

LEGNO ARREDO

Studio LCA della filiera dei pannelli in compensato di tutto pioppo





LEGNO ARREDO

Studio LCA della filiera dei pannelli in
compensato di tutto pioppo

Autori:

Valentina Fantin ⁽¹⁾, Caterina Rinaldi ⁽¹⁾, Flavia Frisone ⁽¹⁾, Alessandra Cecchini ⁽²⁾,
Francesco Balducci ⁽²⁾, Alessandro Carzaniga ⁽³⁾, Marcello Missaglia ⁽³⁾

Revisione critica:

Patrizia Buttol ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ENEA - Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi
e Territoriali, ⁽²⁾ Manifattura S.r.l., ⁽³⁾ missagliaeassociati

Data di redazione: Aprile 2022

Sommario

1	Sintesi.....	7
2	Scopo del documento.....	8
3	Descrizione della filiera.....	8
3.1	Prodotti rappresentativi della filiera nazionale	9
3.1.1	Pannello in compensato di pioppo e suoi principali utilizzi	10
3.2	Impatto socio-economico della filiera.....	12
3.3	Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità.....	13
3.3.1	Superficie agro- forestale delle piantagioni di pioppeto	13
3.3.2	Servizi ecosistemici (SE) forniti dal pioppeto.	14
3.3.3	Principali etichettature e certificazioni ambientali legate alla filiera	16
4	Gruppo di lavoro.....	18
5	Ambito di applicazione dello studio	19
5.1	Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento	19
5.2	Descrizione del processo produttivo e confini del sistema	20
5.3	Assunzioni e giudizi di valore	23
5.4	Gestione della multifunzionalità	24
5.5	Revisione critica.....	24
5.6	Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti	25
6	Modellazione dei dataset della filiera	25
7	Analisi di inventario	25
7.1	Assunzioni utilizzate nello studio	26
7.2	Descrizione e documentazione processi unitari	28
7.2.1	Tronchi, additivi per le colle e materiali di finitura	28
7.2.2	Imballaggi per colle	29
7.2.3	Energia elettrica e combustibili.....	29
7.2.4	Acqua per caldaia, colle e lavaggi.....	30
7.2.5	Imballaggi per pannelli finiti.....	30
7.2.6	Emissioni in aria.....	30
7.2.7	Rifiuti	30
7.2.8	Trasporti	30

7.3	Sviluppo dei datasets	35
8	Valutazione degli impatti ambientali	35
8.1	Caratterizzazione	35
8.2	Normalizzazione	36
8.3	Pesatura.....	37
8.4	Analisi di sensitività	38
9	Interpretazione dei risultati.....	39
9.1	Categorie di impatto rilevanti	40
9.2	Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti	40
9.3	Flussi elementari rilevanti	43
10	Conclusioni.....	43
11	Bibliografia	45

Lista delle Figure

Figura 1. Pannello in compensato di tutto pioppo	20
Figura 2. Pannelli in compensato di pioppo.....	20
Figura 3. Fogli di pioppo	21
Figura 4. Confini del sistema della produzione del pannello in compensato di tutto pioppo	23
Figura 5. Processi rilevanti nel ciclo di vita della produzione del pannello in compensato di tutto pioppo, relativamente alle categorie di impatto più significative.....	43

Lista delle Tabelle

Tabella 1. Prime 10 aziende italiane produttrici di pannelli in pioppo (le prime 6 aziende producono pannello truciolare o MDF).	10
Tabella 2. Gruppo di lavoro per lo studio LCA di filiera del pannello in compensato di pioppo.	18
Tabella 3. Unità funzionale del pannello in tutto pioppo	19
Tabella 4. Fattori di caratterizzazione per le sostanze VOC, Formaldeide, Butil Acrilato, Etil Acrilato, Metil Acrilato.....	27
Tabella 5. Percentuale delle diverse tipologie di trattamento per ogni frazione dei rifiuti urbani (ISPRA, 2020).....	27
Tabella 6. Dati di input e output relativi alla produzione di 1 m ³ di pannello in compensato di tutto pioppo. Tutti i dati si riferiscono a un insieme di dati primari forniti dall'azienda e di dati provenienti da letteratura.	31
Tabella 7. Risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1m ³ di pannello in compensato di tutto pioppo: impatto totale, produzione tronchi e produzione pannelli.....	35
Tabella 8. Risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1m ³ di pannello in compensato di tutto pioppo: impatto totale, produzione tronchi e produzione pannelli.....	36
Tabella 9. Risultati di pesatura relativi alla produzione di 1m ³ di pannello in compensato di tutto pioppo: impatto totale, produzione tronchi e produzione pannelli.....	37
Tabella 10. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario Alternativo B.	39
Tabella 11. Contributi percentuali dei processi che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 m ³ di pannello in compensato di tutto pioppo.....	42
Tabella 12. Contributi percentuali di vernice e coloranti per le colle sul totale dei risultati della fase di pesatura.	42

Lista degli Acronimi

CAM	Criteri Ambientali Minimi
EPD	Environmental Product Declaration
FSC	Forest Stewardship Council
GWP	Global Warming Potential
JRC	Joint Research Centre
LCA	Life Cycle Assessment
PEFC	Programme for Endorsement of Forest Certification schemes
SE	Servizi Ecosistemici
TOC	Total Organic Compound
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
VOC	Volatile Organic Compound

1 Sintesi

Il presente report riguarda la filiera del pannello in compensato di pioppo e ne fornisce una descrizione a livello generale, delle sue caratteristiche peculiari, dei prodotti rappresentativi al suo interno e delle principali tipologie di impatto (sia ambientale che socio-economico) che la contraddistinguono.

Il Gruppo di Lavoro (GdL) costituito ai fini dello svolgimento del presente studio di filiera vede la partecipazione del mondo dell'Università e della Ricerca (ENEA), delle imprese della filiera (A. Brivio Compensati S.p.A), nonché di esperti del settore del pannello in pioppo (Manifattura e missagliaEassociati).

All'interno del documento sono presentati anche i risultati di uno specifico studio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) applicato alla filiera del pannello in compensato di tutto pioppo, che ha preso in considerazione un pannello medio (che può avere varie dimensioni, spessore strati) e avente densità media pari a 400 kg/m^3 . Il pannello studiato è destinato all'utilizzo negli arredi sia domestici che scolastici (es. ripiani ad ante di mobili oppure per scrivanie e banchi scolastici) e per veicoli ricreazionali (camper, caravan).

Lo studio LCA è stato svolto adottando un approccio "cradle-to-gate", ovvero considerando tutti i processi fino al "cancello aziendale", senza includere la distribuzione del prodotto al cliente finale, e le successive fasi di uso e fine vita, utilizzando dati di qualità prevalentemente buona (dati primari raccolti presso le imprese coinvolte e dati di letteratura e/o di settore rappresentativi di filiere analoghe a quella considerata e delle tecnologie in essa impiegate). L'unità funzionale è 1 m^3 di pannello in compensato di tutto pioppo.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0, che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale e consente di ottenere un profilo di impatto completo a livello prodotto, indicano che le categorie di impatto più rilevanti per la produzione del pannello in compensato di tutto pioppo sono Climate Change, Resource Use, fossils, Land Use, Resource Use, minerals and metals, Ecotoxicity Freshwater e Water Use. I risultati della categoria Climate Change, pari ad un totale di $547 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./m}^3$ di pannello, di cui $63 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./m}^3$ associati alla produzione e al trasporto dei tronchi e $484 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./m}^3$ associati alla produzione del pannello, risultano essere in linea con quelli presentati in studi analoghi presenti in letteratura.

La fase di produzione del pannello è preponderante per tutte le categorie di impatto più significative, con l'eccezione di Land use, in cui invece la fase più rilevante nel ciclo di vita del pannello è la produzione dei tronchi, a causa dell'occupazione del suolo in cui si colloca il pioppeto.

La produzione delle colle è il processo più rilevante nelle categorie Climate Change, Ecotoxicity Freshwater, Water Use, Resource Use, fossils e Resource use, minerals and metals. Nella categoria Land use invece, la produzione dei tronchi costituisce il processo più significativo. Gli additivi per le colle e i materiali di finitura (vernici e coloranti), la produzione di calore per mezzo della caldaia combinata, il consumo di energia elettrica ed il trasporto dei tronchi forniscono un contributo significativo nella maggior parte delle categorie di impatto più rilevanti.

Si ringrazia l'azienda A. Brivio Compensati S.p.A per avere contribuito con i dati forniti al presente studio e allo sviluppo dei dataset per la banca dati di Arcadia.

2 Scopo del documento

Il seguente rapporto è stato realizzato all'interno del progetto Arcadia - approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA, finanziato dal PON Governance e Capacità Istituzionali 2014-2020, come output dell'Azione 5 "Analisi e raccolta dati per la costituzione della banca dati". Questo rapporto rientra nella sotto-azione A5.3 "raccolta dati prodotto/servizio lungo il ciclo di vita ed elaborazione dei documenti" e rappresenta lo studio della filiera del pannello in compensato di tutto pioppo.

3 Descrizione della filiera

La filiera del pioppo e dei suoi derivati rappresenta in Italia un'eccellenza riconosciuta a livello internazionale. La pioppicoltura ha favorito lo sviluppo di molti settori industriali supportando in modo sostanziale il sistema economico e produttivo. Grazie ad essa si sono sviluppati importanti filiere agroindustriali (compensati, pannelli, carta ecc.) alle quali fornisce materie prime di alta qualità. Vi è una crescente attenzione verso il settore, come dimostrato dai recenti investimenti della Regione Lombardia (4 milioni) per il rilancio della coltura in pianura e in collina ed un interesse crescente nei programmi di sviluppo rurale. Il settore del legname ha sicuramente prestazioni diverse rispetto a titoli e altre attività finanziarie e pertanto offre opportunità per migliorare la diversificazione complessiva del portafoglio di investimento, per preservare il capitale e per coprire i costi dell'inflazione (www.tireurope.com). La pioppicoltura italiana rientra pienamente in questo scenario ma necessita, tuttavia, di spunti di innovazione che rendano il pioppo decisamente più competitivo rispetto ai legnami di pregio e ai prodotti di importazione.

Tra i suoi molteplici usi, il pioppo è materia prima di eccellenza per la produzione di pannelli compensati e rappresenta pertanto un elemento fondamentale della filiera foresta-legno. Il settore del Legno-Arredo è certamente tra i più trainanti della manifattura italiana con un fatturato, nel 2017, di oltre 40 mld € ed il coinvolgimento di oltre 76 mila imprese e 318 mila addetti (Assopannelli/FederlegnoArredo, 2018). Un'analisi dettagliata dell'andamento della filiera rispetto al panorama nazionale ed internazionale è stata recentemente pubblicata da FederlegnoArredo in collaborazione con Assopannelli (Assopannelli/FederlegnoArredo, 2018) ed ha fotografato il Legno-Arredo come un settore leader in Europa per qualità ed eccellenza ma bisognoso di innovazione e rinnovamento, necessari per mantenere tali posizioni di leadership anche in risposta ad una domanda crescente di sistemi produttivi sostenibili. I risultati dell'inventario degli impianti di arboricoltura da legno in Italia realizzato dal CREA (Corona et al., 2018) stimano che la filiera da produzione di legno di pioppo ha particolare rilevanza nel sistema legno e nel comparto legno-arredo nazionale, la quale annovera oltre 10 mila imprese che praticano la pioppicoltura su più di 46.000 ettari. La certificazione di gestione sostenibile della filiera coinvolge circa il 15 per cento della pioppicoltura specializzata.

