e la diffrazione dovuta alla dimensione ridotta del materiale che si sperimenta (Latorella,2018).

Si ritengono valide le misure di assorbimento da 100 Hz a 10000Hz (Duval e al, 2010).

Il livello di riverbero e il successivo decadimento di una sorgente sonora, che opera in ambiente chiuso, dipende dall'assorbimento del suono da parte delle superfici, dall'aria e dagli arredi presenti nella stanza. Lo standard internazionale ISO 354 specifica il metodo di calcolo del coefficiente di assorbimento dei materiali e trattamenti delle pareti e dei soffitti.

L'area di assorbimento del suono di una stanza riverebarante, in metri, è calcolato con la formula ISO 354: 2003:

$$A_1 = \frac{55{,}3\ V}{c\ T_1} - 4\ V\ m_1$$

dove:
V è il volume della stanza riverberante, in metri cubi
c è la velocità di propagazione del suono nell'aria, in metri al secondo
T_1 è il tempo di riverberazione della stanza, in secondi
m_1 è il coefficiente di attenuazione della potenza, calcolato secondo la ISO 9613-1 con le condizioni climatiche monitorate all'interno della stanza nel momento della misurazione.

$$m = \frac{\alpha}{10 \lg(e)}$$

Mentre l'area di assorbimento di una stanza con con un campione di prova è A_2:

$$A_2 = \frac{55{,}3\ V}{c\ T_2} - 4\ V\ m_2$$

dove:
c e V sono rispettivamente la velocità di propagazione del suono nell'aria e il volume della stanza
T_2 è il tempo di riverbero della stanza con il campione di prova
m_2 è il coefficiente di attenuazione della potenza.

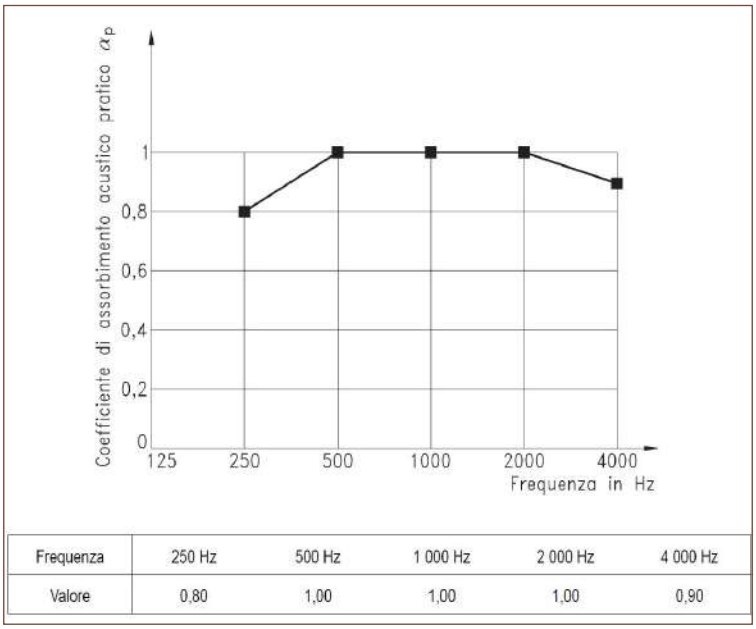
L'area equivalente del Test (A_T) è data dalla differenza tra l'A_2 e l'A_1.

Dopo il calcolo di A_T si può calcolare il coefficiente di assorbimento α_s dato da A_T/S
con S l'area in metri quadri del campione.

La norma UNI EN ISO 11654: 1998 consente di convertire i valori di assorbimento in un unico valore.
Si introduce il concetto di coefficiente di assorbimento acustico pratico (α_{pi}) cioè il valore del coefficiente di assorbimento acustico dipendente dalla frequenza e basato sulle misurazioni effettuate per bande di terzo di ottava. È calcolato per ogni banda di ottava come media aritmetica dei 3 coefficienti per banda fi terzo di ottava α_{i1}, α_{i2} e α_{i3}.

Calcolato il coefficiente di assorbimento pratico si calcola il α_w partendo dalla curva di riferimento nella Fig. 7.6. La curva deve essere traslata per passi di 0,05 verso il valore misurato fino a quando la somma degli scostamenti sfavorevoli sia minore o uguale di 0,10.
Uno scostamento risulta essere sfavorevole quando il valore di misura è minore del valore della curva di riferimento. (UNI EN ISO 11654: 1998)

Il coefficiente di assorbimento acustico ponderato α_w viene definito come il valore della curva di riferimento traslata a 500 Hz.



Frequenza	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Valore	0,80	1,00	1,00	1,00	0,90

Fig. 7.7 Curva di riferimento per il calcolo del coefficiente di assorbimento ponderato α_w

7.4 La camera riverberante del Politecnico di Torino

La camera utilizzata per le misurazioni dei campioni di progetto è la camera riverberante in scala del DENERG (Dipartimento di Energia) del Politecnico di Torino cioè la riproduzione 1:5 della camera dell'INRiM, l'Istituto di Ricerca Metrologica.
Costruita con MDF (Medium density fibreboard) di spessore 3,8 cm. Le dimensioni della camera sono 1,53x 1,56 x 1,20 m per un volume di 2,86 m^3. Le pareti, per ricreare il campo diffuso, sono leggermente inclinate.
La camera è rialzata dal pavimento con una base in legno che consente il posizionamento di una piattaforma rotante e di un motore, necessari per le misure di scattering.

Al soffitto sono posizionati dei ganci per poter appendere i diffusori e dei fori filettati per la disposizione quadrata 4x4 dei microfoni con barre in ferro di lunghezza 30 o 60 cm (Latorella,2018).
Per la riduzione dell'influenza dei modi nelle frequenze basse il soffitto presenta otto diffusori in polimetilmetacrilato che rispettano la norma ISO-354, orientati in modo casuale, e che reindirizzano l'energia incidente in modo casuale.

Vari studi effettuati sulla camera hanno relazionato l'assorbimento alle condizioni ambientali, nello specifico l'area equivalente di assorbimento A_1 è risultata dipendente dal materiale di costruzione, l'MDF, e dai valori di umidità. Umidità che a sua volta dipende dall'umidità relativa e dalla temperatura dell'aria.
Alle pareti interne sono state applicate delle pellicole adesive in plastica che rendono la camera più riflettente.

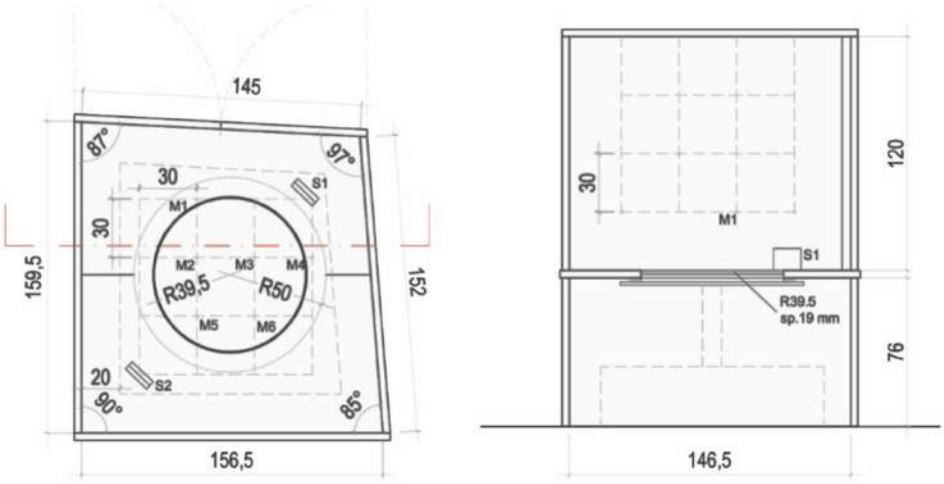


Fig 7.8 Pianta e prospetto camera in scala Politecnico di Torino

Il software utilizzato per misurare i valori di assorbimento è Matlab con L'ITA-Toolbox, quest'ultimo è un toolbox open source per l'acustica sviluppato dall'Instituto di acustica tecnica della Aachen University (Latorella,2018).
Uno sweep esponenziale da 50Hz a 25000Hz è il segnale digitale inviato ad un convertitore analogico-digitale che viene successivamente amplificato ed emesso attraverso la sorgente sonora. I microfoni, che registrano l'audio, inviano il segnale tramite un preamplificatore ed un convertitore analogico-digitale al computer.
Tutti questi passaggi avvengono con due sorgenti separate e sei posizioni differenti di microfoni per un totale di 12 misure in totale ad ogni misurazione, così come richiede la ISO-354.

La temperatura, l'umidità relativa e la pressione sono dei parametri ambientali che influenzano molto il fattore di assorbimento dell'aria, è quindi necessario tener conto delle variazioni degli stessi durante le varie prove. Nella camera è posizionato un dispositivo per il controllo della temperatura e dell'umidità relativa collegato direttamente al computer; mentre la pressione atmosferica è presa in tempo reale dai dati dell'INRiM.

Fig 7.9 Esterno camera riverberante Politecnico di Torino

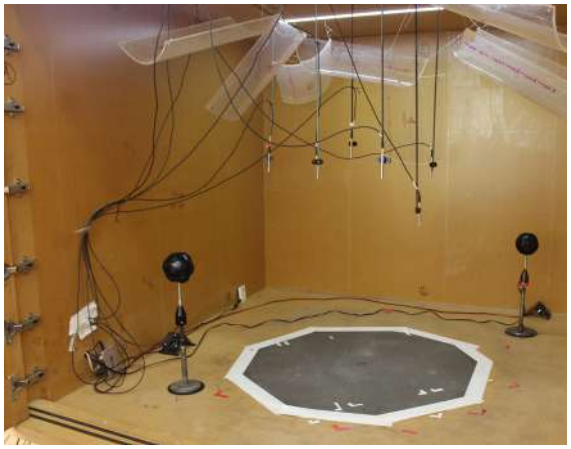


Fig 7.10 Immagine interni della camera riverberante del Politecnico di Torino

7.5 Le prove acustiche dei pannelli di progetto

La realizzazione dei prototipi dei pannelli di progetto (Paragrafo 6.2) ha permesso le misure nella camera riverberante in scala del Dipartimento DENERG del Politecnico di Torino.
Le misure necessarie per ogni pannello, per dei risultati attendibili, devono essere circa 60x 80 cm (Latorella, 2018)
Si precisa che ogni prototipo di pannello è stato realizzato artigianalmente, si deve quindi tener conto di un'incertezza dei risultati dovuta alle varie imprecisioni.

I CAMPIONI

Si riportano alcuni dati dei pannelli oggetto di misura. Il paragrafo 6.2.3. riporta il progetto dettagliato di ognuno dei seguenti pannelli.

GROOVE

Codice identificativo: **P1**

Area prototipo: 0,52 m^2

Spessore: 2,5 cm

Descrizione: Pannello ottenuto dall'accostamento a secco di listelli di due differenti dimensioni, si creano dei canali utili per l'assorbimento del suono.

WAVE

Codice identificativo: **P2**

Area prototipo: 0,51 m^2

Spessore: 2,5 cm

Descrizione: Pannello ottenuto dall'accostamento a secco di listelli di tre differenti dimensioni, si creano dei canali utili per l'assorbimento del suono.

HOLE

Codice identificativo: **P3**

Area prototipo: 0,53 m^2

Spessore: 2,5 cm

Descrizione: Pannello ottenuto dall'accostamento a secco di listelli di due differenti dimensioni, si creano dei fori di dimensioni 1,5x8 cm utili per l'assorbimento del suono.

LE MISURAZIONI

La Tabella riporta i dati di Temperatura, Umidità Relativa e Area del pannello per ogni misurazione. Sono state effettuate varie configurazioni per ogni pannello, nel caso del P3 è stata valutata la possibilità di inserire un'intercapedine di 3 cm o di 5 cm, e anche l'ipotesi delle intercapedini riempite di materiale fonoassorbente.

Il materiale fonoassorbente utilizzato è stato fornito dall'azienda Sfilacciatura Negro Biella S.R.L. Materie Tessili, nello specifico si tratta di un pannello ottenuto dagli scarti della produzione del tessile. Per questo pannello è stata effettuata una prima prova solo sul pannello prodotto da scarti tessili per poi essere associato al pannello di progetto P3.

PANNELLO SCARTI TESSILI

Codice identificativo: **P4**

Area prototipo: 0,49 m^2

Spessore: 3 cm

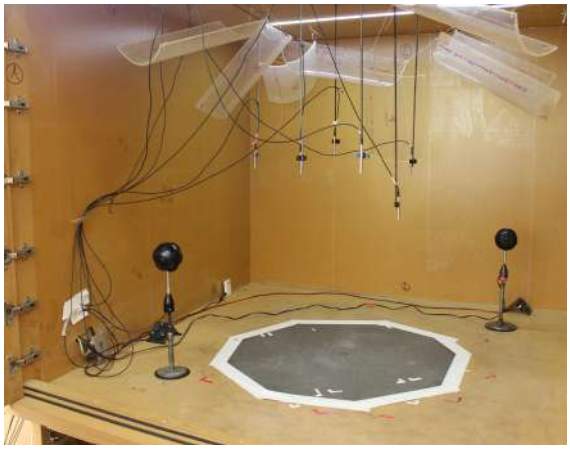
DesCrizione: Pannello fonoassorbente fornito dalla fornito dall'azienda Silacciatura Negro Biella S.R.L. Materie Tessili e prodotto dagli scarti della produzione tessile.

Le misure effettuate sono le seguenti:

		Descrizione	Temperatura	U.R.	Area
Misura 1	**Camera vuota**		23,4°	49%	
Misura 2	**P1**	Pannello due misure listelli	23,9°	47%	0,52 m^2
Misura 3	**P1r**	Pannello P1 girato	24,5°	48%	0,52 m^2
Misura 4	**P2**	Pannello tre misure listelli	24,2°	47%	0,51 m^2
Misura 5	**P3**	Pannello forato	25,5°	48%	0,53 m^2
Misura 6	**P4**	Pannello fonoassorbente scarti	24,7°	48%	0,53 m^2
Misura 7	**P3_e3**	Pannello forato con supp 3cm	25°	49%	0,53 m^2
Misura 8	**P3_f3**	Pannello forato con supp 3cm full	25,4°	48%	0,53 m^2
Misura 9	**P3_e5**	Pannello forato con supp 5cm	25,4°	48%	0,53 m^2
Misura 10	**P3_f5**	Pannello forato con supp 5cm full	25,3°	48%	0,49 m^2

Le misure effettuate sono le seguenti:

Camera Vuota



P1

P1r

P2

P3

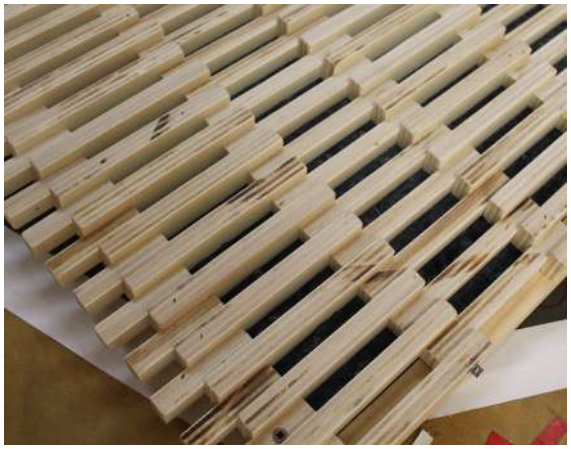
P4

P3_e3

P3_f3

P3_e5

P3_f5



Posizionati i vari pannelli nella camera anecoica, che deve essere rigorosamente chiusa e in un ambiente privo di rumori esterni, può essere avviata la prova.

Come già precisato nei paragrafi precedenti, la prova avviene con Matlab e seguendo la ISO-354.

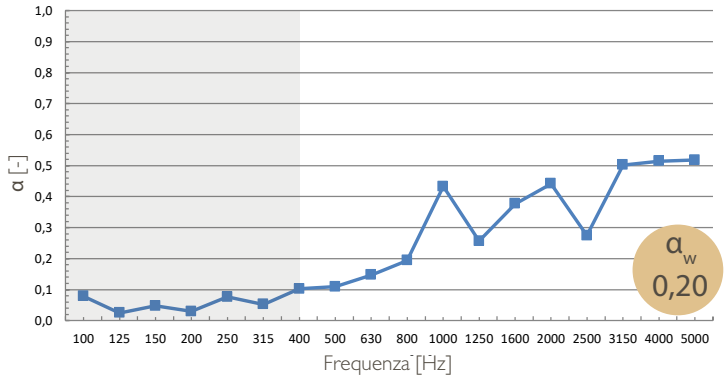
Il segnale digitale, detto sweep esponenziale, da 50Hz a 25000 Hz, viene inviato al convertitore analogico-digitale. La sorgente sonora permette di amplificare ed emettere questo segnale, attraverso sei microfoni che inviano il segnale definitivamente al computer.
Successivamente vengono inseriti i valori di temperatura, umidità relativa e pressione atmosferica nel momento della prova, questi parametri sono fondamentali per il calcolo dei coefficienti; lo script avvia in automatico una nuova misura con una nuova sorgente di output.

Si ottengono 12 risposte d'impulso. Il segnale in uscita viene filtrato in bande di un terzo di ottava per riuscire ad ottenere le curve di decadimento energetico.
Si precisa che, nelle alte frequenze, a causa dell'estinguersi delle riflessioni in un tempo breve, non si può utilizzare 60 dB come decadimento. Si introduce il T_{15} cioè con decadimento di 15 dB, da -5 dB a -20 dB.

7.6 I risultati e le comparazioni

Si riportano i valori di α ottenuti nella camera riverberante, con grafici che riportano il coefficienti di assorbimento come variabile dipendente e la frequenza come variabile indipendente, per ogni tipologia di misurazione effettuata. I valori di assorbimento al di sotto dei 400 Hz sono considerati poco accurati.

P1



Il pannello Groove risulta avere dei valori di coefficiente di assorbimento non elevati. Il picco si ottiene alle alte frequenze con un valore di circa 0,52 a 5000 Hz.

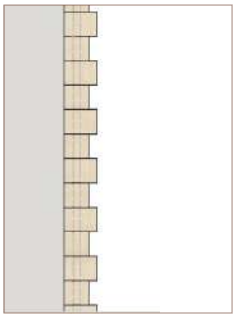
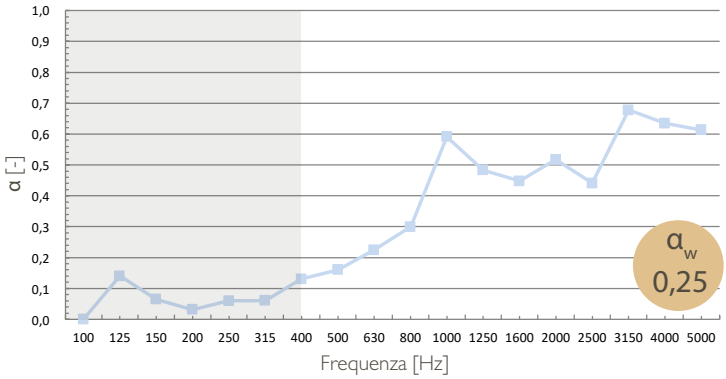


Fig. 7.11 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Groove.

P1r



Il pannello Groove è stato misurato capovolto, i valori risultano elevati alle alte frequenze. Due picchi si hanno a 1000 Hz con α 0,59 e a 3150 Hz con α 0,68 circa.

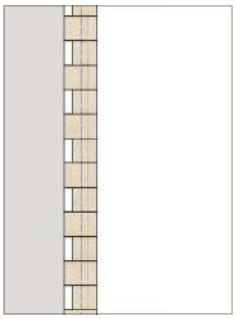
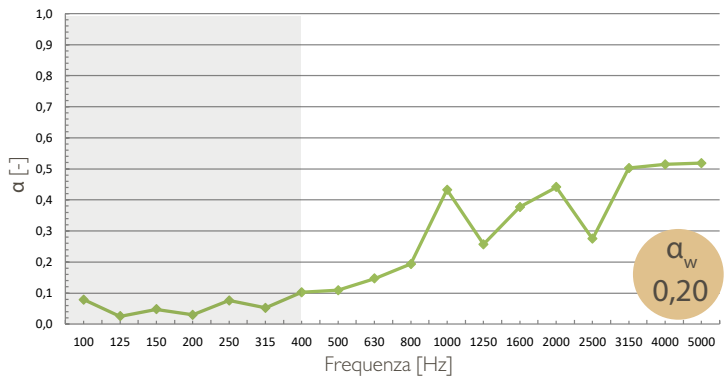


Fig. 7.12 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Groove capovolto.

P2



I risultati del pannello Wave costituiscono una curva con dei picchi significativi. Infatti fino agli 800 Hz i valori sono molto bassi, per alzarsi nei pressi di 1000 Hz, 2000 Hz e dai 3150 ai 5000 Hz.

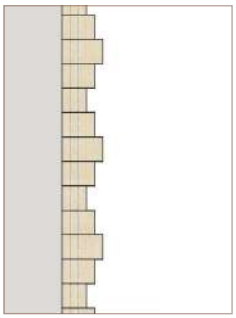
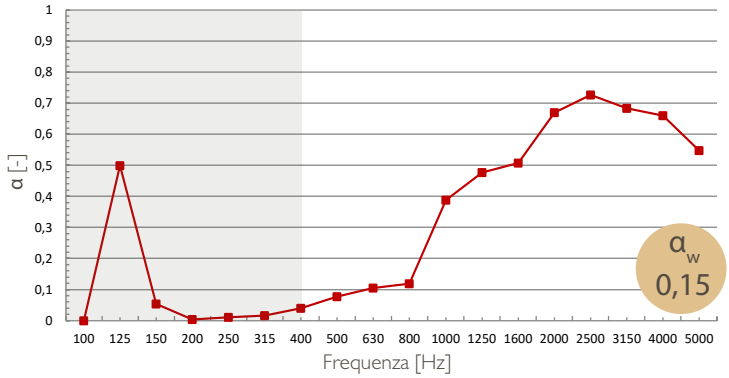


Fig. 7.13 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Wave.

P3



Il pannello Hole risulta avere una curva con valori molro bassi fino agli 800 Hz e valori alti alle alte frequenze. I fori che lo caratterizzano permettono di raggiungere un coefficiente pari a 0,73.

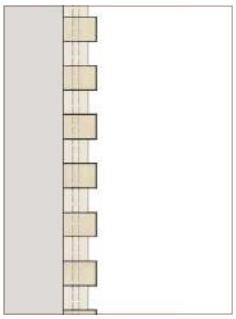
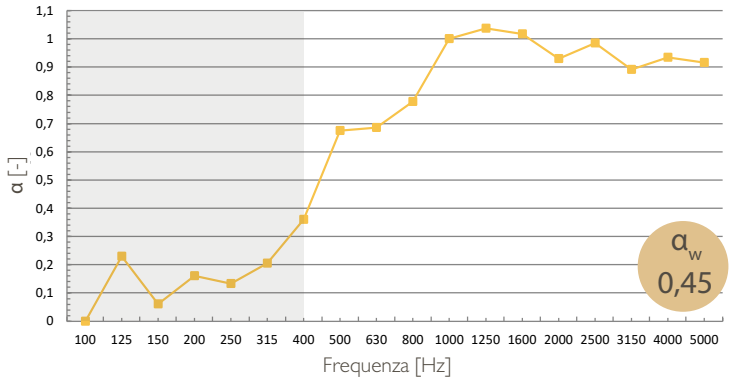


Fig. 7.14 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Hole.

P4



Il pannello ricavato da scarti del tessile è un materiale poroso e quindi con assorbimento che raggiunge 1,0.

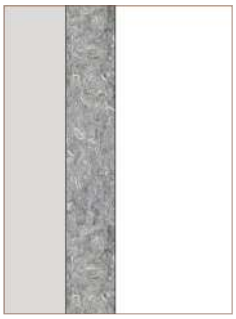
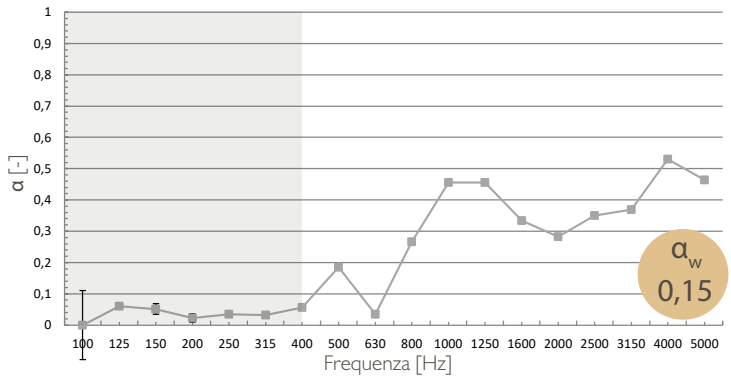


Fig. 7.15 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello dell'azienda Sfilacciatura Negro Biella S.R.L.

P3_e3



Un'intercapedine vuota di 3 cm posta dul retro del pannello Hole risulta peggiorare i valori di assorbimento a causa del volume di aria che si crea dietro al pannello che contrasta il valore assorbente dei fori.

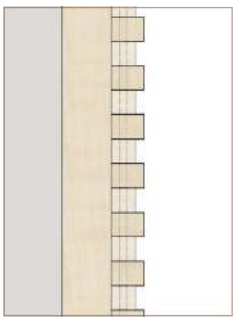
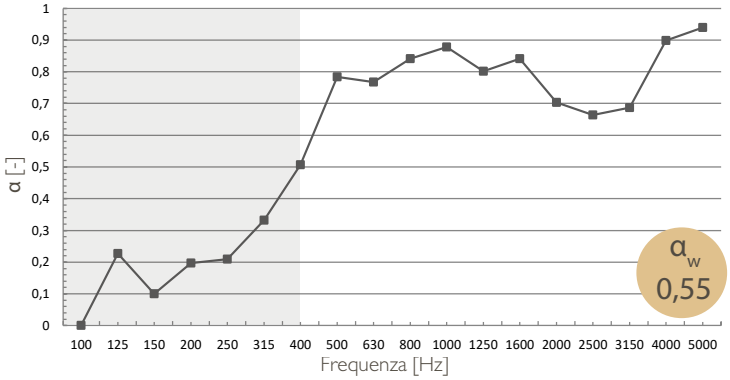


Fig. 7.16 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Hole con supporto vuoto di 3 cm.

P3_f3



Un'intercapedine riempita di materiale ricavato dagli scarti tessili di spessore 3 cm permette al pannello Hole di ottenere dei valori molto alti dai 500 Hz ai 1600 Hz, ma anche dai 4000 Hz ai 5000Hz

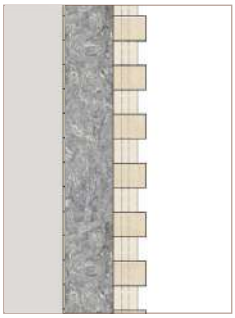
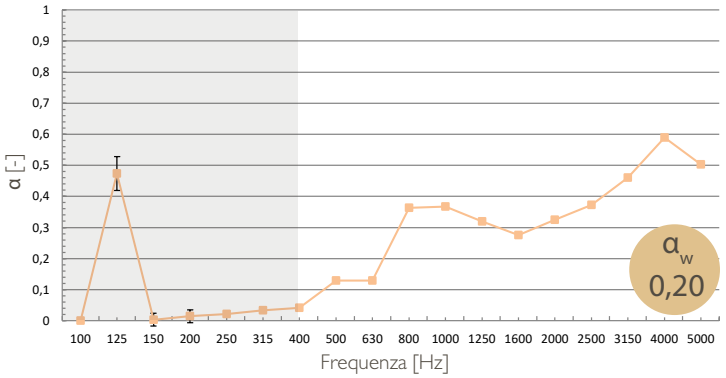


Fig. 7.17 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Hole con supporto riempito con il panello ricavato dagli scarti del tessile di 3 cm.

P3_e5



Un'intercapedine vuota di 5 cm dietro al pannello Hole risulta abbassare notevolmente i valori del coefficiente di assorbimento anche alle alte frequenze.

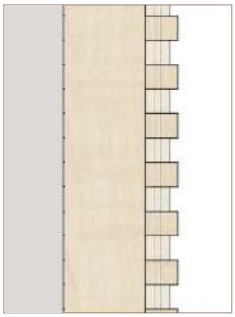
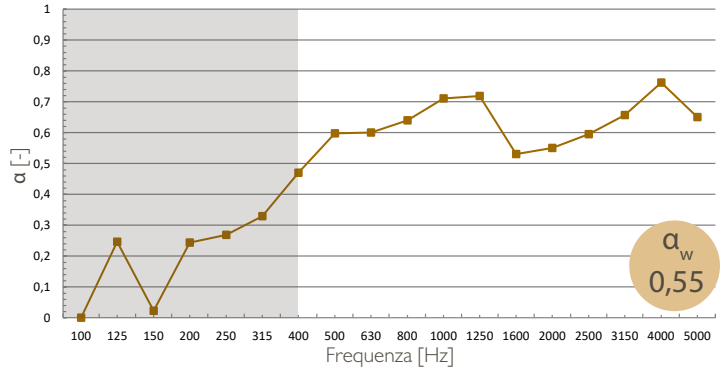


Fig. 7.18 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Hole con supporto di 5 cm.

P3_f5



Un'intercapedine di 5 cm riempita solo parzialmente (3 cm) posizionata dietro al pannello Hole permette di avere dei valori elevati alle medio-alto frequenze.

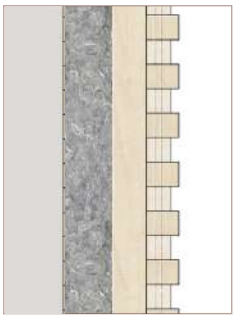
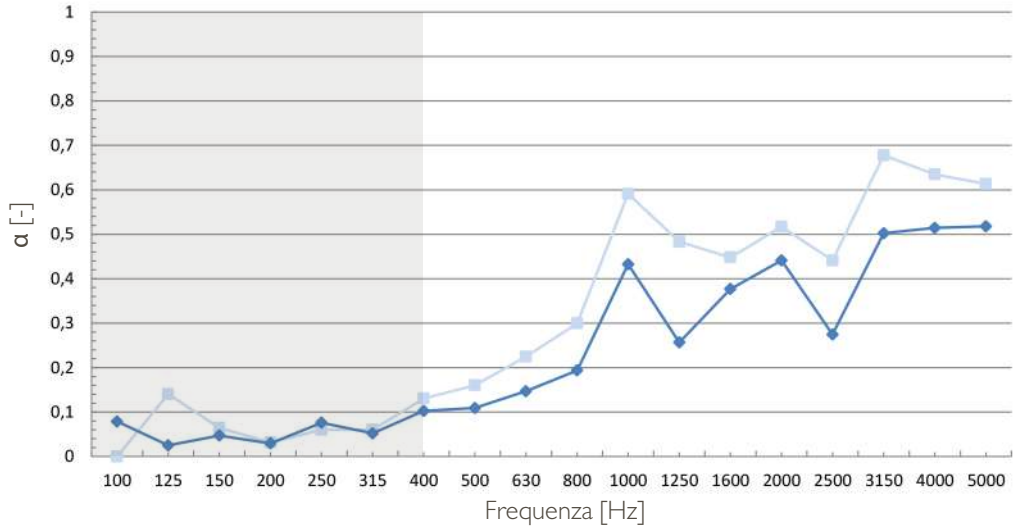


Fig. 7.19 Grafico ottenuto dalla misurazione in camera anecoica del pannello Hole riempito con il panello ricavato dagli scarti del tessile di 5 cm.

LE COMPARAZIONI

In questa sezione si riportano le comparazioni tra le misure effettuate, studiando i vari comportamenti dei materiali alle varie frequenze.

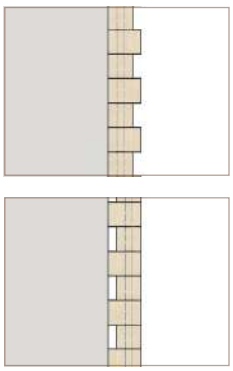
P1 e P1r



LEGENDA

P1

P1r



CONFRONTO α_w

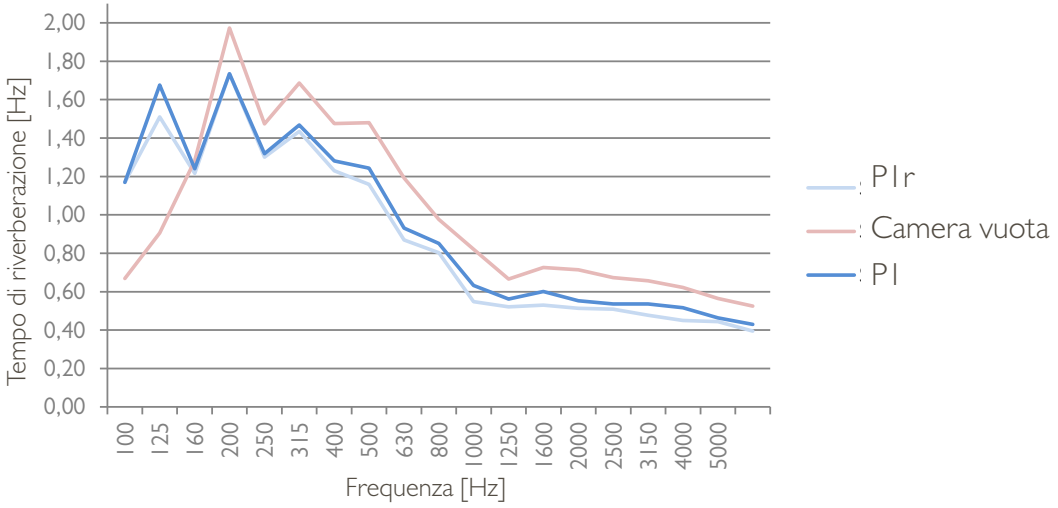
P1 0,20

P1r 0,25

DISCUSSIONE

Il grafico riporta la comparazione tra due misurazioni effettuate sullo stesso pannello: la prima sul pannello posizionato nella camera anecoica, la seconda posizionato capovolto. I risultati confrontati evidenziano un profilo simile ma traslato. Infatti in entrambi il coefficiente di assorbimento risulta essere molto basso alle basse e medie frequenze mentre il pannello è adatto per le alte frequenze. I picchi di assorbimento si hanno in entrambi i casi ai 1000, 2000 e 3150 Hz. Il profilo di P1r risulta avere dei valori elevati a causa dei canali di aria che si creando capovolgendo il pannello.

Si riporta, per i pannelli **P1 e P1r**, il grafico con il confronto dell'andamento dei tempi di riverberazione alle diverse frequenze.



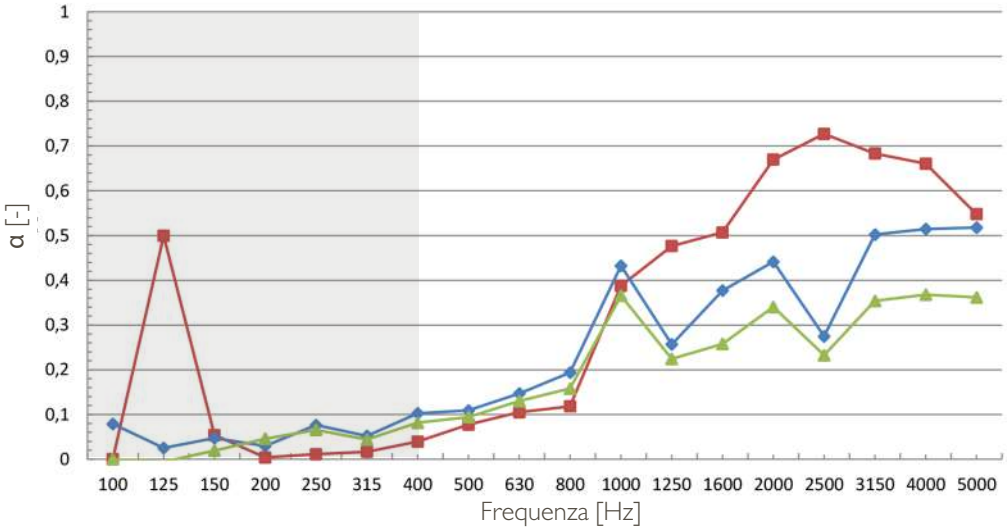
Il grafico evidenzia per entrambi i pannelli un andamento molto simile. Concentrandosi sulle alte frequenze, si può notare un tempo di riverberazione più alto per il pannello P1.
L'assorbimento più alto per il pannello P1r ne abbassa il tempo di riverberazione e viceversa per il P1 l'assorbimento minore ne alza i valori del tempo di riverberazione.