Dati recenti sulle superfici di piantagioni specializzate di pioppo ad alto fusto evidenziano la presenza della coltivazione su 14 delle 20 Regioni italiane, con una netta distinzione tra Regioni con più di 1000 ha, particolarmente localizzate al Centro-Nord (con picchi di oltre 10000 ha in Piemonte e quasi 20000 ha in Lombardia) e Regioni con meno di 1000 ha localizzate nel Centro-Sud. Alcuni tentativi di stimolare la pioppicoltura nazionale sono stati fatti attraverso i Programmi di Sviluppo Rurale, più attivi nelle Regioni dove la coltura è più presente (Nord Italia), ma

raramente in un contesto di filiera, di mercato e di innovazione di prodotto. Tuttavia, come vedremo di seguito le risorse pioppicole nazionali nei prossimi anni potranno coprire non più di un terzo del fabbisogno, esponendo sempre più le imprese italiane alla dipendenza dal mercato internazionale e a fluttuazioni di prezzo non facilmente prevedibili. Va tuttavia considerato che la potenziale espansione delle superfici destinate al pioppo deve essere sempre più pianificata evidenziando e valorizzando la sostenibilità dei sistemi produttivi. In questo scenario il Centro-Sud potrebbe rispondere efficacemente ad una strategia di espansione sostenibile della pioppicoltura italiana (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

3.1 Prodotti rappresentativi della filiera nazionale

Il settore pioppicolo, nel corso degli anni, ha subito un forte declino: se negli anni '70 impegnava circa 62.000 aziende a fronte di una superficie pioppicola di circa 144.000 ha, nel 2010 il numero delle aziende si riduce a 18.000 per una superficie di circa 64.000 ha. Le motivazioni del regresso sono imputabili a politiche agro-forestale e ambientale che hanno fortemente ostacolato i coltivatori di pioppeti disincentivando la coltivazione. L'introduzione di norme e regolamenti stringenti hanno determinato sostanziali limitazioni alle coltivazioni dei pioppi soprattutto nelle golene dei fiumi che rappresentano ad oggi il 50% delle aree ad esse dedicate.

Conoscere la segmentazione del mercato è il primo passo per identificare la struttura della domanda. Nel caso del legname di pioppo il criterio fondamentale che definisce l'andamento della domanda si basa sulla destinazione d'uso che determina un ventaglio di sei principali mercati di sbocco (Assopannelli/FederlegnoArredo, 2012):

- pasta per carta;
- segati per falegnameria;
- imballaggi in legno (incluso il cassetame);
- pannelli di legno;
- pannelli strutturali in legno;
- mobili, sedie e accessori per arredo.

Il settore dei pannelli in legno o a base di legno nel nostro Paese è garantito dall'attività di circa 1.100 addetti, per una produzione annuale di pannelli compensati di pioppo di circa 400.000 - 450.000 m³ (dati nazionali FederlegnoArredo, 2010) (Assopannelli/FederlegnoArredo, 2018).

Le attività si trovano in prevalenza nel Nord Italia con la massima concentrazione in Lombardia (32%), seguita da Veneto (15%) ed Emilia-Romagna (11%), al centro troviamo percentuali meno significative che si attestano intorno al 5% tra Marche, Abruzzo e Campania. Il grado di concentrazione del settore è molto elevato ed in crescita: il 14% delle imprese (grandi) copre oltre il 70% del mercato. Si riduce la quota delle altre imprese rispetto al 2015 (Report /FederlegnoArredo, 2018). In Tabella 1 vengono indicate le prime dieci aziende italiane per ricavo di settore dell'anno 2016, considerando però che le prime 6 aziende indicate in tabella producono pannelli truciolari o in MDF (Assopannelli/FederlegnoArredo, 2018).

Tabella 1. Prime 10 aziende italiane produttrici di pannelli in pioppo (le prime 6 aziende producono pannello truciolare o MDF).

Ragione sociale	Ricavi 2016 (mln di euro)
GRUPPO MAURO SAVIOLA SRL	242,3
FANTONI SPA	234,8
FRATI LUIGI SPA	134,6
CLEAF SPA	118,7
S.A.I.B. SPA	103,6
BIPAN SPA	100,0
ALPI SPA (FO)	68,2
PANGUANETA SPA	64,4
NORDPAN SPA	62,2
KRONOSPAN ITALIA SRL	61,6
Fonte: Assopanelli/FederlegnoArredo, 2018	

3.1.1 Pannello in compensato di pioppo e suoi principali utilizzi

Tra gli elementi più rappresentativi della filiera riscontriamo i pannelli di compensato o plywood che sono pannelli a base di legno costituiti da un assemblaggio di strati incollati secondo il senso delle venature in strati adiacenti solitamente posti ad angolo retto tra loro (UNI EN 313-2, 2000).

Il processo di produzione inizia con il taglio e la scortecciatura dei tronchi. Successivamente questi vengono sfogliati con un apposito tornio, che ne ricava degli strati molto sottili di legno dallo spessore di circa 1,5-3 mm. Gli strati sottili di legno vengono tagliati, asciugati e quindi classificate in base all'aspetto. I difetti vengono riparati usando solitamente lo stucco. Le lamine di legno vengono poi resinate con la direzione delle venature di ogni strato perpendicolare a quella dello strato precedente e quindi pressati a caldo per ottenere un pannello. La tavola finale viene tagliata a misura, levigata e rifinita.

Il compensato di pioppo viene utilizzato prevalentemente nel settore dell'arredamento ma il suo ventaglio di applicazione si estende anche nell'industria dei trasporti (allestimento di caravan e componentistica per auto e allestimenti di barche), nel settore dei giocattoli, nell'edilizia, nella realizzazione di attrezzi per lo sport (anime degli sci ecc.). Oltre agli impieghi tradizionali, grazie alla versatilità, all'economicità e alle caratteristiche tecniche del prodotto, trova spazio anche in ambiti innovativi (valigette da lavoro, piastre e modelli per fonderia, strumenti musicali, cartelloni pubblicitari, ecc.). La destinazione di impiego del pannello di pioppo varia in funzione del processo produttivo adottato (tipo di adesivo, sbiancatura, ignifugazione), della composizione del pannello (stratificazione e difettosità degli sfogliati usati) e della scelta del clone; alcuni di essi presentano caratteristiche fisiche che per colore e densità li rendono più adatti al settore dell'arredamento, altri ad impieghi strutturali (Castro et al., 2014).

Ulteriori dettagli sulle possibili applicazioni sono descritti di seguito (Castro et al., 2014):

- **Arredamento (mobili, sedie, cassetti, porte ecc.)**

Il pannello di Pioppo viene prevalentemente utilizzato nel settore dell'arredamento in quanto le sue qualità meccaniche, l'elevata stabilità, la predisposizione alla finitura superficiale unite al

gradevole aspetto fisico del suo caldo colore naturale, lo rendono una soluzione ottimale in quei contesti in cui devono coesistere esigenze tecniche ed estetiche.

- ***“Caravan” e “Motorhome” e “Nautica”***

La possibilità di realizzare particolari curvati di spessore limitato, componenti leggeri ma dotati di buona resistenza ed ottima tenuta degli elementi di fissaggio, rendono il compensato di pioppo il materiale insostituibile in quelle applicazioni, dove non sono ammessi compromessi dal punto di vista tecnico senza scontentare designer più creativi ed esigenti.

- ***Giochi e sport (giochi, puzzle, biliardini, videogame, skate-board, sci ecc.)***

Un tipico esempio in questo settore è la realizzazione di giochi per l’infanzia, da utilizzare nei giardini pubblici, che comporta una serie di requisiti tecnici e un elevato livello di sicurezza ed uniformità del prodotto. Diversamente, la realizzazione di inserti per sci da neve o snow-boards impone composizioni particolari per l’ottenimento di caratteristiche elasto-meccaniche “mirate”, in funzione dello specifico impiego.

- ***Oggettistica, fai da te ecc.***

In questo campo trova la sua applicazione per facilità di lavorazione e ottima attitudine alla finitura. Ad esempio, è molto impiegato nella realizzazione di oggetti per la casa., per i lavori hobbistici come realizzazione di modellini, per la prototipizzazione in architettura ma anche in ambito industriale. Infine, si adatta alla realizzazione di accessori per la moda ed oggetti di design.

- ***Imballaggio e stoccaggio (imballaggi, container, scaffalature ecc.)***

Buone prestazioni a taglio nel piano del pannello sono un requisito fondamentale per le applicazioni in cui i compensati debbano sopportare carichi elevati su interassi limitati. Per questi motivi si presta bene alla realizzazione di scaffalature e imballaggi, spesso utilizzati al limite delle loro capacità strutturali, garantendo una struttura robusta, affidabile, ma anche economica e riciclabile. Per gli stessi motivi viene impiegato nella realizzazione di componenti degli imballaggi industriali, cassette per il vino o per il settore ortofrutticolo o alimentare. Infine, viene preferito ai pavimenti in acciaio dei containers perché riescono a garantire elevate resistenze a flessione, opportunamente trattati sono immuni da attacchi di insetti e risultano più economici

- ***Trasporti***

L’efficienza strutturale del compensato di Pioppo, nei mezzi di trasporto, significa economicità in termini di consumi e capacità di carico (o spazio utile per i passeggeri) e per questo trova ampia applicazione per la costruzione di pianali leggeri, robusti, resistenti alla corrosione e dotati di ottimo isolamento termo-acustico, resistenza all’abrasione ecc. rispettando i capitolati tecnici del settore trasporti che sono normalmente molto completi e stringenti.

- ***Edilizia (tetti, pavimenti e relativi sottofondi, pareti, casseforme ecc.)***

Elevata isotropia, buona durabilità ed ottima efficienza strutturale sono i requisiti di base di un compensato per impieghi generici in edilizia e, come definito nella norma UNI EN 636 (2017), l’impiego del compensato “per ambiente umido” risolve fenomeni di infiltrazione d’acqua e di formazione di condensa. Il compensato di pioppo si presta anche ad applicazioni di tipo strutturale come ha dimostrato una recente sperimentazione voluta da produttori italiani, che hanno realizzato

un’architettura-manifesto in compensato di Pioppo - il MonaLisa Pavillion – utilizzato in occasione delle edizioni di MADE Expo del 2012 e 2013, nell’ambito del progetto “Woodlab” del

Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino, in collaborazione con Assopannelli– FederlegnoArredo, l'associazione Pro-populus, l'Unità di ricerca CRA-PLF di Casale Monferrato e il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino. L'esperienza ha dimostrato la possibilità di utilizzare il compensato di pioppo italiano per la realizzazione di una struttura leggera e dal design accattivante.