Questo confronto permette di esplicitare che la geometria del pannello, costituita da scanalature, aumenta i tempi di riverberazione, caratteristica tipica dei pannelli fondiffondenti.

Questa sola analisi non può definire il pannello fonodiffondente poichè:
- il pannello P1 è caratterizzato da un assorbimento alto
- sono necessarie misurazioni del coefficiente di scattering, che se superiore allo 0,5 permette di definire la superficie diffondente, non valutabili nell'ambito di questa tesi poichè necessario un provino circolare con diametro 1m e completamente laccato.

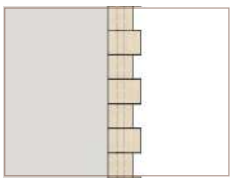
Questa valutazione risulta essere un interessante input per il proseguimento di questa ricerca a livello acustico.

P1, P2, P3

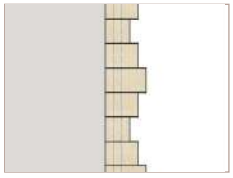


LEGENDA

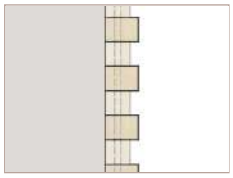
P1



P2



P3



CONFRONTO α_w

P1 0,20

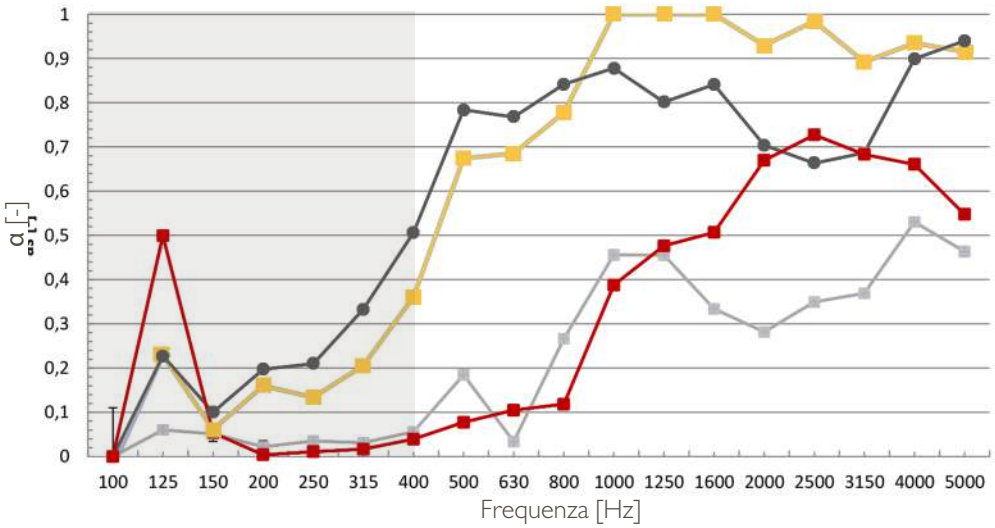
P2 0,20

P3 0,15

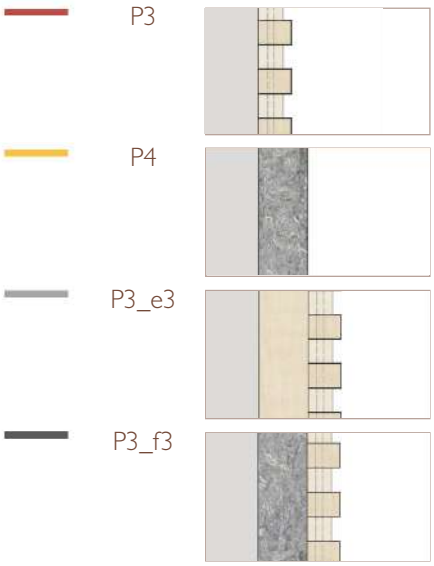
DISCUSSIONE

Il grafico riporta la comparazione tra le misurazioni effettuate sui tre pannelli di progetto: Groove (P1), Wave (P2) e Hole (P3). Dal grafico si evidenzia una per i tre pannelli un funzionamento specifico alle alte frequenze, nello specifico dai 1000 Hz fino ai 5000 Hz. Il pannello Hole, forato, presenta un andamento molto regolare a queste frequenze, raggiungendo un coefficiente massimo di 0,73 a 2500 Hz. I pannelli Groove e Wave presentano dei picchi a 1000, 2000 e 3150 Hz, il primo raggiunge un coefficiente di assorbimento massimo di 0,52 mentre il secondo di 0,37. Il confronto tra i coefficienti di assorbimento ponderati α_w evidenzia il valore più basso per il pannello Hole che, pur presentando valori elevati alle alte frequenze, risulta essere molto fino agli 800 Hz.

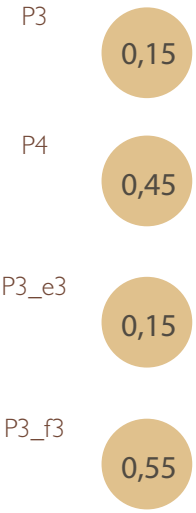
P3, P4, P3_e3, P3_f3



LEGENDA



CONFRONTO α_w

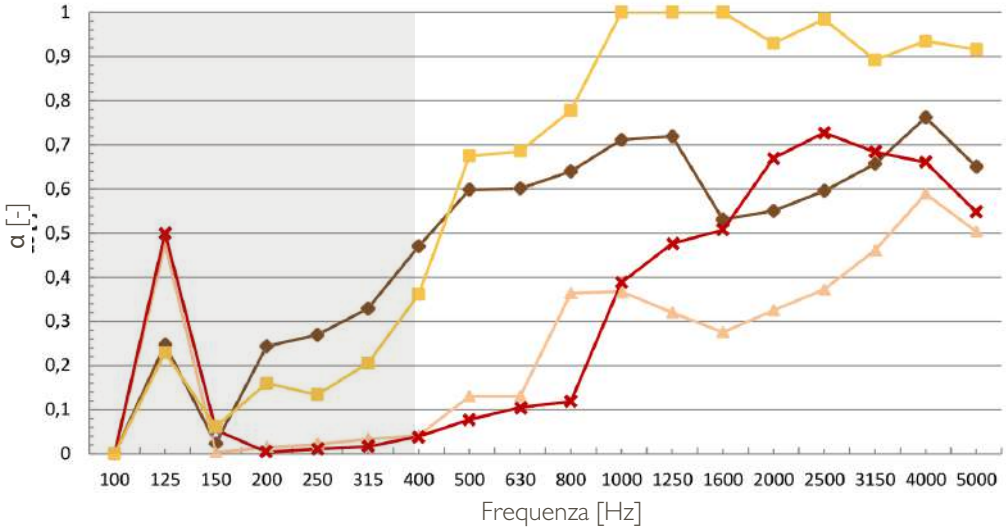


DISCUSSIONE

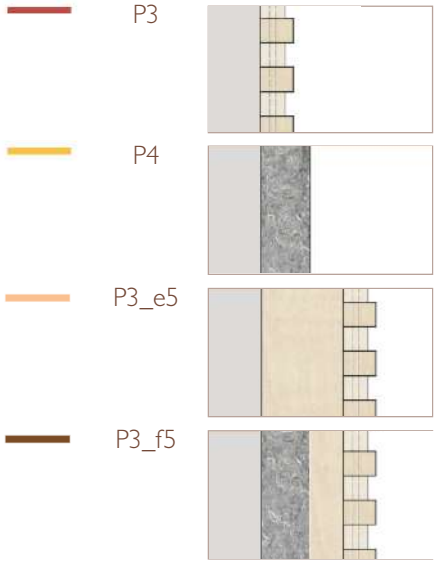
Il grafico riporta i risultati delle misurazioni effettuate sul pannello Hole fissato ad un supporto di 3 cm che simula un'intercapedine d'aria nel primo caso (P3_e3) e un'intercapedine riempita di materiale poroso nel secondo(P3_f3). Il grafico riporta anche la curva del pannello Hole (P3) e del pannello poroso(P4). Si evidenzia che:

- l'intercapedine vuota (P3_e3) riduce i valori di assorbimento del pannello stesso (P3) alle alte frequenze, come si può notare dai 1250 ai 4000 Hz. Il volume di vuoto creatosi dietro al pannello causa la perdita dell'effetto dei fori e il pannello si comporta come una SUPERFICIE TRASPARENTE.
- il riempimento dell'intercapedine di 3 cm (P3_f3) permette l'aumento notevole dei valori a tutte le frequenze, grazie alla collaborazione del pannello Hole con il pannello poroso. Fino agli 800 Hz i valori risultano essere anche più elevati del solo pannello poroso, dagli 800 Hz l'andamento risulta essere una combinazione tra le due curve dei due materiali.

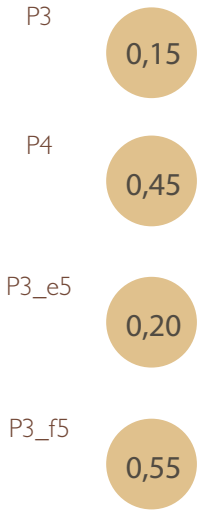
P3, P4, P3_e5, P3_f5



LEGENDA



CONFRONTO α_w

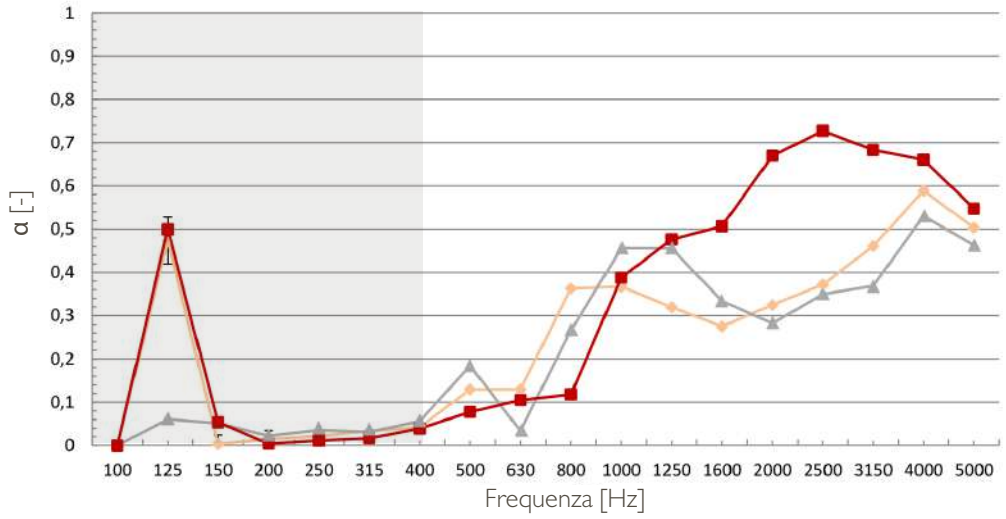


DISCUSSIONE

Il grafico riporta i risultati delle misurazioni effettuate sul pannello Hole fissato ad un supporto di 5 cm che simula un'intercapedine d'aria nel primo caso (P3_e5) e un'intercapedine riempita parzialmente di materiale poroso nel secondo(P3_f5). Il grafico riporta anche la curva del pannello Hole (P3) e del pannello poroso(P4). Si evidenzia che:

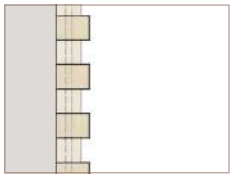
- l'intercapedine vuota (P3_e5) riduce i valori di assorbimento del pannello stesso (P3) alle alte frequenze, come si può notare dagli 800 ai 4000 Hz. Il volume di vuoto creatosi dietro al pannello causa la perdita dell'effetto dei fori e il pannello si comporta come una SUPERFICIE TRASPARENTE.
- il riempimento dell'intercapedine di 5 cm (P3_f5) parzialmente (3cm) ne comporta dei valori elevati di assorbimento alle basso-medio frequenze, fino ai 1250 Hz. Alle alte frequenze i valori risultano non elevati a causa del posizionamento del materiale poroso internamente non a ridosso del pannello ma dopo un'intercapedine di 2 cm.

P3, P3_e3, P3_e5

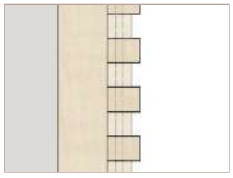


LEGENDA

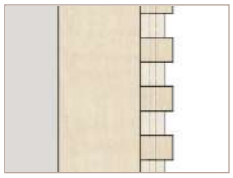
P3



P3_e3



P3_e5



CONFRONTO α_w

P3 0,15

P3_e3 0,15

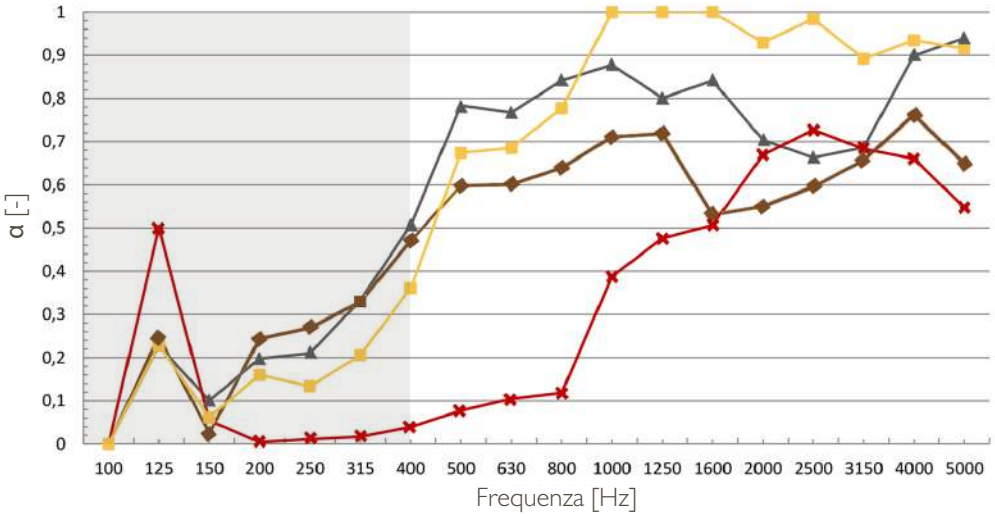
P3_e5 0,20

DISCUSSIONE

Il grafico riporta la comparazione tra le misurazioni effettuate sul pannello Hole e sui due diversi supporti che simulano l'intercapedine d'aria, il primo di 3 cm (P3_e3) e il secondo di 5 cm (P3_e5).

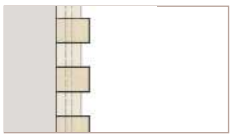
L'intercapedine vuota posizionata dietro al pannello Hole in entrambi i casi diminuisce l'assorbimento alle alte frequenze, a causa della cavità che si crea sul retro che diminuisce la proprietà dei fori che caratterizzano il pannello. Il pannello in questo caso si comporta come una superficie trasparente. Dal confronto si evidenzia un aumento dei valori alle alte frequenze all'aumento dei cm di intercapedine, come si può notare dai 2000 ai 5000 Hz.

P3, P4. P3 f3. P3 f5



LEGENDA

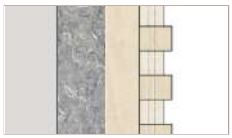
P3



P4

P3_f3

P3_f5



CONFRONTO α_w

P3 — 0,15

P4 — 0,45

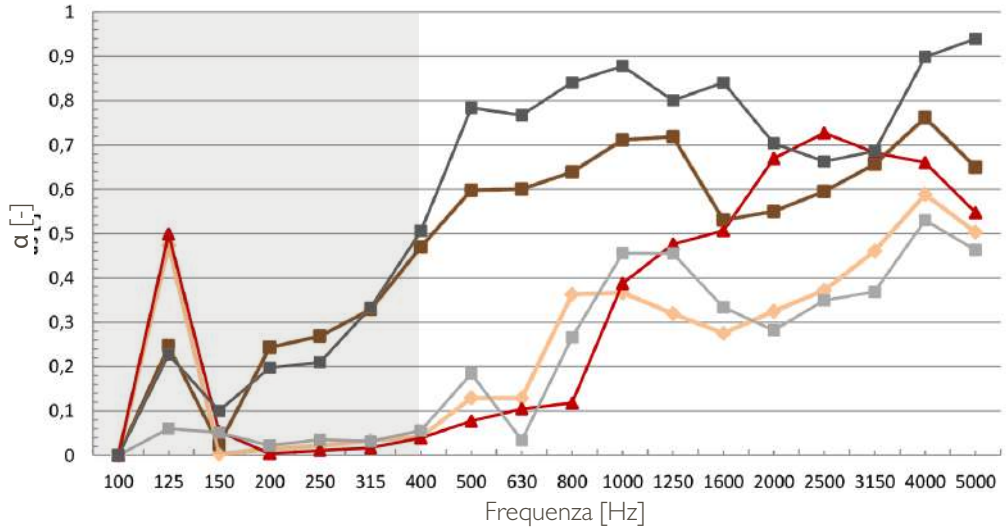
P3_f3 — 0,55

P3_f5 — 0,55

DISCUSSIONE

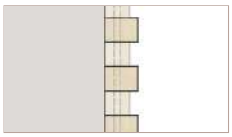
Il grafico riporta i risultati delle misurazioni effettuate sul pannello Hole fissato ad un supporto di 5 cm con intercapedine riempita totalmente o parzialmente con materiale poroso nel primo caso il materiale riempie l'intercapedine di 3 cm(P3_f3), nel secondo caso l'intercapedine è riempita parzialmente (3 cm) da materiale poroso(P3_f5) che è posizionato a 2 cm dal pannello. Si crea in quest'ultimo caso un volume unico a ridotto del pannello che non permette di ottenere i risultati che si otterrebbero con l'intercapedine totalmente riempita. Dal grafico si nota, infatti, come il profilo di entrambi i casi risulta essere simile ma traslato. In entrambi i casi il materiale poroso permette l'aumento dell'assorbimento alle basse frequenze, fino a 500 Hz. Dai 500 Hz il profilo ottenuto è la combinazione tra il materiale poroso e il pannello. Si evidenzia come il potere del volume che si crea dietro il pannello, nel caso P3_f5, influenzi l'andamento dei risultati dai 1000 ai 4000Hz.

P3, P4, P3_e3, P3_f3, P3_e5, P3_f5



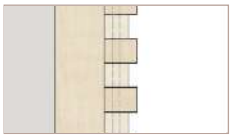
LEGENDA

P3



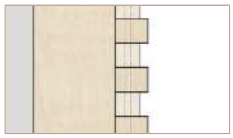
P4

P3_e3

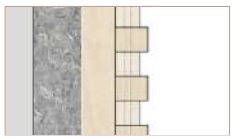


P3_f3

P3_e5



P3_f5



CONFRONTO α_w

P3	0,15	P3_e3	0,15	P3_e5	0,20
P4	0,45	P3_f3	0,55	P3_f5	0,55

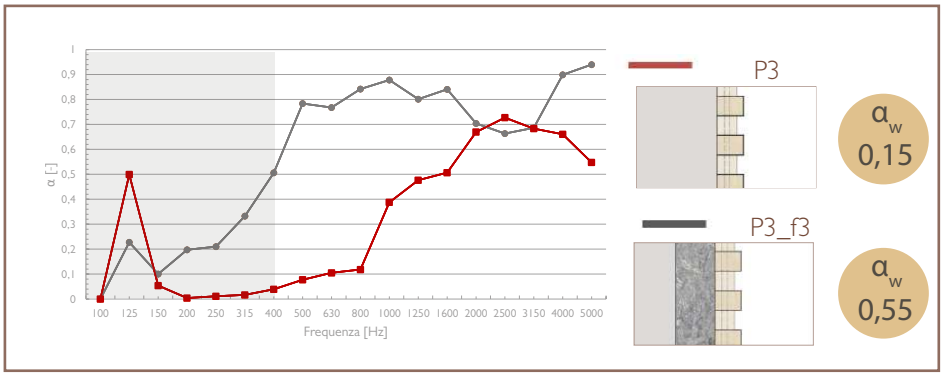
CONSIDERAZIONI FINALI

Il grafico finale riporta tutte le misurazioni effettuate sul pannello Hole.
Risulta evidente che la combinazione pannello poroso-pannello Hole risulta la più efficace.
L'intercapedine riempita di 3 cm risulta ottenere valori più alti rispetto all'intercapedine da 5 cm, ciò è causato dalla presenta della cavità dietro al pannello.
Risulterebbe interessante un'ulteriore misurazione con l'intercapedine da 5 cm riempita completamente da materiale poroso.

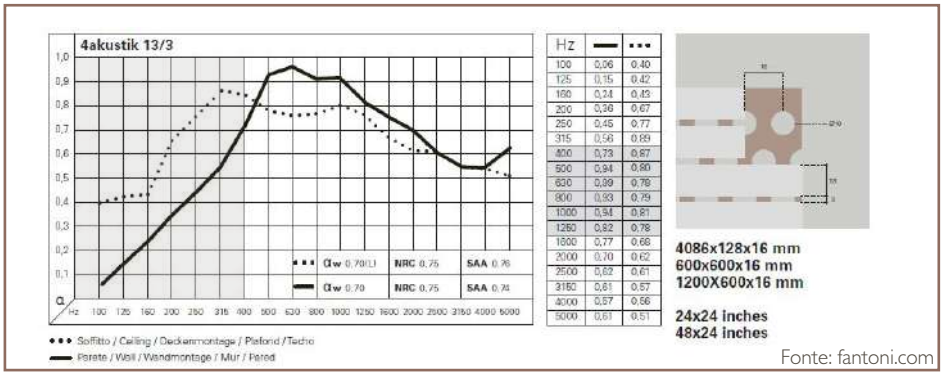
CONFRONTI CON PANNELLI FONOASSORBENTI PRESENTI SUL MERCATO

Si riportano i grafici di andamento del coefficiente di assorbimento di due pannelli acustici già presenti sul mercato, estrapolati dalle relative schede tecniche (per informazioni sul pannello si rimanda all'allegato 10 di questa tesi), confrontati con la combinazione più efficiente della LineaUp rivestimenti interni misurata nelle pagine precedenti: il pannello HOLE associato al pannello ricavato da scarti tessili.

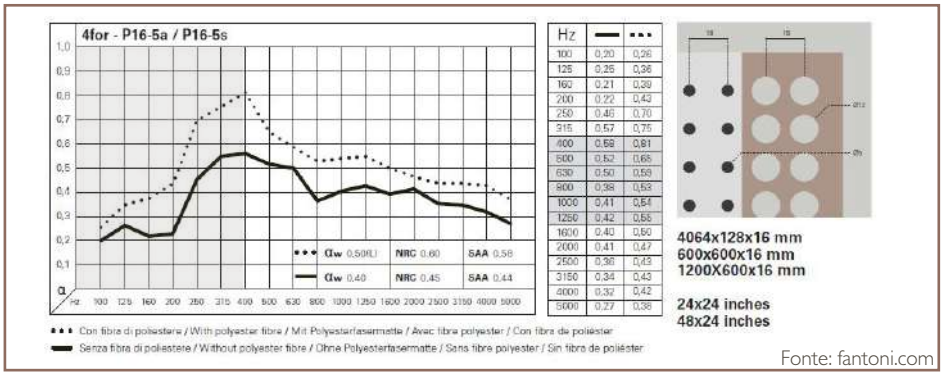
HOLE_
LineaUP



4akustik_
LineaFantoni



4for_
LineaFantoni



I grafici di confronto permettono di affermare che il pannello HOLE associato al pannello di scarti è in linea con l'assorbimento dei pannelli già presenti sul mercato. Nello specifico, come nel caso dell'4akustik risulta efficiente dai 500 ai 1600 Hz.

Fonte: E.Vigolungo SpA

8. L'ANALISI AMBIENTALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO CON IL RIUTILIZZO DEGLI SCARTI DI PRODUZIONE

Le fasi del ciclo di vita di un manufatto possono essere in generale descritte come: approvvigionamento delle materie prime, trasporto delle materie prime verso le industrie, produzione di materiali e componenti, distribuzione, messa in opera, fase di uso e manutenzione e smaltimento e/o riciclo. Ogni fase citata consuma energia elettrica e combustibili non rinnovabili come olio gas e carbone.
La somma dell'energia necessaria per l'intero ciclo di vita è definita **Embodied Energy** o Energia Incorporata del manufatto.

Il calcolo di questa energia può essere effettuato a seconda:
- della **scala di valutazione**:
  dalla culla al cancello, dalla culla alla tomba e dalla culla alla culla.
- del **campo di applicazione**: un materiale, un componente, un intero edificio
- della **sorgente di energia** che lo alimenta: fonti rinnovabili, non rinnovabili.

L' **LCA** è lo strumento che si utilizza per valutare gli impatti ambientali durante il ciclo di vita. del materiale, componente o edificio oggetto di studio.

Nella prima parte di questo capitolo si riporta:
- la valutazione del ciclo di vita del compensato di pioppo dell'azienda E. Vigolungo S.p.a. con il recupero degli scarti della produzione per la realizzazione dei rivestimenti per esterni e per interni LineaUp;
- la comparazione dell'analisi con recupero con la valutazione LCA effettuata nella tesi "Il pioppo come materia prima per l'edilizia. Studio ed elaborazione degli impatti dalla coltura alla produzione di un pannello di compensato, con metodologia LCA" di Andrea Deidda.
- una stima approssimativa sulla convenienza economica dovuta al recupero di sottoprodotti.

Nella seconda parte del capitolo è riportata la valutazione degli impatti ambientali, effettuata con il software SimaPro, dei pannelli di rivestimento della linea Up.

Si riporta quindi:
- l'LCA dei quattro pannelli di rivestimento fonoassorbenti e dei due pannelli per rivestimento esterno;
- la comparazione con EPD di pannelli fonoassorbenti già presenti sul mercato.

8.1 Life Cycle Assesment

Le origini del legame tra ciclo di vita di un manufatto e i problemi ambientali risale agli anni 60. I ricercatori, che iniziavano a porre il problema sul consumo delle risorse e sulla generazione di reflui nei processi industriali, si resero conto che il sistema più adatto, per studiare nel dettaglio la produzione dal punto di vista ambientale, era quello di analizzare passo per passo ogni fase di produzione: "from candle to grave", cioè "dalla culla alla tomba".

Dagli anni 70 l'approccio che si può definire Life Cycle Thinking diventa un supporto per le decisioni delle aziende statunitensi. Ad esempio, la multinazionale Coca Cola in questi anni ha l'intento di determinare, attraverso questo approccio, le conseguenze ambientali dei diversi tipi di contenitori della bevanda presenti sul mercato (Baldo e al. 2008).

Solo nel 1990, negli Stati Uniti durante il congresso della Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), fu introdotto il termine LCA- Life Cycle Assessment.

Le norme che regolano questa metodologia sono la **ISO 14040** e **14044**, la ISO 14040 nello specifico definisce l'LCA come "compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto" (Baldo e al. 2008).

Questa analisi non descrive il prodotto ma l'intero processo produttivo, a partire dalle attività di estrazione della materia prima fino all'eventuale riciclo, riuso o demolizione a fine vita (Baldo e al. 2008) [Fig 8.1].

Fig 8.1 Schema circolarità del ciclo di vita

8.2 Fasi analisi ciclo di vita

Le fasi di un'LCA sono quattro:

- la prima fase comprende la **definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione**. Normata dalla ISO 14041 è la fase preliminare in cui si definisce la finalità dello studio, l'unità funzionale, l'affidabilità dei dati. Nello specifico in questa fase ci si chiede quali sono i processi che incidono sull'impatto ambientale e quali sono le scelte da fare per ridurlo (De Feo, 2014).

- la seconda fase, normata dalla ISO 14041, è l'**analisi dell'inventario**. Ci si concentra sull'analisi del processo. Si raccolgono i dati di energia in entrata, gli "input", e in uscita, "gli output", per ogni singola fase della produzione [Fig 8.2].

- la terza fase è la **valutazione degli impatti**, regolamentata dalla ISO 14042. In questa fase i dati di input e quelli di output sono assegnati alle varie categorie di impatto ambientale, evidenziandone la quantità dell'impatto nell'intero processo. Per ogni categoria viene scelto un indicatore esemplificativo necessario per la comunicazione più semplice dei risultati.
Le categorie di impatto sono scelte secondo la ISO; le più comuni sono il riscaldamento globale, il potenziale di esaurimento dell'ozono, l'acidificazione, l'eutrofizzazione, la formazione di smog e la tossicità umana.
Si precisa che questa terza fase viene suddivisa in: classificazione, caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione, dove le prime due sono la conversione dei risultati in indicatori mentre le ultime due collegano un giudizio di valore agli impatti.

- la quarta e ultima fase è l'**interpretazione**, normata dalla ISO 14043, ha lo scopo di analizzare e proporre miglioramenti per la riduzione degli impatti ambientali.

8.2 Il software SimaPro

Il software utilizzato per l'LCA è SimaPro 8.2.3.0, fornito da PRé Sustainability. Questo risulta essere adatto per la modellazione del ciclo produttivo seguendo le norme ISO 14040-14044. I database che comprende permettono di modellare i materiali e i macchinari nel modo più veritiero possibile.

L'analisi di partenza utilizzata come base per gli studi effettuati in questa tesi è stata effettuata sul compensato di pioppo dell'azienda E. Vigolungo (Deidda,2018) (nei paragrafi successivi sarà descritta nel dettaglio)è stata redatta con questo software.

Nello specifico si introducono i database utilizzati dall'analisi di partenza:
- Agrifootprint, è un database che comprende i processi di coltivazione e lavorazione dei prodotti di origine animale, ma anche i dati sui trasporti. Questo è stato utilizzato nell'LCA preliminare effettuata sulla coltivazione del pioppo.
- Ecoinvent v3 è un database che comprende dati LCI di vari settori, dalla produzione di energia ai materiali da costruzione. Ogni ciclo produttivo contiene la produzione e trasformazione ma anche gli scenari di smaltimento dei rifiuti. Ogni processo è identificato dal nome del processo, dalla posizione geografica, dal tipo di attività, dal modello di sistema e da un suffisso (S per i processi di sistema e U per i processi unitari). Questo database è stato il maggiormente utilizzato per l'LCA del compensato di pioppo ma anche per l'LCA dei pannelli di rivestimento di progetto che saranno approfonditi nei prossimi paragrafi.
- ECLD è un database con dati su prodotti, trasporti, gestione rifiuti e produzione di energia.
- USLCI 1.60 è un database contenente molti dati su legno, metalli, trasporti.

É fondamentale specificare anche i metodi utilizzati nel calcolo dell'impatto ambientale per il compensato di pioppo (Deidda, 2018) e per questa tesi.

- l'International Panel on Climate Change ha sviluppato il metodo definito **IPCC** per il calcolo della CO_2 equivalente. Nello specifico permette di periodizzare gli impatti su 20, 200 e 500 anni. In questo studio viene utilizzato l'impatto a 100 anni. L'unità di misura utilizzata per questo calcolo è il kg CO_2 eq.
L'IPCC nel calcolo:
- esclude la formazione indiretta di monossido di azoto dalle emissioni dello stesso;
- esclude il forzante radioattivo nella stratosfera e troposfera causato dalle varie emissioni di solfato, acqua e altri;
- esclude gli effetti indiretti delle emissioni si CO_2.

- il metodo **CED**, Cumulative Energy Demand, pubblicato da Eco-invent, permette il calcolo dell'Embodied Energy. L'unità di misura di questo metodo sono i MJ.
Le cinque categorie di impatto che suddividono i fattori di caratterizzazione sono:
Non rinnovabile fossile
Non rinnovabile nucleare
Rinnovabile biomassa

Rinnovabile eolica, solare e geotermica
Rinnovabile acqua

Si precisa che gli indicatori **Global Warming Potentia**l e **Cumulative Energy Demand** sono legati: il consumo di energia primaria, che solitamente è di origine fossile, provoca rilascio di anidride carbonica. Questo gas ha un effetto serra contenuto rispetto ad altri gas ma è il più abbondante.
Ogni processo con forte ricaduta sul Cumulative Energy Demand avrà un forte impatto sul Global Warming Potential.

8.3 Analisi ambientale del ciclo produttivo: il compensato di pioppo.

L'analisi ambientale approfondita è effettuata su tutto il ciclo produttivo del compensato di pioppo, a partire dall'arrivo dei tronchi in azienda fino all'imballaggio del prodotto finale.

Nello specifico in questa tesi si fa riferimento ai risultati ottenuti nella tesi "Il pioppo come materia prima per l'edilizia. Studio ed elaborazione degli impatti, dalla coltura alla produzione, di un pannello di compensato, con metodologia LCA" di Andrea Deidda; che si è occupata dell'analisi dell'impatto ambientale della produzione del compensato di pioppo dell'azienda E. Vigolungo S.p.a.

Questi risultati sono stati fondamentali per approfondire la riduzione degli impatti dovuti al possibile recupero dei sottoprodotti per la produzione della Linea Up di rivestimenti.

LCA COMPENSATO DI PIOPPO VIGOLUNGO

L'analisi effettuata da Andrea Deidda è stata svolta con lo scopo di evidenziare i punti critici delle fasi produttive dell'azienda E. Vigolungo Compensati di Canale(CN).
Nello specifico lo studio utilizza come materia prima legno di pioppo da 3 modelli colturali differenti, per verificare se l'utilizzo di pioppo a maggior sostenibilità ambientale ne modifichi l'impatto ma anche le caratteristiche del prodotto edilizio.

L'unità funzionale utilizzata per è 1 m^3 di pannello

Il prodotto analizzato è il compensato VigoPly L, di dimensioni 252 x 125 cm. La produzione si svolge nello stabilimento si Canale (CN) dell'azienda e si aggira attorno ai 40.000 m^3 di pannelli annui.
Ogni dato inserito è riferito all'anno 2017 ed è fornito dall'azienda stessa.

La materia prima che E. Vigolungo utilizza per la sua produzione è fornita dagli impianti Barbero a Monticello Alba (CN) e Balzola (AL), nell'analisi è però stato ipotizzato che lo stabilimento si fornisca dall'impianto del CREA- Foreste e Legno di Canale (AL).

L'elettricità per la produzione proviene dalla rete comunale mentre l'apporto di energia per le fasi produttive, ma anche per il riscaldamento dello stabilimento e dei vari uffici, proviene da un generatore di vapore saturo a biomassa. Per il funzionamento di questo generatore vengono utilizzati parzialmente alcuni scarti della produzione stassa (corteccia, cippato e liste di sfogliato).

Si riporta nella Fig 8.3 la scheda tecnica del pannelo VigoPly L.

Descrizione	Pannello di compensato / multistrato longitudinale di pioppo, prodotto in conformità alle normative vigenti	
Utilizzo	Arredamento, edilizia, imballaggio, fai da te, allestimento caravan e automobili, settore nautico	
Classificazione in base all'aspetto delle facce	Gold, Superior, Standard, Natural	
Rilascio di formaldeide	E1, CARB 2 , NAUF	
Classe d'incollaggio	Classe 1, Classe 2	EN 314-2
Certificazioni	PEFC, FSC, CE2+, CARB 2	
Formati	244 x 122, 252 x 125, 252 x 187, 310 x 153, 312 x 187, 312 x 212 cm	
Spessori	da 3 a 40 mm	EN 315
Tolleranze dimensionali	Lunghezza e larghezza: +/-3,5 mm. Spessore +(0,2+0,03t); -(0,4+0,03t). Squadratura: 1 mm/m	EN 315

Caratteristiche	Norma	Unità	Spessori - Strati							
			4/3	**8/5**	**10/5**	**12/7**	**15/7**	**18/9**	**20/9**	
Resistenza a flessione longitudinale	UNI EN310	N/mm²	45	36	28	30	29	30	29	EN 310
Resistenza a flessione trasversale	UNI EN310	N/mm²	24	32	24	32	37	27	39	
Modulo di elasticità a flessione longitudinale	UNI EN310	N/mm²	4680	3525	3600	3130	3270	3480	3150	
Modulo di elasticità a flessione trasversale	UNI EN310	N/mm²	1370	3150	3300	3290	3900	3790	3580	

Massa volumica	420 kg/m3 +/- 10%	EN 323
Conduttività termica	0,12 W/m K	EN 12664
Umidità residua	8 / 12%	EN 322
Reazione al fuoco	D-s2,d0 - Dfl-s1 (per spessori > 9 mm)	EN 13501-1

Fig 8.3 Scheda tecnica VigoPly L (Deidda,20189.

Processo produttivo

I tronchi di pioppo, la materia prima di tutto il processo produttivo, dopo la coltivazione vengono trasportati in azienda, dove vengono **scaricati e selezionati** a seconda della grandezza e della qualità.
Nella prima fase del ciclo di produzione, i tronchi vengono **scortecciati** producendo il primo scarto di produzione: la corteccia. Questa viene utilizzata nella centrale termica a biomassa dell'azienda.