3.2 Impatto socio-economico della filiera

Tra le varie stime possibili del fabbisogno nazionale del legno di pioppo, si ritiene verosimile quella effettuata nel 2014 in occasione dell'accordo interistituzionale denominato "Accordo Interregionale Intesa per lo sviluppo della filiera del pioppo" (Regione Lombardia et al., 2014) – che riporta circa 2,25 Mln m³, assorbiti per il 70% dall'industria del legno (pannelli, segati, imballaggi ortofrutticoli) e per il resto, dall'industria cartaria e dalla produzione d'energia, in parti pressoché equivalenti. In base a questo scenario e a quanto descritto sulle potenzialità produttive delle risorse pioppicole nazionali, queste ultime nei prossimi anni potranno coprire non più di un terzo del fabbisogno. Di conseguenza le imprese italiane che si basano sull'uso e sulla trasformazione del legno di pioppo saranno sempre più dipendenti dall'estero, dovendo confrontarsi con un mercato internazionale a volte difficilmente prevedibile e con possibili aumenti di prezzo della materia prima (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

L'Italia è un Paese importatore netto di legno e prodotti derivati, detenendo il terzo posto nell'Unione europea dopo Germania e Regno Unito. Per quanto riguarda il pioppo, stando agli ultimi dati ufficiali pubblicati dall'UNECE, l'importazione complessiva di legno tondo (199.000 m³) e di segati (144.000 m³) nel 2014 ammontava a 343.000 m³ e rappresentava il massimo quantitativo a livello comunitario. Ciò a fronte di un'esportazione limitata a 3.000 m³ di tronchi e 13.000 m³ di segati (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019). Riguardo ai pannelli in pioppo, secondo un'analisi condotta da Assopannelli (anno 2018) l'Italia risulta l'ottavo paese al mondo per importazioni (2,9% dei 29,3 mld € totali), mentre è soltanto il diciottesimo paese per esportazioni (1,9% dei 30,9 mld € totali). I primi 3 paesi per importazioni sono USA (5,4 mld €), Germania e Giappone (1,8 mld €), che assieme rappresentano il 31,1% delle importazioni totali. La Cina è invece il primo esportatore del mondo con 6,2 mld €, pari al 20,2%, il secondo esportatore è la Germania (2,6 mld €) e a seguire il Canada (2,2 mld €). L'Italia produce il 10% dei Pannelli prodotti in Europa. Il valore totale prodotto dall'UE28 si attesta a 18,2 mld € (Assopannelli/FederlegnoArredo, 2018).

Purtroppo, l'aggregazione di varie categorie merceologiche, nell'ambito delle statistiche internazionali, non consente di evidenziare l'eventuale presenza o l'incidenza di legno di pioppo in altri prodotti derivati di comune importazione: tranciati, sfogliati, pannelli di varia natura, paste di cellulosa e prodotti in carta. In proposito vale comunque la pena di menzionare che, nel 2017, il controvalore finanziario delle importazioni italiane di legno e derivati è stato pari a circa 8,4 miliardi di euro. Ciò, espresso in unità di peso o volume, corrisponde a 3,8 Mln m³ di legno tondo, 0,6 Mln m³ di cippato, 1,9 Mln m³ di pellet, 5,2 Mln m³ di segati, 0,2 Mln m³ di pannelli, 5,2 Mln m³ di sfogliati e tranciati, 3,2 Mln t di paste di legno e 5,3 Mln t di carta e cartone. A fronte di tali massive importazioni, il valore complessivo delle esportazioni italiane degli stessi prodotti, sempre

nel 2017, è stato pari a circa 5 miliardi di euro. Tra le suddette categorie le più significative dal punto di vista dell'esportazione e degne di nota in quanto potenzialmente basate sull'uso di legno di pioppo, appaiono quella della carta e del cartone (1,9 milioni t equivalenti a 3,8 miliardi di euro), seguita da quella degli sfogliati e tranciati (1,1 milioni t equivalenti a 0,5 miliardi di euro) (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

Oltre al settore della carta, per il quale sono già stati riportati alcuni dati basilari di import-export, va particolarmente considerata la filiera italiana del legno-arredo che, nel 2017, ha espresso un fatturato complessivo di circa 41,5 miliardi di euro (di cui 2,7 derivanti dal commercio di legno, 11,9 dal comparto edile e ben 26,9 dal settore dell'arredamento) ed ha esportato prodotti per un totale di 16,3 miliardi (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

3.3 Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità

Uno degli aspetti da considerare per una sostenibilità economica della pioppicoltura è la possibilità di valorizzare la coltura colmando il più possibile il gap produttivo di un decennio (epoca del taglio per la produzione di legno da compensato). Vi sono due aspetti del sistema che possono essere valorizzati: la superficie agro-forestale investita dal pioppeto e i servizi ecosistemici (SE) forniti dal pioppeto.

3.3.1 Superficie agro- forestale delle piantagioni di pioppeto

Coltivato con le tradizionali turnazioni di dieci anni, il pioppo produce legno di primissima qualità: risulta infatti essere tra i sistemi agro-forestali più efficaci per l'assorbimento di gas serra e per il riequilibrio del bilancio del carbonio, grazie all'effetto di carbon stock - immagazzinamento del carbonio nei prodotti legnosi e dei suoi derivati. Un ettaro di pioppeto (circa 300 piante) può arrivare ad assorbire ogni anno 18 tonnellate di anidride carbonica presente in atmosfera. La pioppicoltura è in grado di adattarsi agli scenari del cambiamento globale, con incrementi di produttività in condizioni di maggior concentrazione di CO₂.

La superficie destinata al pioppeto può essere valorizzata utilizzando tecniche di intensificazione sostenibile che prevedano la coesistenza di piante di pioppo e/o altre specie con diversi cicli colturali in grado di fornire, sullo stesso appezzamento, diverse tipologie di prodotti (ad es. legni di pregio da specie a ciclo lungo, sfogliati da specie a ciclo breve – pioppi, specie a ciclo brevissimo per produzione di biomassa da energia). Gli impianti polispecifici e policiclici che sfruttano appunto la coesistenza di diverse specie e diverse lunghezze del ciclo colturale sono stati studiati per valorizzare, con varie soluzioni, l'area del pioppeto (inserendo, ad esempio, nell'interfila del pioppo decennale da compensato, pioppi che verranno tagliati a 4-6 anni per bioenergia o altri usi).

Il territorio, con la sua composizione, i suoi usi e coperture è la base, fonte o supporto dei servizi ecosistemici, essenziali per gli equilibri del sistema Terra e per il benessere umano. Le politiche di gestione e di pianificazione del territorio non possono più pertanto prescindere dall'analisi, dalle previsioni e dal monitoraggio dei SE. Analizzata nel suo complesso, la filiera pioppicola e, di conseguenza in maniera diretta l'utilizzo del legname di pioppo, producono effetti benefici dal punto di vista della sostenibilità ambientale e del contrasto al cambiamento climatico non indifferenti (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

3.3.2 Servizi ecosistemici (SE) forniti dal pioppeto.

Vi è un insieme di beni e di servizi forniti dagli ecosistemi naturali e di quelli a forte impronta antropica di cui beneficia l'uomo. L'insieme dei beni e dei servizi sono considerati servizi ecosistemici (SE). I SE di cui l'uomo beneficia sia in modo diretto che indiretto con le piantagioni e le alberature di pioppo sono: di approvvigionamento; di regolazione e mantenimento; culturali.

3.3.2.1 SE di approvvigionamento

Produzione di legno per uso industriale (del mobile, dell'imballaggio) – Il principale SE di approvvigionamento fornito dalla pioppicoltura proviene dal tonname da lavoro, raccolto al termine del ciclo di coltivazione. La biomassa del fusto è la componente prevalente della biomassa epigea legnosa; essa è accumulata su base annuale (incremento medio annuo di peso o di volume del fusto per unità di superficie) con l'assunto di essere raccolta integralmente al termine del ciclo. Pertanto, il SE in questo caso è rappresentato dall'incremento medio annuo di volume (o di peso). In ciò il SE si differenzia dal medesimo SE di produzione di legno dei boschi. Infatti, l'utilizzazione dei boschi italiani non avviene mai in un'unica soluzione con il taglio di tutte le piante presenti sulla superficie (taglio a raso), ma solo di una parte di esse. Quindi, in quest'ultimo caso non viene raccolto periodicamente (ad intervalli temporali di 7-10 anni) l'incremento medio annuo accumulato in tutti gli alberi, ma solo la frazione realmente raccolta che non supera, in genere, il saggio di accrescimento del bosco (<2% per anno nella gestione forestale sostenibile). In altre parole, nelle piantagioni di pioppo il capitale legnoso, risultato dell'accumulo di 10-14 anni di incrementi di volume, coincide con ciò che viene raccolto simultaneamente al termine del ciclo di coltivazione nei boschi, per contro, ciò che viene utilizzato è solo una frazione del capitale legnoso che nella gestione forestale sostenibile non supera il saggio annuo di accrescimento del bosco. Ciò giustifica pienamente considerare l'incremento medio annuo di volume di un pioppeto come SE erogato (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

Produzione di propoli - In Europa, la principale fonte di approvvigionamento di resine per la produzione da parte delle api (*Apis mellifera* L.) della miscela complessa denominata propoli proviene dalle gemme degli alberi del genere *Populus* spp. L'uomo impiega la propoli come ingrediente nella nutraceutica e in preparati e cosmetici da banco. Si tratta a tutti gli effetti di un SE di approvvigionamento da fonte biologica (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

3.3.2.2 SE di regolazione e mantenimento

Trasformazione di input fisici o biochimici - Uno dei SE forniti dal pioppo che rientra in questa categoria è la mediazione di sostanze residue e tossiche di origine antropogenica mediante filtrazione, sequestro, stoccaggio, accumulo. I pioppi hanno la capacità di rimuovere, trasferire e stabilizzare i contaminanti presenti nella matrice suolo in cui crescono. Il potenziale fitoestrattivo è legato alla grande capacità traspirativa dei pioppi ed alla loro capacità di assorbire i contaminanti dal suolo mediante le radici e di traslocarli e accumularli nella biomassa epigea e in quella delle radici. In cloni di specie autoctone (pioppo bianco e pioppo nero) è documentata la capacità di tolleranza e di accumulo di Cd e Zn nelle foglie, mentre Cu, Fe e Pb sono accumulati principalmente nelle radici, confermando rispettivamente le capacità fitoestrattive e

fitostabilizzatrici delle due specie. Nel complesso, le capacità fitorimedianti dei pioppi, li rende idonei alla coltivazione in suoli agricoli contaminati con metalli pesanti, dove le produzioni *food* sono vietate. La presenza nel legno di metalli pesanti, ancorché minima, non altera le sue caratteristiche fisico-meccaniche sebbene ne suggerisca limiti negli usi. Un altro SE importante e forse sottovalutato è la mediazione dei disturbi antropogenici sonori, cromatici e olfattivi. Le formazioni lineari e le piantagioni di pioppo mitigano efficacemente i disturbi di origine antropica quando poste in prossimità di rotabili ad elevato flusso automobilistico e nelle adiacenze di insediamenti industriali o allevamenti intensivi di animali. Questo è uno dei contesti paesaggistici e funzionali in cui la coltivazione del pioppo trova la sua giusta collocazione territoriale. I benefici di questi SE sono più consistenti nella fase fenologica con foglie, quando peraltro le attività all'aperto dell'uomo sono più intense (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

Regolazione delle condizioni fisiche, chimiche e biologiche - La regolazione dei flussi di massa e degli eventi estremi mediante contrasto all'erosione superficiale del suolo, filtrazione e attenuazione dei movimenti di massa, regolazione ciclo idrogeologico e flusso idrico, barriere frangivento, è un altro SE essenziale fornito dal pioppo. A questo si aggiunge un minor numero di interventi di lavorazione del suolo, previsto da un modello colturale di pioppicoltura sostenibile, contribuendo a ripristinare condizioni di aerazione nel suolo favorevoli all'attività.

L'azione frangivento dei filari di pioppo, particolarmente nelle aree a clima mediterraneo, si manifesta anche sulla riduzione dell'evapotraspirazione dei seminativi protetti dalle alberature. Va considerato inoltre il ruolo del pioppeto nella conservazione degli habitat (conservazione di popolazioni selvatiche animali e vegetali) (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

Condizionamento e composizione dell'atmosfera - Questa funzione si verifica fondamentalmente mediante la fissazione di CO₂, la regolazione della temperatura e dell'umidità atmosferica, gli scambi di materia e di energia.

Un pioppeto è in grado di fissare nel legno C proveniente da CO₂ atmosferica fino a circa 20 tonnellate per ettaro e per anno. Il legno di pioppo è impiegato in modo durevole nell'industria degli sfogliati e in quella degli imballaggi (cassettame) che alimenta un'economia circolare. Pertanto, il carbonio fissato nel legno di pioppo è restituito al ciclo del carbonio, e quindi all'atmosfera, in tempi relativamente lunghi pari al ciclo di vita degli assortimenti legnosi nell'economia circolare.

Le piantagioni e le alberature sono anche importanti regolatori dei parametri ambientali (temperatura e umidità dell'aria, velocità del vento) quando inserite in contesti agricoli. In particolare, sono in grado di mitigare eventi estremi in caso di ondate di calore e di regolare, grazie all'azione frangivento, gli scambi di calore latente e calore sensibile fra le colture agricole e l'atmosfera.

Per quanto concerne la risorsa idrica, alquanto limitata nel periodo estivo in ambiente mediterraneo, si osserva che i pioppi sono caratterizzati da una diversa efficienza di uso dell'acqua. Nelle aree dove la risorsa idrica non è limitata, i pioppi con base genetica a comportamento anisoidrico sono quelli più favoriti per una produzione quantitativa di biomassa;

per contro, nelle aree geografiche con limitata disponibilità idrica, i pioppi a comportamento isidrico sono quelli più idonei alla produzione di biomassa sebbene in quantità inferiori (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

Regolazione della qualità del suolo e ripristino della fertilità chimico-fisica e dei processi di decomposizione - L'interruzione della lavorazione del suolo agricolo durante il ciclo poliennale di coltivazione dei pioppi, nonché la restituzione annuale al suolo delle foglie provenienti dal pioppeto, consente il progressivo ristabilimento di un adeguato contenuto di sostanza organica nel sistema che, nei suoli soggetti a lavorazioni annuali, è quasi sempre inferiore al 2% (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

3.3.2.3 SE per servizi culturali diretti

Interazione fisica ed esperienziale con l'ambiente naturale - Il pioppeto contribuisce a migliorare l'aspetto estetico del paesaggio favorendo attività di ecoturismo. In aree ad agricoltura intensiva, la presenza di filari e boschetti di pioppo interrompono la monotonia del paesaggio e rappresentano luoghi in cui condurre esperienze visive e uditive utili al benessere umano (Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019).

3.3.3 Principali etichettature e certificazioni ambientali legate alla filiera

Per favorire lo sviluppo di sistemi colturali ad elevata sostenibilità economica ed ambientale si propongono strategie di rilancio strutturali e durature attraverso politiche innovative che incentivino e premino i soggetti interessati e coinvolti nella filiera. Di seguito si riportano alcune delle certificazioni e delle principali etichettature ambientali che attestano il comportamento virtuoso degli attori di filiera attraverso il riconoscimento dell'elevata qualità ambientale del prodotto.

3.3.3.1 100% Poplar Made in Italy

Favorire una gestione consapevole del pioppo e migliorarne i diversi utilizzi in Italia è l'obiettivo principe di PioppOk, comitato tecnico creato da ConLegno, il Consorzio servizi legno e sughero che ha dato vita al nuovo marchio di qualità "100% Poplar Made in Italy", un marchio che garantisce le caratteristiche di qualità e tecno-professionali sui prodotti a base pioppo, in particolare compensati per il settore dell'arredo e il settore industriale (www.conlegno.eu).

L'industria legata al pioppo in effetti è una realtà prestigiosa, potente e strategica per la nostra economia, la pioppicoltura è uno dei settori di maggiore interesse per le industrie del legno italiane, soprattutto in seguito alla diffusione di nuovi tipi colturali altamente produttivi e dotati di una buona resistenza alle intemperie e alle avversità. Il sistema Italia relativo al pioppo, infatti, unisce molti distretti produttivi tra cui l'industria del mobile e della carta, il comparto dei compensati, il mondo dell'imballaggio in legno e quello della produzione di energia. Per tutti questi settori, la pioppicoltura è il bacino ideale di fornitura di materia prima e assume un'importanza vitale soprattutto se si considera che il nostro paese importa più dei tre quarti del legno che consuma.

3.3.3.2 Made Green in Italy

La categoria 16.24 imballaggi in legno, con particolare riferimento al settore merceologico degli

imballaggi destinati al mercato ortofrutticolo, realizzato con legno di pioppo, ha ottenuto nel mese di Settembre 2021, il riconoscimento da parte del Ministero della Transizione Ecologica (MITE), per l'ottenimento del Marchio Made Green in Italy, schema nazionale volontario promosso dal Ministero dell'Ambiente per la valutazione e comunicazione dell'impronta ambientale dei prodotti.

3.3.3.3 Criteri Minimi Ambientali (CAM) degli Acquisti Pubblici Verdi e PEFC

La Pubblica Amministrazione spende per i suoi acquisti circa il 18,3% del PIL nazionale, che rappresenta una parte consistente della nostra economia. Uno degli strumenti di cui essa può avvalersi per avere garanzie dal punto di vista del rispetto dell'ambiente per quanto riguarda i prodotti, è la richiesta nei contratti d'appalto del rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM). L'introduzione dei CAM è avvenuta attraverso un processo partecipato, coordinato dal Ministero della Transizione Ecologica che ha coinvolto molti portatori di interesse dei vari settori tra i quali: Enti Pubblici, Associazioni di categoria, Associazioni di professionisti, Enti normatori e associazioni senza scopo di lucro. Uno dei requisiti inserito nei CAM riguarda la sostenibilità e legalità del legno e prevede che i prodotti a base legno utilizzino legname che provenga da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile. Tale criterio può essere soddisfatto anche ottenendo la certificazione FSC o PEFC.

Inoltre, nei CAM non ci si limita alle prescrizioni per il prodotto acquistato, ma si stanno introducendo obblighi di sostenibilità anche per gli imballaggi. Nei nuovi CAM per gli arredi per uffici o per l'edilizia si richiede infatti che anche gli imballaggi in carta/cartone rispettino i criteri sul contenuto minimo di riciclato. Anche in questo caso la certificazione FSC/PEFC può essere utilizzata per la verifica del requisito.

Tra i Criteri Ambientali Minimi che attualmente richiedono la certificazione FSC o PEFC come metodo di verifica per il requisito di sostenibilità e legalità del legno ci sono: Arredi per ufficio, Arredo Urbano, Ausili per l'incontinenza, Carta per copia e grafica, Edilizia. Questo significa che le aziende fornitrici della Pubblica Amministrazione devono garantire la sostenibilità e legalità del legno utilizzato nei loro prodotti a base legno e in carta/cartone e per farlo devono ottenere ad esempio la certificazione FSC (Forest Stewardship Council) /PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes). Per questo motivo, per far sì che venga mantenuta la catena di custodia dalle foreste al prodotto finito anche le aziende del settore della pioppicoltura si sono certificate FSC/PEFC. Attualmente in Italia sono circa una decina le aziende certificate PEFC ed FSC appartenenti al settore della pioppicoltura (PEFCR Italia, 2021).

La Dichiarazione Ambientale di Prodotto (Environmental Product Declaration, EPD) è una etichetta ambientale che utilizza la metodologia standardizzata di Life Cycle Assessment (LCA) per il calcolo delle prestazioni ambientali dei prodotti, e in modo simile al metodo PEF, si basa sul rispetto di specifiche Regole di Categoria di Prodotto (RCP), definite per gruppo di prodotti, approvate dopo una "consultazione aperta" delle parti interessate a livello internazionale. È prevista la verifica di un verificatore indipendente. Lo schema più utilizzato a livello internazionale è quello dell'International EPD System, di origine svedese, anche se esistono numerosi sistemi EPD in molti paesi europei e in ambito internazionale. L'EPD è un documento di tipo puramente informativo, ovvero, non contiene criteri di valutazione, preferibilità o livelli minimi di prestazione da

rispettare, che tuttavia permette il confronto delle prestazioni ambientali di prodotti appartenenti alla stessa categoria merceologica. Ad Aprile 2022 vi sono 6 EPD di pannelli in compensato di pioppo registrate sul sito dell'International EPD System (www.environdec.com), di cui due di un'azienda italiana, Panguaneta.

3.3.3.4 Norme e regolamenti

Il compensato di pioppo realizzato dall'industria italiana è prodotto in conformità alle norme tecniche di settore vigenti in ambito europeo e internazionale.

Per i pannelli di compensato di pioppo destinati agli impieghi in cui trova applicazione il Regolamento (UE) 305/2011 (Commissione Europea, 2011) che disciplina l'immissione e la libera circolazione sul mercato europeo dei prodotti da costruzione, i principali produttori italiani di compensato di pioppo, anche in virtù di una diffusa adozione di sistemi di gestione per la qualità certificati ISO 9001, sono in grado di ottemperare alla marcatura CE nei diversi livelli di attestazione di conformità previsti dalla normativa di riferimento.

I requisiti prestazionali richiesti dalla norma armonizzata sui pannelli, la EN 13986 (UNI EN, 2015a), riguardano sia caratteristiche fisico-meccaniche che vengono richiamate nella EN 636 - *pannelli in legno compensato – specifiche* (UNI EN, 2015b), che caratteristiche riguardanti l'emissione di formaldeide (EN 12460-3) (UNI EN ISO, 2021) e la reazione al fuoco (EN 13501-1) (UNI EN, 2019).

Per quanto riguarda i mercati internazionali ed in particolare il mercato americano, i pannelli in compensato italiani, sono in grado di rispettare le stringenti norme in materia di emissione di formaldeide emanate dall'EPA (Environmental Protection Agency) e dal CARB (California Air Resources Board) e sono quindi adeguati alla realizzazione di manufatti a base legno che vengono esportati negli USA.

4 Gruppo di lavoro

In Tabella 2 è riportato il gruppo di lavoro che ha contribuito al presente studio.

Tabella 2. Gruppo di lavoro per lo studio LCA di filiera del pannello in compensato di pioppo.