I rulli trasportatori posti all'ingresso del capannone permettono il trasporto della materia prima nella sfogliatrice che a sua volta posiziona il tronco nella posizione ottimale tramite laser. Inizialmente avviene la **"messa in tondo"** cioè il tronco viene arrotondato perfettamente per non ottenere difetti nello sfogliato, successivamente si avvia il processo di **sfogliatura**. Gli sfogliati ricavati da questo processo continuano il loro percorso all'interno della produzione, mentre il residuo di questa fase, il tondello, la parte centrale del tronco, viene stoccato e poi venduto per la produzione di pallet.

Lo sfogliato passa alla fase di **essiccazione**, dove l'umidità scende al 3-10 %. I fogli vengono selezionati per qualità così da inviare all'**incollaggio** gli strati interni, mentre quelli di dimensioni non adeguate vengono inviati al giuntaggio. L'adesivo utilizzato è l'UF (Urea-Formaldeide).

Dopo l'incollaggio, la fase di **sbiancatura** permette la sistemazione delle facce esterne e viene seguita dalla **pressatura** a caldo che polimerizza l'adesivo.

Il pannello prodotto viene **stuccato** per l'eliminazione dei difetti e successivamente **squadrato** e **levigato**. I residui della squadratura vengono smaltiti in discarica poichè contenenti colla.

Infine il prodotto viene **imballato** ed è pronto per la spedizione.

La tabella riportata [Fig 8.5] associa ad ogni processo della produzione le quantità di materiali utilizzati e i macchinari di lavorazione. Questi dati sono fondamentali per essere inseriti all'interno del software SimaPro. L'analisi ambientale riguarda, infatti, tutto il ciclo produttivo.

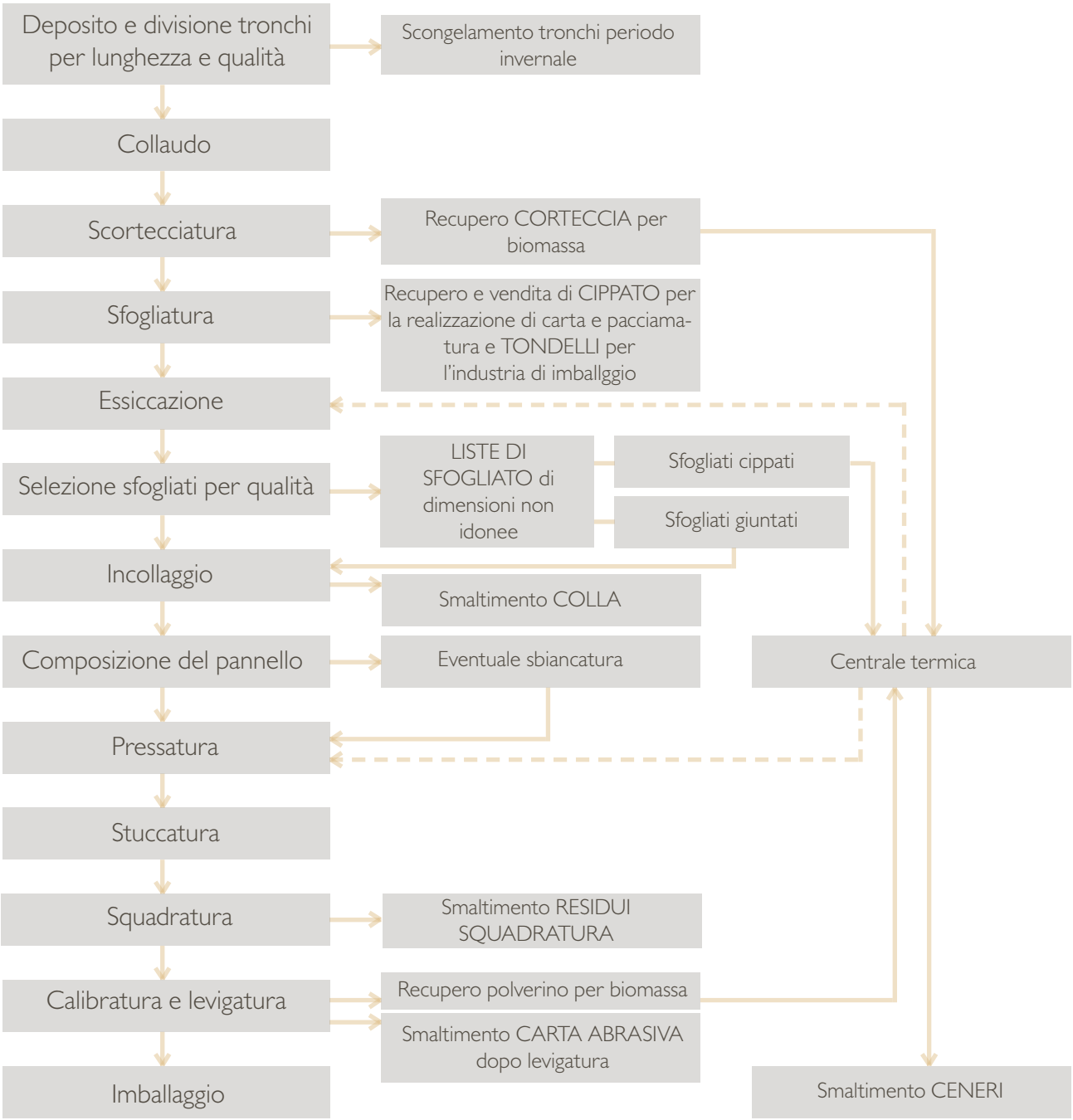


Fig 8.4 Diagramma di flusso produzione di compensato della E. Vigolungo di Canale (CN)

Fase produttiva	Descrizione materiali	Quantità t/kg l m^3	Macchinari per la lavorazione Tipo	Tempo h	Energia kW/ MWh	Diesel l	Altro
Deposito e divisione dei tronchi	Toppi basali di pioppo	1,882 t	Pala Caricatore	0,006 0,004		0,002 0,002	
Collaudo							
Scortecciatura	Toppi basali di pioppo	1,882 t	Pala Scortecciatrice Macinatore	0,024 0,075 0,075	 16 kW 120 kW	0,008	Corteccia 8%
Sfogliatura	Tronco scortecciato	1,732 t	Sfogliatrice + Cippatrice Affilatrice	 0,075 0,14	 154 kW 10 kW		Arrotondamento 26% Tondelli 11%
Essiccazione + selezione sfogliati	Sfolgiato Acqua osmotizzata Vapore	1,092 t 10 m^3 1,427 t	Essiccatore Caldaia	0,075 0,075	320 kW 1,31 MWh		Perdite di peso per l'essiccazione Perdite da ritiro 5% Scarto 2%
Giuntatura	Sfolgiato Adesivo UF	0,014 t 0,016 kg	Giuntatrice	0,26	10 kW		Sparti 30%
Incollaggio	Sfolgiato Sfogliato giuntato Adesivo UF	0,42 t 0,014 t 90 kg /m^3					
Sbiancatura	Pannello composto Acqua ossigenata	0,52 t 0,75 l	Sistema di pressatura/incollaggio	0,5	50 kW		
Pressatura	Pannello composto Vapore	0,52 t 0,38 t	Caldaia	0,5	0,35 MWh		
Stuccatura	Pannelli pressati Stucco	0,52 t 0,56 kg					
Squadratura	Pannelli stuccati	0,521 t	Squadratrice	0,095	27 kW		Scarti 6%
Calibratura e levigatura	Pannelli squadrati Carta vetro	0,49 t 0,014 fogli	Levigatrice	0,113	10 kW		Pannelli scarto 1% Polveri 3%
Imballaggio	Reggette metalliche Angolari plastici Travetti Cartone Pannello finiti	1,96 kg 0,03 kg 1,26 kg 0,45 kg 0,47 t*					

Fig 8.5 Lavorazioni 1 m^3 di pannello VigoPly L 252x125 (Deidda,2018)

L'analisi di inventario ha permesso la raccolta e organizzazione dei dati con lo scopo di costruire un modello con dati oggettivi. Successivamente tutti i dati sono stati riportati sul software SimaPro creando dei codici per ogni lavorazione.

In ogni fase di lavorazione considerata nello studio sul compensato non sono considerati gli apporti degli scarti. Si riportano nella Fig 8.6 i risultati dello studio di Andrea Deidda.

Input

Energia e combustibile in ingresso

	Unità	Rinnovabile	Non-Rinnovabile	Totale
Elettricità	kWh	-	x	105,24
Gasolio	l	-	x	0,011
Biomassa	kg	x		679,8

Materiali in ingresso

	Unità	Rinnovabile	Non-Rinnovabile	Totale
Legno di pioppo	t	x		1,882
Adesivo UF	kg	-	x	83,016
Stucco	kg	-	x	0,56
Acqua ossigenata	l	-	x	0,75
Acqua osmotizzata	m^3	-	x	10
Lame per la sfoliatrice	kg	-	x	0,0016
Reggette metalliche	kg	-	x	1,96
Angolari plastici	kg	-	x	0,03
Travetti	kg	x	-	1,26
Cartone	kg	-	x	0,45
Acqua	kg	-	x	178 l

Output

	Unità	Totale
EPD (2013)		
Acidification (fate not incl.)	kg SO2 eq	3,23
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,61
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	382,56
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,23
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,56E-05
Abiotic depletion (optional)	kg Sb eq	0,00055
CED		
Non renewable, fossil	MJ	5 796,49
Non-renewable, nuclear	MJ	516,59
Non-renewable, biomass	MJ	0,16
Renewable, biomass	MJ	90,4
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	114,18
Renewable, water	MJ	137,87

Fig 8.6 Dati di input e di output studio (Deidda,2018)

LCA COMPENSATO DI PIOPPO VIGOLUNGO CON SCARTI DI PRODUZIONE

La possibilità di accesso al file originale dello studio precedente ha permesso di effettuare il calcolo con il software inserendo le quantità degli scarti forniti dall'azienda E. Vigolungo S.p.a. e riferita all'anno 2017.

In seguito sono riportati [Fig 8.7] i valori degli scarti aggiunti alla produzione e i risultati ottenuti con il metodo di calcolo **CED**, Cumulative Energy Demand, che permette il calcolo dell' Emblodied Energy [Fig. 8.8].

Fase produttiva	Descrizione materiali	Quantità	Macchinari per la lavorazione				Altro	SCARTI INSERITI
		t/kg l m^3	Tipo	Tempo h	Energia kW/ MWh	Diesel l		
Deposito e divisione dei tronchi	Toppi basali di pioppo	1,882 t	Pala Caricatore	0,006 0,004		0,002 0,002		
Collaudo								
Scortecciatura	Toppi basali di pioppo	1,882 t	Pala Scortecciatrice Macinatore	0,024 0,075 0,075	 16 kW 120 kW	0,008	Corteccia 8%	
Sfogliatura	Tronco scortecciato	1,732 t	Sfogliatrice + Cippatrice Affilatrice	 0,075 0,14	 154 kW 10 kW		Arrotondamento 26% Tondelli 11%	
Essiccazione + selezione sfogliati	Sfolgiato Acqua osmotizzata Vapore	1,092 t 10 m^3 1,427 t	Essiccatore Caldaia	0,075 0,075	320 kW 1,31 MWh		Perdite di peso per l'essiccazione Perdite da ritiro 5% Scarto 2%	
Giuntatura	Sfolgiato Adesivo UF	0,014 t 0,016 kg	Giuntatrice	0,26	10 kW		Scarti 30%	
Incollaggio	Sfolgiato Sfogliato giuntato Adesivo UF	0,42 t 0,014 t 90 kg /m^3						+ Residui di colla 70080 kg
Sbiancatura	Pannello composto Acqua ossigenata	0,52 t 0,75 l	Sistema di pres-satura/incollaggio	0,5	50 kW			
Pressatura	Pannello composto Vapore	0,52 t 0,38 t	Caldaia	0,5	0,35 MWh			
Stuccatura	Pannelli pressati Stucco	0,52 t 0,56 kg						
Squadratura	Pannelli stuccati	0,521 t	Squadratrice	0,095	27 kW		Scarti 6%	+Residui squadratura 1879860 kg
Calibratura e levigatura	Pannelli squadrati Carta vetro	0,49 t 0,014 fogli	Levigatrice	0,113	10 kW		Pannelli scarto 1% Polveri 3%	+ Carta Abrasiva 6080 kg
Imballaggio	Reggette metalliche Angolari plastici Travetti Cartone Pannello finiti	1,96 kg 0,03 kg 1,26 kg 0,45 kg 0,47 t*						+ Ceneri 620140 kg

Fig 8.7 Lavorazioni 1 m^3 di pannello VigoPly L 252x125 (Deidda,2018) con scarti.

OUTPUT			
		Esclusi Scarti (Deidda,2018)	Compresi Scarti
CED			
Non Renewable, fossil	MJ	5796,49	5923,90
Non Renewable, nuclear	MJ	516,59	517,32
Non Renewable, biomass	MJ	0,16	0,16
Renewable, biomass	MJ	85,42	85,42
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	114,26	114,26
Renewable, water	MJ	138,08	138,08

Flg 8.8 Dati di output dell'analisi ambientale con scarti confrontati con analisi ambientale Deidda,2018.

LCA COMPENSATO DI PIOPPO VIGOLUNGO CON IL RECUPERO DI ALCUNI SOTTOPRODOTTI

La linea Up di rivestimenti utilizza due sottoprodotti della produzione del compensato di pioppo: i tondelli e i residui di squadratura.
Con il software SimaPro è stato effettuato il calcolo della riduzione degli impatti ottenuta dal recupero parziale di questa tipologia di scarti.

Per poter ottenere questi risultati è stato necessario analizzare il peso degli scarti e l'effettivo recupero di questi dopo il taglio per la realizzazione dei pannelli.

Per i **tondelli** si riporta una tabella con tutti i dati raccolti, i vari pesi e densità dei campioni analizzati [Fig. 8.9].

	CAMPIONI	LUNGHEZZA	DIAMETRO	PESO i	PESO 1	PESO 2	Differenza in peso	differenza %in peso	VOLUME	DENSITA i	DENSITA 2	Differenza densità	differenza % densità
6	A	0,098	0,09	0,23	0,228	0,218	0,012	5,3%	0,00062345	368,9	349,7	19,2	5,2%
6	B	0,098	0,09	0,228	0,226	0,216	0,012	5,3%	0,00062345	365,7	346,5	19,2	5,3%
6	C	0,098	0,09	0,22	0,216	0,206	0,014	6,5%	0,00062345	352,9	330,4	22,5	6,4%
6	D	0,098	0,09	0,22	0,218	0,208	0,012	5,5%	0,00062345	352,9	333,6	19,2	5,5%
6	media	0,098	0,090	0,2	22,2%	0,2	0,0	6%	0,0006234	360,1	340,0	20,0	5,6%
2	A	0,098	0,09	0,294	0,284	0,22	0,074	26,1%	0,00062345	471,6	352,9	118,7	25,2%
2	B	0,098	0,09	0,302	0,292	0,23	0,072	24,7%	0,00062345	484,4	368,9	115,5	23,8%
2	C	0,099	0,092	0,304	0,294	0,244	0,06	20,4%	0,00065811	461,9	370,8	91,2	19,7%
2	D	0,098	0,09	0,258	0,254	0,202	0,056	22,0%	0,00062345	413,8	324,0	89,8	21,7%
2	E	0,098	0,09	0,288	0,28	0,222	0,066	23,6%	0,00062345	461,9	356,1	105,9	22,9%
2	F	0,097	0,092	0,276	0,268	0,214	0,062	23,1%	0,00064482	428,0	331,9	96,2	22,5%
2	G	0,096	0,092	0,294	0,284	0,224	0,070	24,6%	0,00063817	460,7	351,0	109,7	23,8%
2	media	0,098	0,09	0,3	27,9%	0,2	0,066	24%	0,0006336	454,6	350,8	103,8	22,8%

		LUNGHEZZA	DIAMETRO	PESO i	PESO 1	PESO 2	Differenza in peso	differenza %in peso	VOLUME	DENSITA i	DENSITA 2	Differenza densità	differenza % densità
6	media	0,098	0,090	0,225	22%	0,21	0,013	6%	0,0006234	360,1	340,0	20,0	5,6%
2	media	0,098	0,091	0,288	28%	0,22	0,066	24%	0,0006336	454,6	350,8	103,8	22,8%
differenza tra dati medi		0,0	0,0	0,1	0,1	0,01	0,053	18%	0,0000101	94,5	10,7	83,8	17%

Fig 8.9 La tabella riporta dei dati riferiti ad alcuni campioni di tondello, nello specifico si riportano i pesi e le densità prima e dopo un periodo di essiccazione in forno.

Considerando che tutti i tondelli prima della realizzazione dei pannelli vengano essiccati, si considerano, per il calcolo, i pesi dopo l'essiccamento in forno.

Nello specifico il peso medio è di 0,210 kg per 9,8 cm di tondello.

Si tiene conto che lo spezzone di tondello utilizzato per ricavare i listelli simil scandole ha una lunghezza di 30 cm, il peso considerato è di **0,758 kg**.

Per ogni spezzone una parte sarà utilizzata e una parte scartata. Nello specifico tenendo conto dei dati raccolti su tre spezzoni tagliati in listelli, il peso medio di recupero è di **0,510 kg**.

Per il calcolo della percentuale di scarto, evitato con la realizzazione dei pannelli di rivestimento esterno, sono stati utilizzati dei quantitativi annui forniti dall'azienda E.Vigolungo S.p.a.

TONDELLI	Scarto annuo in kg 9007000	t 9007
	Scarto evitato (**72%**) in kg all anno 6485040	t 6485,04
	Scarto restante (**28%**) in kg all anno 2521960	t 2521,96

Lo scarto evitato con la produzione dei pannelli è del 72% della produzione annua di tondelli. Nello specifico si recuperano circa 6485 t di questo sottoprodotto.

I tondelli non sono considerati nell'impatto del ciclo produttivo poichè attualmente non impattano come rifiuti ma vengono venduti. I pannelli di progetto non ridurrebbero l'impatto ambientale sul ciclo produttivo di E. Vigolungo S.p.a. ma sicuramente a livello economico sarebbe rilevante all'interno dell'azienda.

I **residui di squadratura** sono uno scarto che impatta notevolmente sulla produzione dal punto di vista ambientale ma anche economico, il contenuto di colla non permette l'uso dei residui come biomassa ma devono essere necessariamente smaltiti.

Si riporta la tabella [Fig 8.10] in cui sono riportati i dati raccolti su 31 campioni di residui di squadratura prelevati in azienda; per ognuno di loro sono stati calcolati i cm recuperabili e il quantitativo che resterebbe uno scarto.

Nello specifico il peso medio di un residuo di squadratura risulta essere **0,670 kg.**
Un'analisi di ogni campione ha permesso il calcolo della larghezza di recupero di ogni residuo, risulta essere in media **2,5 cm** con un peso medio di **0,310 kg**.

	Lunghezza	Spessore	Larghezza	Peso totale	Larghezza di recupero
1	195	1,5	7,5	0,824	3
2	195	1,5	6,5	0,552	2,5
3	195	1,5	2	0,236	0
4	195	1,5	6	0,764	3
5	195	1,5	6,5	0,824	2,5
6	195	1,5	6,5	0,72	2,5
7	195	1,5	4	0,374	1,5
8	195	1,5	6	0,636	1,5
9	195	1,5	8,5	0,824	3
10	195	1,5	7	0,774	3
11	195	1,5	3	0,254	0
12	195	1,5	5	0,502	1,5
13	195	1,5	6	0,688	3,5
14	195	1,5	4	0,394	0
15	195	1,5	3	0,24	0
16	195	1,5	6	0,708	2
17	195	1,5	7	0,742	2
18	195	1,5	8	0,604	3
19	195	1,5	7	0,834	3,5
20	195	1,5	7	0,783	3
21	195	1,5	8	0,888	3
22	195	1,5	7,5	0,744	2,5
23	195	1,5	7	0,752	1,5
24	195	1,5	6	0,696	2,5
25	195	1,5	8	0,734	2,5
26	195	1,5	8,5	0,85	4
27	195	1,5	7,5	0,87	2,5
28	195	1,5	6	0,736	2
29	195	1,5	8	0,64	2
30	195	1,5	8	0,96	2,5
31	195	1,5	6	0,646	2,5

Fig 8.10 Tabella riportante pesi e larghezza di recupero di 31 campioni di residui di squadratura

Come per i tondelli, l'azienda ha fornito i quantitativi annui di residui di squadratura prodotti e successivamente smaltiti.

RESIDUI DI SQUADRATURA		
	Scarto annuo in kg 1879860	t 1878,9
	Scarto evitato (**31%**) in kg all' anno 582756,6	t 582,8
	Scarto restante (**69%**) in kg all' anno 1297103,4	t 1297,1

Lo scarto evitato con la produzione dei pannelli di rivestimento interno è del 31% della produzione annua. Nello specifico si recuperano circa 582,8 t di questo sottoprodotto.

Il recupero del 31% comporta una riduzione degli impatti ambientali (come si potrà vedere nelle pagine seguenti) ma anche una convenienza economica per l'azienda: i costi di smaltimento diminuirebbero.
Considerando che il costo per lo smaltimento per l'azienda di aggira attorno ai 15 €/t:

€ totali annui smaltimento (2017)
28197,9
€ totali annui smaltimento con recupero
19456,6
€ totali annui risparmiati
8741,4

Recuperati i dati necessari si è potuto procedere con il calcolo dell'Embodied Energy dopo il recupero degli scarti. Si riporta il dato totale in Mj di Embodied Energy del compensato di pioppo confrontato con il dato ottenuto con gli scarti ridotti. Si precisa che il dato confrontato è il "Non Rewenable, fossil" poichè i restanti Non Rewenable, nuclear e biomass risultano essere molto ridotti da non essere considerati.

Come precedente detto, i tondelli non sono considerati nel processo produttivo poichè già venduti dall'azienda; quindi la riduzione dell'impatto ambientale riportata in seguito è totalmente causata dalla riduzione del 31% dei residui di squadratura.

LCA compensato di pioppo con scarti		
Non Rewenable, fossil	MJ	5927,90
LCA compensato di pioppo con scarti recuperati		
Non Rewenable, fossil	MJ	5761,16
Riduzione in MJ		
Non Rewenable, fossil	MJ	**162,74**

I risultati ottenuti da questa analisi sull'intero ciclo produttivo risultano essere soddisfacenti. I residui di squadratura, in particolar modo, comportano una rilevante riduzione dell'Embodied Energy dell'intero ciclo produttivo del compensato di pioppo pari all' 1% del totale. Una percentuale importante considerando che si interviene su una piccola parte della produzione, in particolare su un solo scarto.

Inoltre, si considera interessante anche l'impatto economico che la vendita di tondelli e residui di squadratura per la produzione della Linea Up, o la produzione stessa da parte dell'azienda, avrebbe sull'azienda.

Nel prossimo paragrafo si riportano gli impatti ambientali del singolo pannello della linea Up.

8.4 Analisi ambientale a scala di prodotto: LCA pannelli Linea Up

Dopo l'analisi sul ciclo produttivo, risultata soddisfacente per i risultati ottenuti, si è deciso di approfondire anche ogni pannello della Linea Up.
Su ogni pannello è stata effettuata l'LCA. Si precisa che tutti i dati utilizzati sono stati reperiti dai database del software, l'analisi risulta quindi indicativa.

OBIETTIVI E SCOPI

L'obiettivo dell'analisi è quello di evidenziare l'impatto ambientale di ogni rivestimento ricavato da materia prima di scarto proveniente dall'azienda E. Vigolungo S.p.a. e assemblato totalmente a secco.

Vengono analizzati nello specifico:
I rivestimenti esterni
- **Square,** di dimensioni 27,5x30 cm spessore 2 cm
- **Shingles**, di dimensioni 30x55 cm spessore 2 cm

I rivestimenti interni
- **Flat**, 60x80 cm spessore 1,5 cm
- **Groove**, 60x80cm spessore 2,5 cm
- **Wave**, 60x78cm con spessore 2,5 cm
- **Hole** 60x80cm con spessore 2,5 cm

Lo scopo è confrontare l'impatto di questi rivestimenti con altri rivestimenti presenti sul mercato.

UNITÀ FUNZIONALE

L'unità funzionale scelta è il pannello stesso.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Le analisi comprendono tutta la fase di produzione del pannello. I macchinari utilizzati per la produzione, e quindi utilizzati nelle analisi, sono da banco, quindi l'ipotetica produzione della linea di rivestimenti a livello industriale comporterebbe una notevole riduzione dei tempi di produzione e degli impatti.

I macchinari utilizzati per la realizzazione dei rivestimenti, sono :
- Sega a nastro per i tagli, **3 kW**;
- Trapano per i fori, **710 W**;
- Compressore per il trattamento con impregnante ad acqua. **1,5 kW**.

Il processo produttivo dei **rivestimenti esterni** è diviso, nell'analisi, in tre fasi:

1- Taglio: in questa fase i tondelli vengono tagliati mediante sega a nastro;
2- Verniciatura: ogni scandola viene trattata con impregnante ad acqua mediante compressore;
3- Assemblaggio: la fase di assemblaggio comprende le viti necessarie per il fissaggio dei pannelli in cantiere.

Si riportano le tabelle con le lavorazioni e i dettagli per ognuna:

SQUARE

		Descrizione	Quantità	Lavorazioni		
			kg	Macchinario	Durata h	Energia kW
1	Taglio	Spezzone tondello di 30 cm		Sega a nastro	0,05	0,123
2	Verniciatura	Impregnante ad acqua	0,02			
		48 listelli		Compressore	0,02	0,03
3	Assemblaggio	4 viti	0,056			

8.11 Lavorazioni e quantità pannello Square

SHINGLE

		Descrizione	Quantità	Lavorazioni		
			kg	Macchinario	Durata h	Energia kW
1	Taglio	Spezzone tondello di 30 cm		Sega a nastro	0,1	0,246
2	Verniciatura	Impregnante ad acqua	0,04			
		48 listelli		Compressore	0,05	0,06
3	Assemblaggio	2 viti	0,028			

8.12 Lavorazioni e quantità pannello Shingle

Il processo produttivo dei **rivestimenti interni** è diviso, nell'analisi, in tre fasi:

1- Taglio: in questa fase i residui di squadratura vengono tagliati a 1,5, 2 e 2,5 cm;
2- Foratura: su ogni listello vengono fatti da 1 a 3 fori necessari per l'assemblaggio;
3- Verniciatura: ogni listello viene trattato con impregnante ad acqua mediante compressore;
4- Assemblaggio: la fase di assemblaggio comprende le barre filettate, i dadi autobloccanti le rondelle e le viti necessarie per l'assemblaggio e il fissaggio del pannello

Si riportano le tabelle con le lavorazioni e i dettagli per ogni tipologia di pannello progettato:

FLAT

		Descrizione	Quantità	Lavorazioni		
				Macchinario	Durata	Energia
			kg		h	kW
1	Taglio	48 residui di squadratura		Sega a nastro	0,45	2,25
2	Foratura	144 fori		Trapano	0,15	0,18
3	Verniciatura	Impregnante ad acqua	0,06			
		48 listelli		Compressore	0,2	0,49
4	Assemblaggio	3 barre filettate	0,1728			
		6 dadi	0,006			
		6 rondelle	0,005			
		6 viti	0,084			

8.13 Lavorazioni e quantità pannello Flat

GROOVE WAVE

		Descrizione	Quantità	Lavorazioni		
				Macchinario	Durata	Energia
			kg		h	kW
1	Taglio	48 residui di squadratura		Sega a nastro	0,45	2,25
2	Foratura	144 fori		Trapano	0,15	0,18
3	Verniciatura	Impregnante ad acqua	0,1			
		48 listelli		Compressore	0,2	0,49
4	Assemblaggio	3 barre filettate	0,1728			
		6 dadi	0,006			
		6 rondelle	0,005			
		6 viti	0,084			

8.14 Lavorazioni e quantità pannello Groove e Wave

HOLE

		Descrizione	Quantità	Lavorazioni		
				Macchinario	Durata	Energia
			kg		h	kW
1	Taglio	48 residui di squadratura		Sega a nastro	1	3
2	Foratura	208 fori		Trapano	0,3	0,35
3	Verniciatura	Impregnante ad acqua	0,1			
		48 listelli		Compressore	0,2	0,49
4	Assemblaggio	6 barre filettate	0,346			
		12 dadi	0,012			
		12 rondelle	0,01			
		6 viti	0,0084			

8.15 Lavorazioni e quantità pannello Hole

RISULTATI E DISCUSSIONE

Si riportano di seguito i risultati per ogni pannello della Linea Up.
Tutti i dati hanno come unità funzionale il pannello oggetto di analisi.

Pannello rivestimento esterno _ SQUARE

Output		
EPD (2013)		
Global Warming Potential (GWP 100a)	MJ	0,20
CED		
Non Renewable, fossil	MJ	2,59
Non Renewable, nuclear	MJ	0,53
Non Renewable, biomass	MJ	0
Renewable, biomass	MJ	0,07
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	0,07
Renewable, water	MJ	0,22

Fig 8.16 Risultati LCA pannello SQUARE

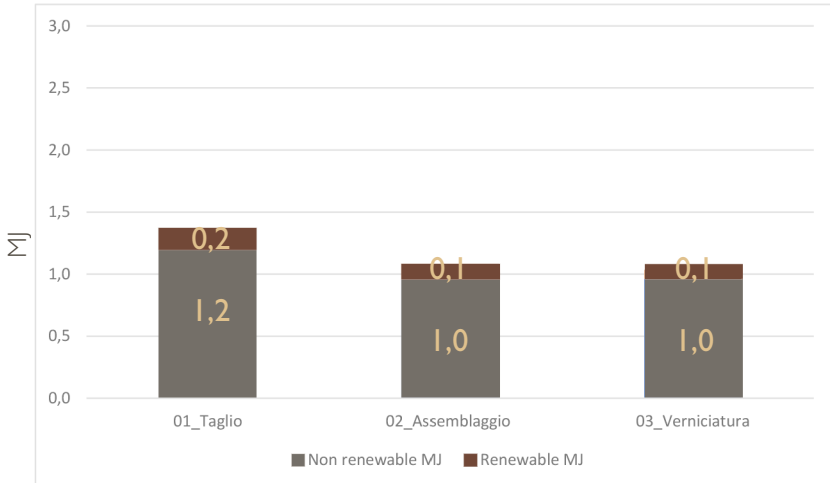


Fig 8.17 Grafico riferito a un pannello Square CED, MJ.

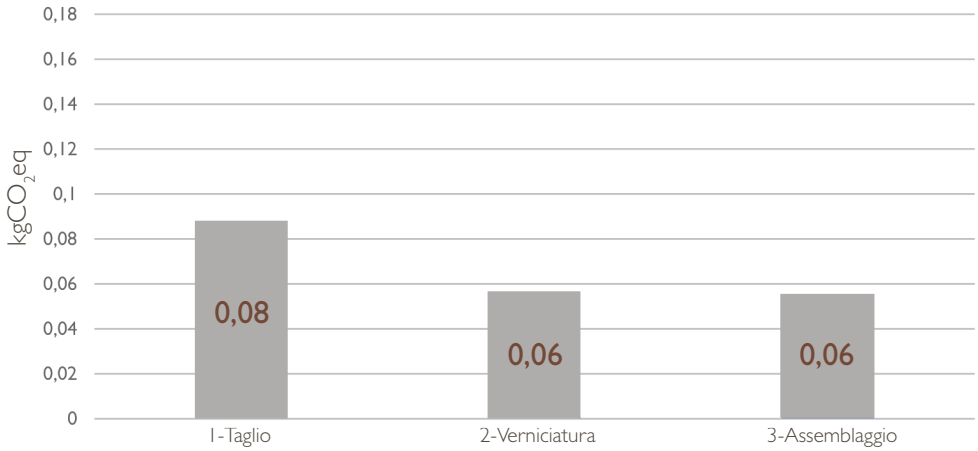


Fig 8.18 Grafico riferito a un pannello Square EPD (2013).

Pannello rivestimento esterno _ SHINGLE

Output		
EPD (2013)		
Global Warming Potential (GWP 100a)	MJ	0,30
CED		
Non Renewable, fossil	MJ	4,03
Non Renewable, nuclear	MJ	0,67
Non Renewable, biomass	MJ	0
Renewable, biomass	MJ	0,04
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	0,11
Renewable, water	MJ	0,37

Fig 8.19 Risultati LCA pannello SQUARE

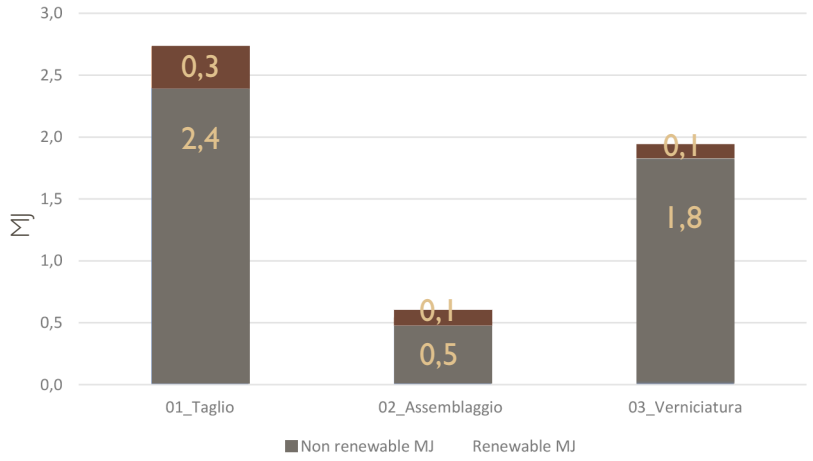


Fig 8.20 Grafico riferito a un pannello Shingle CED, MJ.

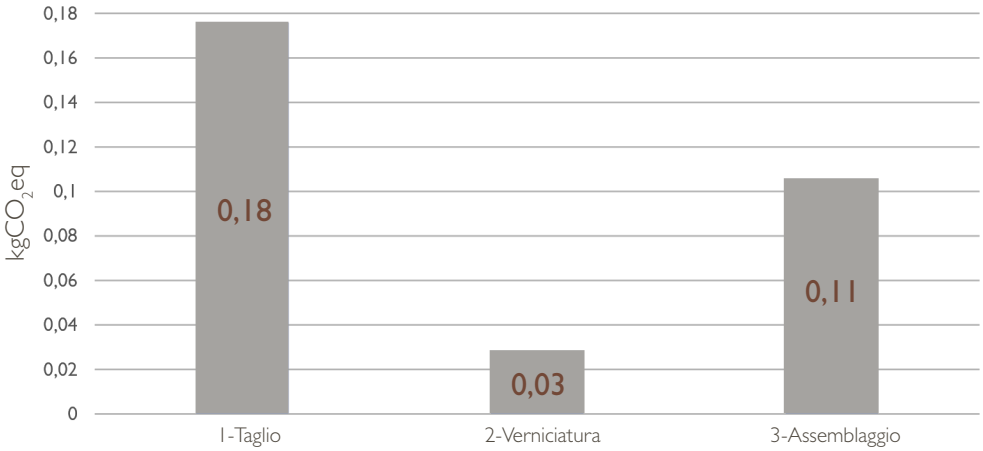


Fig 8.21 Grafico riferito a un pannello Shingle EPD (2013).

I risultati riportati in entrambi i casi evidenziano la fase di taglio come la più impattante.

- CED: Per il pannello Square l'Embodied Energy delle tre fasi risulta essere quasi equivalente, con una prevalenza della fase di taglio.

Il grafico riportato [Fig 8.22] evidenzia i MJ Non Renewable, fossil dei due rivestimenti a confronto: l'impatto del pannello Shingle risulta quasi il doppio del pannello Square.

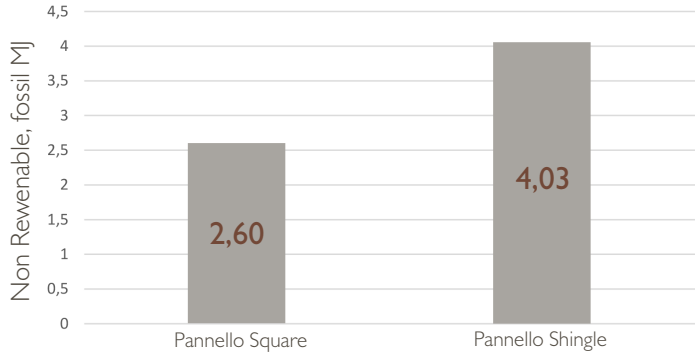


Fig 8.22 Confronto tra i risultati di Non Rewenable, fossil dei due pannelli

-EPD,2013: i valori di kg CO_2eq, come si può notare nel grafico riportato sotto [Fig 8.23], il valore totale del pannello Shingle risulta più alto del pannello di rivesimento Square.