Nome	Ente/impresa	Tipologia	Sito web/Contatti
Caterina Rinaldi (coordinatrice attività legno arredo Arcadia)	ENEA	Centro di ricerca	https://risorse.sostenibilita.enea.it/strutture/rise e-mail: caterina.rinaldi@enea.it tel: 051-6098388
Valentina Fantin (responsabile studio filiera del pannello compensato di tutto pioppo)	ENEA	Centro di ricerca	https://risorse.sostenibilita.enea.it/strutture/rise e-mail: valentina.fantin@enea.it tel: 051-6098532
Flavia Frisone	ENEA	Centro di Ricerca	e-mail: flavia.frisone@enea.it
Alessandro Frè	Brivio Compensati	Impresa	e-mail: af@brivio.it tel: 0384-689211
Attilio Brivio	Brivio Compensati	Impresa	e-mail: ab@brivio.it tel: 0384-689211

Alessandra Cecchini	Manifaktura srl	Consulente	e-mail: a.cecchini@manifaktura2020.com tel: 0721-585252
Francesco Balducci	Manifaktura srl	Consulente	e-mail: a.cecchini@manifaktura2020.com tel: 0721-585252
Alessandro Carzaniga	missagliaeassociati	Consulente	e-mail: carzaniga.alessandro92@gmail.com tel: 02-90601376
Marcello Missaglia	missagliaeassociati	Consulente	e-mail: missagliaeassociati@tiscali.it tel: 02-90601376

Le aziende, i consulenti e gli altri componenti del gruppo di lavoro hanno deciso di partecipare al progetto ARCADIA e fornire il loro contributo allo studio di filiera per lo sviluppo dei dataset relativi al pannello in compensato di tutto pioppo sia ai fini della valutazione/miglioramento delle prestazioni ambientali dei propri prodotti, anche in ottica di un possibile ottenimento di etichette ambientali (EPD, Made Green in Italy, ...), che per ragioni di visibilità nella banca dati e in altre iniziative di disseminazione legate alla partecipazione al progetto.

5 Ambito di applicazione dello studio

5.1 Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento

La funzione del sistema è la produzione del pannello medio italiano in compensato di tutto pioppo destinato all'utilizzo negli arredi sia domestici che scolastici (es. ripiani ad ante di mobili oppure per scrivanie e banchi scolastici) e per veicoli ricreazionali (camper, caravan).

L'unità funzionale (Tabella 3) è 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo di varie dimensioni, spessori e strati. La densità media del pannello è pari a 400 kg/m³. Tale unità funzionale è stata utilizzata in vari studi identificati nella letteratura esistente e, inoltre, è ritenuta più idonea anche dalle aziende e dagli esperti di settore coinvolti nello studio di filiera.

Il flusso di riferimento è rappresentato da 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo.

Lo studio LCA è stato sviluppato in conformità alle norme ISO 14040-14044 (UNI, 2018; UNI, 2021), modellando il ciclo di vita dei prodotti in modo "attribuzionale", ovvero riproducendo la catena di fornitura esistente e utilizzando processi di background rappresentativi del mix di consumo del mercato medio (JRC, 2010).

Tabella 3. Unità funzionale del pannello in compensato di tutto pioppo (Figura 1)

Funzione fornita	Che cosa?	Componente per struttura, ripiani ad ante di mobili per uso interno sia domestico (ad es. cucine, camere e camerette) che per uffici (es. Scrivanie, banchi scolastici) e per veicoli ricreazionali
Quantità della funzione fornita	Quanto?	1 m ³ di pannello di pioppo
Il livello di qualità della funzione attesa	Quanto bene la funzione viene espletata (non sempre applicabile/definibile)	Il pannello oggetto dello studio soddisfa pienamente le norme di tipo meccanico-prestazionale così come indicato nella norma EN 312 - Pannelli di particelle di legno -

		Specifiche, rendendolo così adatto sia per uso in ambiente secco che in ambiente umido. Inoltre il pannello risulta conforme alle norme EN 12460-3 e ASTM E1333 ed è pertanto idoneo all'utilizzo negli Stati Uniti e alla Marcatura CE per quanto riguarda il parametro di emissione di formaldeide.
La durata del prodotto	Per quanto tempo la funzione è espletata?	Per quanto riguarda l'utilizzo dei pannelli nei mobili, la durata minima può essere stimata in 10 anni
Densità pannello compensato tutto pioppo finito 400 kg/m³ ± 10%		400 kg/m ³ ± 10%



Figura 1. Pannello in compensato di tutto pioppo

5.2 Descrizione del processo produttivo e confini del sistema

Il pannello in compensato di tutto pioppo (Figura 2) si realizza da sfogliati di pioppo (Figura 3), generalmente in numero dispari, incollati fra loro e con fibra incrociata simmetricamente. Le facce esterne possono avere la fibratura del legno disposta sia nella direzione longitudinale sia trasversale. Gli strati sono incollati secondo il senso delle venature in strati adiacenti solitamente posti ad angolo retto tra loro (BS EN 313-2, 2000).



Figura 2. Pannelli in compensato di pioppo.



Figura 3. Fogli di pioppo.

Il processo produttivo del pannello in compensato di pioppo può essere suddiviso nelle seguenti fasi principali:

1. **Scortecciatura e sfogliatura:** il tronco passa all'interno di un macchinario che ne asporta la corteccia; successivamente, attraverso delle catene di trasporto, viene trasferito su una sfogliatrice, il tronco viene bloccato lateralmente da due mandrini ed inizia un movimento rotatorio che gradualmente spinge il tronco verso una lama che di fatto sfoglia il tronco stesso in fogli della dimensione e spessore voluto. Tali fogli vengono sistemati su dei bancali e posizionati a magazzino. Durante questa fase si producono anche tondelli, venduti all'esterno e corteccia, riutilizzata internamente per produrre calore in una caldaia a biomassa.
2. **Essiccazione:** a questo punto lo sfogliato "verde" ancora pieno di acqua viene portato in essiccatoio ed asciugato secondo parametri ben precisi di umidità. Attraverso i parametri temperatura dei forni e velocità del passaggio, i fogli in uscita devono rispettare una serie di parametri.
3. **Incollaggio:** i fogli asciugati vengono sistemati a magazzino e successivamente prelevati per essere utilizzati alle presse. Rispettando un programma di produzione, tali fogli vengono sovrapposti sui tappeti di carico in base allo spessore finale. In questa fase la caratteristica è che i fogli interni vengono passati in spalmatrice e quindi completamente bagnati di colla. La pressione e la temperatura all'interno delle presse permetterà poi che tale colla passi attraverso tutti gli strati e componga un pannello unico.
4. **Pressatura:** la pressatura dei fogli sovrapposti rappresenta l'ultima fase del ciclo produttivo. Le presse sono cosiddette in continuo perché attraverso un tappeto di carico permettono un carico ed uno scarico continuo del prodotto. In base allo spessore del compensato si impostano i parametri corretti di produzione (temperatura, pressione e durata della pressata);
5. **Finitura:** una volta che il pannello di compensato è stato prodotto, viene controllato da personale esperto che attraverso uno stucco particolare, elimina o riduce eventuali difetti presenti all'interno del tronco (es. nodi, sormonti, buchi); dopo aver riposato lo stucco, il pannello passa attraverso una levigatrice che toglie le cimose laterali e leviga le superfici. Al termine di questo passaggio, il materiale viene selezionato e se si riscontra la presenza di

ulteriori difetti o la non correttezza dei passaggi fatti, il pannello viene nuovamente "stuccato" e ripassato in levigatrice.

Ai fini dello studio LCA di filiera si è adottato un approccio "cradle-to-gate", ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al "cancello aziendale", escludendo la distribuzione del prodotto al cliente finale, e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. eventuali ulteriori lavorazioni/trattamenti eseguiti presso il cliente finale e il processo di riuso/riciclo/smaltimento del pannello). Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase "in bosco" fino alla fase di imballaggio del pannello finito pronto per essere distribuito al cliente finale, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di produzione del pannello di compensato di tutto pioppo.

In dettaglio, i confini del sistema includono le seguenti fasi e processi (Figura 4):

- Produzione tronchi, che comprende la gestione del pioppeto, la fase di esbosco e il trasporto dei tronchi fino all'azienda produttrice;
- Produzione dei pannelli in pioppo, che include i seguenti processi:
 - ✓ La scortecciatura, la sfogliatura e la movimentazione dei tronchi, che comprende i consumi di combustibili, di acqua e di energia elettrica;
 - ✓ L'essiccazione degli sfogliati, che include i consumi di combustibile e acqua per la caldaia;
 - ✓ L'incollaggio, la pressatura e la finitura, che comprendono il consumo di colle, di additivi per le colle, di vernici e coloranti, di stucco, gli imballaggi per i pannelli finiti, i trasporti dei materiali, i consumi di energia elettrica, combustibili e acqua;
 - ✓ La produzione dei rifiuti, il loro trasporto e trattamento;
 - ✓ Le emissioni in aria relative alla combustione di metano e legna nella caldaia e quelle provenienti dai camini delle cappe delle spalmatrici (utilizzate durante le operazioni di pressatura).

È esclusa dai confini del sistema la produzione di macchinari ed infrastrutture (e relativi rifiuti di manutenzione), con l'eccezione di quelli già contenuti nei dataset di Ecoinvent utilizzati per modellare i dati di background. La fase di gestione del pioppeto e di esbosco non è gestita direttamente dall'azienda coinvolta nel GdL ed è stata perciò modellata con un apposito dataset di Ecoinvent.