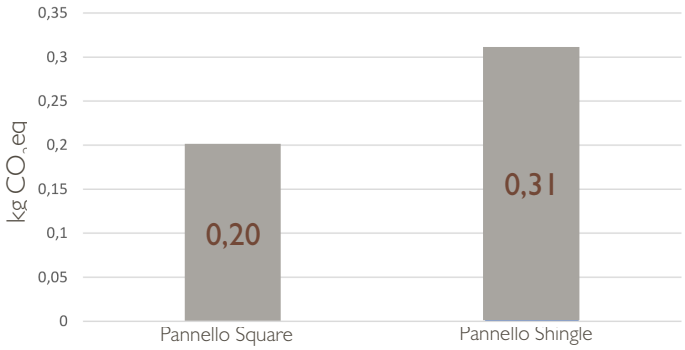


Fig 8.23 Confronto tra i risultati di CO_2eq tra i pannelli di rivestimento esterno

Pannello rivestimento interno _ FLAT

Output		
EPD (2013)		
Global Warming Potential (GWP 100a)	MJ	2,37
CED		
Non Renewable, fossil	MJ	28,57
Non Renewable, nuclear	MJ	5,25
Non Renewable, biomass	MJ	0
Renewable, biomass	MJ	0,30
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	0,98
Renewable, water	MJ	3,28

Fig 8.24 Risultati LCA pannello FLAT

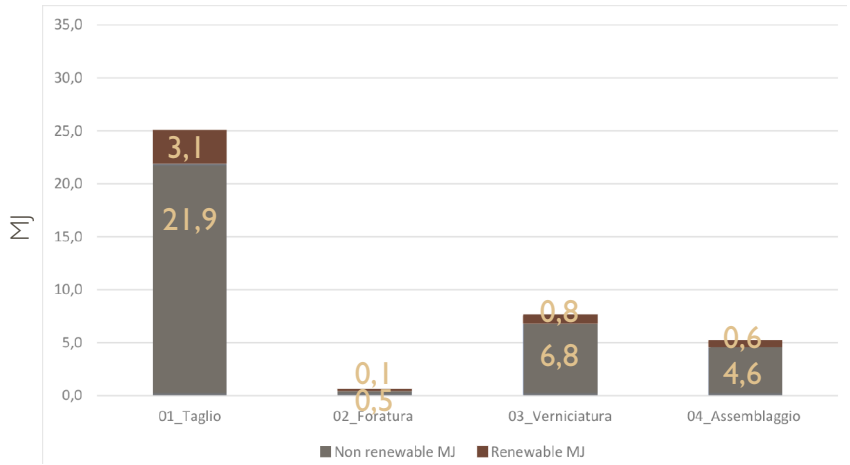


Fig 8.25 Grafico riferito a un pannello Flat CED, MJ.

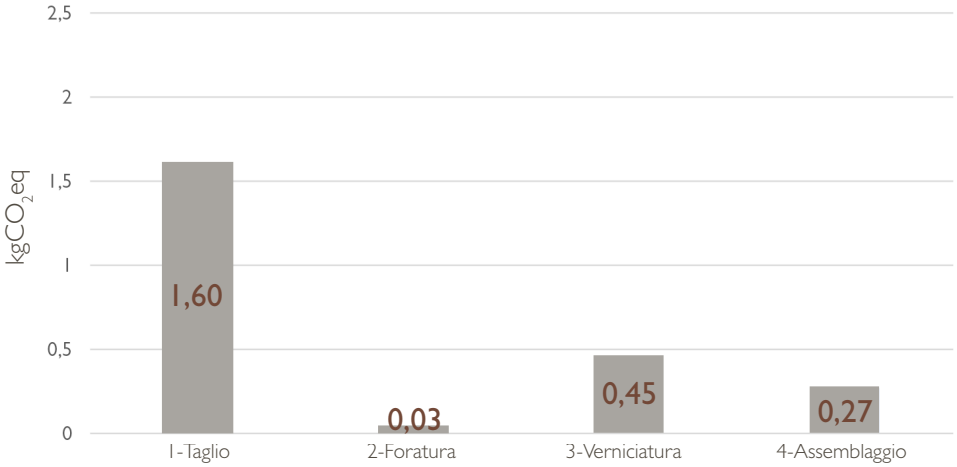


Fig 8.26 Grafico riferito a un pannello Flat EPD (2013).

Pannello rivestimento interno _ GROOVE e WAVE

Output		
EPD (2013)		
Global Warming Potential (GWP 100a)	MJ	2,33
CED		
Non Renewable, fossil	MJ	29,6
Non Renewable, nuclear	MJ	5,36
Non Renewable, biomass	MJ	0
Renewable, biomass	MJ	0,32
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	0,99
Renewable, water	MJ	3,20

Fig 8.27 Risultati LCA pannello GROOVE e WAVE

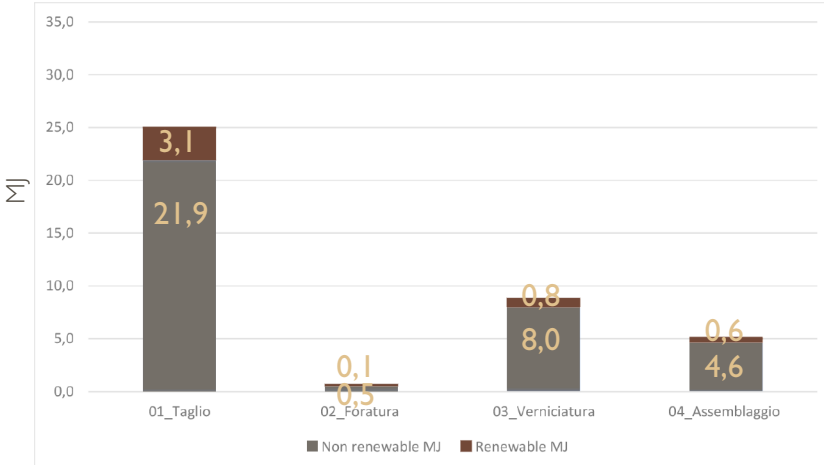


Fig 8.28 Grafico riferito a un pannello Groove e Wave CED, MJ.

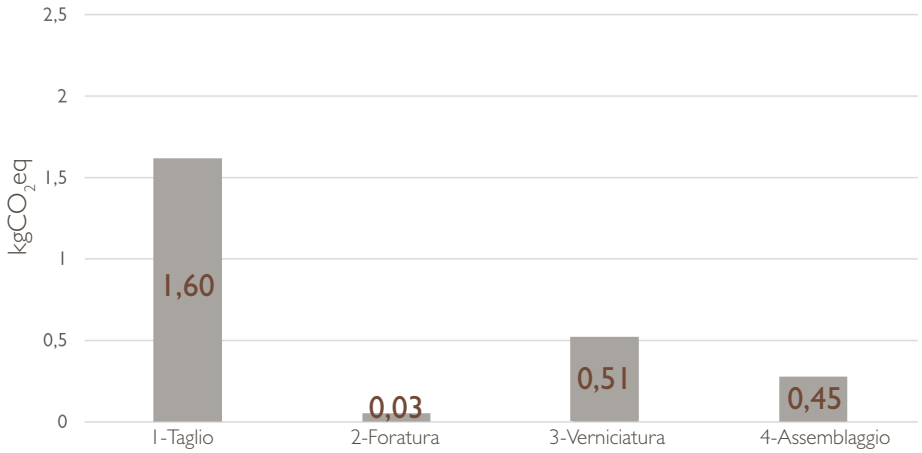


Fig 8.29 Grafico riferito a un pannello Flat EPD (2013).

Pannello rivestimento interno _ HOLE

Output		
EPD (2013)		
Global Warming Potential (GWP 100a)	MJ	3,18
CED		
Non Renewable, fossil	MJ	38,65
Non Renewable, nuclear	MJ	7,28
Non Renewable, biomass	MJ	0
Renewable, biomass	MJ	0,51
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	1,20
Renewable, water	MJ	4,19

Fig 8.30 Risultati LCA pannello HOLE

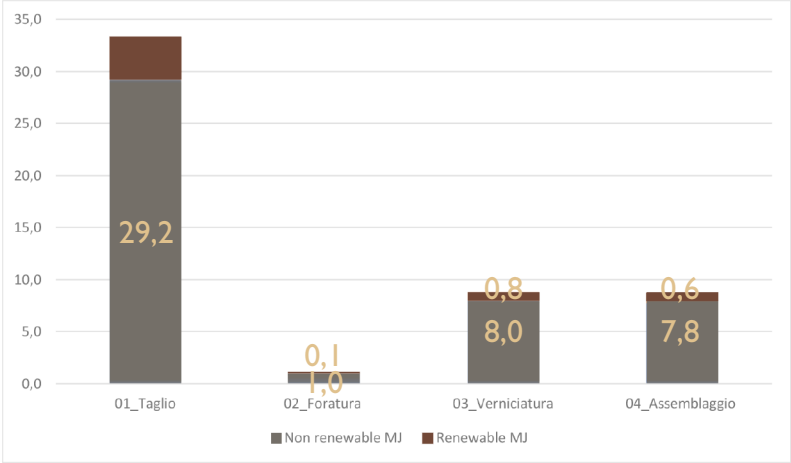


Fig 8.31 Grafico riferito a un pannello Hole CED, MJ.

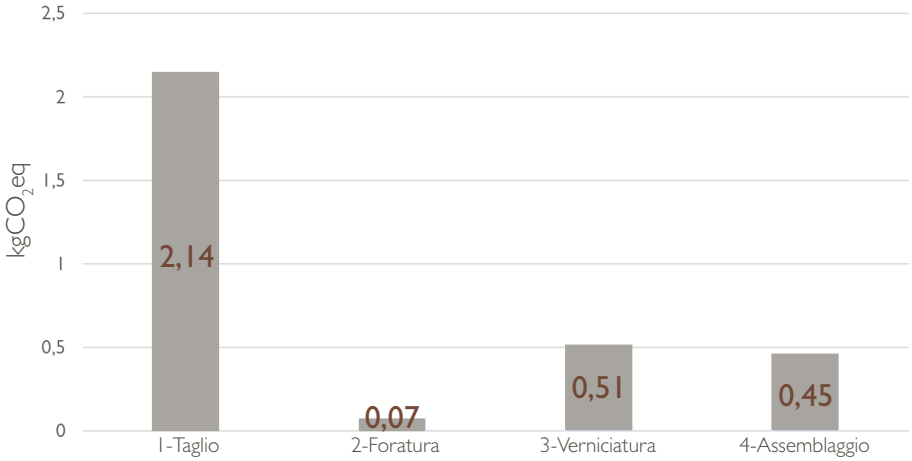


Fig 8.32 Grafico riferito a un pannello Flat EPD (2013).

Come nel caso dei rivestimenti esterni, la prima fase (la fase di taglio) risulta essere la più impattante.

Nello specifico:
- CED: Nei tre casi, l'assemblaggio a secco permette di ottenere dei risultati in MJ molto ridotti. Nello specifico in tutti i pannelli di rivestimento interno, il taglio risulta essere la fase a maggior impatto. Nel pannello Hole, la necessità di più tagli, fori e di più materiale di assemblaggio, ne causa il risultato più alto tra i tre pannelli (come si evidenzia nel grafico riportato nella Fig. 8.33).

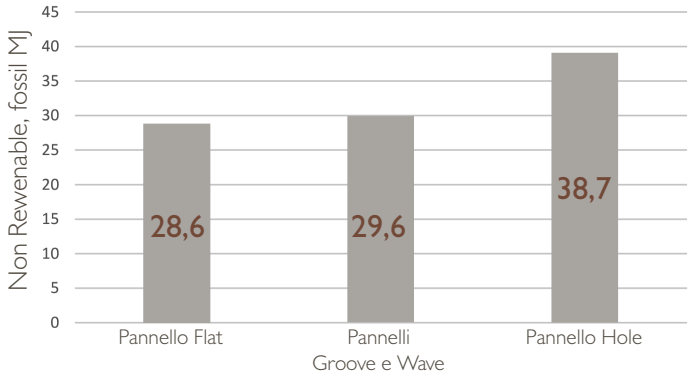


Fig 8.33 Confronto tra i risultati di Non Rewenable, fossil dei tre pannelli

-EPD,2013: il grafico contenente i valori totali ottenuti con il metodo EPD,2013 evidenzia come il pannello Hole anche in questo caso risulta avere un impatto maggiore.

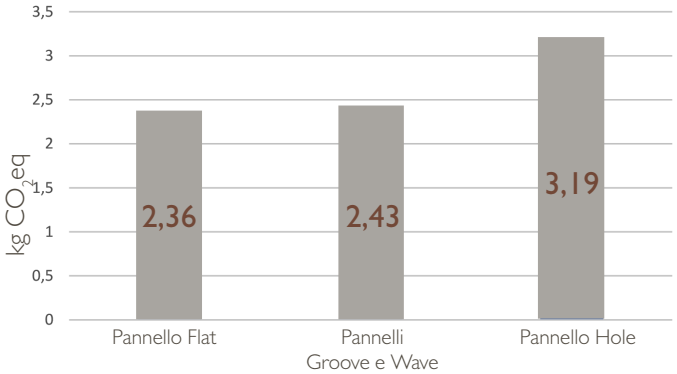


Fig 8.34 Confronto tra i risultati di CO_2eq tra i pannelli di rivestimento interno

COMPARAZIONE DELL' IMPATTO AMBIENTALE DEI PANNELLI DELLA LINEA UP CON PANNELLI PRESENTI SUL MERCATO.

In questa sezione vengono riportati dei confronti indicativi tra i risultati di questa tesi e le EPD di alcuni pannelli presenti sul mercato. Il ciclo produttivo considerato in questa tesi è artigianale, costituito da macchinari da banco e tempistiche più lunghe di una produzione industriale.

Per un'analisi più accurata sarebbe necessario un confronto tra produzioni industriali e tra pannelli della stessa natura. I pannelli di confronto risultano essere dei pannelli per interni o esterni di diverso genere con ciclo produttivo industriale, non in tutti i casi ricavati da materiali di scarto o assemblati a secco.

Si riportano alcune indicazioni dei pannelli di confronto ricavate dalle relative Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD).

Rivestimenti esterni
Pannelli James Hardie

L'azienda produttrice di questi pannelli è leader in Europa per la produzione di fibrocemento. Nell'analisi sono considerati pannelli 300x240x0,9 cm caratterizzati da un'alta resistenza agli urti, un'alta efficienza energetice a da una bassa tossicità. I pannelli sono progettati per un ridotto impatto ambientale. L'unità funzionale dell'analisi è il m^2.

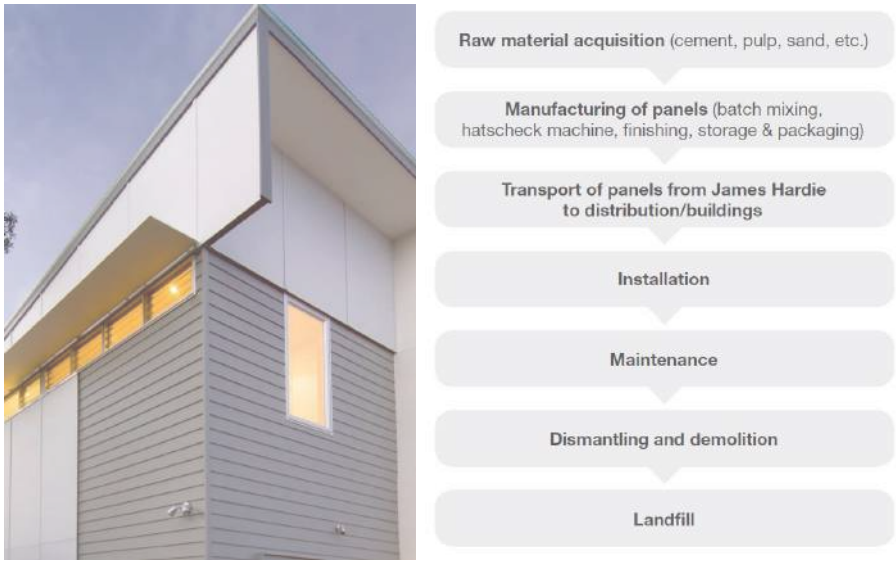


Fig 8.35 Immagine applicazione del rivestimento in fibrocemento e ciclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto.

Potential environmental impacts of 1m² installed ComTex® facade panel 9mm

	A1-3	A4	A5	B2	C1	C2	C4
GWP (kgCO2 eq)	9.49E+00	2.31E+00	2.46E+00	1.87E+00	2.03E-01	5.63E-02	2.99E-01
ODP (kgCFC11 eq)	1.01E-07	8.74E-08	8.61E-08	1.39E-07	3.69E-10	1.35E-11	2.51E-08
AP (kgSO2 eq)	2.31E-02	5.79E-03	8.92E-03	1.48E-02	4.27E-04	1.27E-04	1.22E-03
EP (kgPO43- eq)	5.86E-03	1.48E-03	2.26E-03	3.81E-03	1.35E-04	2.71E-05	3.05E-04
POCP (kgC2H2 eq)	3.03E-03	3.76E-04	9.35E-04	1.12E-03	1.51E-05	8.05E-06	7.48E-05
ADPE (kgSb eq)	2.49E-06	6.09E-06	4.68E-06	1.25E-05	1.91E-07	1.25E-09	1.22E-06
ADPF (MJ)	9.57E+01	3.68E+01	3.79E+01	3.01E+01	2.29E+00	8.28E-01	4.33E+00

GWP = Global Warming Potential, ODP = Ozone Depletion Potential, AP = Acidification Potential, EP = Eutrophication Potential, POCP = Photochemical Oxidant Formation Potential, ADPE= Abiotic Resource Depletion Potential – Elements, ADPF = Abiotic Resource Depletion Potential – Fossil Fuel

Fig 8.36 Risultati categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello James Hardie

I risultati necessari per il confronto con i pannelli di rivestimenti esterni di progetto sono evidenziati nella Fig 8.36. L'impatto Abiotic depletion (ADP fossil) totale per i pannelli James Hardie è **95,7 MJ**.

Pannelli della Norwegian Wood Industry Federation

I pannelli di rivestimento esterno sono costituiti da materia prima legno e trattati con impregnanti ad acqua sintetici.
L'unità funzionale dell'analisi è il m^2.

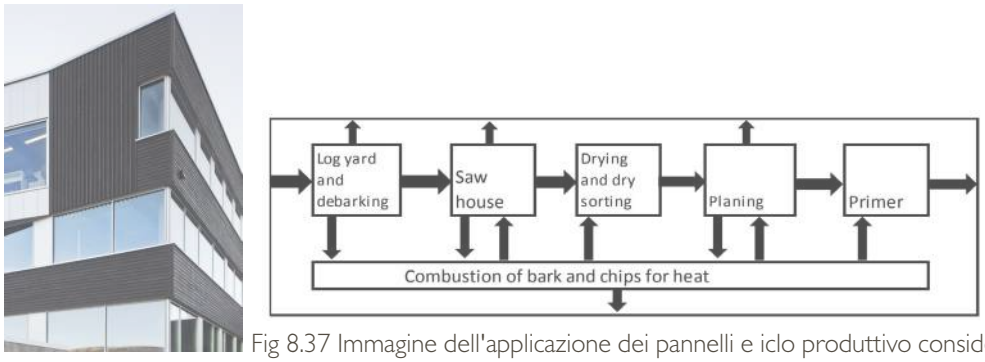


Fig 8.37 Immagine dell'applicazione dei pannelli e iclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto.

Environmental impact

Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
GWP	kg CO_2 -eqv	-1,10E+01	2,12E-01	8,21E-01	MNA	2,92E+00	5,23E-01	0,00E+00	0,00E+00
ODP	kg CFC11-eqv	1,55E-07	3,41E-08	1,18E-07	MNA	3,34E-07	3,59E-08	0,00E+00	0,00E+00
POCP	kg C_2H_4 -eqv	5,60E-04	2,67E-05	2,31E-04	MNA	9,65E-04	9,42E-05	0,00E+00	0,00E+00
AP	kg SO_2 -eqv	8,77E-03	8,23E-04	4,25E-03	MNA	1,77E-02	1,72E-03	0,00E+00	0,00E+00
EP	kg PO_4^{3-}-eqv	1,84E-03	1,68E-04	5,85E-04	MNA	1,45E-03	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00
ADPM	kg Sb-eqv	3,80E-06	6,06E-07	5,01E-06	MNA	6,67E-06	1,01E-06	0,00E+00	0,00E+00
ADPE	MJ	1,79E+01	3,16E+00	1,19E+01	MNA	4,75E+01	3,83E+00	0,00E+00	0,00E+00

Fig 8.38 Risultati categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello Norwegian Wood Industry Federation

I risultati necessari per il confronto con i pannelli di rivestimenti esterni sono evidenziati nella Fig 8.38. L'impatto Abiotic depletion (ADP fossil) totale per i pannelli della Norwegian Wood Industry Federation è **17,9 MJ**. Si precisa che nel ciclo produttivo di questa tipologia di pannello è prevalentemente utilizzata energia da fonti rinnovabili.

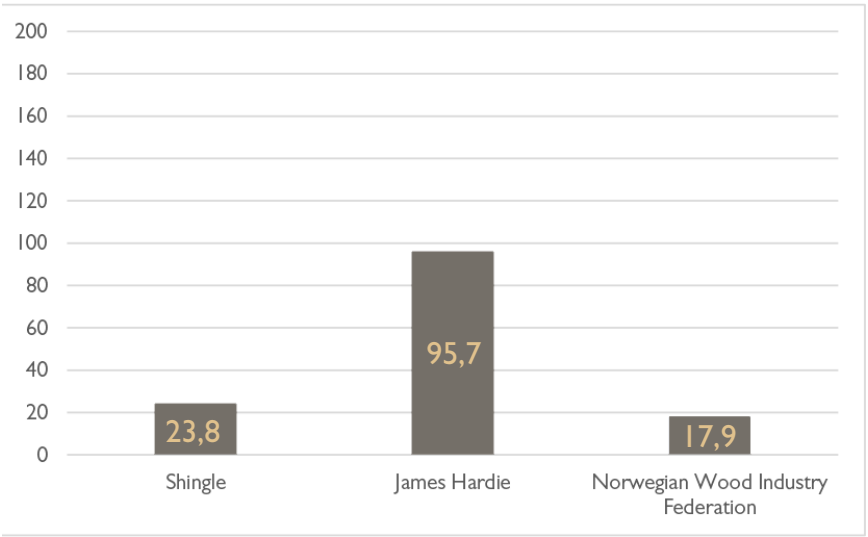
Per la comparazione con i due pannelli di rivestimento esterno già presenti sul mercato, James Hardie e il pannello della Norwegian Wood Industry Federation, è stato selezionato il pannello di rivestimento esterno SHINGLE della LineaUP poichè risulta avere l'impatto maggiore tra i rivestimenti esterni.

La comparazione avverrà sulla categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ).
Il dato ottenuto dall'LCA sui pannello SHINGLE ha come unità funzionale il pannello stesso, si è ritenuto opportuno riferirlo al m^2 per facilitare la comparazione con gli altri pannelli.

Nella valutazione ambientale effettuata sui pannelli di progetto non si è tenuto in considerazione la fase di imballaggio considerata invece nei pannelli di confronto. Si è cosi calcolata la percentuale di incidenza dell'imballaggio sul totale della produzione di compensato di pioppo dai dati della Fig 8.7 di questo capitolo per poter considerarla anche nei risultati dei pannelli.

La percentuale dell'imballaggio è risultata dell'1,47% sulla produzione.

L'Embodied Energy del pannello SHINGLE risulta essere 4,03MJ a cui sommata la percentuale d'imballaggio, si ottiene 4,08 MJ riferito al singolo pannello.
Questo dato se riferito al m^2 permette di ottenere il dato necessario per la comparazione che risulta essere 23,8 MJ.
Si riporta nel grafico riportato sotto la comparazione degli impatti dei pannelli SINGLE, James Hardie e il pannello della Norwegian Wood Industry Federation.



Dal grafico e dallo studio delle EPD dei pannelli di confronto si evince che il valore del pannello di progetto risulta essere nella media dei pannelli presenti sul mercato. Il grafico evidenzia un impatto molto ridotto, anche se molto vicino al pannello SHINGLE, del pannello della Norwegian Wood Industry Federation;i valori delle energie rinnovabili per questo pannello risultano molto alti.
La ricerca di questa tesi potrebbe in futuro continuare ipotizzando all'interno del processo produttivo dei pannelli anche le energie rinnovabili.

Rivestimenti interni
Pannelli CELENIT

I pannelli CELENIT sono costituiti da legno di abete rosso proveniente da foreste a gestione sostenibile e da leganti minerali, cemento Portland e polvere di marmo.
Le fibre di legno vengono sottoposte a trattamento mineralizzante che ne annulla i processi di deterioramento e ne aumenta le resistenza al fuoco. Successivamente le fibre vengono rivestite da cemento Portland e legate sotto pressione. Si riportano i dati necessari per il confronto estrapolati dall'EPD dei pannelli CELENIT. L'unita funzionale è il m^2.

Fig 8.39 I pannelli CELENIT.

Fasi del ciclo di vita	GPI *module*	Informazioni sul *module*	Processi analizzati	
Fase di produzione	UPSTREAM MODULE	A1) Rifornimento delle materie prime	Estrazione e produzione delle materie prime e dei prodotti ausiliari Produzione di energia elettrica e calore utilizzati nel processo produttivo	Modulo analizzato
	CORE MODULE	A2) Trasporto al sito produttivo e trasporto interno nello stabilimento	Trasporto esterno al sito produttivo e trasporto all'interno dello stabilimento	Modulo analizzato
		A3) Produzione	Produzione del pannello di legno-cemento Trattamento dei rifiuti generati nel processo produttivo	Modulo analizzato
Fase di messa in opera	DOWNSTREAM MODULE	A4) Trasporto	Trasporto fino ad un generico centro di distribuzione	Modulo analizzato
		A5) Processo di costruzione, installazione,		Modulo non analizzato
Fase d'uso		B) Uso		Modulo non analizzato
Fine vita		C) Fine vita		Modulo non analizzato
Benefici oltre ai confini del sistema		D) Riutilizzo, riciclaggio, recupero		Modulo non analizzato

Fig 8.40 Ciclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto.

CELENIT A - AB					
Categoria d'impatto	Modulo	Spessore (m)			
		0,015	0,025	0,035	0,05
		VERNICIATI			
Abiotic Depletion (ADP fossil) [MJ]	A1	1,73E+02	1,53E+02	1,43E+02	1,33E+02
	A2	3,14E+00	2,77E+00	2,58E+00	2,41E+00
	A3	1,37E+00	1,21E+00	1,13E+00	1,05E+00
	A4	2,72E+01	2,41E+01	2,25E+01	2,10E+01
	TOT	2,04E+02	1,81E+02	1,69E+02	1,58E+02

Fig 8.41 Risultati categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion (MJ) del pannello CELENIT.

I risultati necessari per il confronto con i pannelli di rivestimenti interno sono evidenziati nella Fig 8.41. L'impatto Abiotic depletion (ADP fossil) totale per i pannelli CELENIT verniciati e con spessore 0,015 m è **177,3 MJ**.

Pannelli Ecophon Akusto One

Il sito produttivo di Saint-Gobain Ecophon (Svezia) produce controsoffitti acustici e pannelli fonoassorbenti a base di lana di vetro con legante vegetale. La lana di vetro è ricoperta da un tessuto o dipinta. I pannelli sono leggeri, stabili e facili da maneggiare e tagliare.
L'unita funzionale dell'analisi è il m^2.

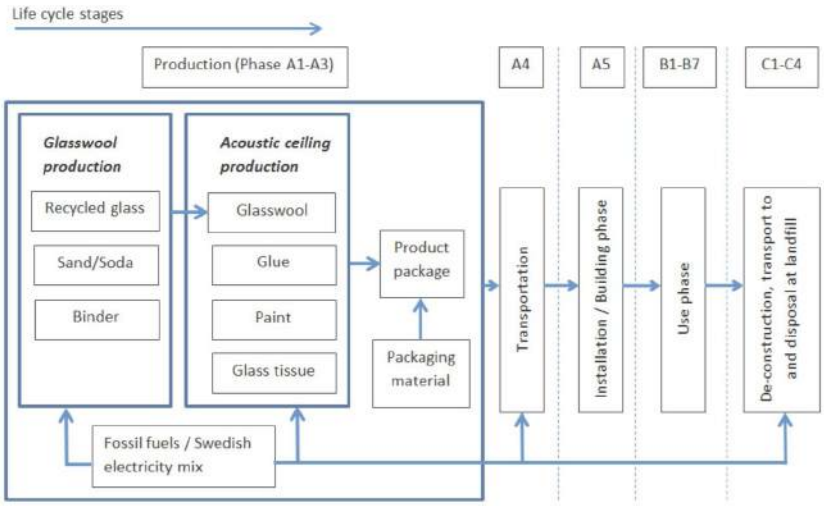


Fig 8.42 Ciclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto.

Environmental impacts

Parameters	Product stage	Construction process stage		Use stage							End-of-life stage				
	A1 / A2 / A3	A4 Transport	A5 Installation	B1 Use	B2 Maintenance	B3 Repair	B4 Replacement	B5 Refurbishment	B6 Operational energy use	B7 Operational water use	C1 Deconstruction / demolition	C2 Transport	C3 Waste processing	C4 Disposal	D Reuse, recovery, recycling
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADP-fossil fuels) - MJ/FU	9,03E +01	1,24E +01	5,40E +00	0	0	0	0	0	0	0	0	3,09E -01	0	7,38E -01	MND
Consumption of non-renewable resources, thereby lowering their availability for future generations.															

Fig 8.43 Risultati categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello Akusto One.

I risultati necessari per il confronto con i pannelli di rivestimenti interno sono evidenziati nella Fig 8.43. L'impatto Abiotic depletion (ADP fossil) totale per i pannelli Akusto One è **90,3 MJ**.

Per la comparazione con i due pannelli già presenti sul mercato, CELENIT e Akusto One, è stato selezionato il pannello di rivestimento interno HOLE della LineaUP poichè risulta avere l'impatto maggiore tra i rivestimenti.

La comparazione avverrà sulla categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ).
Il dato ottenuto dall'LCA sui pannello HOLE ha come unità funzionale il pannello stesso, si è ritenuto opportuno riferirlo al m^2 per facilitare la comparazione con i pannelli CELENIT e Akusto One.

Nella valutazione ambientale effettuata sui pannelli di progetto non si è considerata la fase di imballaggio, considerata invece nei pannelli di confronto. Si è cosi calcolata la percentuale di incidenza dell'imballaggio sul totale della produzione di compensato di pioppo dai dati della Fig 8.7 di questo capitolo per poter considerare anche nei risultati dei pannelli.

La percentuale dell'imballaggio è risultata dell'1,47% sulla produzione.

L'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello HOLE risulta essere 38,7 MJ a cui, sommata la percentuale d'imballaggio, si ottiene 39,3 MJ riferito al singolo pannello.
Questo dato riferito al m^2 permette di ottenere il dato necessario per la comparazione che risulta essere 81,9 MJ.

Si riporta nel grafico riportato sotto la comparazione degli impatti dei pannelli HOLE, CELENIT e Akusto One.

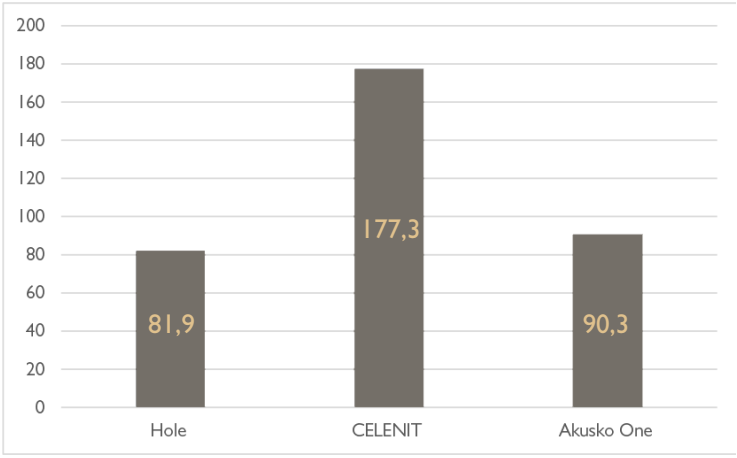


Fig 8.39 Confronto valori di Abiotic Depletion(MJ) dei pannelli HOLE, CELENIT e Akusto One.

Dal grafico si evince che il valore del pannello di progetto risulta essere conforme ai pannelli presenti sul mercato. L'utilizzo dei materiali di scarto, a 0 impatto, non risulta abbassare nettamente i valori di confronto ca causa dalla produzione artigianale utilizzata, che ne allunga i tempi di realizzazione, e alla quantità di materiale di assemblaggio necessario.
Inoltre,si precisa che il processo produttivo considerato per i pannelli della LineaUp non tiene conto dell'utilizzo di rinnovabili all'interno del ciclo produttivo che ne ridurrebbero l'impatto ambientale.

CONCLUSIONI

L'utilizzo di materiali di recupero è una pratica sempre più diffusa negli ultimi anni, la causa principale è la necessità di preservare l'ambiente e le sue risorse.

Il Codice Ambiente (D.gls 152/2006) nell'art. 184 e successive modificazioni ed integrazioni dispone che può essere qualificato come sottoprodotto un materiale od oggetto generato da un processo produttivo il cui scopo principale non sia la produzione della sostanza stessa, che il bene venga riutilizzato senza trattamenti che esulino dalla normale pratica industriale e che il bene soddisfi i requisiti specifici per l'impiego previsto e in ottemperanza alle norme sulla salute e sull'ambiente.

La ricerca condotta all'interno di questa tesi ha avuto come obiettivo principale lo sviluppo di **tecnologie a basso impatto ambientale**, per il riutilizzo di alcuni sottoprodotti della lavorazione del compensato di pioppo.

L'analisi svolta, sull'intero ciclo produttivo dell'azienda E.Vigolungo Spa, ha evidenziato la presenza di otto tipologie di prodotti di scarto: **la corteccia, il cippato, il tondello, le liste di sfogliato, i residui di colla, i residui di squadratura, la carta abrasiva e le ceneri**. L'azienda Vigolungo Spa utilizza una parte di questi prodotti come biomassa combustibile per l'alimentazione della caldaia, rivende un'altra parte per la produzione di pallet e cassette e smaltisce il rimanente in discarica come rifiuto.

I residui di colla, i residui di squadratura, la carta abrasiva e le ceneri presentano una composizione che li rende di difficile recupero, specie all'interno dell'azienda. La corteccia, il cippato, il tondello e le liste di sfogliato pur essendo utilizzati dall'azienda o rivenduti, non vengono valorizzati.

La tesi si è focalizzata sul recupero di due sottoprodotti: i tondelli e i residui di squadratura. I primi vengono rivenduti per la produzione di pallet e cassette, mentre i secondi, prodotti in quantità elevata, vengono smaltiti in discarica.

L'ambito di progetto è stato individuato in base alle necessità aziendali della E. Vigolungo Spa, alla potenziale simbiosi industriale con altre aziende del territorio e alla richiesta di mercato

Gli obiettivi di progettuali erano:

- il riciclo dei sottoprodotti in ottica di upcycling;
- l'assemblaggio a secco;
- il minimo impatto ambientale, con particolare attenzione ai materiali di finitura.

L'analisi dei sottoprodotti ha permesso la selezione dei materiali più adeguati alla funzione

di rivestimento. Il **tondello** è risultato il più idoneo per la realizzazione di rivestimenti per esterni. Costituito da solo legno, è molto versatile e adatto anche, previo trattamento, per l'esposizione ai raggi UV e agli agenti atmosferici. I **residui di squadratura** sono risultati adeguati per la realizzazione di rivestimenti interni.

La progettazione ha condotto all'ideazione della **LineaUp** che propone rivestimenti esterni, con funzione di facciata ventilata o di semplice protezione, e rivestimenti interni, con funzione di finitura e di fonoassorbimento.

I **Pannelli per esterni** studiati si distinguono in:

Il Pannello **Square**, costituito da listelli ricavati da spezzoni di tondello assemblati con viti da legno. Il supporto dell'intero rivestimento è costituito da montanti in legno.

Il Pannello **Shingle**: anche in questo caso il rivestimento è costituito da listelli ricavati dagli spezzoni di tondello assemblati a secco:. I pannelli vengono montati in sovrapposizione secondo la tipologia di montaggio dellle classiche scandole.

I **Pannelli per interni** sono stati progettati utilizzando listelli ricavati dai residui di squadratura e sono stati studiati per svolgere funzione di fonoassorbimento.
L'assemblaggio è a secco e viene eseguito tramite barre filettate, dadi e rondelle. La composizione di ciascun pannello, uguale per tutti i rivestimenti proposti, viene realizzata mediante l'impiego di listelli di larghezze e in modo tale da creare scanalature o fori. I pannelli per interni si distinguono in:

Il Pannello **Flat**, semplice e lineare, è costituito da listelli di uguali dimensioni.

Il Pannello **Groove** è stato studiato per conferire caratteristiche fonoassorbenti ed è realizzato utilizzando listelli di due diverse dimensioni per creare scanalature.

Il Pannello **Wave** è costituito da listelli di tre dimensioni diverse che si dispongono fino a creare una sezione ondulata utile a conferire caratteristiche fonoassorbenti al pannello.

Il Pannello **Hole** è assemblato in modo tale da ottenere delle aperture larghe 7 cm e alte 1,5 cm che ne aumentano le caratteristiche acustiche.

I trattamenti per legno sono stati selezionati in base alla loro eco-sostenibilità: **l'olio di lino, l'impregnante ad acqua** dell'azienda Sestriere Vernici Srl di Nichelino (TO) **e la vernice naturale** dell'azienda AURO.

Tutti i processi produttivi dei pannelli della LineaUp sono stati valutati mediante analisi **LCA**. I risultati dell'analisi evidenziano un basso impatto di tutti i pannelli dovuto al semplice ciclo produttivo costituito da taglio, assemblaggio e verniciatura, e alla materia prima legnosa utilizzata, uno scarto che non influisce sull'analisi.

Dal confronto dei risultati, il pannello per rivestimenti interni Hole risulta quello a impatto maggiore, pur essendo molto ridotto a causa delle numerose operazioni di taglio e dell'impiego di un maggior numero di barre filettate, dadi e rondelle per l'assemblaggio. Si precisa che i pannelli sono stati valutati considerando un ciclo produttivo artigianale, costituito da macchinari da banco e con tempi di lavorazione molto più lunghi di quelli che si avrebbero a livello industriale.

La disponibilità dei laboratori CREA-Centro di Ricerca Foreste e Legno di Casale Monferrato (AL), e il LASTIN-Laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi del Politecnico di Torino ha permesso la realizzazione dei **prototipi**.

Presso il Dipartimento di Energia DENERG del Politecnico di Torino si è svolta la caratterizzazione acustica dei pannelli in camera anecoica. Le prove sono state effettuate sui pannelli Groove, Wave e Hole, avvalendosi di due supporti in legno che, posti sul retro dei rivestimenti, hanno simulato intercapedini di 3 cm e 5 cm, e di un pannello fonoassorbente costituito da scarti di produzione tessile fornito dall'azienda Sfilacciatura Negro Biella S.r.l.

Il pannello Hole (costituito da fori) è stato valutato in associazione al pannello di scarti tessili. evidenziando un **coefficiente di assorbimento ponderato α_w** pari a 0,55 alle alte frequenze,

Infine è stata valutata l'incidenza del recupero dei sottoprodotti sugli impatti dell'intero ciclo produttivo del compensato di pioppo della E. Vigolungo Spa, mediante analisi LCA e software SimaPro, definiti in una precedente tesi.

L'analisi ha evidenziato come il recupero del 30% dei residui di squadratura, prodotti annualmente, porta a una riduzione riduzione dell'energia primaria pari a 162,74 MJ, pari all'1% dell'intero ciclo produttivo.

A livello economico l'azienda risparmierebbe circa 9000 euro all'anno di costi di smaltimento per i residui di squadratura. Un potenziale investimento dell'azienda per la produzione della LineaUp, risulterebbe avere costi moderati dovuti al solo acquisto dei macchinari per il taglio e la verniciatura e i materiali di assemblaggio.

Sarebbe interessante proseguire questa ricerca con uno studio economico per valutare gli utili che la E. Vigolungo Spa potrebbe ricavare dalla vendita dei pannelli della lineaUp o dei sottoprodotti ad aziende del cuneese interessate alla produzione della linea.

Nell'ottica di una maggior sostenibilità ambientale e di un risparmio economico risulterebbe infine interessante estendere la progettazione "circolare" a tutti i sottoprodotti del processo produttivo del compensato di pioppo.

BIBLIOGRAFIA

TESTI E ARTICOLI

Abate-Daga A. Tesi di laurea, Valutazione e confronto delle caratteristiche tecnologiche del legno di nuovi cloni di pioppo. Rel. Zanuttini R, Università degli Studi di Torino, Torino, 2011.

Ali T, Kose G, Panov D, Terziev N, Alma M H, Palanti S, Akbas S. Effect of Bio-oil and Epoxidized Linseed Oil on Physical, Mechanical, and Biological Properties of Treated Wood. J. Appl. Polym. Sci., 2013; 130.3: 1562-569.

Altamura P. Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Franco Angeli, Milano, 2015.

Baldo G, Marino M, Rossi S. Analisi del ciclo di vita LCA. Edizioni Ambiente, Milano, 2008.

Bazzocchi F. Facciate Ventilate Architettura Prestazioni e Tecnologia. Alinea Editrice s.r.l., Firenze, ottobre 2002.

Berti S, Piazza M, Zanuttini R. Strutture di legno per un'edilizia sostenibile. Il Sole 24 ore, Milano, 2002.

Bruntland Report. Our Common Future, Word Commission on Environment and Development. Nazioni Unite, 1967.

Callegari G, Zanottini R. Boislab. Il legno per un'architettura sostenibile. Alinea Editrice, Firenze, 2010.

Carević I, Štirmer N, Pečur IB, Milovanović B, Baričević A, Rukavina MJ. Potential of use wood biomass ash (WBA) in the cement composites. 1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future. University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Zadar, Croatia, April 2017; 19-21.

Caruso I. Riusare senza rifiutare. I rifiuti come innovazione tecnologica per l'edilizia nei pvs (e non solo). Doctoral thesis, Politecnico di Torino, Torino 2013.

Castro G, Fragnelli F, Zanuttini R. La pioppicoltura e il compensato di pioppo dell'industria italiana. Lampi di stampa, Vignate, Milano, 2014.

Castro G, Zanuttini R. I moderni pannelli a base legno. Slide per AGROSELVITER, Dipartimento di agronomia, selvicoltura e gestione del territorio, Università di Torino, Torino.

Catani A. Scheda 2, L 'involucro edilizio: requisiti e strategie progettuali. Mondadori, Milano.

Cimino F. Preparazione di compositi rinforzati con fibre Naturali destinati ad applicazioni nell'edilizia ecosostenibile. Tesi di dottorato, Politecnico di Torino, Torino, 27 novembre 2009.

Coni Comitato Regionale Toscana. Linee guida sugli edifici in legno di supporto alle associazioni sportive. Edizione Regione Toscana 2011.

Cope B.C. Adhesive classification in Packham D. E. Handbook of Adhesion Second Edition, England 2005; 25-28.

Corinaldesi V, Mazzoli A, Siddique R. Characterization of lightweight mortars containing wood processing by-products waste. Construction and Building Materials, 2016; 123: 281–289.

Cox T J, D'Antonio P. Acoustic Absorbers and Diffusers. Theory, design and application. Second edition. Taylor & Francis, New York, 2009.

Deidda A. Tesi di laurea, Il pioppo come materia prima per l'edilizia. Studio ed elaborazione degli impatti dalla coltura alla produzione di un pannello di compensato, con metodologia LCA. Rel. Pagliolico SL, Politecnico di Torino, Corso di laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile, Torino, marzo 2018.

Duval A, Rondeau J F, Dejaeger L, Sgard F, Atalla N. Diffuse field absoption coefficient simulation of porous materials in small reverberant rooms: finite size and diffusivity issues. 10eme Congrès Français d'Acoustique, Aprile 2010; 12–16.

Fanelli T, Clarich M, De Paoli L, Ortis A, Silvestrini G, Testa F. Idee per lo sviluppo sostenibile: La riforma della gestione dei rifiuti urbani. ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie e lo sviluppo economico sostenibile, Roma.

Frihart C R. Introduction to Special Issue: Wood Adhesives: Past, Present, and Future. Forest Products Journal, 2015; Vol. 65, No. 1-2: 4-8.

Fufa S M. Nanotechnology Based Wood Treatments: Weathering Performance, Reaction to Fire and Environmental Impact. Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Fakultet for Ingeniørvitenskap Og Teknologi, Institutt for Bygg, Anlegg Og Transport, 2012.

Giachino D M. Legno Manuale per Progettare in Italia. UTET Scienze Tecniche, Torino, 2013.

Giacometti S. Come ho costruito la mia casa di legno. Compagnia delle foreste, Arezzo, 2011.

Giordano R. I prodotti per l'edilizia sostenibile : la compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio. Sistemi Editoriali, Napoli, 2010.

Greissdoerfer M, Savaget P, Bocken N.M.P, Hultink E. The Circular Economy–A new

sustainability paradigm?. Journal of Cleaner Production, 201;143 (1): 757-768.

Hegger M, Fuchs M, Stark T, Zeumer M. Atlante della sostenibilità. UTET, Milano, 2008.

ISO 354:2003. Acoustics -- Measurement of sound absorption in a reverberation room.

Jansone Z, Muizniece I, Blumberga D. International Scientific Conference "Environmental and Climate Technologies". CONECT 2017, 10–12 May 2017, Riga, Latvia, Analysis of wood bark use opportunities. ScienceDirect 2017; 128: 268–274.

Latorella F. Validazione delle misure dell'assorbimento acustico in base alla ISO-354 in una camera riverberante in scala. Rel. Masoero Marco Carlo. Shtrepi Louena, Politecnico di Torino, Corso di laurea Magistrale in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione, 2018.

Lavisci P, Zanuttini R, Castro G. Legno di pioppo: potenzialità di impiego strutturale in Prodotti a base legno per gli impieghi strutturali: il compensato di pioppo italiano. Assopannelli Associazione nazionale fabbricanti pannelli e semilavorati in legno della Federlegno-Arredo in collaborazione con Università degli Studi di Trento, Milano, ottobre 1995.

Lavisci P, Imre P, Zanuttini R. Guida all'uso del compensato in conformità alla normativa UNI EN. Assopannelli Associazione nazionale fabbricanti pannelli e semilavorati in legno della Federlegno-Arredo, Stampa lalitotipo, 1997.

Li H, Chi Z, Yan B, Cheng L, Li J. An innovative wood-chip-framework substrate used asslow-release carbon source to treat high-strength nitrogen wastewater. J. Environ. Sci ,2017; 5: 275-283.

Maiwald M, Steinhof O, Sleigh C, Bernstein M, Hasse H. Chapter 8 - Quantitative High-Resolution Online NMR Spectroscopy in Pharmaceutical Reaction and Process Monitoring. NMR Spectroscopy in PharmaceuticEWal Analysis. Elsevier Science, 2008; 471-491.

Makka AN, Rétfalvia T, Hofmann T. Utilization of Oak (Quercus petreae (Matt.) Liebl.) Bark for Anaerobic Digested Biogas Production. Acta Silv. Lign. Hung, 2013; Vol. 13, Nr. 2:125–134.

Mantanis G I, Papadopoulos A N. The sorption of water vapour of wood treated with a nanotechnology compound. Wood Sci. Technol., August 2010; V. 44, Issue 3: 515–522.

McDevitt J E, Grigsby W J. Life Cycle Assessment of Bio- and Petro-Chemical Adhesives Used in Fiberboard Production. J Polym Environ, 2014; 22:537–544.

McKeever D. B. How woody residuals are recycled in the United States. The Big Wood Picture. December 1999; 33-44.

Moncada Lo Giudice G, Santoboni S. Acustica. Masson/ESA, Milano (1995)

Nardone A. Tesi di laurea, Life-cycle assessment of timber-based products in architecture. Rel. Pagliolico S L, Carbonaro C, Paters I, Morgan D. Politecnico di Torino, Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, Torino.

Ormondroyd G A. Adhesives for wood composites. Wood Composites, 2015: 47-66.

Pagliolico S. 2_Consumo e gestione sostenibile delle risorse. Impatti ambientali. Slide corso Sostenibilià di processi e prodotti nei materiali di architettura, Laurea Magistrale Architettura per il progetto sostenibile, Politecnico di Torino, Torino, 2017-2018.

Pagliolico S. Gestione sostenibile dei rifiuti. Slide corso Sostenibilià di processi e prodotti nei materiali di architettura, Laurea Magistrale Architettura per il progetto sostenibile, Politecnico di Torino, Torino, 2017-2018.

Palanti S. Durabilità del legno. Diagnosi del degradamento, trattamenti preventivi e curativi. Dario Flaccovio editore, Palermo 2013.

Pasztory Z, Ronyecz I. The Thermal Insulation Capacity of Tree Bark. University of West Hungary. Acta Silv. Lign. Hung., 2013; Vol. 9: 111–117.

Pavlíková M, Zemanová L, Pokorny´ J, Záleská M, Jankovsky´ O, Lojka B, Sedmidubsky´ D, Pavlík P. Valorization of wood chips ash as an eco-friendly mineral admixture in mortar mix design. Waste Manag, 2018; 80: 89–100.

Pizzi A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. Journal of Adhesion Science and Technology, 2006; 20:8: 829-846.

Preda G. Analisi e caratterizzazione come coibente del cippato di legno derivante da cascami di lavorazione Definizione sperimentale e fisica del materiale e studio delle tecniche costruttive per l'applicazione. Rel. Carlo Caldera, Matteo Guiglia, Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018.

Ramage M H, Burridge H, Busse-Wicher M, Fereday G, Reynolds T, Shah D H, Wu G, Yu L, Fleming P, Densley-Tingley D, Allwood J, Dupree P, Linden P F, Scherman O. The wood from the trees: The use of timber in construction. RENEW SUST ENERG REV, 2017; 68: 333–359

Sandak A, Allegretti O, Cuccui I,Sandak J,Rosso L,Castro G,Negro F, Cremonini C, Zanuttini R. Thermo-Vacuum Modification of Poplar Veneers and its Quality Control. "Modified poplar veneers", BioResources, 2016; 11(4), 10122-10139.

Schultmann F, Sunke N. Organisation of reverse logistics tasks in the construction industry, Sunke University of Siegen, Chair of Business Administration. Construction Management

and Economics, Germany: 457-464.

Song B, Peng L, Fu F, Liu M, Zhang H. Experimental and Theoretical Analysis of Sound Absorption Properties of Finely Perforated Wooden Panels. Materials, 2016; 9 942.

Spagnolo R. Manuale Di Acustica Applicata. UTET, Torino, 2001.

UNI EN ISO 11654. Acustica - Assorbitori acustici per l'edilizia - Valutazione dell'assorbimento acustico, 1998.

Wang S Y, Chang F C, Lin F C. The amount of wooden material in a closed room and its effect on the reverberation time. J Wood Sci, 2005; Nr. 51:474–479.

Zanuttini R con la collaborazione di ricercatori ed esperti del settore. Il legno massiccio materiale per un'edilizia sostenibile. Assopannelli Associazione nazionale fabbricanti pannelli e semilavorati in legno della Federlegno-Arredo, Milano, aprile 2014.

Zanuttini R. Relazione tecnica progetto ThermoPoplarPly. Grugliasco, 2015.

Zhanga J, Zhang W. Preparation and characterization of activated carbon fibers from liquefied poplar bark. Mater Lett. 2013; 112: 26-28.

SITOGRAFIA

Accoya. https://www.accoya.com/projects/project/accoya-selected-for-the-latest-ivy-collection-restaurant-opening/. [accesso 16 febbraio]

Pannelli fonoassorbenti. https://www.acustico.com/approfondimenti/pannelli-fonoassorbenti.html. [accesso 15 febbraio]

Albertazzi B. Sottoprodotti: novità e complicazioni. http://www.ambiente.it/informazione/focus-on/sottoprodotti-novita-e-complicazioni.html,13 marzo 2017. [accesso 25 novembre 2018]

Prati L. La nuova definizione di sottoprodotto ed il trattamento secondo la "normale pratica industriale". www.AmbienteDiritto.it , 15 febbraio 2017. [accesso 25 novembre 2018]

Fire Station 76. https://www.archdaily.com/778143/fire-station-76-hennebery-eddy-architects. [accesso 15 febbraio]

Saint Benedict Chapel, Sumvitg, Svizzera. https://www.archdaily.com/418996/ad-classics-saint-benedict-chapel-peter-zumthor. [accesso 13 febbraio]

Termovuoto. https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/legno/legno-termotrattato-vac-wood-761. [accesso 15 febbraio]

Shou Sugi Ban. http://www.architetturatiberio.com/shou-sugi-ban-legno-ignifugo-naturalmente/. [accesso 15 febbraio]

Henley Street, Barwon Heads, Australia. https://architizer.com. [accesso 13 febbraio]

Saint-Ange Residence, Seyssins, France. https://architizer.com. [accesso 13 febbraio]

Bressan legnami. http://www.bressanlegnami.it/truciolare. [accesso 28 novembre]

Acoustic Systems. https://dukta.com/en/products/acoustic-systems/. [accesso 16 febbraio]

Rapporto dell'Osservatorio Recycle. L'ECONOMIA CIRCOLARE NEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI. https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto_recycle_2017.pdf. [accesso 29 giugno]

Sei Chemical Products. http://seichemical.com/products/SMP-80.html. [accesso 16 febbraio]

Impregnante per legno. https://www.colorivernici.it/soluzioni-tecniche/impregnante-per-legno-trattamento-protettivo-esterno/. [accesso 17 febbraio]

Ector, trattamento nanotecnologico. https://shop.ectorlab.com/come-funziona-protettivo-ector/. [accesso 16 febbraio]

Gestione dei rifiuti, http://www.ecorecuperi.it/it/gestione-rifiuti. [accesso 10 settembre 2018]

Commissione Europea, Bruxelles, 2.12.2015 COM(2015) 614. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_it.htm [accesso 4 luglio]

Bassan S, Forese G. La sostenibilità ambientale, l'edilizia e l'abitare a basso impatto energetico, www.expoclima.net, 30 ottobre 2012. [accesso 10 gennaio]

Esposito L. L'evoluzione dei sistemi di fissaggio per facciate ventilate, www.fissaggistrutturali.it. [accesso 10 gennaio]

Scandole in legno. www.gasserschindeln.it. [accesso 20 dicembre]

Giardinaggio, Pacciamatura. www.giardinaggio.it. [accesso 5 giugno 2018]

Green Arreda, Pavimentazione antitrauma naturali. www.greenarreda.it. [accesso 10 giugno 2018]

Incredix Lab Design. www.incredix.it. [accesso 25 novembre]

Coperture in scandole di legno. www.infobuild.it. [accesso 20 dicembre]

Pannelli Microforati. http://www.internationalacoustic.com/prodotti/microforati/. [accesso 20 dicembre]

Radura. www.internimagazine.it. [accesso 20 novembre]

Pero F. Il fonoassorbimento. http://www.iuav.it/Ateneo1/docenti/architettu/docenti-st/Fabio-Pero/materiali-/elementi-d/scheda-4-fonoassorbimento.pdf. [26 maggio]

Rivestimenti in legno. www.jove.it. [accesso 10 gennaio]

25 Verde, Torino, Italia. http://www.lineeverdi.com/portfolio/25-verde/. [accesso 13 febbraio]

Pannelli in legno acustici fonoassorbenti per rivestimenti. https://www.legnamisavignano.it/pannelli-acustici-fonoassorbenti/. [accesso 28 novembre]

Accoya. https://www.legnoarchitettura.com/approfondimenti/accoya/. [accesso 16 febbraio]

LegnoBloc. www.legnobloc.it. [accesso 28 novembre].

Termovuoto. https://legno.fordaq.com/news/Termotrattamento_Thermowood_termovuoto_30860.html. [accesso 15 febbraio]

Panetteria Küster - Göttingen. https://www.material-id.de/portfolio/paneele-impressionen-baeckerei-kuester-goettingen/. [accesso 14 febbraio]

Wände in Wein – Wohlfühlen für Genießer. https://www.material-id.de/portfolio/wandpaneele-aus-holz-alte-weinfaesser-neu-verarbeitet/. [accesso 14 febbraio]

Wandpaneele HOLZ RECYCELT. https://www.material-id.de/portfolio/wandpaneele-holz-recycelt-altes-fass-barrel-stripe/. [accesso 20 dicembre]

Rustic Bedroom Decor. www.onekindesign.com. [accesso 20 novembre]

Wave Long. www.passion4wood.be. [accesso 28 novembre]

Parete interna. www.pianetadesign.it. [accesso 28 novembre]

Sdraio Country Chic. www.pinterest.it. [accesso 20 novembre]

Build a Rustic Log Bench. co.pinterest.com. [accesso 20 novembre]

Allegro G, Bisoffi S, Chiarabaglio P, Coaloa D, Castro G, Facciotto G, Giorcelli A, Vietto L, a cura di Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura. PIOPPICOLTURA Produzioni di qualità nel rispetto dell'ambiente, in collaborazione con Regione Piemonte e Azienda Regionale delle Foreste, Casale Monferrato, Alessandria, http://populus.it [accesso 8 settembre 2018]
Bergante S, Facciotto G, Nervo G. Biomasse per scopi energetici. Progetto QualiAmbiPio,

http://www.populus.it/pdf/2014_QUALIAMBIPIO_37-49.PDF. [accesso 5 dicembre]

Trattamenti naturali AURO. https://www.progettobio.it/.[accesso 15 ottobre]

Bernasconi A, Schickhofer G, Frühwald K, Traetta G. Il materiale legno. Corso approfondimento Promo_legno,http://www.promolegno.com/formazione/corso-edifici-documentazione/. [accesso 15 ottobre]

Luchetti M. La normativa tecnica Italiana e Europea. Corso approfondimento Promo_legno, http://www.promolegno.com/formazione/corso-edifici-documentazione/. [accesso 15 ottobre]

Daniele E. Imballaggi in legno, gli unici senza 'fine vita'. http://www.rilegno.org/tracciabilita-imballaggi/. [accesso 30 giugno]

Bonafè S. Un nuovo modello industriale sostenibile. http://www.rilegno.org/simona-bonafe-economia-circolare/. [accesso 30 giugno]

Fire Station 76. http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/legno-in-architettura-pelle-protettiva-222/. [accesso 15 febbraio]

Rifugio Mollino. http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/ecorifugio-italiano-passivo-876/. [accesso 15 febbraio]

Lucchini A. Pareti ventilate ed alte prestazioni. Teoria e soluzioni. Rockwool, http://download.rockwool.it/media/91768/manualefv_capitoli.pdf. [accesso 7 gennaio]

Carta abrasiva. 1718 siapan. https://www.siaabrasives.com/ch/it/siaabrasives-ocs/legno-4367/1718-siapan-4611/. [accesso 28 novembre]

Termotrattamento. https://www.segheriavallesacra.it/. [accesso 15 febbraio]

SMP-80 Mold Proofer Construction Spray. seichemical.com/products. [accesso 15 febbraio]

Sestriere Vernici. www.sestrierevernici.com. [accesso 17 febbraio]

Le facciate ventilate: cosa sono e come funzionano. www.tecnoimac.info. [accesso 10 gennaio]

La produzione del nostro Parquet. www.tolin.it [accesso 12 marzo]

EPD PER PANNELLI ACUSTICI E TERMICI CELENIT. www.ceelenit.com [accesso 1luglio]

EPD Ecophon Akusto One. www.ecophon.com. [accesso 1luglio]

EPD James Hardi External Cladding. www.environdec.com. [accesso 1luglio]

EPD External cladding with waterborne paint. www.moelven.com. [accesso 1luglio]

RIFERIMENTI IMMAGINI

2. IL LEGNO

Fig 2.2 Rotella basale di pioppo. http://www.populus.it.
Fig 2.3 Sezione anatomica trasversale di legno di pioppo. http://www.populus.it/.
Tabella 2.1 Caratteristiche fisico-meccaniche principali. Castro e al. 2014.
- Tabella 2.2 Principali caratteristiche e prezzi (al 2012) degli assortimenti di pioppo destinati all'industria di trasformazione. Castro e al. 2014.

3. IL COMPENSATO

Fig 3.2 Esempio di ogni classe di aspetto delle facce di pannelli in compensato di pioppo. http://www.ibl.it/it/aspetti-tecnici/normative/.
Fig 3.3 Pannello placcato. http://www.salomonecompensati.it/.
Fig 3.4 Pannello nobilitato. http://www.saiscompensati.com.
Fig 3.5 Pannello laminato metallico. http://www.archiproducts.com.
Fig 3.6 Pannello resinato. http://www.edilportale.com/prodotti/bellotti/compensato-resinato-in-faggio/compensato-in-faggio-resinato_87897.html.
Fig 3.7 Pannello con elementi metallici. http://www.trestintas.com/en/product/panneau-marin.
Fig 3.8 Pannello flessibile. http://www.ibl.it/it/prodotti/compensati/compensato-flessibile/.
Fig 3.9 Pannello paniforte listellare; Fig 3.10 Pannello paniforte lamellare; Fig 3.11 Pannello paniforte tamburato. https://www.sepasrl.it/prodotti/speciali.
Fig 3.12 Anima in polistirene; Fig 3.13 Anima in pvc espanso; Fig 3.14 Anima in sughero. https://nordcompensati.com/.
Fig 3.16 Spazio scongelamento tronchi. www.vigolungo.com.
Fig 3.17 Scortecciatura. www.vigolungo.com.
Fig 3.18 Sfogliatura. www.vigolungo.com.
Fig 3.19 Essiccazione. www.vigolungo.com.
Fig 3.20 Selezione sfogliati di qualità. www.vigolungo.com.
Fig 3.21 Incollaggio. www.vigolungo.com.
Fig 3.22 Pressatura. www.vigolungo.com.
Fig 3.23 Stuccatura. www.vigolungo.com.
Fig 3.24 Squadratura. www.vigolungo.com.
Fig 3.25 Levigatura. www.vigolungo.com.
Fig 3.34 Diagramma rappresentante l'utilizzo di adesivi nel mondo. Deidda,2018.

5. CAMPO DI APPLICAZIONE DEL PROGETTO: I RIVESTIMENTI

Fig 5.4 Schemi possibili chiodature. Giachino, 2013.
Fig 5.5 Schema possibile adeguamento delle scandole per un sistema tetto moderno. https://www.infobuild.it/approfondimenti/coperture-in-scandole-di-legno/.
Fig. 5.6 Comportamento di una facciata ventilata. (Lucchini, download.rockwool.it)
Fig 5.7 Immagine pannelli Dukta applicati in una sala da concerto. https://dukta.com/en/projects/concert-hall/.

Fig 5.8 Illustrazione di diversi trattamenti. I trattamenti del legno normalmente utilizzano una delle tre strategie: modifica della parete cellulare, impregnazione e rivestimento. Ramage et al, 2017.
Fig 5.9 Rifugio Mollino. http://www.elettronews.com/piu-efficienza-nel-rifugio-con-limpianto-domotico/.
Fig 5.10 Fasi di trattamento del legno di rivestimento: Shou Sugi Ban. https://www.archdaily.com/778143/fire-station-76-hennebery-eddy-architects.
Fig 5.11 Facciata Fire Station 76. https://www.archdaily.com/778143/fire-station-76-hennebery-eddy-architects.
Fig 5.12 Ivy in the Park, Canada Square Park, Londra. Progettista William Conway. https://www.accoya.com/projects/project/accoya-selected-for-the-latest-ivy-collection-restaurant-opening/.
Fig 5.13 Schema rappresentante una superficie prima e dopo il trattamento nanotecnologico Ector. https://shop.ectorlab.com/come-funziona-protettivo-ector/.
Fig 5.14 Immagini fasi di applicazione dei trattamenti naturali dell'azienda Tolin. https://www.tolin.it/parquet/parquet-produzione/.

7. IL RIVESTIMENTO INTERNO COME PANNELLO ACUSTICO

Fig 7.1 Tempo di riverberazione ottimale, per banda di ottava a 500 Hz, in funzione del volume e della destinazione d'uso del locale. Moncada Lo Giudice et al, 2015.
Fig 7.2 Decadimento della pressione sonora e T60; Fig 7.8 Pianta e prospetto camera in scala Politecnico di Torino. Latorella, 2018.
Fig. 7.4 Andamento in frequenza di α per differenti materiali fonoassorbenti. Cox et al, 2009.
Fig. 7.7 Curva di riferimento per il calcolo del coefficiente di assorbimento ponderato α_w. UNI EN ISO 11654: 1998.

8. L'ANALISI AMBIENTALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO CON IL RIUTILIZZO DEGLI SCARTI DI PRODUZIONE

Fig 8.1 Rappresentazione della circolarità dell'analisi del ciclo di vita. http://espertocasaclima.com/2017/03/30/casa-consumo-energetico-basso-impatto-ambientale-lca-nzeb-zeb-passivhaus-classe-g-ape/casa-consumo-energetico-basso-impatto-ambientale-lca-nzeb-zeb-passivhaus-classe-g-ape-04/.
Fig 8.3 Scheda tecnica VigoPly L. www.vigolungo.com.
Fig 8.5 Lavorazioni 1 m3 di pannello VigoPly L 252x125; Fig 8.6 Dati di input e di output studio; Fig 8.7 Lavorazioni 1 m3 di pannello VigoPly L 252x125 con scarti, Deidda,2018.
Fig 8.35 Immagine applicazione del rivestimento in fibrocemento e ciclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto; Fig 8.36 Risultati categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello James Hardie, www.environdec.com.
Fig 8.37 Immagine dell'applicazione dei pannelli e iclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto; Fig 8.38 Risultati categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello Norwegian Wood Industry Federation, www.moelven.com.
Fig 8.39 I pannelli CELENIT; Fig 8.40 Ciclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto; Fig 8.4 I Risultati della categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion (MJ) del pannello CELENIT, www.celenit.com.
Fig 8.42 Ciclo produttivo considerato per l'EPD del prodotto; Fig 8.43 Risultati della categoria d'impatto ambientale Abiotic Depletion(MJ) del pannello Akusto One, www.ecophon.com.

Allegato 0_ Abaco generale delle caratteristiche dei sottoprodotti del compensato di pioppo.

			Caratteristiche Generali						Caratteristiche fisico meccaniche								
Sottoprodotto	Descrizione	Lavorazione	Componenti	Dimensioni	Quantità/anno	Durabilità	Stabilità	Colore	Ritiro Volumetrico Totale (%)	Umidità Relativa	Massa volumica a umidità normale (U.R. normale 12%)	Calore Specifico	Permeabilità al vapore acqueo	Conduttività Termica	Resistenza Maccanica [MPa]	Lavorabilità	Facilità all'assemblaggio
Corteccia	Parte periferica del fusto e della radice delle piante.	I fusto dell'albero viene sottoposto a scortecciatura tramite macchine automatiche costituite da rulli rotanti contrapposti, che rilevano il diametro del tronco e, per mezzo di coltelli rotanti, effettuano l'eliminazione dello strato più esterno: la corteccia.	Corteccia	pezzi di 20/30 cm, spessore 0,5-1 cm	8% dei tronchi di partenza, 72800 ton circa nel 2018	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	Marrone	-	200-250% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	bassa 320-480 Kg/m3 [rif. Berti et al, 2002] (*)	-	-	-	-	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Cippato	Legno ridotto in scaglie di dimensioni variabili.	Prima della sfogliatura viene effettuata una prima "limata" del tronco così da ottenere un elemento perfettamente cilindrico. Gli scarti prodotti vengono triturati in cippatrice ottenendo quello che viene denominato cippato.	Cippato	Scaglie da 10 a 70 millimetri circa	24003 ton nel 2017	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif Berti et al. 2002]	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	grigio/giallo chiaro	alto 5-10 % [rif. Berti et al. 2002] (*)	100-200% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	bassa 320-480 kg/m3 [rif. Berti et al. 2002] (*)	-	-	-	bassa [rif. Berti et al, 2002] (*)	facile [rif. Berti et al, 2002] (*)	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Tondello	Cilindro centrale del tronco che non può essere sfogliato.	Dopo la scortecciatura il tronco viene inviato alla macchina sfogliatrice automatica, tramite dei sensori il tronco viene centrato per poter ottenere maggior resa di lavorazione. Il cilindro centrale del tronco che non risulta sfogliabile è il tondello.	Tondello	Lunghezza da 130 a 320 mm; diametro 10cm	9008 ton nel 2017	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif Berti et al. 2002] (*)	++* (se essiccato e non esposto ad agenti atmosferici) [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	grigio/giallo chiaro	alto 5-10 % [rif. Berti et al. 2002] (*)	100-200% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	bassa 320-480 kg/m3 [rif. Berti et al. 2002] (*)	-	-	-	bassa [rif. Berti et al, 2002] (*)	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Liste Sfogliato	Foglio di spessore e dimensioni variabili derivante dal processo di sfogliatura.	Dopo l'essiccamento gli sfogliati, vengono selezionati, in base a caratteristiche estetiche, qualitative e tecniche a seconda delle successive lavorazioni; vengono selezionati manualmente o tramite macchinari appositi.	Sfogliato	Dimensioni variabili inferiori a quelle dei pannelli prodotti, 130x210cm a 320x220cm	Circa 1500-2000m3 nel 2017	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	bianco/giallo chiaro	alto 5-10 % [rif. Berti et al. 2002] (*)	4-8% [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	bassa 320-480 kg/m3 [rif. Berti et al. 2002] (*)	-	-	-	bassa [rif. Berti et al, 2002] (*)	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Residui di colla	La residui di colla si presentano sotto forma di blocchi compatti di colla.	I residui di colla sono la parte della colla che resta desa ai macchinari nella fase di giuntatura e incollaggio dei pannelli per pressatura a caldo [si rimanda all'allegato I di questa tesi per la scheda tecnica della colla utilizzata].	Urea e formaldeide	Dimensioni variabili	70 ton circa (nel 2018)	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	-	bianco/grigio	-	-	-	-	-	-	-	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	assente
Residui Squadratura	Listelli di multistrato di varia misura e spessore originati dal processo di squadratura.	I pannelli sottoposti a controllo di qualità hanno ancora i lati irregolari, vengono quindi inviati alla squadratrice che , tagliando con seghe circolari, rende il pannello squadrato e delle dimensioni richieste. Gli scarti di questa lavorazione sono i residui di taglio [si rimanda all'allegato 2 di questa tesi per le analisi di questo sottoprodotto].	Sfogliato e colla	Lunghezza da 130 a 320cm, larghezza qualche cm, spessore da 3 a 40mm	1879 ton nel 2018	+++ * [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	bianco/giallo chiaro	Quasi assente [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	8/12 % [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]	420 kg/m3 [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]	-	-	0,12 W/m K [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]	-	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Carta Abrasiva	Materiale utile per levigare le superfici. Costituito da un supporto flessibile in carta, tela o altro, ricoperto per incollaggio con granuli cristallini di materiale abrasivo.	Al termine della filiera il pannello viene sfregato con carta abrasiva per eliminare eventuali imperfezioni. La carta abrasiva viene utilizzata fino alla fine della sua vita utile per poi diventare rifiuto [si rimanda all'allegato 4 di questa tesi per le analisi di questo sottoprodotto].	Materiale abrasivo: carburo di silicio; Legante: doppia resina [si rimanda all'allegato 5 di questa tesi per la scheda tecnica della carta abrasiva].	235x320cm	183 fogli. E' un dato molto variabile, un foglio viene utilizzato in genere per 2-3 gg	+++ * [rif Scheda Tecnica allegato 5 di questa tesi]	++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	Nero, viola o rosso	-	-	-	-	-	-	-	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]
Ceneri	Residui di combustione	Residui di combustione dell'intero ciclo produttivo	Si rimanda all'allegato 6 di questa tesi	-	Ceneri pesanti: 600 ton circa Ceneri leggere: 60 ton circa (2018)	-	-	Grigio/bianco	-	-	800/1300 kg/m3 [Rif. esperto Vigolungo S..p.a]	-	-	-	-	+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]

* + = scarsa, ++ = media, +++ = buona
(*) il dato riportato fa riferimento al pioppo.
((*)) Elaborazione dei dati in letteratura (Deidda,2018)