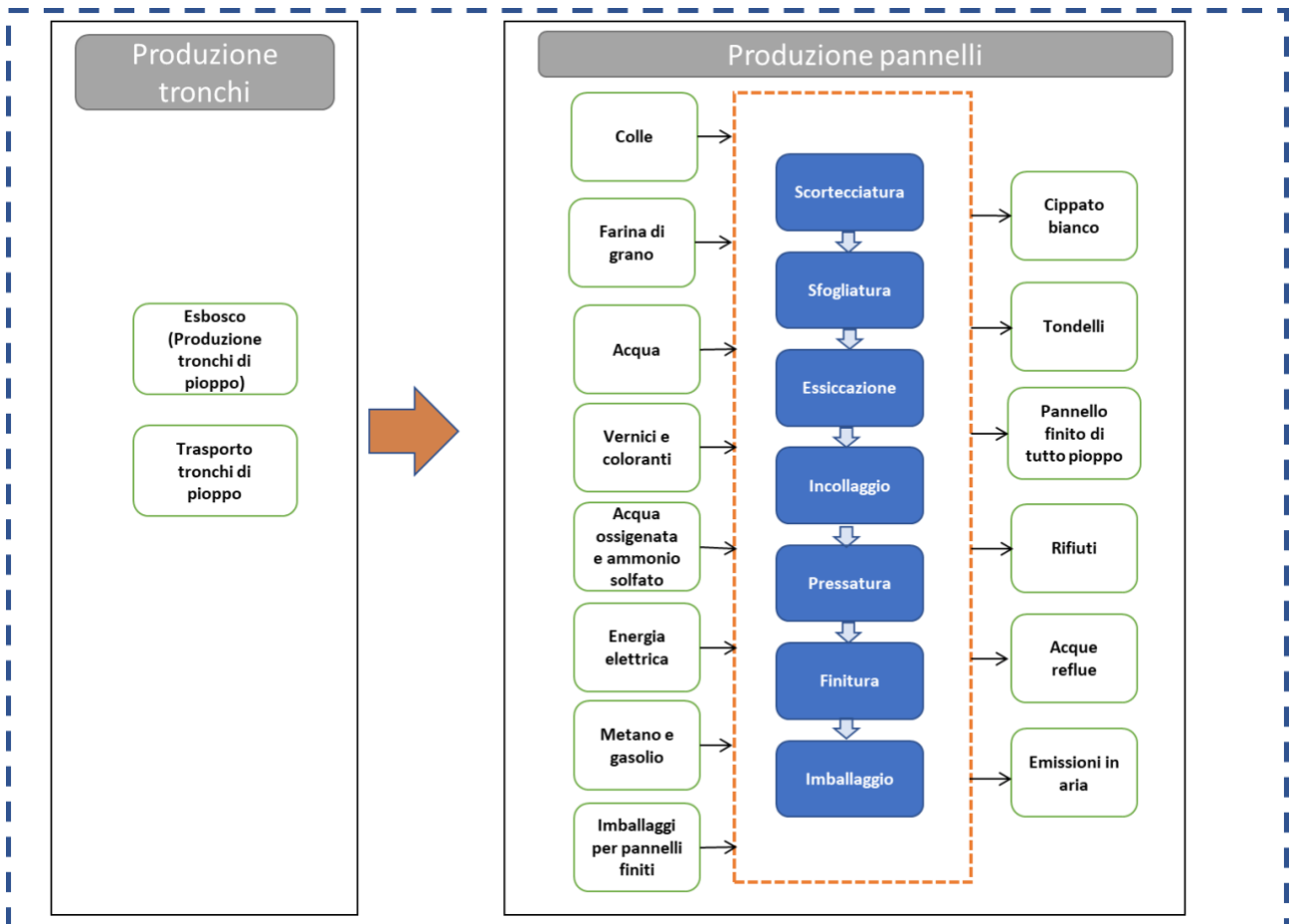


Figura 4. Confini del sistema della produzione del pannello in compensato di tutto pioppo.

5.3 Assunzioni e giudizi di valore

La modellazione del sistema analizzato è stata eseguita facendo ricorso sia a dati primari disponibili a livello di filiera, raccolti presso l'impresa coinvolta nel GdL, e riferiti alla produzione di pannelli in compensato di tutto pioppo degli anni 2018, 2019, 2020 dell'azienda, che a dati di letteratura e/o di settore (Saulino e Saracino, 2020, Deidda, 2018) rappresentativi della filiera italiana del pannello in compensato di tutto pioppo e delle tecnologie (tipologie di macchinari, attrezzature, ...) in essa impiegate. I dati di letteratura utilizzati si riferiscono agli anni 2017 e 2019. All'interno del GdL si sono selezionate aziende il cui processo produttivo e le cui tecnologie sono state considerate rappresentative di una situazione media italiana relativa alla produzione del pannello in compensato di tutto pioppo.

I dati di inventario relativi ai diversi processi presenti all'interno dei confini del sistema sono dunque da ritenersi ragionevolmente rappresentativi della filiera oggetto di studio, in quanto a tutti gli effetti considerabili come dati medi della medesima.

La modellazione dei processi di trasporto è stata eseguita sulla base delle quantità fisiche (peso trasportato) e delle distanze medie rappresentative del trasporto fino all'azienda produttrice del pannello di tutto pioppo, desunte da dati caratteristici derivanti dall'impresa coinvolta nello studio di filiera.

Nel complesso, con riferimento alle indicazioni contenute nel report interno di progetto "Metodologia per gli studi di filiera della Banca Dati italiana LCA" (versione di Novembre 2021), la qualità dei dati utilizzati nello studio è ritenuta buona e, in particolare, si ritiene:

- buona l'affidabilità dei dati (i dati sono stati per la maggior parte misurati; nei casi in cui essi siano stati calcolati o provengano da letteratura, sono stati tutti controllati da esperti);
- molto buona la rappresentatività temporale dei dati (nessun dato si riferisce a un periodo antecedente di 3 anni lo studio di filiera);
- molto buona la rappresentatività geografica dei dati (il processo descritto è rappresentativo del luogo geografico indicato negli studi di filiera);
- molto buona la rappresentatività tecnologica dei dati (il processo descrive in modo dettagliato la tecnologia attualmente presente sul mercato, includendo tutti i flussi di materia ed energia in input e output).

5.4 Gestione della multifunzionalità

Durante la produzione dei pannelli di compensato in tutto pioppo sono prodotti anche pannelli costituiti da pioppo e altri tipi di legname, tondelli e cippato bianco che sono venduti all'esterno e corteccia. I pannelli costituiti da pioppo e altre tipologie di legname, i tondelli ed il cippato bianco sono stati perciò considerati coprodotti della filiera produttiva, e perciò ad essi sono stati associati flussi di input e output tramite procedure di allocazione. La corteccia, al contrario, non è stata considerata un coprodotto della produzione dei pannelli poiché si è assunto, in accordo con il GdL, che venga riutilizzata internamente per produrre calore.

In particolare, per attribuire i consumi di materiali, combustibili, energia, acqua, le emissioni in aria e la produzione dei rifiuti relativi alla produzione complessiva aziendale, alla sola produzione dei pannelli in compensato di tutto pioppo, si è effettuata, da dati primari, un'allocazione in massa, considerando che i pannelli in compensato tutto pioppo costituiscono il 90% della produzione totale annuale dell'azienda coinvolta nello studio di filiera. Tutti i dati primari forniti dall'azienda sono perciò stati moltiplicati per un fattore di allocazione pari a 0,90, in modo da ricondurli alla produzione del pannello in tutto pioppo.

Si è inoltre considerato che durante la fase di sfogliatura e scortecciatura, oltre ai fogli destinati alla produzione dei pannelli in tutto pioppo, si producano tondelli che sono venduti come imballaggi e cippato bianco venduto per l'industria cartaria o per produrre energia. Il 12% del peso dei tronchi in entrata viene utilizzato per produrre tondelli, e il 30% per produrre cippato bianco (totale 42%). Il quantitativo di tronchi rimanente, utilizzato per fare pannelli in pioppo è perciò il 58% del peso dei tronchi in entrata. Questo quantitativo è stato poi moltiplicato per il fattore di allocazione 0,90 in modo da ottenere la quantità di tronchi necessaria per produrre i pannelli di tutto pioppo.

Per calcolare il consumo di energia elettrica per la sfogliatura e scortecciatura utilizzata per produrre i pannelli di pioppo, si è effettuata un'allocazione in massa considerando che il 42% di tale consumo sia attribuito alla produzione di tondelli e cippato, mentre il restante 58% sia attribuito alla produzione dei pannelli in pioppo. Per ottenere il consumo di energia elettrica per la sfogliatura e scortecciatura per produrre pannelli di tutto pioppo si sono poi moltiplicati tali valori per 0,9 (in questo caso quindi il fattore di allocazione è pari a 52% ($0,58 \cdot 0,90$)).

5.5 Revisione critica

Il presente studio di filiera ed il relativo modello LCA nel software SimaPro sono stati messi a disposizione per la revisione di parte terza, prevista all'interno del progetto Arcadia.

5.6 Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti

In conformità con la metodologia di Arcadia, il metodo di valutazione degli impatti utilizzato è EF 3.0 (Zampori e Pant, 2019), che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale (EC, 2017) e che comprende caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione.

Per lo svolgimento dello studio è stato utilizzato il software SimaPro versione 9 (SimaPro) contenente la banca dati commerciale Ecoinvent 3.7.1 (Wernet et al., 2016), da cui sono stati selezionati tutti i dataset utilizzati nella modellazione e riguardanti i dati di background. In un'ottica di rappresentatività geografica, temporale e tecnologica dei processi di banca dati utilizzati si è fatto riferimento a tecnologie medie globali e ai più recenti dati disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1.

6 Modellazione dei dataset della filiera

Il modello scelto per la creazione dei dataset per la banca dati di Arcadia è di tipo "attribuzionale", ovvero un modello che riproduce la catena di fornitura del prodotto oggetto di analisi utilizzando dati ed eventuali processi di background rappresentativi di una situazione media del mercato di riferimento. Il dataset sviluppato per lo studio di filiera è quello relativo alla produzione del pannello medio italiano di compensato di tutto pioppo, giudicato insieme al GdL come rappresentativo della filiera produttiva nazionale e delle relative tecnologie, e contiene al proprio interno tutti i dati e i flussi di input ed output necessari alla costruzione dello stesso. Il dataset è relativo alla sola fase di produzione e non include tutti i trasporti del prodotto finito alla sua destinazione finale di uso.

Sono, invece, in linea generale incluse le operazioni di trasporto relative alla fase di produzione. Questa scelta è legata alle finalità di utilizzo della banca dati di Arcadia da parte di possibili utenti, che potranno associare ai dataset trasporti e/o utilizzi specifici del pannello di compensato di pioppo.

7 Analisi di inventario

Ai fini della raccolta dei dati primari presso l'azienda coinvolta nel GdL, a seguito di una attenta analisi della filiera e di confronti interni al GdL, sono state messe a punto delle specifiche schede in grado di semplificare e sistematizzare la raccolta stessa. Tali schede di raccolta dati, predisposte su fogli di calcolo Microsoft Excel, sono dunque state condivise con l'azienda e contestualmente è stata avviata una formazione "on the job" ai tecnici/referenti dell'impresa riguardante la metodologia LCA e le modalità operative per effettuare la raccolta dei dati lungo la filiera. Ulteriori informazioni e dati primari sono stati poi raccolti attraverso riunioni telefoniche o via web dedicate e attraverso la predisposizione di questionari in formato word. Tale procedura ha permesso di effettuare una raccolta dati molto dettagliata relativa alla produzione di pannelli di pioppo dell'azienda coinvolta, permettendo di quantificare tutti i flussi in input e output relativi al processo produttivo.

La raccolta dei dati secondari, ovvero dei dati di letteratura e/o settore, è invece stata svolta sulla base di revisione di report di settore e studi pubblicati in letteratura (Saulino e Saracino, 2020; Deidda, 2017) e altra bibliografia tecnico-scientifica, e di una analisi della relativa

disponibilità/qualità dei dati relativi a materiali/componenti/processi in tali documenti contenuti. I dati provenienti dall'azienda coinvolta nel GdL sono stati poi confrontati coi dati secondari provenienti dalle fonti sopracitate, per ottenere dati medi relativi al processo produttivo dei pannelli, che fossero rappresentativi a livello tecnologico della situazione italiana, e che permettessero di costruire lo studio LCA di filiera.

I dati primari direttamente raccolti si riferiscono ad una impresa coinvolta nel GdL che produce pannelli in compensato di tutto pioppo, per un quantitativo totale medio di pannelli prodotti pari a 11.300 m³ (media negli anni 2018, 2019, 2020), di cui il 90%, pari a 10.170 m³, è costituito da pannelli in compensato di tutto pioppo.

7.1 Assunzioni utilizzate nello studio

Nello studio di filiera sono state effettuate le seguenti assunzioni:

- In accordo con il GdL, il legno di pioppo è stato considerato un legno duro (hardwood), in quanto, sebbene abbia caratteristiche molto più simili ai legni teneri (softwood), in sede normativa è stato inserito tra gli hardwood per uniformarlo alla betulla che è l'altra tipologia di legno con cui normalmente si fanno i pannelli in compensato.
- Nel dataset di Ecoinvent relativo alla produzione dei tronchi di legno duro (hardwood) è presente un flusso in input di CO₂ di origine biogenica relativo all'assorbimento da parte della pianta. La CO₂ immagazzinata nel prodotto 'pannello' viene poi rilasciata a fine vita dello stesso. I confini del sistema di questo studio non includono però il fine vita, quindi l'inventario non prevede un corretto bilancio di massa della CO₂ biogenica legata al pannello. Tuttavia, siccome il fattore di caratterizzazione della CO₂ biogenica (in input e in output) per le categorie Climate Change e Climate Change biogenic è pari a 0 kg CO₂ eq./kg, tale mancato bilancio di massa non si ripercuote sui risultati relativi alle suddette categorie.
- In accordo con il GdL, il peso specifico dei tronchi di pioppo è stato considerato 775 kg/m³ (esso varia da 750 a 800 kg/m³).
- Per lo studio di filiera si è considerato che l'energia elettrica provenga interamente dalla rete nazionale (si è perciò sommato il consumo di elettricità da rete fornita dall'azienda con quella autoconsumata), in quanto si è ritenuto, in accordo con il GdL, che tale modalità sia più rappresentativa della situazione italiana media relativa alla produzione di pannello in compensato di pioppo. Per la sua produzione si è utilizzato il mix italiano di Ecoinvent a medio voltaggio riferito al 2017.
- Il potere calorifico del gasolio è stato considerato pari a 42,7 MJ/kg (<https://energia.regione.emilia-romagna.it/come-fare-per/allegati-banche-dati/nota-metodologica-e-i-fattori-di-conversione>), mentre quello del legno di pioppo pari a 17,3 MJ/kg (da informazioni del GdL).
- Il potere calorifico del metano è stato considerato pari a 8430 kcal/m³ = 35,3 MJ/m³ (ISPRA, 2020a).
- Il quantitativo di colle ureica e ureica a bassa emissione di formaldeide è stato sommato per ottenere un quantitativo unico, in quanto i dataset di background presenti in Ecoinvent per la produzione delle colle non permettono di distinguere tra queste due tipologie di colle.
- Il quantitativo di farina di grano e farina di nocciole usata come additivo per le colle è stato

sommato per ottenere un quantitativo unico, che è stato assimilato interamente a farina di grano.

- Per quanto riguarda le emissioni in aria di carbonio organico totale (riguardanti i camini delle cappe sovrastanti le operazioni di spalmatura), poiché tale sostanza non presenta fattore di caratterizzazione nel metodo EF 3.0, si è considerato che essa sia uguale al quantitativo di VOC (Volatile Organic Compound) emesso. Per evitare un doppio conteggio nelle categorie di impatto in cui sia i VOC che la formaldeide hanno fattore di caratterizzazione (Photochemical Ozone Formation, Human Toxicity non cancer) (Tabella 4), si è proceduto in questo modo: si è dapprima espressa la formaldeide come carbonio a partire dai pesi molecolari delle due sostanze e si è poi sottratta la formaldeide espressa come C dal TOC. In tal modo, si è ottenuta la quantità di VOC emessa (a cui è stata sottratta la formaldeide) e la quantità di formaldeide emessa. Le restanti emissioni in aria fornite dall'azienda (butil acrilato, etil acrilato, metil acrilato) fanno parte dei VOC; in tal caso ci potrebbe essere un doppio conteggio in alcune categorie di impatto (Human toxicity non cancer ed Ecotoxicity Freshwater) (Tabella 4). Nel capitolo dei risultati (par. 9.2) si valuterà l'entità del loro contributo agli impatti totali del ciclo di vita della produzione del pannello.

Tabella 4. Fattori di caratterizzazione per le sostanze VOC, Formaldeide, Butil Acrilato, Etil Acrilato, Metil Acrilato.

Emissione in aria	Climate Change (kgCO ₂ eq/kg)	Photochemical Ozone formation (kg NMVOC/kg)	Human toxicity non cancer (CTUh/kg)	Human toxicity cancer (CTUh/kg)	Ecotoxicity freshwater (CTUh/kg)
VOC	4,23E+00	2,35E-01	5,11E-08	n.d.	1,92E+00
Formaldeide	n.d.	8,77E-01	1,64E-07	1,32E-05	1,80E+02
Butil acrilato	n.d.	n.d.	3,88E-08	n.d.	3,18E+00
Etil acrilato	n.d.	n.d.	1,05E-07	2,34E-10	6,00E+00
Metil acrilato	n.d.	n.d.	5,66E-08	n.d.	1,41E+01

- Gli scenari di smaltimento dei rifiuti di plastica e carta sono stati costruiti in base alle informazioni presenti in ISPRA (2020b), attribuendo a ciascun materiale una percentuale di recupero energetico, riciclo e discarica (Tabella 5).

Tabella 5. Percentuale delle diverse tipologie di trattamento per ogni frazione dei rifiuti urbani (ISPRA, 2020).

Materiale	% rifiuto in DISCARICA	% rifiuto RICICLATO	% rifiuto a RECUPERO ENERGETICO
Acciaio	17,8%	82,2%	0,0%
Alluminio	23,9%	70,0%	6,1%
Carta	11,6%	80,8%	7,6%
Legno	34,8%	63,1%	2,1%
Plastica	10,1%	45,5%	44,4%
Vetro	22,7%	77,3%	0,0%

- Per modellare il trattamento dei rifiuti, si è utilizzato l'approccio del General Programme Instructions dell'International EPD System (EPD INTERNATIONAL AB, 2021): il produttore dei rifiuti è ritenuto responsabile degli impatti ambientali degli stessi fino al punto in cui essi hanno valore economico negativo (ovvero fino a quando essi cessano di essere qualificati come rifiuti).

In pratica, per i materiali destinati a riciclo, si sono inseriti nello studio i processi di raccolta, trasporto e selezione, escludendo quindi i trattamenti successivi per produrre materiale riciclato/secondario e gli eventuali benefici derivanti dall'uso del materiale secondario prodotto. In tal caso, i processi che avvengono dopo la cessazione di qualifica di rifiuto sono attribuiti ai sistemi prodotto che utilizzano il materiale riciclato. Per l'incenerimento con recupero energetico, si sono inclusi nello studio i processi di raccolta, pretrattamento e incenerimento, escludendo quindi i benefici dell'uso dell'energia prodotta. Per il trattamento in discarica, si sono incluse le operazioni di trattamento in discarica dei rifiuti, la cattura e la combustione del metano prodotto, escludendo tuttavia i benefici derivanti dalla produzione e uso dell'energia.

Non vi sono segnalare importanti carenze di dati in quanto è stata effettuata una dettagliata raccolta dati presso l'azienda coinvolta nello studio di filiera. In ogni caso, laddove dati misurati non fossero disponibili presso l'azienda (es. per lo stoccaggio delle colle in cisternette di plastica), si è proceduto, in collaborazione con il GdL e l'azienda stessa, a stimare i quantitativi mancanti.

7.2 Descrizione e documentazione processi unitari

Nella Tabella 6 è riportata una breve descrizione di tutti i processi/flussi coinvolti nel ciclo di vita dei prodotti oggetto di studio e tutti i dati relativi ai processi unitari¹ utilizzati nello studio di filiera, con una chiara identificazione della banca dati (e relativi dataset) di riferimento.

Tutti i dati di Tabella 6 sono riferiti alla produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo e si riferiscono ad un insieme di dati primari forniti dall'azienda e di dati di letteratura.

Nei paragrafi successivi è indicata la documentazione relativa alle procedure di calcolo effettuate e ad alcune assunzioni che si sono rese necessarie per il calcolo dei dati di input e output relativi a 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo (Tabella 6).

7.2.1 Tronchi, additivi per le colle e materiali di finitura

L'acqua ossigenata e la vernice sono utilizzate solamente per i pannelli in pioppo. Perciò tali materiali sono stati interamente attribuiti alla produzione dei pannelli di tutto pioppo e non è stato applicato il fattore di allocazione del 90%. L'acqua ossigenata utilizzata, secondo la scheda di sicurezza fornita dall'azienda che ha collaborato allo studio di filiera, contiene il 35% di perossido di idrogeno: per poter utilizzare il dataset *Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state* {RER} | market for hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state | Cut-off, U, che rappresenta la produzione di acqua ossigenata pura (al 100% di H₂O₂), il valore di acqua ossigenata indicato in Tabella 6 deve essere moltiplicato per 0,35.

Per poter valutare in dettaglio la composizione di vernice e colorante per le colle si sono dapprima esaminate le schede tecniche e le schede di sicurezza fornite dall'azienda coinvolta nello studio di filiera. Tale analisi, tuttavia, non ha condotto ad una valutazione certa dei principi attivi presenti in questi materiali e della loro quantità. Per quanto riguarda la vernice, si potrebbe ipotizzare che essa sia costituita da pigmento per il 50% in peso, in quanto nella scheda tecnica del prodotto il

¹ Un processo unitario è l'elemento più piccolo preso in considerazione nell'inventario del ciclo di vita per il quale sono quantificati i dati di input e output (basato su ISO 14040: 2006).

residuo solido è pari a circa il 50%. Per il colorante, da un'ulteriore analisi di letteratura (es. BASF (2018)) si evidenzia che la quantità di pigmento potrebbe essere pari al 40%. Tuttavia, a causa dell'incertezza di queste ipotesi, si è deciso di adottare un approccio conservativo secondo cui la vernice e il colorante sono costituiti per il 100% dal principio attivo in esso contenuto. L'incertezza sulla composizione di questi due prodotti ha coinvolto anche la scelta dei dataset più opportuni per la loro modellazione, in quanto in Ecoinvent non è presente la produzione di vernice e di colorante per le colle. Si è quindi deciso di utilizzare i dataset *Chemical, organic {GLO} | market for | Cut-off, U* per il colorante e *Carbon black {GLO} | market for | Cut-off, U* per la vernice, seppur non molto rappresentativi. Nei risultati si discuterà il contributo di questi due prodotti ai risultati finali.

Si è considerato che la farina di grano arrivi sfusa in autocisterna. Poiché non sono disponibili dati primari sul materiale di imballaggio delle cisternette in cui è stoccata la farina, una volta arrivata in azienda, in accordo con il GdL si è considerato (così come per le colle, si veda par. 7.2.2), che essa sia stoccata in cisternette di plastica (HDPE) da 1000 kg, che il peso delle cisternette vuote sia 60 kg e che esse siano riutilizzate per 10 anni (1000 usi in 10 anni).

In accordo con il GdL, non si è considerato il materiale di imballaggio dell'acqua ossigenata, delle vernici e dei coloranti delle vernici, in quanto si è assunto che esse siano consegnate all'azienda produttrice di pannelli in taniche e cisternette che sono riconsegnate al fornitore per essere riutilizzate (il quantitativo di materiali da imballaggio è stato perciò ritenuto non significativo).

7.2.2 Imballaggi per colle

Si è ipotizzato che le colle (ureica, ureica a bassa emissione di formaldeide e melaminica) arrivino in azienda tramite autocisterna e che siano in seguito stoccate in cisternette di plastica da 1000 kg, riutilizzate per 10 anni (1000 usi in 10 anni). Il peso delle cisternette vuote è stato considerato pari a 60 kg e il materiale HDPE.

(<https://www.pentapackaging.it/contenitori/cisternette/cisternetta-da-1000-kg-pallet-plastica/>).