Allegato 0

Caratteristiche tecnologiche			Comportamento al fuoco	Indicatore di impatto ambientale		Informazioni tossicologiche ed ecologiche		Gestione della risorsa Vigolungo Spa	Riciclabilità potenziale del sottoprodotto	Potenziali scenari di recupero da bibliografia	
Tenuta al chiodo	Stagionatura	Essiccazione	Resistenza al fuoco	EE	EC	Codice CER	Indicazioni di pericolo ai sensi del Regolamento UE 1357/2014			Scenari	Bibliografia
+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	assente	+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	3 (se essiccata)	520,47 MJ/m3 [rif. Deidda,2018] ((*))	33,58 kg CO2 eq [rif. Deidda,2018] ((*))	CER 170201 "Legno"	Nessuna	Recuperata per combustione in caldaia a biomassa	+++*	1. Pacciamatura 2. Pavimentazione antitrauma 3. Produzione fibre di cambionio 4. Coibente 5. Biogas	1. Giardinaggio, Pacciamatura, https://www.giardinaggio.it/tecniche/pacciamatura/pacciamatura.asp. 2018, [accesso 5 giugno 2018] 2. Green Arreda, Pavimentazione antitrauma naturali, http://www.greenarreda.it/prodotti/pavimentazioni-naturali, 2018 [accesso 10 giugno 2018] 3. Zhanga J, Zhang W. Preparation and characterization of activated carbon fibers from liquefied poplar bark. Mater Lett. 2013; 112: 26-28. 4. Zhanga J, Zhang W. Preparation and characterization of activated carbon fibers from liquefied poplar bark. Mater Lett. 2013; 112: 26-28.
+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	assente	facile [rif. Berti et al, 2002] (*)	3 (se essiccata)	520,47 MJ/m3 [rif. Deidda,2018] ((*))	33,58 kg CO2 eq [rif. Deidda,2018] ((*))	CER 170201 "Legno"	Nessuna	Venduto per la realizzazione di carta o per pacciamatura.	+++*	1. Rimozione di azoto in acque di scarico 2. Malta 3. Pacciamatura e trattamento del suolo 4. Settore alimentare 5. Pannelli truciolari 6. Blocchi legno-cemento 7. Coibente	1. Li H, Chi Z, Yan B, Cheng L, Li J. An innovative wood-chip-framework substrate used as slow-release carbon source to treat high-strength nitrogen wastewater. J. Environ. Sci ,2017; 5: 275-283 2. Pavlíková M, Zemanová L, Pokorný J, Záleská M, Jankovsky´ O, Lojka B, Sedmidubsky´ D, Pavlík P. Valorization of wood chips ash as an eco-friendly mineral admixture in mortar mix design. Waste Manag, 2018; 80:89–100 3, 4. Preda G. Analisi e caratterizzazione come coibente del cippato di legno derivante da cascami di lavorazione Definizione sperimentale e fisica del materiale e studio delle tecniche costruttive per l'applicazione. Rel. Carlo Caldera, Matteo Guiglia. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018 5. Bressan legnami: I plus del truciolare 100% pioppo: http://www.bressanlegnami.it/truciolare 6. LegnoBloc: www.legnobloc.it 7. Preda G. Analisi e caratterizzazione come coibente del cippato di legno derivante da cascami di lavorazione Definizione sperimentale e fisica del materiale e studio delle tecniche costruttive per l'applicazione. Rel. Carlo Caldera, Matteo Guiglia. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018
+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	assente	facile [rif. Berti et al, 2002] (*)	3 (se essiccata)	632,07 MJ/m3 [rif. Deidda, 2018] (((*)))	40,48 kg CO2 eq [rif. Deidda, 2018] (((*)))	CER 170201 "Legno"	Nessuna	Recuperato e spesso venduto ad aziende produttrici di pallet e cassette.	+++*	1. Sdraio 2. Seduta 3. Parete interna 4. Tavolo per interni 5. La Radura 6. Tavolo Ibrido 7. Morbidajoy	1. Sdraio Country Chic, https://www.pinterest.it/pin/641059328179826071/?lp=true [accesso 20 novembre] 2. Build a Rustic Log Bench, https://co.pinterest.com/pin/430516045611266830/?lp=true [accesso 20 novembre] 3.Rustic Bedroom Decor, www.onekindesign.com [accesso 20 novembre] 4. Rustic Decor, www.passiondiy.com [accesso 20 novembre] 5. Radura, http://www.internimagazine.it/author/noname/page/253/ [accesso 20 novembre] 6. Tavolo ibrido, www.incredix.it 7. MorbidaJoy, www.incredix.it
+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	assente	facile [rif. Berti et al, 2002] (*)	3 (se essiccata)	2114,56 MJ/m3 [Rif. Deidda, 2018] (((*)))	76,12 kg CO2 eq [Rif. Deidda, 2018] (((*)))	CER 170201 "Legno"	Nessuna	La parte degli sfogliati con dimensioni adeguate viene ricucita, la parte non utilizzabile (liste di sfogliato) viene cippata e utilizzata in caldaia.	+++*	1. Parete interna 2. Lampada parete	1. Parete interna, www.pianetadesign.it 2. Wavw Long, https://www.passion4wood.be/en/wave-long-detail.html
assente	assente	assente	1 (liquida e in blocchi compatti)	3035,22 MJ/m3 [Rif. Deidda,2018] (((*)))	140,9 kg CO2 eq [Rif. Deidda,2018] (((*)))	CER 080410, adesivi e sigillanti di scarto, diversi da quelli di cui alla voce 08 04 09	Nessuna	Smaltimento		-	-
+++* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	presente	Già essiccato	D-s2,d0 - Dfl-s1 (per spessori > 9 mm) [rif. Scheda tecnica VigoPlyL_allegato 3 di questa tesi]	5535,16 MJ/m3 [Rif. Deidda,2018] ((*))	242,14 kg CO2 eq [Rif. Deidda,2018] ((*))	CER 030105, Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartonesegatura, trucioli, resifui da taglio, legno, pannelli di truciolare non contenemti sostanze pericolose	Nessuna	Smaltimento	+*	-	-
+* [rif. esperto Vigolungo S.p.a]	assente	assente	-	12,03 MJ/m3 [Rif. Deidda,2018] ((*))	0,72 kg CO2 eq [Rif. Deidda,2018] ((*))	CER 120117, Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica, residui di materiale di sabbiatura, non contenenti sostanze pericolose.	Nessuna	Smaltimento	++*	-	-
assente	assente	assente	-	5988,66 MJ/m3 [Rif. Deidda,2018] ((*))	5988,66 MJ/m3 [Rif. Deidda,2018] ((*))	CER 100101 (pesanti); CER 100103(leggere). Rifiuti provenienti da processi termici: 100103, ceneri leggere di torba e di legno non trattato, e 100101, ceneri pesanti, fanghi e polveri di caldaia.	Nessuna	Smaltimento	+*	1. Supplemento del suolo in agricoltura	1. Carević I, Štirmer N, Pečur IB, Milovanović B, Baričević A, Rukavina MJ. Potential of use wood biomass ash (WBA) in the cement composites. 1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future, University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, , Zadar, Croatia, 19-21 April 2017 12

Allegato I_ Scheda tecnica della colla utilizzata nel ciclo produttivo del compensato di pioppo (fonte: E. Vigolungo S.p.a).

SADECOL L-1880

1. Descrizione del prodotto e campo di applicazione

Sadecol L-1880 è una resina in dispersione acquosa da policondensazione tra Urea, Melamina e Formaldeide, applicata come adesivo nell'industria del legno.
In particolare Sadecol L-1880 viene principalmente utilizzata come adesivo nella produzione di pannelli multistrati e nell'industria del mobile. Sadecol L-1880 è applicabile nella produzione di pannelli truciolari e MDF idroresistenti utilizzati per allestimenti interni (inclusi i mobili), i quali risultano normalmente conformi alla UNI EN 312-5 quando valutati con la metodica UNI EN 321.
I pannelli ottenuti con Sadecol L-1880, sia con un unico incollaggio che con la più moderna tecnologia che prevede la doppia linea d'incollaggio, normalmente non soddisfano i requisiti richiesti dalla classificazione E1 quando valutati con la metodica analitica UNI EN 120. Infatti, il valore più ricorrente è di circa 30 mg/100 g nelle produzioni di pannello truciolare e valori superiori nel caso di pannelli MDF.

2. Caratteristiche chimico-fisiche

Parametro	Valore	Unità di misura	Metodo analitico
Aspetto	bianco opaco	---	Visivo
pH a 20 ° C	8.50 ÷ 10.00	---	SC 018
Viscosità	1000 ÷ 1300	mPa.s	SC 046
Densità a 20 ° C	1.285 ÷ 1.295	g/ml	SC 031
Tempo di gelo a 100 ° C [(1)]	50 ÷ 80	sec.	UNI 9059
Residuo secco	65 ÷ 67	%	UNI EN 827
Formaldeide libera	0.30 max	%	EN 1243
Conservabilità a 20 ° C	45 min.	giorni	SC 046

(1) Viene misurato al momento della spedizione a partire da una miscela composta da 100 g di Sadecol L-1880 e da 10 ml di Ammonio Cloruro al 15 % in soluzione acquosa.

NOTA: I valori dei parametri riportati devono essere considerati come valori caratteristici e non come specifiche di riferimento.
I parametri e i valori oggetto di specifica sono riportati in opportune " SPECIFICHE DI VENDITA PRODOTTI FINITI " ottenibili dal Servizio Vendite SADEPAN CHIMICA S.r.l. .

3. Condizioni di impiego

3.1 Produzione di pannelli truciolari

Sadecol L-1880 in combinazione con opportuni induritori è in grado di assicurare alte velocità di indurimento alle alte temperature. Nella produzione di pannelli truciolari gli induritori più frequentemente utilizzati sono:
- Ammonio Solfato in soluzione acquosa, normalmente al 30 % in peso;
- Ammonio Solfato come al punto precedente rinforzato con sali ammonici di maggiore forza; tale condizione si dimostra particolarmente interessante nella stagione invernale;
- Nitrato Ammonico in soluzione acquosa, normalmente al 40 % in peso.

Il tradizionale Cloruro Ammonico utilizzato per lungo tempo è stato recentemente abbandonato dal settore in quanto la eventuale combustione dei refili di produzione comporta l'inquinamento dei gas con composti clorurati.
Qualora si vogliano ridurre ulteriormente i valori di Formaldeide emessa, valutata secondo la UNI EN 120, è possibile correggere le soluzioni degli induritori soprariportati con aggiunte di sequestranti di Formaldeide, normalmente Urea.

SADEPAN CHIMICA S.r.l.
Viale Lombardia, 29
46019 Viadana (MN)
Tel. 0375-787.1 – Fax 0375-787200

Le quantità di tali dosaggi devono essere stabilite attraverso prove pratiche.
La preparazione delle miscele collanti viene effettuata in normali miscelatori meccanici previo dosaggio ponderale, o ad esso riconducibile, dei vari ingredienti utilizzati. Essendo tutti gli ingredienti in forma liquida, sia i dosaggi che le miscelazioni risultano essere molto facilmente gestibili.
A titolo esemplificativo nella tavola seguente viene riportata una formulazione tipo.

Ingrediente	Concentrazione	Strato interno	Strato esterno
Sadecol L-1880	66 %	100 kg	100 kg
Acqua	-	0 kg	20 kg
Ammonio Solfato	30 %	10 kg	4 kg
Paraffina in emulsione	60 %	7 kg	8 kg
Residuo secco miscela	-	62.6 %	54.5 %
Fattore di incollaggio	-	13 %	14 %
Fattore di ceratura	-	0.83 %	1.02 %
Umidità stimata legno resinato	-	8.6 %	11.5 %

Le quantità indicate sono intese in parti peso.
I fattori di incollaggio e di ceratura sono espressi in kg di principio attivo secco (resina e paraffina rispettivamente) per 100 kg di legno "secco" (ossia con un'umidità residua del 2 % in peso).
Le temperature dei piani pressa sono normalmente mantenute ad almeno 180 ° C.
Solitamente i tempi di pressa per pannelli con una densità finale di circa 670 kg/m^3 rientrano nell' intervallo di 5 ÷ 15 secondi per millimetro di spessore.
Evidenti influenze sui tempi di cottura, così come sulle caratteristiche finali dei pannelli prodotti, sono date da numerosi parametri produttivi quali:
- temperatura del legno in uscita dalle resinatrici;
- temperatura locale;
- tempo che intercorre fra la resinatura e l' introduzione in pressa;
- tempo di chiusura della pressa;
- specie legnosa in uso;
- densità finale del pannello in rapporto alla densità della specie legnosa in uso;
- pressione applicata.

La pressione applicata durante la cottura è normalmente gestita in modo da poter comprimere il materasso fino a dimensione finale (calibro) in tempi brevi; una volta raggiunto, la pressione viene gradualmente ridotta al valore minimo in grado di mantenere il pannello allo spessore impostato.
In funzione della tipologia di impianto disponibile, tale riduzione di pressione può essere gestita sia manualmente che in modo semiautomatico oppure attraverso gestione elettronica quando disponibili misuratori di calibro elettronici.
In ogni caso il diagramma di pressione viene regolato per ottenere a fine ciclo una pressione praticamente nulla sul pannello, consentendo in tal modo il completo degasaggio del medesimo.

3.2 Produzione di multistrati

Utilizzando Sadecol L-1880 si ottengono pannelli multistrati che soddisfano normalmente il grado di incollaggio previsto dalla Classe 2 (esterno coperto) secondo la UNI EN 314-2:1994.
La formulazione della miscela consigliata è la seguente (le quantità indicate sono intese in parti peso):

Ingrediente	Dose
Sadecol L-1880	100
Farina vegetale	10
Acqua	10
Induritore SD 10 in soluzione al 20 %	10

SADEPAN CHIMICA S.r.l.
Viale Lombardia, 29
46019 Viadana (MN)
Tel. 0375-787.1 – Fax 0375-787200

Le sue caratteristiche principali sono:
- viscosità a 20 ± 2 ° C : 1000 mPa.s;
- tempo di vita a 20 ± 2 ° C : 3 ore minimo;
- tempo di gelo a 100 ° C : 80 secondi.

Le grammature da applicare al legno sono in funzione dello stato delle superfici e della loro porosità. Su legni duri consigliamo una grammatura di circa 230 g/m^2, mentre su legni porosi deve essere aumentata fino a circa 300 g/m^2. Qualora le superfici del legno presentino evidenti irregolarità di planarità, i dosaggi dovrebbero essere aumentati al fine di assicurare la spalmatura su tutta la superficie.
In ogni caso la giusta quantità applicata dovrebbe essere stabilita sulla base di prove applicative pilotate.

4. Temperature, pressioni e tempi di pressa

4.1 Produzione di pannelli truciolari

Le indicazione sono riportate al punto 3.1 .

4.2 Produzione di multistrati

Le temperature dei piani pressa sono normalmente comprese nell' intervallo 100 ÷ 150 ° C in funzione del tipo di produzione. In particolare nella produzione di pannelli impiallacciati su un supporto di pannello truciolare e/o MDF le temperature possono essere impostate al livello superiore ottenendo la massima produttività. Qualora siano in produzione supporti con umidità superiore, come ad esempio i pannelli multistrati, le temperature dei piani pressa dovrebbero essere impostate a circa 100 ° C al fine di prevenire eventuali delaminazioni. I tempi di indurimento sono legati sia alla temperatura che alla composizione del manufatto; in linea generale, per valori di umidità del derulato prima dell' incollaggio compresi nell' intervallo 6 ÷ 9 % e per temperature di pressa di 100 ° C, il tempo di pressa è ricavabile con la seguente formula:

$$T = TB + (S \times 0{,}7) + 3$$

dove
- T = tempo di pressa espresso in minuti;
- TB = tempo di indurimento, espresso in minuti, della miscela collante misurato a 100 ° C (tempo base);
- S = distanza della linea collante più interna rispetto al piano pressa, espressa in millimetri.

Si precisa che l' indurimento della linea collante è influenzato dai parametri tipici della produzione in atto, come ad esempio l' umidità dei materiali, le pressioni in uso e, di conseguenza, la densità dei manufatti: in considerazione di ciò i tempi di pressa potrebbero subire variazioni.
La pressione applicata è in relazione alla natura del legno. Su legni e pannelli di alta densità (faggio, rovere, betulla, pannelli truciolari e MDF) la pressione consigliata è di almeno 8 kg/cm^2, mentre su materiali meno densi (del tipo pioppo, ajous e multistrati di pioppo) la pressione può essere ridotta fino a valori di circa 4 kg/cm^2 minimo.

5. Pulizia delle strutture

La pulizia delle strutture utilizzate, come dosatori, miscelatori, tubi e pompe di trasporto, normalmente non è necessaria fino a quando Sadecol L-1880 non viene combinata con l' induritore; tuttavia, in caso di necessità, il lavaggio delle apparecchiature viene effettuato con poca acqua calda e ripetuto diverse volte dopo aver scaricato il lavaggio precedente.

SADEPAN CHIMICA S.r.l.
Viale Lombardia, 29
46019 Viadana (MN)
Tel. 0375-787.1 – Fax 0375-787200

Si desidera segnalare che Sadecol L-1880, se addizionata con acqua, potrebbe formare dei fiocchi appiccicosi, in misura maggiore rispetto alle resine ureiche.
Qualora sia necessaria la pulizia dove la resina sia già solidificata, l' unico approccio è la totale asportazione per raschiatura meccanica.

6. Manipolazione

Le operazioni di manipolazione ed uso devono essere eseguite da personale adeguatamente addestrato. Operare con cautela evitando di sollevare spruzzi e di respirare vapori; proteggere le vie respiratorie, gli occhi e la pelle indossando dispositivi ed indumenti protettivi idonei.
Per ulteriori informazioni consultare le relative Schede di Sicurezza.

7. Stoccaggio e conservabilità

Lo stoccaggio delle resine melamin-urea-formaldeide dovrebbe essere attuato in serbatoi dedicati, possibilmente realizzati in materiale chimicamente resistente, normalmente in acciaio inossidabile oppure in materiale plastico del tipo vetroresina. Quando si debbano utilizzare stoccaggi in ferro oppure cemento, è consigliabile procedere ad una ricopertura delle pareti interne con resine isolanti. I serbatoi possono essere interrati oppure fuori terra; in quest' ultimo caso è fortemente raccomandato che i serbatoi non siano esposti direttamente all' azione diretta dei raggi solari ma protetti da un efficace schermo isolante o, in alternativa, da un sistema di termostatazione. Sadecol L-1880, come tutti gli aminoplasti, è un prodotto reattivo e quindi molto sensibile alla temperatura.
Durante il periodo di stoccaggio è quindi normale attendersi un progressivo aumento di viscosità fino a livelli tali da renderne difficoltosa la movimentazione.
Sadecol L-1880, alla temperatura di 20 ° C, è conservabile per almeno 45 giorni; a temperature superiori il tempo di vita viene ridotto notevolmente. In linea del tutto generale si riporta che la conservabilità viene ridotta di due terzi per ogni aumento di 10 ° C della temperatura di stoccaggio.

Per quanto non direttamente riportato nella presente scheda, Sadepan Chimica è interessata a discutere, valutare ed eventualmente proporre approcci diversi ai singoli problemi che le venissero sottoposti.

Nota: quanto riportato nella presente scheda è frutto di osservazioni ed esperienze pratiche dirette; tuttavia, non potendo avere e mantenere sotto controllo tutte le condizioni e parametri operativi presso l'utilizzatore, Sadepan Chimica non si assume responsabilità per l'uso improprio di tali informazioni.

SADEPAN CHIMICA S.r.l.
Viale Lombardia, 29
46019 Viadana (MN)
Tel. 0375-787.1 – Fax 0375-787200

Allegato 2_ Analisi residui di squadratura macinati (fonte: E. Vigolungo S.p.a)

THEOLAB

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 01/164999 RP 820983/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 07/07/2017
Pagina 1 di 4

RAPPORTO DI PROVA n° 820983/17

I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto soltanto per intero.
Il presente Rapporto di Prova non può essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario o promozionale senza l'autorizzazione scritta della THEOLAB S.p.A..
Il presente Rapporto di prova é composto da pagine n° 4.

Cliente	SISEA S.r.l.
Indirizzo	Strada comunale della Maniga sn 12048 SOMMARIVA DEL BOSCO (CN)
Prime Contractor	SISEA S.r.l.
Progetto/Contratto	E. Vigolungo SPA
Base/Sito	Via F.lli Maccagno_Canale
Matrice	Residuo solido
Data ricevimento	22-giu-17
Identificazione del Cliente	Cippato
Identificazione interna	01 / 164999 RS: RH17SR0002947 INT: RH17IN0003289 QC Type N
Data emissione Rapporto di Prova	07-lug-17
Data Prelievo	21-giu-17
Procedura di Campionamento	Prelievo effettuato a cura del Committente
Note	

Preparazione delle porzioni di prova del campione da avviare ad analisi secondo metodo * UNI EN 15002:2006

Parametro Analizzato		Valore e I M	UM	MDL	Data Analisi Inizio	Fine
Metodo di Prova	UNI 10802:13					
* A stato fisico		solido	n.a.		23/06/17	23/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 14346:2007 Met.A					
0 A sostanza secca		96,0 ± 4,8	%	0,100	23/06/17	23/06/17
Metodo di Prova	CNR IRSA 1 Q 64 Vol 3 1985					
0 A pH		6,2 ± 0,1	pH		23/06/17	23/06/17
Metodo di Prova	REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 DELLA COMMISSIONE del 30 maggio 2008_A.10.					
* A test di infiammabilità su solidi		non facilmente infiamm	n.a.		23/06/17	23/06/17
Residui a diverse temperature						
Metodo di Prova	CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984					
0 A residuo a 550°C		1,5 ± 0,1	%	0,80	23/06/17	23/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 13137:2002 Met.A					
0 A carbonio organico totale		46,0 ± 4,6	% P	0,090	28/06/17	28/06/17
Anioni						
Metodo di Prova	EPA 9056A 2007					
0 A acetati		1600 ± 480	mg/Kg	25,0	03/07/17	04/07/17
0 A bromuri		<2,20	mg/Kg	2,20	03/07/17	04/07/17
0 A cloruri		<19,0	mg/Kg	19,0	03/07/17	04/07/17
0 A fluoruri		<1,80	mg/Kg	1,80	03/07/17	04/07/17
0 A fosfati		220 ± 67	mg/Kg	17,0	03/07/17	04/07/17
0 A nitrati		<22,0	mg/Kg	22,0	03/07/17	04/07/17
0 A nitriti		<1,80	mg/Kg	1,80	03/07/17	04/07/17
0 A solfati		2200 ± 650	mg/Kg	27	03/07/17	04/07/17

Allegato 2

THEOLAB

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 01/164999 RP 820983/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 07/07/2017
Pagina 2 di 4

Parametro Analizzato		Valore e I M	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Anioni					
Metodo di Prova	T.A. SXIC 04/15				
* A solfiti		<3200	mg/Kg	3200	03/07/17 - 03/07/17
Metodo di Prova	T.A. SXVL 05/15				
* A solfuri		<1000	mg/Kg	1000	27/06/17 - 27/06/17
Metalli					
Metodo di Prova	EPA 3060A 1996 +	EPA 7199 1996			
0 A cromo (VI)		0,086 ± 0,020	mg/Kg	0,0120	30/06/17 - 30/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 13657:2004 +	UNI EN ISO 11885:2009			
0 A alluminio sul tal quale		57 ± 17	mg/Kg	1,20	27/06/17 - 28/06/17
0 A antimonio sul tal quale		<1,20	mg/Kg	1,20	27/06/17 - 28/06/17
0 A arsenico sul tal quale		<0,44	mg/Kg	0,44	27/06/17 - 28/06/17
0 A bario sul tal quale		2,30 ± 0,70	mg/Kg	0,290	27/06/17 - 28/06/17
0 A berillio sul tal quale		<0,0110	mg/Kg	0,0110	27/06/17 - 28/06/17
0 A boro sul tal quale		2,30 ± 0,70	mg/Kg	0,38	27/06/17 - 28/06/17
0 A cadmio sul tal quale		0,170 ± 0,050	mg/Kg	0,130	27/06/17 - 28/06/17
0 A cobalto sul tal quale		<0,54	mg/Kg	0,54	27/06/17 - 28/06/17
0 A cromo totale sul tal quale		<0,200	mg/Kg	0,200	27/06/17 - 28/06/17
0 A ferro sul tal quale		32,0 ± 9,6	mg/Kg	1,80	27/06/17 - 28/06/17
0 A litio sul tal quale		<1,10	mg/Kg	1,10	27/06/17 - 28/06/17
0 A manganese sul tal quale		2,80 ± 0,85	mg/Kg	0,69	27/06/17 - 28/06/17
* A mercurio sul tal quale		<0,46	mg/Kg	0,46	27/06/17 - 28/06/17
0 A nichel sul tal quale		<0,74	mg/Kg	0,74	27/06/17 - 28/06/17
0 A piombo sul tal quale		<0,61	mg/Kg	0,61	27/06/17 - 28/06/17
0 A rame sul tal quale		1,00 ± 0,30	mg/Kg	0,94	27/06/17 - 28/06/17
0 A selenio sul tal quale		<1,60	mg/Kg	1,60	27/06/17 - 28/06/17
0 A stagno sul tal quale		<0,38	mg/Kg	0,38	27/06/17 - 28/06/17
0 A stronzio sul tal quale		20,0 ± 6,1	mg/Kg	0,40	27/06/17 - 28/06/17
* A tallio sul tal quale		<0,62	mg/Kg	0,62	27/06/17 - 28/06/17
* A tellurio sul tal quale		2,20 ± 0,65	mg/Kg	1,60	27/06/17 - 28/06/17
0 A titanio sul tal quale		0,67 ± 0,20	mg/Kg	0,270	27/06/17 - 28/06/17
0 A vanadio sul tal quale		<0,53	mg/Kg	0,53	27/06/17 - 28/06/17
0 A zinco sul tal quale		10,0 ± 3,1	mg/Kg	0,88	27/06/17 - 28/06/17
Composti idrocarburici					
Metodo di Prova	EPA 3550C 2007 +	EPA 8015D 2003			
0 A idrocarburi pesanti >C12 (C12-C40)		860 ± 260	mg/Kg	9,1	26/06/17 - 27/06/17
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8015D 2003			
0 A idrocarburi leggeri < C12 sul tal quale		<2,60	mg/Kg	2,60	26/06/17 - 27/06/17
Idrocarburi alifatici leggeri					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8015D 2003			
* A idrocarburi alifatici C5-C8 sul tal quale		<2,4	mg/Kg	2,4	26/06/17 - 27/06/17
Composti alifatici semivolatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8260C 2006			
0 A dipentene sul tal quale		<20	mg/Kg	20	26/06/17 - 27/06/17
Composti aromatici volatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8260C 2006			
0 A benzene sul tal quale		<2,60	mg/Kg	2,60	26/06/17 - 27/06/17
0 A etilbenzene sul tal quale		<2,80	mg/Kg	2,80	26/06/17 - 27/06/17
0 A isopropilbenzene sul tal quale		<2,50	mg/Kg	2,50	26/06/17 - 27/06/17
0 A m,p-xilene sul tal quale		<5,2	mg/Kg	5,2	26/06/17 - 27/06/17

Allegato 2

THEOLAB

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 01/164999 RP 820983/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 07/07/2017
Pagina 3 di 4

Parametro Analizzato		Valore e I M	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Composti aromatici volatili					
0 A o-xilene sul tal quale		<2,50	mg/Kg	2,50	26/06/17 - 27/06/17
0 A stirene sul tal quale		<3,8	mg/Kg	3,8	26/06/17 - 27/06/17
0 A toluene sul tal quale		<3,10	mg/Kg	3,10	26/06/17 - 27/06/17
Composti organici volatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006				
* A 1,3-butadiene sul tal quale		<26,0	mg/Kg	26,0	26/06/17 - 27/06/17
IPA					
Metodo di Prova	+ EPA 8270D 2014				
0 A - idrocarburi polinucleari aromatici (IPA) totali		0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,049	---------- - 28/06/17
Metodo di Prova	EPA 3550C 2007 + EPA 8270D 2014				
0 A 2-metilnaftalene		<0,023	mg/Kg	0,023	26/06/17 - 28/06/17
0 A acenaftene		<0,041	mg/Kg	0,041	26/06/17 - 28/06/17
0 A acenaftilene		<0,029	mg/Kg	0,029	26/06/17 - 28/06/17
0 A antracene		<0,018	mg/Kg	0,018	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[a]antracene		<0,044	mg/Kg	0,044	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[a]pirene		<0,031	mg/Kg	0,031	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[b]fluorantene		<0,037	mg/Kg	0,037	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[e]pirene		<0,040	mg/Kg	0,040	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[g,h,i]perilene		<0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[j]fluorantene		<0,039	mg/Kg	0,039	26/06/17 - 28/06/17
0 A benzo[k]fluorantene		<0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 28/06/17
0 A crisene		<0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 28/06/17
0 A dibenzo[a,e]pirene		<0,035	mg/Kg	0,035	26/06/17 - 28/06/17
0 A dibenzo[a,h]antracene		<0,029	mg/Kg	0,029	26/06/17 - 28/06/17
0 A dibenzo[a,h]pirene		<0,049	mg/Kg	0,049	26/06/17 - 28/06/17
0 A dibenzo[a,i]pirene		<0,033	mg/Kg	0,033	26/06/17 - 28/06/17
0 A dibenzo[a,l]pirene		<0,042	mg/Kg	0,042	26/06/17 - 28/06/17
0 A fenantrene		0,055 ± 0,020	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 28/06/17
0 A fluorantene		<0,017	mg/Kg	0,017	26/06/17 - 28/06/17
0 A fluorene		<0,034	mg/Kg	0,034	26/06/17 - 28/06/17
0 A indeno[1,2,3-cd]pirene		<0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 28/06/17
0 A naftalene		<0,029	mg/Kg	0,029	26/06/17 - 28/06/17
0 A pirene		<0,039	mg/Kg	0,039	26/06/17 - 28/06/17

Fine del Rapporto di Prova

* = Prova non accreditata da ACCREDIA. 0 = Prova eseguita presso stazione permanente, I = Prova eseguita presso stazione temporanea, II = Prova eseguita presso stazione mobile, III = Prova eseguita fuori stazione
A = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Volpiano (TO) C.so Europa 600/A - ITALIA
B = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Sannazzaro de Burgondi (PV), Via Mattei, 46 - ITALIA
C = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Uta (CA) c/o CACIP - 6 Streda Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA
E = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Ferrara (FE) Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA
S = Prova eseguita presso Laboratorio Terzo in subappalto.
Il numero di contrassegno dei parametri indica la categoria nella quale rientrano le prove oggetto dell'Accreditamento ACCREDIA di questo Laboratorio. L'accreditamento ACCREDIA costituisce un indice di competenza tecnica e gestionale del Laboratorio e non costituisce una garanzia rilasciata da ACCREDIA sulle singole prestazioni eseguite dal Laboratorio.
I valori 'MDL' ed 'LoQ' indicano, se applicabili, il Limite di Rilevabilità ed il Limite di Quantificazione dei parametri provati, corretto per i fattori di scala (pesate, diluizioni) relativi alla Norma o Procedura richiamata. L'incertezza di misura (IM) espressa, è l'incertezza estesa calcolata utilizzando un fattore di copertura pari a 2 e livello di confidenza 95%. Per i metodi normati i gradi di libertà sono da assumersi come superiori a 30, per i metodi interni i gradi di libertà sono superiori a 10.
I risultati ottenuti con metodi empirici, di cui alla definizione EURACHEM/CITAC Guide CG 4/2012 punto 7.9.1, non sono corretti per il recupero.
Per tali metodi il recupero medio è compreso all'interno dei limiti di accettabilità specifici - fonte: Appendix C: Laboratory Control Sample (LCS) Control Limits and Requirements; Quality Systems Manual(QSM)for Environmental Laboratories Based on ISO/IEC 17025:2005(E) and The NELAC Institute (TNI) Standards, Version 5.0.
Laddove non disponibili i limiti sono ottenuti sperimentalmente dal laboratorio.

Allegato 3_ Scheda tecnica compensato di pioppo VigoPly L dell'azienda E. Vigolungo S.p.a.

Descrizione	Pannello di compensato / multistrato longitudinale di pioppo, prodotto in conformità alle normative vigenti	
Utilizzo	Arredamento, edilizia, imballaggio, fai da te, allestimento caravan e automobili, settore nautico	
Classificazione in base all'aspetto delle facce	Gold, Superior, Standard, Natural	
Rilascio di formaldeide	E1, CARB 2 , NAUF	
Classe d'incollaggio	Classe 1, Classe 2	EN 314-2
Certificazioni	PEFC, FSC, CE2+, CARB 2	
Formati	244 x 122, 252 x 125, 252 x 187, 310 x 153, 312 x 187, 312 x 212 cm	
Spessori	da 3 a 40 mm	EN 315
Tolleranze dimensionali	Lunghezza e larghezza: +/-3,5 mm. Spessore +(0,2+0,03t); -(0,4+0,03t). Squadratura: 1 mm/m	EN 315

Caratteristiche	Norma	Unità	Spessori - Strati							
			4/3	8/5	10/5	12/7	15/7	18/9	20/9	
Resistenza a flessione longitudinale	UNI EN310	N/mm²	45	36	28	30	29	30	29	EN 310
Resistenza a flessione trasversale	UNI EN310	N/mm²	24	32	24	32	37	27	39	
Modulo di elasticità a flessione longitudinale	UNI EN310	N/mm²	4680	3525	3600	3130	3270	3480	3150	
Modulo di elasticità a flessione trasversale	UNI EN310	N/mm²	1370	3150	3300	3290	3900	3790	3580	

Massa volumica	420 kg/m3 +/- 10%	EN 323
Conduttività termica	0,12 W/m K	EN 12664
Umidità residua	8 / 12%	EN 322
Reazione al fuoco	D-s2,d0 - Dfl-s1 (per spessori > 9 mm)	EN 13501-1

I dati riportati nella presente scheda sono valori indicativi ricavati da prove interne sulla normale produzione. È responsabilità dell'acquirente determinare se i prodotti E.Vigolungo S.p.a. siano idonei alle applicazioni cui sono destinati e che le modalità di trasporto e di impiego siano conformi alla normativa vigente.

Allegato 4_ Analisi sottoprodotto carta abrasiva (fonte: E. Vigolungo S.p.a)

E.L.A. S.r.l.
Strada Toasso 4
14100 Asti (AT)
Tel.: +390141411177 Fax: +390141214572
e-mail: laboratorio@elasrl.it
Sede Legale: Piazza San Carlo, 206 10121 Torino
Partita IVA:: 01122770058

LAB N° 1473

PG 10 All. 10-11 - Rev. 0:2014

Rapporto di prova n°: **1601001-001**

Descrizione: **Vs. rifiuto derivante da attività di lavorazione pannelli legno vergine.**
Accettazione: **1601001**
Data Prelievo: **03-nov-16**
Data Arrivo Camp.: **03-nov-16** Data Inizio Prova: **03-nov-16**
Data Rapp. Prova: **08-nov-16** Data Fine Prova: **08-nov-16**
Tipo Prove: **Rifiuto generico**
Rif.Legge/Autoriz.: **Reg. UE n° 1357/2014**
Luogo Prelievo: **Via F.lli Maccagno - CANALE (CN)**
Prelevatore: **CLIENTE ELA**
Mod.Campionam.: **Procedura standard cliente***

Spettabile:
VIGOLUNGO SPA
V. F.LLI MACCAGNO
12043 CANALE (CN)

Prova	U.M	Metodo	Risultato	Lim.Min.	Lim.Max
Ceneri	%	CNR IRSA 2 Q64 Vol 2 1985	**30,19**	(*)	
pH		CNR IRSA 3 Q64 Vol 1 1983	**6,75**	(*)	
Punto di Infiammabilità	°C	ASTM D56:2010	**> 90**	(*)	
Residuo Secco a 105°C	%	CNR IRSA 2 Q64 Vol 2 1985	**95,33**	(*)	
Stato fisico		M.I.54 rev.0:2014	**solido non pulverulento**	(*)	
screening metalli pesanti (digestione a microonde)	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	-	(*)	
Antimonio	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**0,33**		
Arsenico	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**0,65**		
Berillio	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**0,26**		
Cadmio	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**0,13**	(*)	
Cromo Totale	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**14,27**		
Mercurio	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + M.I. 13 Rev.0: 2013	**< 0,01**	(*)	
Nichel	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**1,91**		
Piombo	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**0,61**		
Rame	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**1,89**		
Selenio	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**< 0,4**		
Stagno	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**< 0,2**		
Tallio	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**< 0,2**	(*)	
Tellurio	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**1,76**	(*)	
Zinco	mg/kg	UNI EN 13657: 2004 + UNI EN ISO 11885:2009	**7,3**		
Idrocarburi C10-C40	mg/kg	UNI EN 14039:2005	**< 10**	(*)	
Screening solventi organici	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	-	(*)	
1,3-butadiene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	**< 1**	(*)	
Idrocarburi C5-C8	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	**< 5**	(*)	

(*) = Le prove così contrassegnate a fianco del risultato, non sono Accreditate da Accredia

I Risultati si riferiscono esclusivamente al Campione analizzato. I valori riportati non sono corretti per il recupero. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta del ns. Laboratorio.

Documento Elettronico con Firma Digitale: RP1601001-001-LAB 302-1.PDF.P7M

Pagina 1\3

Allegato 4

E.L.A. S.r.l.
Strada Toasso 4
14100 Asti (AT)
Tel.: +390141411177 Fax: +390141214572
e-mail: laboratorio@elasrl.it
Sede Legale: Piazza San Carlo, 206 10121 Torino
Partita IVA:: 01122770058

LAB N° 1473

PG 10 All. 10-11 - Rev. 0:2014

Segue Rapporto di prova n°: **1601001-001**

Prova	U.M	Metodo	Risultato	Lim.Min.	Lim.Max
Benzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Limonene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Cicloesano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Clorometano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,2-dicloroetano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,1-dicloroetilene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,1-dicloroetano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Cloruro di Metilene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,2-dibromoetano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Bromoformio	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Bromodiclorometano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,2-dicloropropano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,3-diclorobenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
cis-1,2-Dicloroetilene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Trans-1,2-dicloroetilene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Tetracloroetilene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Tricloroetilene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Cloruro di Vinile	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Triclorometano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
N-esano	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,3,5-trimetilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,2,3-trimetilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,2,4-trimetilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Toluene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Etilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
n-propilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Acetato di etile	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Acetato di n-butile	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Acetato di isobutile	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Alcol Metilico	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Alcool n-butilico	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Alcool isobutilico	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Metiletilchetone	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Metilisobutilchetone	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Sec butilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Ter butilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	

(*) = Le prove così contrassegnate a fianco del risultato, non sono Accreditate da Accredia

I Risultati si riferiscono esclusivamente al Campione analizzato. I valori riportati non sono corretti per il recupero. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta del ns. Laboratorio.

Allegato 4

E.L.A. S.r.l.
Strada Toasso 4
14100 Asti (AT)
Tel.: +390141411177 Fax: +390141214572
e-mail: laboratorio@elasrl.it
Sede Legale: Piazza San Carlo, 206 10121 Torino
Partita IVA:: 01122770058

LAB N° 1473

PG 10 All. 10-11 - Rev. 0:2014

Segue Rapporto di prova n°: **1601001-001**

Prova	U.M	Metodo	Risultato	Lim.Min.	Lim.Max
Isopropilbenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Xileni (o,m,p)	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Stirene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Clorobenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,4-diclorobenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
1,2-diclorobenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
2-clorotoluene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Acetonitrile	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Metacrilonitrile	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Nitrobenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	
Esaclorobenzene	mg/kg	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2006	< 1	(*)	

Il Direttore Tecnico

Dott. Chim. Giampaolo AGNELLA

Firmatario	Certification Autority	Cod. Fiscale	Stato	Organizzazione	Cod.Ident.	Validità Cert. fino al	Data CRL
AGNELLA GIAMPAOLO	InfoCert Firma Qualificata 2	GNLGPL61M14L219E	IT	ORDINE CHIMICI PIEMONTE E VALLE D'AOSTA/80097230017	2016711225119	2019 Jan 27 00:00:00	2016 Jan 27 10:03:03 (UTC Time)

Iscrizione Ordine Chimici Piemonte e Valle D'Aosta n. 1321 del 21/07/1987 - Sigillo n. 146

(*) = Le prove così contrassegnate a fianco del risultato, non sono Accreditate da Accredia

I Risultati si riferiscono esclusivamente al Campione analizzato. I valori riportati non sono corretti per il recupero. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta del ns. Laboratorio.

Allegato 5_ Scheda tecnica carta abrasiva utilizzata all'interno dell'azienda E.Vigolungo S.p.a

Scheda tecnica
1718 siapan

Responsabile MKP:	Phillip Roskamp
Stato:	Ok
Approvazione:	03.05.2019

Classificazione	Serie disponibili al pubblico
Tipo prodotto:	Abrasivi flessibili
Campo d'impiego principale:	Pannelli
Campo di applicazione secondaria:	Metallo

Caratteristiche del prodotto		
Tipo di grana:	Carburo di silicio	
Granulometria (totale):	60-220	FEPA P / ISO 6344
Supporto:	Carta G	
Cosparsione:	elettrostatica aperta chiusa	P060 – P100 P120 – P220
Legante:	doppia resina	
Copertura speciale:		
Equipaggiamento:	TopTec	

Caratteristiche		**Tecnologia**
Capacità di asportazione:	5 - media	- TopTec
Durata:	7 - lunga	
Finitura:	10 - ottima	
Flessibilità:	5 - media	
Pressione di appoggio:	3 - ridotto	

Vantaggi	
Coatings&Composites:	
Legno:	
Metallo:	- Superficie perfetta - Finitura perfetta
Pannelli:	- Levigatura priva di segni di battute, grazie alla giunzione del nastro senza sovraspessore - Basse sollecitazioni sui tamponi di levigatura - Prodotto di resistenza e stabilità superiori

Impieghi	
Coatings&Composites:	
Legno:	
Metallo:	- Finitura di pietra - Finitura di parti in ardesia e marmo - Finitura di superfici

Allegato 5

Scheda tecnica
1718 siapan

Impieghi	
Pannelli:	- Levigatura intermedia - Levigatura - Levigatura intermedia di pannelli (levigatura a tampone) - Levigatura intermedia di pannelli MDF, truciolari e in masonite (levigatura a tampone) - Livellamento prima della verniciatura diretta

Materiali	Gruppo superiore	Sottogruppo
Coatings&Composites:		
Legno:		
Metallo:	Acciai altolegati	● Acciaio ad alta lega
	Altri metalli di difficile lavorabilità	○ Titanio
Pannelli:	Laminati	○ Laminato HPL
	Legno massiccio	○ Legno duro
	Materiali a base di legno	● Pannello in masonite
	Materiali a base di legno	● Pannello MDF
	Materiali a base di legno	● Pannello truciolare
	Materiali a base di legno	● Materiale legnoso
	Materiali a base di legno	○ Pannello in fibra minerale
	Minerali	○ Sostanze minerali

Formati della confezione	Sovraconfezione	Sottoconfezione
	Rotoli	- Jumbolino - Rotoli Jumbo
	Nastri	- Nastri alti (larghezza: a partire da 400 mm) - Nastri stretti, per bordi e lunghi (larghezza: 25-399 mm / lunghezza: fino a 8500 mm)

Impiego	Gruppo superiore	Sottogruppo
	Levigatura a nastro stazionaria	● Levigatura a nastro alto con rullo di contatto e tampone
	Levigatura a nastro stazionaria	● Levigatura a nastro largo con tampone
Levigatura:		

Dettagli	
Non adatto per:	- Pericolo di danni in caso di frequenti cambi del nastro - Non lavabile - Maneggevolezza del nastro problematica con larghezze > 2800 mm
Consigli per la levigatura:	- Per nastri segmentati oltre i 1,600 mm di larghezza: utilizzare un ausilio di montaggio - Rischio di formazione di pieghe in caso di elevata umidità atmosferica

Allegato 5

Scheda tecnica
1718 siapan

Dettagli	
Indicazione di sicurezza:	- Attenersi alla scheda tecnica di sicurezza dell'abrasivo (disponibile presso sia Abrasives) - Rispettare le disposizioni di sicurezza generali FEPA - Utilizzare cuffie di protezione per l'udito e maschera protettiva - Utilizzare un'efficace sistema di aspirazione della polvere, oppure indossare una mascherina per polveri fini

Per comunicazioni			
Claim:	Il nastro carta professionale per risultati di levigatura perfetti, senza battute		
Copy:	La serie speciale per la levigatura o per la levigatura intermedia di pannelli in MDF, pannelli di fibre dure e pannelli in masonite: grazie alla giunzione senza sovraspessore, il 1718 siapan garantisce una qualità superficiale perfetta, esente da battute.		
Industrial Verticals:	- Pannelli - Parquet		
Materiale iconografico:	Product Top View (PTV)	Lato anteriore: Retro:	ID 4959 ID 5033
	Immagine dell'applicazione	Coatings&Composites: Legno: Metallo: Pannelli:	 ID 1486
	Presentazione dei prodotti:		
	Immagine macro:		
	Immagine della confezione:		
	Immagine gruppo prodotti:		ID 8165

● Utilizzo principale
○ Utilizzo secondario

Allegato 6_ Analisi sottoprodotto ceneri (fonte: E. Vigolungo S.p.a).

CENERI PESANTI

THEOLAB

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 01/164958 RP 818296/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 29/06/2017
Pagina 1 di 4

RAPPORTO DI PROVA n° 818296/17

I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto soltanto per intero.
Il presente Rapporto di Prova non può essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario o promozionale senza l'autorizzazione scritta della THEOLAB S.p.A..
Il presente Rapporto di prova é composto da pagine n° 4.

Cliente	SISEA S.r.l.
Indirizzo	Strada comunale della Maniga sn 12048 SOMMARIVA DEL BOSCO (CN)
Prime Contractor	SISEA S.r.l.
Progetto/Contratto	E. VIGOLUNGO SpA
Base/Sito	Via F.lli Maccagno - Canale
Matrice	Residuo solido
Data ricevimento	22-giu-17
Identificazione del Cliente	Ceneri Pesanti
Identificazione interna	01 / 164958 RS: RH17SR0002938 INT: RH17IN0003280 QC Type N
Data emissione Rapporto di Prova	29-giu-17
Data Prelievo	21-giu-17
Procedura di Campionamento	Prelievo effettuato a cura del Committente
Note	

Preparazione delle porzioni di prova del campione da avviare ad analisi secondo metodo *UNI EN 15002:2006

Parametro Analizzato		Valore e I M	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Metodo di Prova	UNI 10802:13				
* A stato fisico		solido	n.a.		23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 14346:2007 Met A				
0 A sostanza secca		70,0 ± 3,5	%	0,100	23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	CNR IRSA 1 Q 64 Vol 3 1985				
0 A pH		12,8 ± 0,1	pH		23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 DELLA COMMISSIONE del 30 maggio 2008_A.10.				
* A test di infiammabilità su solidi		non facilmente infiamm	n.a.		23/06/17 - 23/06/17
Residui a diverse temperature					
Metodo di Prova	CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984				
0 A residuo a 550°C		70,0 ± 3,5	%	0,80	23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 13137:2002 Met A				
0 A carbonio organico totale		0,800 ± 0,080	% P	0,090	27/06/17 - 27/06/17
Anioni					
Metodo di Prova	EPA 9056A 2007				
0 A acetati		45 ± 13	mg/Kg	1,30	27/06/17 - 28/06/17
0 A bromuri		< 0,110	mg/Kg	0,110	27/06/17 - 28/06/17
0 A cloruri		34 ± 10	mg/Kg	0,97	27/06/17 - 28/06/17
0 A fluoruri		0,100 ± 0,030	mg/Kg	0,092	27/06/17 - 28/06/17
0 A fosfati		< 0,86	mg/Kg	0,86	27/06/17 - 28/06/17
0 A nitrati		4,2 ± 1,3	mg/Kg	1,10	27/06/17 - 28/06/17
0 A nitriti		1,10 ± 0,33	mg/Kg	0,091	27/06/17 - 28/06/17
0 A solfati		190 ± 56	mg/Kg	1,30	27/06/17 - 28/06/17

THEOLAB

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 01/164958 RP 818296/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 29/06/2017

Parametro Analizzato		Valore e I M	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Anioni					
Metodo di Prova	T.A. SXIC 04/15				
* A solfiti		< 1600	mg/Kg	1600	26/06/17 - 28/06/17
Metodo di Prova	T.A. SXVL 05/15				
* A solfuri		< 1000	mg/Kg	1000	27/06/17 - 27/06/17
Metalli					
Metodo di Prova	EPA 3060A 1996 + EPA 7199 1996				
0 A cromo (VI)		2,40 ± 0,71	mg/Kg	0,0120	27/06/17 - 27/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009				
0 A alluminio sul tal quale		14000 ± 4300	mg/Kg	1,20	26/06/17 - 27/06/17
0 A antimonio sul tal quale		< 1,20	mg/Kg	1,20	26/06/17 - 27/06/17
0 A arsenico sul tal quale		2,40 ± 0,71	mg/Kg	0,44	26/06/17 - 27/06/17
0 A bario sul tal quale		170 ± 51	mg/Kg	0,290	26/06/17 - 27/06/17
0 A berillio sul tal quale		0,41 ± 0,12	mg/Kg	0,0110	26/06/17 - 27/06/17
0 A boro sul tal quale		120 ± 37	mg/Kg	0,38	26/06/17 - 27/06/17
0 A cadmio sul tal quale		1,40 ± 0,41	mg/Kg	0,140	26/06/17 - 27/06/17
0 A calcio sul tal quale		130000 ± 40000	mg/Kg	15,0	26/06/17 - 27/06/17
0 A cobalto sul tal quale		5,9 ± 1,8	mg/Kg	0,54	26/06/17 - 27/06/17
0 A cromo totale sul tal quale		39 ± 12	mg/Kg	0,200	26/06/17 - 27/06/17
0 A ferro sul tal quale		7800 ± 2300	mg/Kg	1,80	26/06/17 - 27/06/17
0 A litio sul tal quale		6,4 ± 1,9	mg/Kg	1,10	26/06/17 - 27/06/17
0 A manganese sul tal quale		390 ± 120	mg/Kg	0,69	26/06/17 - 27/06/17
* A mercurio sul tal quale		< 0,46	mg/Kg	0,46	26/06/17 - 27/06/17
0 A nichel sul tal quale		26,0 ± 7,7	mg/Kg	0,75	26/06/17 - 27/06/17
0 A piombo sul tal quale		0,84 ± 0,25	mg/Kg	0,62	26/06/17 - 27/06/17
0 A rame sul tal quale		42 ± 13	mg/Kg	0,95	26/06/17 - 27/06/17
0 A selenio sul tal quale		< 1,60	mg/Kg	1,60	26/06/17 - 27/06/17
0 A stagno sul tal quale		< 0,39	mg/Kg	0,39	26/06/17 - 27/06/17
0 A stronzio sul tal quale		550 ± 160	mg/Kg	0,40	26/06/17 - 27/06/17
* A tallio sul tal quale		< 0,63	mg/Kg	0,63	26/06/17 - 27/06/17
* A tellurio sul tal quale		< 1,60	mg/Kg	1,60	26/06/17 - 27/06/17
0 A titanio sul tal quale		750 ± 230	mg/Kg	0,270	26/06/17 - 27/06/17
0 A vanadio sul tal quale		19,0 ± 5,6	mg/Kg	0,53	26/06/17 - 27/06/17
0 A zinco sul tal quale		100 ± 30	mg/Kg	0,89	26/06/17 - 27/06/17
Composti idrocarburici					
Metodo di Prova	EPA 3550C 2007 + EPA 8015D 2003				
0 A idrocarburi pesanti >C12 (C12-C40)		240 ± 72	mg/Kg	7,1	23/06/17 - 26/06/17
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8015D 2003				
0 A idrocarburi leggeri < C12 sul tal quale		< 2,50	mg/Kg	2,50	23/06/17 - 23/06/17
Idrocarburi alifatici leggeri					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8015D 2003				
* A idrocarburi alifatici C5-C8 sul tal quale		< 2,2	mg/Kg	2,2	23/06/17 - 23/06/17
Composti alifatici semivolatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006				
0 A dipentene sul tal quale		< 19,0	mg/Kg	19,0	23/06/17 - 24/06/17
Composti aromatici volatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006				
0 A benzene sul tal quale		< 2,50	mg/Kg	2,50	23/06/17 - 24/06/17
0 A etilbenzene sul tal quale		< 2,60	mg/Kg	2,60	23/06/17 - 24/06/17
0 A isopropilbenzene sul tal quale		< 2,40	mg/Kg	2,40	23/06/17 - 24/06/17

Allegato 6

THEOLAB

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 01/164958 RP 818296/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 29/06/2017
Pagina 3 di 4

Parametro Analizzato		Valore e IM	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Composti aromatici volatili					
0 A m,p-xilene sul tal quale		<4,9	mg/Kg	4,9	23/06/17 - 24/06/17
0 A o-xilene sul tal quale		<2,40	mg/Kg	2,40	23/06/17 - 24/06/17
0 A stirene sul tal quale		<3,6	mg/Kg	3,6	23/06/17 - 24/06/17
0 A toluene sul tal quale		<2,90	mg/Kg	2,90	23/06/17 - 24/06/17
Composti organici volatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006				
* A 1,3-butadiene sul tal quale		<25,0	mg/Kg	25,0	23/06/17 - 24/06/17
IPA					
Metodo di Prova	+ EPA 8270D 2014				
0 A - idrocarburi polinucleari aromatici (IPA) totali		<0,04	mg/Kg	0,04	---------- - 27/06/17
Metodo di Prova	EPA 3550C 2007 + EPA 8270D 2014				
0 A 2-metilnaftalene		<0,018	mg/Kg	0,018	26/06/17 - 27/06/17
0 A acenaftene		<0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 27/06/17
0 A acenaftilene		<0,023	mg/Kg	0,023	26/06/17 - 27/06/17
0 A antracene		<0,0140	mg/Kg	0,0140	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[a]antracene		<0,034	mg/Kg	0,034	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[a]pirene		<0,024	mg/Kg	0,024	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[b]fluorantene		<0,029	mg/Kg	0,029	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[e]pirene		<0,031	mg/Kg	0,031	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[g,h,i]perilene		<0,025	mg/Kg	0,025	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[j]fluorantene		<0,030	mg/Kg	0,030	26/06/17 - 27/06/17
0 A benzo[k]fluorantene		<0,025	mg/Kg	0,025	26/06/17 - 27/06/17
0 A crisene		<0,025	mg/Kg	0,025	26/06/17 - 27/06/17
0 A dibenzo[a,e]pirene		<0,027	mg/Kg	0,027	26/06/17 - 27/06/17
0 A dibenzo[a,h]antracene		<0,022	mg/Kg	0,022	26/06/17 - 27/06/17
0 A dibenzo[a,h]pirene		<0,038	mg/Kg	0,038	26/06/17 - 27/06/17
0 A dibenzo[a,i]pirene		<0,026	mg/Kg	0,026	26/06/17 - 27/06/17
0 A dibenzo[a,l]pirene		<0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 27/06/17
0 A fenantrene		<0,025	mg/Kg	0,025	26/06/17 - 27/06/17
0 A fluorantene		<0,0130	mg/Kg	0,0130	26/06/17 - 27/06/17
0 A fluorene		<0,027	mg/Kg	0,027	26/06/17 - 27/06/17
0 A indeno[1,2,3-cd]pirene		<0,025	mg/Kg	0,025	26/06/17 - 27/06/17
0 A naftalene		<0,022	mg/Kg	0,022	26/06/17 - 27/06/17
0 A pirene		<0,030	mg/Kg	0,030	26/06/17 - 27/06/17

Fine del Rapporto di Prova

* = Prova non accreditata da ACCREDIA. 0 = Prova eseguita presso stazione permanente, I = Prova eseguita presso stazione temporanea, II = Prova eseguita presso stazione mobile, III = Prova eseguita fuori stazione
A = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Volpiano (TO) C.so Europa 600/A - ITALIA.
B = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Sannazzaro de Burgondi (PV), Via Mattei, 46 - ITALIA.
C = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Uta (CA) c/o CACIP - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA
E = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Ferrara (FE) Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA
S = Prova eseguita presso Laboratorio Terzo in subappalto.
Il numero di contrassegno dei parametri indica la categoria nella quale rientrano le prove oggetto dell'Accreditamento ACCREDIA di questo Laboratorio. L'accreditamento ACCREDIA costituisce un indice di competenza tecnica e gestionale del Laboratorio e non costituisce una garanzia rilasciata da ACCREDIA sulle singole prestazioni eseguite dal Laboratorio.
I valori 'MDL' ed 'LoQ' indicano, se applicabili, il Limite di Rilevabilità ed il Limite di Quantificazione dei parametri provati, corretto per i fattori di scala (pesate, diluizioni) relativi alla Norma o Procedura richiamata. L'incertezza di misura (IM) espressa, è l'incertezza estesa calcolata utilizzando un fattore di copertura pari a 2 e livello di confidenza 95%. Per i metodi normati i gradi di libertà sono da assumersi come superiori a 30; per i metodi interni i gradi di libertà sono superiori a 10.
I risultati ottenuti con metodi empirici, di cui alla definizione EURACHEM/CITAC Guide CG 4/2012 punto 7.9.1, non sono corretti per il recupero.
Per tali metodi il recupero medio è compreso all'interno dei limiti di accettabilità specifici - fonte: Appendix C: Laboratory Control Sample (LCS) Control Limits and Requirements; Quality Systems Manual(QSM)for Environmental Laboratories Based on ISO/IEC 17025:2005(E) and The NELAC Institute (TNI) Standards, Version 5.0.
Laddove non disponibili i limiti sono ottenuti sperimentalmente dal laboratorio.

Allegato 6

CENERI LEGGERE

THEOLAB

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 02/164958 RP 818297/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 29/06/2017
Pagina 1 di 4

RAPPORTO DI PROVA n° 818297/17

I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto soltanto per intero.
Il presente Rapporto di Prova non può essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario o promozionale senza l'autorizzazione scritta della THEOLAB S.p.A..
Il presente Rapporto di prova è composto da pagine n° 4.

Cliente	SISEA S.r.l.
Indirizzo	Strada comunale della Maniga sn 12048 SOMMARIVA DEL BOSCO (CN)
Prime Contractor	SISEA S.r.l.
Progetto/Contratto	E. VIGOLUNGO SpA
Base/Sito	Via F.lli Maccagno - Canale
Matrice	Residuo solido
Data ricevimento	22-giu-17
Identificazione del Cliente	Ceneri Leggere
Identificazione interna	02 / 164958 RS: RH17SR0002938 INT: RH17IN0003280 QC Type N
Data emissione Rapporto di Prova	29-giu-17
Data Prelievo	21-giu-17
Procedura di Campionamento	Prelievo effettuato a cura del Committente
Note	

Preparazione delle porzioni di prova del campione da avviare ad analisi secondo metodo * UNI EN 15002:2006

Parametro Analizzato		Valore e IM	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Metodo di Prova	UNI 10802:13				
* A stato fisico		solido	n.a.		23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 14346:2007 Met A				
0 A sostanza secca		100 ± 5	%	0,100	23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	CNR IRSA 1 Q 64 Vol 3 1985				
0 A pH		13,2 ± 0,1	pH		23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 DELLA COMMISSIONE del 30 maggio 2008_A.10.				
* A test di infiammabilità su solidi		non facilmente infiamm	n.a.		23/06/17 - 23/06/17
Residui a diverse temperature					
Metodo di Prova	CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984				
0 A residuo a 550°C		100 ± 5	%	0,80	23/06/17 - 23/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 13137:2002 Met.A				
0 A carbonio organico totale		1,20 ± 0,12	% P	0,090	27/06/17 - 27/06/17
Anioni					
Metodo di Prova	EPA 9056A 2007				
0 A acetati		<27	mg/Kg	27	27/06/17 - 28/06/17
0 A bromuri		<2,30	mg/Kg	2,30	27/06/17 - 28/06/17
0 A cloruri		19000 ± 5600	mg/Kg	21,0	27/06/17 - 28/06/17
0 A fluoruri		41 ± 12	mg/Kg	2,00	27/06/17 - 28/06/17
0 A fosfati		<18,0	mg/Kg	18,0	27/06/17 - 28/06/17
0 A nitrati		970 ± 290	mg/Kg	23	27/06/17 - 28/06/17
0 A nitriti		7000 ± 2100	mg/Kg	19,0	27/06/17 - 28/06/17
0 A solfati		250000 ± 76000	mg/Kg	280	27/06/17 - 28/06/17

Allegato 6

THEOLAB

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 02/164958 RP 818297/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 29/06/2017
Pagina 2 di 4

Parametro Analizzato		Valore e IM	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Anioni					
Metodo di Prova	T.A. SXIC 04/15				
* A solfiti		<3400	mg/Kg	3400	28/06/17 - 28/06/17
Metodo di Prova	T.A. SXVL 05/15				
* A solfuri		<1000	mg/Kg	1000	27/06/17 - 27/06/17
Metalli					
Metodo di Prova	EPA 3060A 1996 +	EPA 7199 1996			
0 A cromo (VI)		48 ± 14	mg/Kg	0,230	28/06/17 - 28/06/17
Metodo di Prova	UNI EN 13657:2004 +	UNI EN ISO 11885:2009			
0 A alluminio sul tal quale		510 ± 150	mg/Kg	1,20	26/06/17 - 27/06/17
0 A antimonio sul tal quale		4,9 ± 1,5	mg/Kg	1,20	26/06/17 - 27/06/17
0 A arsenico sul tal quale		27,0 ± 8,2	mg/Kg	0,44	26/06/17 - 27/06/17
0 A bario sul tal quale		68 ± 20	mg/Kg	0,290	26/06/17 - 27/06/17
0 A berillio sul tal quale		0,084 ± 0,020	mg/Kg	0,0110	26/06/17 - 27/06/17
0 A boro sul tal quale		320 ± 97	mg/Kg	0,38	26/06/17 - 27/06/17
0 A cadmio sul tal quale		25,0 ± 7,4	mg/Kg	0,130	26/06/17 - 27/06/17
0 A calcio sul tal quale		89000 ± 27000	mg/Kg	15,0	26/06/17 - 27/06/17
0 A cobalto sul tal quale		1,20 ± 0,35	mg/Kg	0,54	26/06/17 - 27/06/17
0 A cromo totale sul tal quale		54 ± 16	mg/Kg	0,200	26/06/17 - 27/06/17
0 A ferro sul tal quale		770 ± 230	mg/Kg	1,80	26/06/17 - 27/06/17
0 A litio sul tal quale		7,6 ± 2,3	mg/Kg	1,10	26/06/17 - 27/06/17
0 A manganese sul tal quale		230 ± 70	mg/Kg	0,69	26/06/17 - 27/06/17
* A mercurio sul tal quale		<0,46	mg/Kg	0,46	26/06/17 - 27/06/17
0 A nichel sul tal quale		8,8 ± 2,6	mg/Kg	0,74	26/06/17 - 27/06/17
0 A piombo sul tal quale		85 ± 25	mg/Kg	0,62	26/06/17 - 27/06/17
0 A rame sul tal quale		90 ± 27	mg/Kg	0,95	26/06/17 - 27/06/17
0 A selenio sul tal quale		6,70 ± 2	mg/Kg	1,60	26/06/17 - 27/06/17
0 A stagno sul tal quale		7,1 ± 2,1	mg/Kg	0,39	26/06/17 - 27/06/17
0 A stronzio sul tal quale		220 ± 67	mg/Kg	0,40	26/06/17 - 27/06/17
* A tallio sul tal quale		1,20 ± 0,35	mg/Kg	0,63	26/06/17 - 27/06/17
* A tellurio sul tal quale		<1,60	mg/Kg	1,60	26/06/17 - 27/06/17
0 A titanio sul tal quale		31,0 ± 9,2	mg/Kg	0,270	26/06/17 - 27/06/17
0 A vanadio sul tal quale		4,6 ± 1,4	mg/Kg	0,53	26/06/17 - 27/06/17
0 A zinco sul tal quale		7200 ± 2200	mg/Kg	0,89	26/06/17 - 27/06/17
Composti idrocarburici					
Metodo di Prova	EPA 3550C 2007 +	EPA 8015D 2003			
0 A idrocarburi pesanti > C12 (C12-C40)		<9,6	mg/Kg	9,6	23/06/17 - 26/06/17
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8015D 2003			
0 A idrocarburi leggeri < C12 sul tal quale		<2,90	mg/Kg	2,90	23/06/17 - 23/06/17
Idrocarburi alifatici leggeri					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8015D 2003			
* A idrocarburi alifatici C5-C8 sul tal quale		<2,6	mg/Kg	2,6	23/06/17 - 23/06/17
Composti alifatici semivolatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8260C 2006			
0 A dipentene sul tal quale		<22,0	mg/Kg	22,0	23/06/17 - 24/06/17
Composti aromatici volatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 +	EPA 8260C 2006			
0 A benzene sul tal quale		<2,90	mg/Kg	2,90	23/06/17 - 24/06/17
0 A etilbenzene sul tal quale		<3,10	mg/Kg	3,10	23/06/17 - 24/06/17
0 A isopropilbenzene sul tal quale		<2,80	mg/Kg	2,80	23/06/17 - 24/06/17

Allegato 6

THEOLAB

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0094

Campione: 02/164958 RP 818297/17
Committente: SISEA S.r.l.
Data di emissione: 29/06/2017

Parametro Analizzato		Valore e IM	UM	MDL	Data Analisi Inizio Fine
Composti aromatici volatili					
0 A	m,p-xilene sul tal quale	< 5,7	mg/Kg	5,7	23/06/17 - 24/06/17
0 A	o-xilene sul tal quale	< 2,80	mg/Kg	2,80	23/06/17 - 24/06/17
0 A	stirene sul tal quale	< 4,2	mg/Kg	4,2	23/06/17 - 24/06/17
0 A	toluene sul tal quale	< 3,40	mg/Kg	3,40	23/06/17 - 24/06/17
Composti organici volatili					
Metodo di Prova	EPA 5035A 2002 + EPA 8260C 2006				
* A	1,3-butadiene sul tal quale	< 29,0	mg/Kg	29,0	23/06/17 - 24/06/17
IPA					
Metodo di Prova	+ EPA 8270D 2014				
0 A	- idrocarburi polinucleari aromatici (IPA) totali	< 0,05	mg/Kg	0,05	---------- - 27/06/17
Metodo di Prova	EPA 3550C 2007 + EPA 8270D 2014				
0 A	2-metilnaftalene	< 0,024	mg/Kg	0,024	26/06/17 - 27/06/17
0 A	acenaftene	< 0,043	mg/Kg	0,043	26/06/17 - 27/06/17
0 A	acenaftilene	< 0,031	mg/Kg	0,031	26/06/17 - 27/06/17
0 A	antracene	< 0,019	mg/Kg	0,019	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[a]antracene	< 0,046	mg/Kg	0,046	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[a]pirene	< 0,032	mg/Kg	0,032	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[b]fluorantene	< 0,039	mg/Kg	0,039	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[e]pirene	< 0,042	mg/Kg	0,042	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[g,h,i]perilene	< 0,033	mg/Kg	0,033	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[j]fluorantene	< 0,041	mg/Kg	0,041	26/06/17 - 27/06/17
0 A	benzo[k]fluorantene	< 0,034	mg/Kg	0,034	26/06/17 - 27/06/17
0 A	crisene	< 0,034	mg/Kg	0,034	26/06/17 - 27/06/17
0 A	dibenzo[a,e]pirene	< 0,037	mg/Kg	0,037	26/06/17 - 27/06/17
0 A	dibenzo[a,h]antracene	< 0,030	mg/Kg	0,030	26/06/17 - 27/06/17
0 A	dibenzo[a,h]pirene	< 0,051	mg/Kg	0,051	26/06/17 - 27/06/17
0 A	dibenzo[a,i]pirene	< 0,035	mg/Kg	0,035	26/06/17 - 27/06/17
0 A	dibenzo[a,l]pirene	< 0,044	mg/Kg	0,044	26/06/17 - 27/06/17
0 A	fenantrene	< 0,034	mg/Kg	0,034	26/06/17 - 27/06/17
0 A	fluorantene	< 0,018	mg/Kg	0,018	26/06/17 - 27/06/17
0 A	fluorene	< 0,036	mg/Kg	0,036	26/06/17 - 27/06/17
0 A	indeno[1,2,3-cd]pirene	< 0,034	mg/Kg	0,034	26/06/17 - 27/06/17
0 A	naftalene	< 0,030	mg/Kg	0,030	26/06/17 - 27/06/17
0 A	pirene	< 0,041	mg/Kg	0,041	26/06/17 - 27/06/17

Fine del Rapporto di Prova

* = Prova non accreditata da ACCREDIA. 0 = Prova eseguita presso stazione permanente, I = Prova eseguita presso stazione temporanea, II = Prova eseguita presso stazione mobile, III = Prova eseguita fuori stazione
A = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Volpiano (TO) C.so Europa 600/A - ITALIA
B = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Sannazzaro de Burgondi (PV), Via Mattei, 46 - ITALIA
C = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Uta (CA) c/o CACIP - 6 Strada Ovest snc (Loc. Macchiareddu) - ITALIA
E = Prova eseguita presso il Laboratorio THEOLAB di Ferrara (FE) Piazzale G. Donegani, 12 - ITALIA
S = Prova eseguita presso Laboratorio Terzo in subappalto.
Il numero di contrassegno dei parametri indica la categoria nella quale rientrano le prove oggetto dell'Accreditamento ACCREDIA di questo Laboratorio. L'accreditamento ACCREDIA costituisce un indice di competenza tecnica e gestionale del Laboratorio e non costituisce una garanzia rilasciata da ACCREDIA sulle singole prestazioni eseguite dal Laboratorio.
I valori 'MDL' ed 'LoQ' indicano, se applicabili, il Limite di Rilevabilità ed il Limite di Quantificazione dei parametri provati, corretto per i fattori di scala (pesate, diluizioni) relativi alla Norma o Procedura richiamata. L'incertezza di misura (IM) espressa, è l'incertezza estesa calcolata utilizzando un fattore di copertura pari a 2 e livello di confidenza 95%. Per i metodi normati i gradi di libertà sono da assumersi come superiori a 30; per i metodi interni i gradi di libertà sono superiori a 10.
I risultati ottenuti con metodi empirici, di cui alla definizione EURACHEM/CITAC Guide CG 4/2012 punto 7.9.1, non sono corretti per il recupero.
Per tali metodi il recupero medio è compreso all'interno dei limiti di accettabilità specifici - fonte: Appendix C: Laboratory Control Sample (LCS) Control Limits and Requirements; Quality Systems Manual(QSM)for Environmental Laboratories Based on ISO/IEC 17025:2005(E) and The NELAC Institute (TNI) Standards, Version 5.0.
Laddove non disponibili i limiti sono ottenuti sperimentalmente dal laboratorio.

Allegato 7_

Scheda tecnica Impregnante ad acqua linea D'eco Sestriere Vernici Srl (sestrierevernici.com).

SESTRIERE IN NEGOZIO

IMPREGNANTI

AD ACQUA

D'ECO' IMPREGNANTE

Impregnante protettivo all'acqua per superfici in legno con filtri U.V.
Non filmogeno

SCHEDA TECNICA	Revisione 0 del 26/01/2017
DESTINAZIONE	Formulazione ad elevata penetrazione per l'impregnazione e protezione del legno all'interno ed all'esterno. E' in grado di penetrare nel supporto e rimanere inalterato nonostante le naturali variazioni strutturali del legno. Permette la colorazione del legno senza mascherarne le venature
PROPRIETA'	ANTISFOGLIAMENTO ELEVATA PENETRAZIONE BUONA PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI RESISTENTE AI RAGGI UV NON FILMOGENO
VOC (Direttiva 2004/42/CE) (g/l)	Vernici ed impregnanti per legno per finiture interne/esterne. Valore limite UE per questo prodotto (Cat.A/e):130 g/l (2010). Questo prodotto contiene al massimo 60 g/l
CONDIZIONI CONSIGLIATE DI SUPERFICE E TEMPERATURA	Evitare applicazioni con temperatura ambiente inferiori a +10°C o superiori a +35°C ed umidità relativa ambiente superiore all' 80%. Verificare idoneità delle superfici relativamente al grado di umidità. Il contenuto di umidità del legno non deve superare il 16%. Temperatura del supporto: min. +10°C - max +35°C. Evitare le applicazioni in presenza di condensa superficiale o sotto l'azione diretta del sole.
RACCOMANDAZIONI	Miscelare bene prima dell'uso. Si consiglia di applicare uniformemente il prodotto lungo tutta la superficie da verniciare in modo da non lasciare parti scoperte dalle quali potrebbe iniziare un processo di deterioramento del film ciclo applicato e del supporto. Umidità elevate possono causare opacizzazioni durante l'applicazione. Per la pulizia delle superfici tinteggiate si consiglia l'impiego di spugne morbide con detergenti neutri. Evitare l'uso di stracci o panni abrasivi e detergenti contenenti alcool o solventi di qualunque tipo. Per un risultato ottimale di omogeneità di superficie e uniformità di essiccazione si consiglia di evitare l'applicazione sotto la luce solare diretta. ATTENZIONE al trattamento su legni ricchi di tannino. Per ridurre la formazione di macchie scure applicare idoneo fondo isolante. Gli impregnanti possono essere applicati su superfici vecchie purchè prive di qualsiasi precedente trattamento verniciante con caratteristiche filmogene (tipo oli o vernici), in quanto ne impedirebbero la penetrazione limitandone o riducendone di conseguenza la validità protettica.

Allegato 7

SESTRIERE IN NEGOZIO

IMPREGNANTI

AD ACQUA

D'ECO' IMPREGNANTE

Impregnante protettivo all'acqua per superfici in legno con filtri U.V.
Non filmogeno

SCHEDA TECNICA **Revisione 0 del 26/01/2017**

CICLO APPLICATIVO

SUPERFICI IN LEGNO NUOVO O RIPORTATO A NUOVO
Carteggiare leggermente per asportare le fibre del legno sollevate. Asportare l'eventuale presenza di resina utilizzando idoneo diluente. Stuccare le imperfezioni con stucco sintetico. Carteggiare le stuccature ed eliminare la polvere. Controllare che il legno non sia troppo umido. Applicare 2 strati di D'ECO' IMPREGNANTEneutro o colorato pronto all'uso. Su superfici esterne, per aumentare la protezione del supporto, si consiglia l'applicazione di 2 strati di D'ECO' IMPREGNANTE colorato. Carteggiare la superficie e quindi procedere all'applicazione di 2 strati di D'ECO' VENICE CERATA.
ATTENZIONE al trattamento su legni ricchi di tannino. Per ridurre la formazione di macchie scure, applicare idoneo fondo isolante.

SUPERFICI IN LEGNO GIA' VERNICIATO
Carteggiare per asportare le fibre di legno sollevate. Eliminare eventuali strati di vecchie pitture mal ancorate ed irruvidire le superfici già verniciate. Asportare l'eventuale presenza di resina utilizzando idoneo diluente. Stuccare le imperfezioni con stucco sintetico. Carteggiare le stuccature ed eliminare la polvere. Controllare che il legno non sia troppo umido. Applicare 1 strato di D'ECO' IMPREGNANTE solo sulle zone di legno degradato per uniformare gli assorbimenti. Carteggiare la superficie e quindi procedere all'applicazione di 2 strati di D'ECO' IMPREGNANTE nella colorazione desiderata, carteggiando tra una mano e l'altra per rimuovere le fibre sollevate. Su superfici esterne, per aumentare la protezione del supporto, si consiglia l'applicazione di 2 strati di D'ECO' IMPREGNANTE colorato. Per ottenere il massimo della protezione del supporto dare ulteriori 1 o 2 stati di D'ECO' VERNICE CERATA carteggiando tra uno strato e l'altro per rimuovere le fibre sollevate. Per ottenere il massimo di protezione all'esterno è consigliabile applicare un primo strato di D'ECO' IMPREGNANTE colorato e i successivi 2 strati di D'ECO VERNICE CERATA.
ATTENZIONE gli impregnanti possono essere applicati su superfici vecchie purchè prive di qualsiasi precedente trattamento verniciante con caratteristiche filmogene (tipo oli o vernici), in quanto ne impedirebbero la penetrazione limitandone o riducendone di conseguenza la validità protettica.

Allegato 7

SESTRIERE IN NEGOZIO

IMPREGNANTI

AD ACQUA

D'ECO' IMPREGNANTE

Impregnante protettivo all'acqua per superfici in legno con filtri U.V.
Non filmogeno

SCHEDA TECNICA			Revisione 0 del 26/01/2017
CARATTERISTICHE ED INFORMAZIONI TECNICHE	Dati rilevabili a T=20°C e 60% umidità relativa		
ASPETTO IN LATTA	Liquido		
LEGANTE	Acrilico Uretanizzato		
COLORE	Trasparente Neutro Tinte realizzabili con sistema tintometrico MW2		
UTILIZZO	Pennello / Rullo / Aerografo / IN OUT		
DILUENTE	Acqua		
PULIZIA DEGLI ATTREZZI	Acqua		
MODALITÀ APPLICAZIONE	**SPRUZZO AD ARIA**		
	Diluente (% Volume)	Acqua	0 - 5
	Diametro Ugello (mm/inch)	0,9 - 1,2	
	Pressione Ugello(Atm/Mpa)	3 - 4	
	PENNELLO / RULLO		
	Diluente (% Volume)	Acqua	0
DATI TECNICI	DENSITA' DI MASSA (kg/l)	1,02	
	CONTENUTO SOLIDO IN VOLUME (%)	22	
	CONTENUTO SOLIDO IN PESO (%)	-	
	VISCOSITA' BROOKFIELD (cP)	-	
	VISCOSITA' COPPA ASTM 4 (s)	-	
	BRILLANTEZZA (%)	-	Opaco
	FUORI POLVERE (minuti)	-	
	SECCO AL TATTO (h)	1	
	SECCO IN PROFONDITA' (giorni)	4 - 5	

Allegato 7

SESTRIERE IN NEGOZIO

IMPREGNANTI

AD ACQUA

D'ECO' IMPREGNANTE

Impregnante protettivo all'acqua per superfici in legno con filtri U.V.
Non filmogeno

SCHEDA TECNICA — **Revisione 0 del 26/01/2017**

DATI TECNICI	SPESSORE DEL FILM SECCO (DFT) CONSIGLIATO (µm)	-
	RESA TEORICA (mq²/lt)	8 - 10
	POLIMERIZZAZIONE COMPLETA - GIORNI	7 - 10
	INTERVALLO SOVRAPPLICAZIONE (h)	4 - 5
	TEMPERATURA MINIMA DI FILMAZIONE (°C)	+5
	CLASSE PRESA DI SPORCO UNI EN 10792	-
	RESISTENZA AL LAVAGGIO (UNI 10560) cicli:	-
	PUNTO DI INFIAMMABILITA' (°C)	-
	RESISTENZA ALLA TEMPERATURA (°C)	-
	CARTEGGIABILE (h)	4 - 5
NOTE	I dati si riferiscono al prodotto miscelato a 20°C.	
STABILITA' ALLO STOCCAGGIO (in luogo fresco e asciutto)	12 mesi in confezione ben chiusa al riparo dal gelo e da fonti di calore	
TEMPERATURA DI STOCCAGGIO (°C)	+5 ÷ +30	
LATTAGGI	0,75 - 2,5 lt	

Indicazioni di Sicurezza

I prodotti dovranno essere maneggiati con cura e si dovrà evitare che vengano a contatto con la pelle. Gli applicatori si dovranno attenersi alle disposizioni di legge attualmente in vigore. Operazioni quali carteggiatura, sabbiatura, rimozione con fiamma, ecc, dei vecchi strati di pittura possono generare polveri e/o fumi pericolosi. Lavorare in ambienti ben ventilati ed indossare necessariamente gli idonei mezzi di protezione individuale.
In Italia i DPR 303 e 547 riportano le norme da rispettare durante le operazioni applicative. Per maggiori informazioni relative al corretto smaltimento, stoccaggio e manipolazione del prodotto, si prega di consultare la relativa Scheda di Sicurezza.
I dati riportati nella presente scheda tecnica sono forniti a puro titolo informativo e sono frutto di prove di laboratorio ed esperienze pratiche. Essi tuttavia non impegnano l'azienda quando l'impiego del prodotto non avviene sotto il suo diretto controllo.
Il Centro assistenza SESTRIERE VERNICI Srl è a disposizione per fornire tutte le informazioni necessarie ad un corretto impiego del prodotto.

Attenzione: il prodotto, potrebbe avere verso alcuni soggetti, particolarmente sensibili agli isotiazoloni, una lieve azione irritante, si consiglia pertanto di effettuare l'applicazione con i guanti ed occhiali protettivi e lavarsi bene le parti che potrebbero casualmente venire a contatto con la cute.

Allegato 8_ Scheda tecnica Vernice Cerata linea D'eco Sestriere Vernici Srl (sestrierevernici.com).

SESTRIERE IN NEGOZIO

FINITURA

AD ACQUA

D'ECO' VERNICE CERATA

Finitura trasparente all'acqua di aspetto satinato con filtri U.V.
Elastica ed antisfogliamento

SCHEDA TECNICA	Revisione 1 del 26/01/2017
DESTINAZIONE	Utilizzabile per il trattamento protettivo del legno per interni ed esterni. Formulazione idrorepellente che permette di ottenere una efficace protezione dall'azione degli agenti atmosferici.
PROPRIETA'	IDROREPELLENTE ANTISFOGLIAMENTO BUONA PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI RESISTENTE AI RAGGI UV OTTIMA ELASTICITA'
VOC (Direttiva 2004/42/CE) (g/l)	Vernici ed impregnanti per legno per finiture interne/esterne. Valore limite UE per questo prodotto (Cat.A/e):130 g/l (2010). Questo prodotto contiene al massimo 100 g/l
CONDIZIONI CONSIGLIATE DI SUPERFICE E TEMPERATURA	Evitare applicazioni con temperatura ambiente inferiori a +10°C o superiori a +35°C ed umidità relativa ambiente superiore all' 80%. Verificare idoneità delle superfici relativamente al grado di umidità. Il contenuto di umidità del legno non deve superare il 16%. Temperatura del supporto: min. +10°C - max +35°C. Evitare le applicazioni in presenza di condensa superficiale o sotto l'azione diretta del sole.
RACCOMANDAZIONI	Miscelare bene prima dell'uso. Si consiglia di applicare uniformemente il prodotto lungo tutta la superficie da verniciare in modo da non lasciare parti scoperte dalle quali potrebbe iniziare un processo di deterioramento del film ciclo applicato e del supporto. Umidità elevate possono causare opacizzazioni durante l'applicazione. Per la pulizia delle superfici tinteggiate si consiglia l'impiego di spugne morbide con detergenti neutri. Evitare l'uso di stracci o panni abrasivi e detergenti contenenti alcool o solventi di qualunque tipo. Per un risultato ottimale di omogeneità di superficie e uniformità di essiccazione si consiglia di evitare l'applicazione sotto la luce solare diretta. ATTENZIONE al trattamento su legni ricchi di tannino. Per ridurre la formazione di macchie scure applicare idoneo fondo isolante.

Allegato 8

SESTRIERE IN NEGOZIO

FINITURA

AD ACQUA

D'ECO' VERNICE CERATA

Finitura trasparente all'acqua di aspetto satinato con filtri U.V.
Elastica ed antisfogliamento

SCHEDA TECNICA **Revisione 1 del 26/01/2017**

CICLO APPLICATIVO

SUPERFICI IN LEGNO NUOVO O RIPORTATO A NUOVO
Carteggiare leggermente per asportare le fibre del legno sollevate. Asportare l'eventuale presenza di resina utilizzando idoneo diluente. Stuccare le imperfezioni con stucco sintetico. Carteggiare le stuccature ed eliminare la polvere. Controllare che il legno non sia troppo umido. Applicare 2 strati di D'ECO' VERNICE CERATAneutro o colorato pronto all'uso. Su superfici esterne, per aumentare la protezione del supporto, si consiglia l'applicazione di 2 strati di D'ECO' IMPREGNANTE colorato. Carteggiare la superficie e quindi procedere all'applicazione di 2 strati di D'ECO' VENICE CERATA.
ATTENZIONE al trattamento su legni ricchi di tannino. Per ridurre la formazione di macchie scure, applicare idoneo fondo isolante.

SUPERFICI IN LEGNO GIA' VERNICIATO
Carteggiare per asportare le fibre di legno sollevate. Eliminare eventuali strati di vecchie pitture mal ancorate ed irruvidire le superfici già verniciate. Asportare l'eventuale presenza di resina utilizzando idoneo diluente. Stuccare le imperfezioni con stucco sintetico. Carteggiare le stuccature ed eliminare la polvere. Controllare che il legno non sia troppo umido. Applicare 1 strato di D'ECO' IMPREGNANTE solo sulle zone di legno degradato per uniformare gli assorbimenti. Carteggiare la superficie e quindi procedere all'applicazione di 2 strati di D'ECO' VERNICE CERATA nella colorazione desiderata, carteggiando tra una mano e l'altra per rimuovere le fibre sollevate. Su superfici esterne, per aumentare la protezione del supporto, si consiglia l'applicazione di 2 strati di D'ECO' IMPREGNANTE colorato. Per ottenere il massimo della protezione del supporto dare ulteriori 1 o 2 stati di D'ECO' VERNICE CERATA carteggiando tra uno strato e l'altro per rimuovere le fibre sollevate. Per ottenere il massimo di protezione all'esterno è consigliabile applicare un primo strato di D'ECO' IMPREGNANTE colorato e i successivi 2 strati di D'ECO VERNICE CERATA.
ATTENZIONE gli impregnanti possono essere applicati su superfici vecchie purchè prive di qualsiasi precedente trattamento verniciante con caratteristiche filmogene (tipo oli o vernici), in quanto ne impedirebbero la penetrazione limitandone o riducendone di conseguenza la validità protettica.

Allegato 8

SESTRIERE IN NEGOZIO

FINITURA

AD ACQUA

D'ECO' VERNICE CERATA

Finitura trasparente all'acqua di aspetto satinato con filtri U.V.
Elastica ed antisfogliamento

SCHEDA TECNICA			Revisione 1 del 26/01/2017
CARATTERISTICHE ED INFORMAZIONI TECNICHE	Dati rilevabili a T=20°C e 60% umidità relativa		
ASPETTO IN LATTA	Liquido, Leggermente Tixotropico		
LEGANTE	Acrilico Uretanizzato		
COLORE	NEUTRO TRASPARENTE CERATO		
UTILIZZO	Pennello / Rullo / Aerografo / IN OUT		
DILUENTE	Acqua		
PULIZIA DEGLI ATTREZZI	Acqua		
MODALITÀ APPLICAZIONE	**SPRUZZO AD ARIA**		
	Diluente (% Volume)	Acqua	0 - 5
	Diametro Ugello (mm/inch)	0,9 - 1,2	
	Pressione Ugello(Atm/Mpa)	3 - 4	
	PENNELLO / RULLO		
	Diluente (% Volume)	Acqua	0
DATI TECNICI	DENSITA' DI MASSA (kg/l)	1,05	
	CONTENUTO SOLIDO IN VOLUME (%)	30	
	CONTENUTO SOLIDO IN PESO (%)	-	
	VISCOSITA' BROOKFIELD (cP)	-	
	VISCOSITA' COPPA ASTM 4 (s)	-	
	BRILLANTEZZA (%)	-	Satinato
	FUORI POLVERE (minuti)	-	
	SECCO AL TATTO (h)	1	
	SECCO IN PROFONDITA' (giorni)	4 - 5	

Allegato 8

SESTRIERE IN NEGOZIO

FINITURA

AD ACQUA

D'ECO' VERNICE CERATA

Finitura trasparente all'acqua di aspetto satinato con filtri U.V.
Elastica ed antisfogliamento

SCHEDA TECNICA — **Revisione 1 del 26/01/2017**

DATI TECNICI	SPESSORE DEL FILM SECCO (DFT) CONSIGLIATO (µm)	-
	RESA TEORICA (mq²/lt)	10 - 12
	POLIMERIZZAZIONE COMPLETA - GIORNI	7 - 10
	INTERVALLO SOVRAPPLICAZIONE (h)	4 - 5
	TEMPERATURA MINIMA DI FILMAZIONE (°C)	+5
	CLASSE PRESA DI SPORCO UNI EN 10792	-
	RESISTENZA AL LAVAGGIO (UNI 10560) cicli:	-
	PUNTO DI INFIAMMABILITA' (°C)	-
	RESISTENZA ALLA TEMPERATURA (°C)	-
	CARTEGGIABILE (h)	4 - 5
NOTE	I dati si riferiscono al prodotto miscelato a 20°C.	
STABILITA' ALLO STOCCAGGIO (in luogo fresco e asciutto)	12 mesi in confezione ben chiusa al riparo dal gelo e da fonti di calore	
TEMPERATURA DI STOCCAGGIO (°C)	+5 ÷ +30	
LATTAGGI	0,75 - 2,5 lt	

Indicazioni di Sicurezza

I prodotti dovranno essere maneggiati con cura e si dovrà evitare che vengano a contatto con la pelle. Gli applicatori si dovranno attenersi alle disposizioni di legge attualmente in vigore. Operazioni quali carteggiatura, sabbiatura, rimozione con fiamma, ecc, dei vecchi strati di pittura possono generare polveri e/o fumi pericolosi. Lavorare in ambienti ben ventilati ed indossare necessariamente gli idonei mezzi di protezione individuale.
In Italia i DPR 303 e 547 riportano le norme da rispettare durante le operazioni applicative. Per maggiori informazioni relative al corretto smaltimento, stoccaggio e manipolazione del prodotto, si prega di consultare la relativa Scheda di Sicurezza.
I dati riportati nella presente scheda tecnica sono forniti a puro titolo informativo e sono frutto di prove di laboratorio ed esperienze pratiche. Essi tuttavia non impegnano l'azienda quando l'impiego del prodotto non avviene sotto il suo diretto controllo.
Il Centro assistenza SESTRIERE VERNICI Srl è a disposizione per fornire tutte le informazioni necessarie ad un corretto impiego del prodotto.

Attenzione: il prodotto, potrebbe avere verso alcuni soggetti, particolarmente sensibili agli isotiazoloni, una lieve azione irritante, si consiglia pertanto di effettuare l'applicazione con i guanti ed occhiali protettivi e lavarsi bene le parti che potrebbero casualmente venire a contatto con la cute.

Allegato 9_ Scheda tecnica Impregnante Natuale per legno linea AURO (progettobio.it).

AURO

Prodotti Naturali

AURO Velatura per legno n°160, colorato e incolore — Scheda Tecnica

Tipo di materiale
- Velatura per trattamenti trasparenti del legno, diluibile con acqua a base di materie prime naturali selezionate, ecocompatibili.
- Finitura satinata, esente da solventi e da biocidi per la protezione del legno.
- Tutte le materie prime utilizzate sono di origine biologica.

Impiego
- Vernice trasparente protettiva, traspirante per legno e suoi derivati
- Applicare almeno due mani per finiture Interne, e almeno 3 mani per finiture esterne; consumo per mano ca. 0,08 l/m²

Caratteristiche tecniche
- Conforme alla normativa DIN EN 71 , parte 3, "Sicurezza dei giocattoli"
- Conforme alla normativa DIN 53160 , "Resistenza alla saliva ed al sudore"
- Finitura incolore solo per trattamenti in interno e per superfici non esposte agli agenti atmosferici.
- Finiture colorate, testato secondo la norma DIN EN 927 su legni con una ridotta stabilità dimensionale

Composizione
Acqua, leganti a base di oli vegetali (olio di semi di girasole, olio di ricino, standolio di olio di semi di lino, estere glicemico di colofonia, in parte sotto forma di sapone ammonico), biossido di titanio, pigmenti e cariche minerali, metilcellulosa, silice, tensioattivi (ricavati da olio di colza e olio di ricino,e tensiottivi zuccherini), borati, lecitina.
Le pitture naturali non sono inodori (hanno un odore caratteristico) e senza emissioni. Considerare possibili allergie ai singoli componenti. Fa testo la dichiarazione completa degli ingredienti (vedi sito www.auro.de)

Colori disponibili
Sono disponibili 24 diverse tonalità cromatiche e incolore (vedi la cartella colori o l'elenco relativo). Il prodotto AURO 160-00 incolore conferisce una leggera tonalità color miele.
Importante: I colori provenienti da lotti differenti di produzione possono presentare lievi differenze di tono e brillantezza. Prima dell'applicazione mescolare i lotti differenti.
Lo stesso colore può apparire diverso se applicato su essenze legnose diverse, si consiglia di fare sempre una prova.
In fase di scelta di colore, occorre tenere presente che alcuni colori (ad as. Il bianco puro, sia leggero che intenso) sono più fotosensibili in esterno e richiedono cicli di manutenzione ravvicinati. Tutti i colori possono essere miscelati tra loro. La miscela della velatura colorate con quella incolore riduce la resistenza agli agenti atmosferici ed occorre prevedere una frequente manutenzione. Le miscele create dal cliente vengono fatte a rischio del cliente stesso. Il produttore ne declina ogni responsabilità.

Applicazione
A pennello per velature (a setole sintetiche o miste, ad es. attrezzi AURO), a rullo (piccolo, da smalti) o a spruzzo.

A spruzzo	Alta pressione	riduzione Mist (HVLP)	Airmix
Ugello larghezza	1,0-2,0 mm	1,0-2,0 mm	secondo le informazioni del fabbricante
Pressione aria	3-5 bar	2-4 bar	secondo le informazioni del fabbricante

Essiccazione in condizioni climatiche normali (23°C/50% di umidità relativa dell'aria)
- Fuori polvere dopo ca. 10 ore, asciutto e pronto per una seconda mano dopo ca. 24 ore. La durezza finale viene raggiunta dopo circa 5 giorni.
- Grande umidità, basse temperature, eccessive quantità di prodotto, possono creare forti ritardi nell'essiccazione.
- L'essiccazione viene favorita dalla presenza di ossigeno. E' perciò necessario garantire un'abbondante ricambio di aria (possibilmente temperata) durante l'essiccazione.

Densità	1,05 -1,10 g/cm³, a seconda della tonalità di colore
Classe di rischio	Non applicabile
Viscosità	ca. 50-80 secondi (DIN 4 mm) a 20 ° C.
Diluizione	Il prodotto è fornito pronto all'uso, può essere diluito con max 20% di acqua.
Resa	0,07 - 0,09 l/m² per mano, che corrisponde ad uno spessore bagnato di ca. 70-90 mu su un fondo liscio uniforme ed assorbente. La resa può essere diversa a seconda del tipo di fondo, delle modalità di applicazione e della qualità delle superfici. Si raccomanda di fare una prova per stabilire la quantità esatta da applicare.
Pulizia degli Utensili	Togliere i residui di prodotto dagli utensili, e lavare immediatamente con acqua e AURO Sapone Vegetale n°411*. Rimuovere residui di prodotto indurito immergendo gli attrezzi per periodi prolungati in una soluzione di sapone concentrata o in AURO Diluente Vegetale n°191*. Quindi sciacquare abbondantemente con acqua e AURO Sapone Vegetale n°411*. L'esperienza consiglia di riporre rulli, pennelli, etc, bagnati con AURO Sapone Vegetale n°411* per una loro perfetta conservazione; si raccomanda un lavaggio con acqua prima della loro successiva riutilizzazione.
Conservazione	12 mesi se conservati a 18 ° C nel contenitore originale non aperto. Conservare fuori dalla portata dei bambini in un luogo fresco e asciutto al riparo dal gelo.
Materiale dei contenitori	Latta. Contenitori completamente vuoti e puliti da residui di prodotto possono essere smaltiti nella raccolta differenziata.
Smaltimento residui liquidi	EAK-Code 080112 o 200128, denominazione EAK: Pitture. I contenitori, completamente svuotati e con residui di prodotto essiccato, possono essere smaltiti nella raccolta differenziata. Solo i residui secchi di pittura possono essere smaltiti come rifiuti domestici o nel compostaggio vegetale.
Importante	**A causa del contenuto in olii essiccanti esiste il pericolo di autocombustione dei panni. Si raccomanda di asciugarli stendendoli o di conservarli in un contenitore di latta ermeticamente chiuso.** **Codice prodotto: M-DF 03 vernice a base di resina naturale, esente da solventi. Adottare le normali misure di protezione, ad es. proteggere la pelle dal contatto e garantire una sufficiente ventilazione durante l'applicazione e l'essiccazione. Per maggiori dettagli consultare la Scheda di sicurezza.** *** Vedere la relativa scheda tecnica.**

AURO n°160
- Aqua -

Allegato 9

Raccomandazioni Tecniche per l'applicazione
AURO n°160 Velatura per legno, colorata e incolore

1. FONDO

1.1 Fondo adatto: Tutti i tipi di legno, sia per interni che per esterni. Su materiali derivati dal legno solo per interni.
Non adatto al trattamento di pavimenti o di legni a diretto contatto col suolo.

1.2 Condizioni del fondo
Il sottofondo deve essere asciutto, pulito, solido, chimicamente neutro, sgrassato. Utilizzare gli accorgimenti d'uso per la protezione del legno portante.

2. Primo Trattamento

2.1 Tipo di fondo: legno non trattato, e suoi derivati.

2.1.1 Preparazione del fondo

- Arrotondare gli spigoli, pulire e levigare il fondo, rimuovere accuratamente le polveri.
- Per superfici pregiate: inumidire con la spugna,lasciare asciugare, levigare. Spazzolare i pori del legno nel senso delle fibre e spolverare accuratamente.
- Per levigare, usare solamente abrasivi che non producano ruggine.
- Le essenze fortemente resinose o tropicali dovranno essere lavate con diluente alcolico e levigate finemente.
- Eliminare qualsiasi sostanza resinosa prodotta dal legno, rimuovere eventuali parti danneggiate, impregnare i compositi di legno a poro aperto.
- Sigillare a prova d'acqua i bordi dei ricomposti legnosi
- Il prodotto è privo di sostanze protettive del legno. Si richiede un trattamento preventivo del fondo con appositi primer in accordo alla normativa DIN 68800, in particolare per legni teneri grezzi, per pannellature e rivestimenti, per elementi strutturali dimensionalmente stabili esposti agli agenti atmosferici e in ambienti umidi.
  Si prega di consultare il nostro foglio informativo "Proteggere il legno da muffe e funghi"
  Pretrattare i legni particolarmente ricchi di resina o tannini con AURO Fondo Speciale n°117 *:
  • legni fortemente tannici (es. quercia, castagno, framire ecc) per evitare ritardi nell'essiccazione
  • legni con alto rischio di affioramento di resine o sostanze coloranti (ad esempio, larice, cedro rosso, meranti, ecc), nei trattamenti chiari o bianchi successivi.
  • per evitare efflorescenze su legni trattati con sali di boro o impregnati in autoclave.
  Si prega di consultare il nostro foglio informativo "Pretrattamento Universale dei legni ricchi di sostanze tanniniche o resinose".

2.1.2 Prima mano

- Interni ed esterni, 1 mano di AURO Velatura per Legno n°160;
- Se necessario, diluire il prodotto con acqua fino ad un massimo del 20%.
- In interni, può essere applicata in alternativa, 1 mano di AURO Fondo impregnante per legno n°124*

2.1.3 Seconda mano

- Applicare 1 mano di Velatura per legno AURO n°160, sia in interni che esterni

2.1.4 Finitura

- Per interni, 1 mano ulteriore può essere applicata a seconda dell'intensità del colore e della qualità della superficie da ottenere.
- Per esterni, è necessaria 1 mano ulteriore ben stesa; su superfici molto liscie o ancora assorbenti, la protezione ottimale agli agenti atmosferici si ottiene con almeno 0,24 l/m2.
  Tra una mano e l'altra, una volta perfettamente essiccata, carteggiare finemente con carta vetrata (grana 220 o superiore oppure pad) e spolverare con cura; fare attenzione a non danneggiare bordi e spigoli

3. APPLICAZIONE PER MANUTENZIONE E RESTAURO

3.1 Tipo di fondo: vernice esposta alle intemperie, ingrigita, o danneggiata (ripristino).

3.1.1 Preparazione del fondo

- Verificare l'adesione e la compatibilità del fondo o delle mani precedenti
- Rimuovere completamente la vernice scrostata o non portante, le vecchie pitture non compatibili (es.: finiture grigie per esposizione atmosferica o fortemente alterate nella coesione), sino ad arrivare al legno grezzo .

3.1.2 Prima mano: procedure come descritto al punto 2.

3.2 Tipo di fondo: Integro (manutenzione)

3.2.1 Preparazione del fondo: Pulire, carteggiare e rimuovere la polvere dalla superficie

3.2.2 Prima mano: Non necessario in caso di vernice vecchia integra.

3.2.3 Finitura: come descritto al punto 2.1.3 / 2.1.4.

4. PULIZIA E MANUTENZIONE

Utilizzare acqua tiepida su superfici pulite e senza polvere o, in caso di sporco più intenso, utilizzare AURO Detergente per Vernici e Velature n°435*. Non utilizzare soluzioni alcaline (per esempio ammoniaca o soluzioni saponate) o panni fortemente abrasivi o detergenti.

Modalità di intervento:

- Prima dell'applicazione del prodotto, verificare l'idoneità e la compatibilità del prodotto e del supporto
- Se il test del supporto non è praticabile, rimuovere la vernice vecchia sino ad arrivare al legno grezzo
- Evitare l'esposizione alla luce solare diretta, umidità e polvere durante la lavorazione e l'essiccamento
- Temperatura minima d'applicazione 10 °C, max. 30 °C, max. 65% umidità relativa; Condizioni ottimali 20-23 °C, 50-65% umidità relativa
- Umidità relativa del Legno max 12% per legno duro e 15% per legno dolce
- Mescolare accuratamente il prodotto prima dell'uso
- Applicare le mani successive rapidamente dopo completa asciugatura di ogni mano
- Non esporre per lunghi periodi ad agenti atmosferici aggressivi le verniciature non terminate
- Il grado di lucentezza varia a seconda del tipo di legno e si riduce se utilizzato per esterni
- Il ciclo di restauro/manutenzione dipende, tra l'altro, dal carico di usura della superficie e dal colore prescelto e può durare fino a 4 anni se le mani sono applicate appropriatamente
- Per una ottimale e duratura protezione, le superfici devono essere controllate e pulite regolarmente, almeno due volte l'anno; riparare immediatamente i danni
- A seconda del supporto, il ciclo di restauro/manutenzione può essere più breve.

Una cura tempestiva e le indicazioni per il restauro/manutenzione aumentano sensibilmente la durata della finitura

- Utilizzare solo sigillanti e nastri compatibili con i prodotti
- Utilizzare lo stesso trattamento per finestre e porte esterne, sia internamente che esternamente all'infisso
- Controllare le guarnizioni degli infissi per il loro corretto funzionamento e sostituire, se necessario.
- Lasciate essiccare completamente il prodotto prima di chiudere gli infissi
- Non reinstallare i componenti di legno, ad esempio finestre, pannelli di legno, fino a quando almeno il trattamento intermedio (seconda mano) è stato effettuato su tutti i lati
- Tutti i lavori di finitura devono essere prima definiti per il tipo di supporto coinvolto e l'utilizzo che ne viene fatto. In particolare, vedere Linee Guida tecnica n°3, n°18, n°20, BFS (Federal Paint e Comitato per la protezione della proprietà), Controllo delle Finiture, Iniziativa Pro Finestre di Legno (download a www.auro.de)

* Vedere i relativi dati tecnici fogli.

Tutte le indicazioni sono il risultato di anni di ricerca e di analisi pratiche. Da questa scheda non possono essere ricavate responsabilità o cause di forza maggiore. L'uso di queste raccomandazioni non implica alcuna responsabilità legale. Esse servono per informazione e consulenza, non esimono comunque l'acquirente ed utilizzatore dalla propria verifica del prodotto per l'impiego previsto. Le indicazioni fornite non sono vincolanti.
Nel momento in cui verrà pubblicata una scheda aggiornata, la presente scheda perderà la sua validità. Versione: 15.06.2008 completamente aggiornata.

AURO - Distributore per l'Italia Ventamar
Via Tempio Malatestiano, 21 – 47900 Rimini (RN) – email: ventamar@libero.it
Sedi Operative
MILANO – Tel. 335 7017951 CESENA (FC) Tel. 329 2740686
COPYRIGHT BY AURO

Allegato 10_

Si riportano alcune pagine del catalogo dei pannelli Acustici Fantoni (fantoni.com).

4for P16-5a / P16-5s

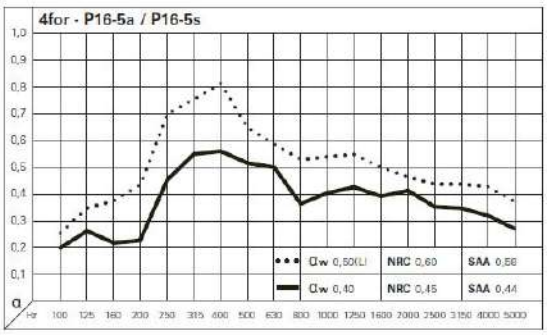
I fori in questa dimensione tendono a lavorare molto bene sia alle medie che alle alte frequenze, rendendo adatto questo pannello in particolar modo negli ambienti del parlato.
La pecentuale di foratura è del 6,3%.

This size of holes can work very well with both mid and high frequencies, making this panel particularly suitable for spaces used for speaking.
The drilled percentage is 6.3%.

Da die Löcher dieser Dimension sehr gut sowohl bei den mittleren als auch hohen Frequenzen funktionieren, eignet sich diese Platte besonders gut für Sprechräume.
Der gelochte Anteil beträgt 6,3%.

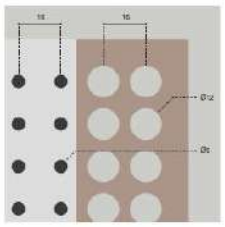
Les perforations dans cette dimension sont très efficaces aussi bien aux moyennes fréquences qu'aux hautes fréquences, et rendent ce panneau adapté notamment dans les salles destinées à la parole.
Le pourcentage de perforations est de 6,3 %.

Los agujeros de este tamaño tienden a funcionar muy bien tanto con frecuencias medias como altas, lo que hace que este panel sea especialmente adecuado para entornos dedicados a la conversación.
El porcentaje de perforaciones es del 6,3%.



Hz	—	▪▪▪
100	0,20	0,26
125	0,25	0,36
160	0,21	0,39
200	0,22	0,43
250	0,46	0,70
315	0,57	0,75
400	0,59	0,81
500	0,52	0,65
630	0,50	0,59
800	0,39	0,53
1000	0,41	0,54
1250	0,42	0,56
1600	0,40	0,50
2000	0,41	0,47
2500	0,36	0,43
3150	0,34	0,43
4000	0,32	0,42
5000	0,27	0,38

▪▪▪ Con fibra di poliestere / With polyester fibre / Mit Polyesterfasermatte / Avec fibre polyester / Con fibra de poliéster
— Senza fibra di poliestere / Without polyester fibre / Ohne Polyesterfasermatte / Sans fibre polyester / Sin fibra de poliéster



4064x128x16 mm
600x600x16 mm
1200X600x16 mm

24x24 inches
48x24 inches

4akustik 13/3

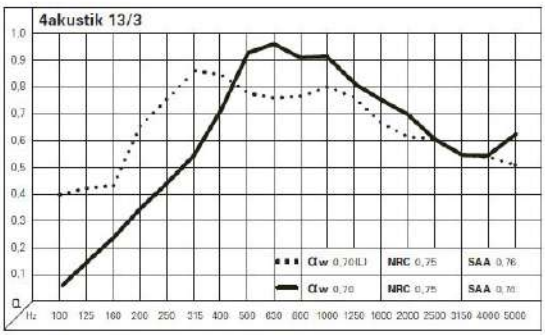
L'alto numero di fori retrostanti combinato con questa fresatura (3 mm) determina una curva di assorbimento particolarmente appiattita, tale da portare un beneficio acustico molto omogeneo a tutte le frequenza.
La pecentuale di forature è del 12%.

The high number of holes in the rear, combined with this milling (3 mm) creates a particularly flat absorption curve, thus giving a very even acoustic effect across the frequency range.
The drilled percentage is 12%.

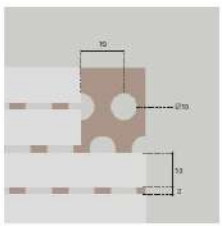
Die hohe Zahl der hinteren Löcher, in Kombination mit diesem Fräsmuster (3 mm), ergibt eine besonders flache Absorptionskurve, sodass eine sehr homogene, akustische Verbesserung bei allen Frequenzen erreicht wird.
Der gelochte Anteil beträgt 12%.

Le grand nombre de perforations sur l'envers, combiné avec ce rainurage (3 mm), détermine une courbe d'absorption particulièrement aplatie, en mesure de porter une amélioration acoustique très homogène à toutes les fréquences.
Le pourcentage de perforations est de 12 %.

El elevado número de agujeros situados en el dorso combinado con este fresado (3 mm) da como resultado una curva de absorción especialmente aplanada, lo que se traduce en una ventaja acústica muy homogénea en todas las frecuencias.
El porcentaje de perforaciones es del 12%.



Hz	—	•••
100	0,06	0,40
125	0,15	0,42
160	0,24	0,43
200	0,36	0,67
250	0,45	0,77
315	0,56	0,89
400	0,73	0,87
500	0,94	0,80
630	0,99	0,78
800	0,93	0,79
1000	0,94	0,81
1250	0,82	0,78
1600	0,77	0,68
2000	0,70	0,62
2500	0,62	0,61
3150	0,61	0,57
4000	0,57	0,56
5000	0,61	0,51



4086x128x16 mm
600x600x16 mm
1200X600x16 mm

24x24 inches
48x24 inches

••• Soffitto / Ceiling / Deckenmontage / Plafond / Techo
— Parete / Wall / Wandmontage / Mur / Pared