7.2.3 Energia elettrica e combustibili

Si è considerato il totale di energia elettrica consumata, a cui è stato tuttavia sottratto il consumo per gli uffici e il custode, in quanto non rientrano nella produzione del pannello in pioppo.

In accordo con il GdL, si è considerato che il calore prodotto per le operazioni interne (essiccazione degli sfogliati, il funzionamento delle presse, riscaldamento dei tronchi nella stagione invernale e riscaldamento dello stabilimento) sia prodotto tramite una caldaia combinata (alimentata sia a metano che a biomassa). Inoltre, si è considerato che le movimentazioni interne (muletti, ruspe, trattori, che sono utilizzati per movimentare i tronchi e i pannelli) avvengano tramite mezzi di movimentazione alimentati a gasolio o elettrici (nel secondo caso il consumo dei mezzi è già incluso nei consumi di elettricità totali della produzione del pannello).

Si è considerato che la legna utilizzata nella caldaia provenga dal processo di scortecciatura e sfogliatura dei tronchi e dalle polveri di levigatura delle facce dei pannelli; in tal caso il dataset di Ecoinvent utilizzato relativo alla caldaia a biomassa è stato modificato considerando questo ricircolo interno (si sono perciò azzerati il consumo di legna in entrata e il consumo di energia elettrica, in quanto già compreso nei consumi totali di energia elettrica dell'azienda).

Il dataset di Ecoinvent utilizzato relativo alla caldaia a metano è stato modificato azzerando il

consumo di energia elettrica, in quanto già compreso nei consumi totali di energia elettrica dell'azienda.

7.2.4 Acqua per caldaia, colle e lavaggi

In accordo col GdL e con l'azienda coinvolta, si è considerato che l'acqua utilizzata per la caldaia provenga per l'80% da pozzo e per il 20% da rete e che l'acqua di lavaggio dei tronchi e dei mezzi/macchinari, sia pari ad un 5% dell'acqua utilizzata per la caldaia e le colle. Inoltre, la quantità di acqua smaltita in fogna è stata considerata pari alla quantità utilizzata per i lavaggi di tronchi e mezzi/macchinari.

7.2.5 Imballaggi per pannelli finiti

Si sono considerati i seguenti pesi e dimensioni per i materiali di imballaggio: la lunghezza e il peso di un travetto in legno siano pari a 1,20 m e 5,8 kg, rispettivamente; il peso di un cartone sia pari a 1,3 kg; il peso di 1 m di reggetta sia 10,95 g; il peso di 1 m di angolare sia pari a 458 g; il peso di una bobina di film estensibile (materiale: LDPE) sia di 2,6 kg.

7.2.6 Emissioni in aria

Per quanto riguarda le emissioni dirette in aria, si sono considerate quelle rilevate ai camini delle cappe sovrastanti le operazioni di spalmatura, in quanto da tutti gli altri camini (con l'esclusione dei camini da cui escono i fumi della caldaia a metano e a legna, per i quali si veda il capoverso seguente) si è considerato, in accordo col GdL, che fuoriesca solamente vapore acqueo. Per calcolare queste emissioni, si è considerato il tempo di lavoro giornaliero delle due spalmatrici (24h/giorno e 16h/giorno rispettivamente), per un numero di giorni all'anno pari a 220 giorni cadauna.

Le sostanze emesse in aria dalla combustione di legna e metano nella caldaia sono state considerate quelle presenti nei rispettivi dataset di Ecoinvent, in quanto essi contengono una lista di sostanze più esaustiva rispetto alle emissioni misurate che sono state fornite dall'impresa coinvolta.

7.2.7 Rifiuti

La quantità di plastica e carta inviata a smaltimento, è stata stimata, in accordo col GdL e con l'azienda coinvolta, pari a un cassonetto a settimana di ciascun materiale, pari a 50 kg di plastica e 20 kg di carta, per 20-25 settimane all'anno.

In accordo col GdL si sono considerati i seguenti trattamenti di fine vita: recupero energetico per le polveri da refilatura dei fogli e per le ceneri della caldaia; discarica per il rifiuto solido da filtraggio derivante dal lavaggio delle spalmatrici. Per quanto riguarda il recupero energetico, come indicato al par. 7.1, si sono esclusi i benefici dell'energia prodotta durante il processo di termovalorizzazione.

7.2.8 Trasporti

Per il trasporto dei tronchi si è considerato che il 75% di essi provenga da pioppeti di proprietà per una distanza media di 100 km, e che il restante 25% provenga dalla Francia per una distanza media di 800 km. In entrambi i casi, si è considerato un mezzo della portata di 30 tonnellate (dati primari). Tali dati sono stati ritenuti rappresentativi dal GdL per l'intera filiera nazionale del pannello in compensato di tutto pioppo.

Per il trasporto del gasolio e delle colle, si sono considerate le distanze pari a 90 km per il gasolio e 220 km per le colle, utilizzando un mezzo di portata 5 tonnellate. Si è ipotizzato, in accordo con il GdL, che anche le cisternette per lo stoccaggio delle colle, della farina di grano e di nocciola e della vernice provengano da una distanza di circa 200 km, con un mezzo di portata 5 tonnellate.

Non essendo disponibili dati primari sulla tipologia di mezzi utilizzati, si è ipotizzato che essi siano tutti Euro 5.

Per i restanti trasporti, si sono calcolate le seguenti distanze medie rappresentative:

- Trasporto di coloranti, vernici, farina di grano, ammonio solfato, acqua ossigenata, stucco: si è considerata una distanza media di 230 km ed un mezzo di portata 5 tonnellate.
- Trasporto di travetti, reggette, cartoni, angolari, film estensibile: si è considerata una distanza media di 110 km, per un mezzo di portata 5 tonnellate.
- Trasporto dei rifiuti (plastica, carta, polveri da refilatura fogli, ceneri da caldaia, rifiuto solido da filtraggio): si è considerata una distanza media di 55 km, per un mezzo di portata 5 tonnellate.

Tabella 6. Dati di input e output relativi alla produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo. Tutti i dati si riferiscono a un insieme di dati primari forniti dall'azienda e di dati provenienti da letteratura.

Flussi/processi in input	Valore	Unità di misura	Dataset di riferimento	Banca dati
Tronchi	1,68E+00	t	<i>Sawlog and veneer log, hardwood, measured as solid wood under bark {SE} hardwood forestry, birch, sustainable forest management Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Colorante colle	2,78E-02	Kg	<i>Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} market for alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Farina di grano	2,25E-02	t	<i>Wheat flour {RoW} market for wheat flour Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Stucco	6,19E-04	t	<i>Stucco {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acqua ossigenata	1,03E-01	kg	<i>Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state {RER} market for hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state Cut-off, U. Il dataset scelto rappresenta la produzione di acqua ossigenata pura (100% di H₂O₂). Poichè da scheda di sicurezza il contenuto di acqua ossigenata nel prodotto è pari al 35%, il valore qui indicato deve essere moltiplicato per 0,35.</i>	Ecoinvent 3.7.1

Ammonio solfato	4,87E-03	t	<i>Ammonium sulfate {RER} market for ammonium sulfate Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Vernice	1,51E-03	t	<i>Carbon black {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Energia elettrica	1,66E+02	kWh	<i>Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Metano	3,58E+01	Sm ³	Caldia a metano (I MJ prodotti sono stati calcolati a partire dal consumo di metano e dal suo PCI): <i>Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW Cut-off, U, MODIFICATO AZZERANDO IL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA</i>	Ecoinvent 3.7.1
Gasolio per muletti	2,20E+00	kg	<i>Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acqua da pozzo	4,29E-02	m ³	-	Ecoinvent 3.7.1
Acqua da rete	2,64E-02	m ³	<i>Tap water {RER} market group for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Legna per caldaia (corceccia)	7,89E-02	t	Caldia a biomassa (I MJ prodotti sono stati calcolati a partire dal consumo di legna e dal suo PCI): <i>Heat, district or industrial, other than natural gas {CH} heat production, hardwood chips from forest, at furnace 5000kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U, MODIFICATO ELIMINANDO L'INPUT DI WOOD CHIPS ED IL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA</i>	Ecoinvent 3.7.1
Colla ureica	5,43E-02	t	<i>Urea formaldehyde resin {RER} market for urea formaldehyde resin Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Colla melaminica	2,39E-02	t	<i>Melamine formaldehyde resin {RER} market for melamine formaldehyde resin Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Cisternette in plastica	6,13E-02	kg	<i>Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Travetti in legno	1,06E+00	m	<i>Joist, engineered wood {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Cartone	3,82E-01	kg	<i>Corrugated board box</i>	Ecoinvent 3.7.1

			{RER} market for corrugated board box Cut-off, U	
Reggetta in plastica (poliestere)	8,37E-02	kg	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, recycled {Europe without Switzerland} market for polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, recycled Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Angolari in cartone	9,73E-02	kg	Corrugated board box {RER} market for corrugated board box Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Film estensibile in LDPE	2,76E-02	kg	Polyethylene, low density, granulate {RER} production Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto tronchi	4,62E+02	tkm	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto di coloranti, vernici, farina di grano, ammonio solfato, acqua ossigenata, stucco	6,81E+00	tkm	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto gasolio	1,98E-01	tkm	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto colle	1,72E+01	tkm	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto cisternette	1,20E-02	tkm	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto di travetti, reggette, cartoni, angolari, film estensibile	6,26E-01	tkm	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Flussi/processi in output	Valore	Unità di misura	Dataset di riferimento	Banca dati
Produzione di pannelli in compensato di solo pioppo	1,00E+00	m ³	-	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a discarica	1,90E-02	kg	Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste	Ecoinvent 3.7.1

			<i>plastic, mixture, sanitary landfill Cut-off, U</i>	
Rifiuti di plastica a riciclo	8,56E-02	kg	<i>Waste polyethylene terephthalate, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene terephthalate, for recycling, sorted Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a recupero energetico	8,35E-02	kg	<i>Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a discarica	8,73E-03	kg	<i>Waste paperboard {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a riciclo	6,08E-02	kg	<i>Waste paper, sorted {Europe without Switzerland} treatment of waste paper, unsorted, sorting Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a recupero energetico	5,72E-03	kg	<i>Waste paperboard {RoW} treatment of, municipal incineration Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti da Polveri da refilatura fogli	2,59E+00	kg	<i>Waste wood, untreated {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acque reflue da lavaggio tronchi e mezzi	3,30E-03	m ³	<i>Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuto solido da filtraggio	2,41E-03	t	<i>Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuto da Ceneri caldaia	1,40E-03	t	<i>Inert waste, for final disposal {CH} treatment of inert waste, inert material landfill Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto dei rifiuti	3,67E-01	tkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Emissioni in aria di VOC	1,13E+00	g	-	-
Emissioni in aria di Metil acrilato	3,89E-02	g	-	-
Emissioni in aria di Acrilato di etile	3,89E-02	g	-	-
Emissioni in aria di N-butil acrilato	3,89E-02	g	-	-
Emissioni in aria di Formaldeide	3,55E-02	g	-	-

7.3 Sviluppo dei datasets

A seguito del presente studio è stato sviluppato il dataset “Pannello in compensato di tutto pioppo, alla produzione”. Esso è di interesse generale per la filiera del legno per i possibili utenti della banca dati ed è basato su dati solidi caratterizzati da una rappresentatività molto buona, sia primari che secondari.

8 Valutazione degli impatti ambientali

Secondo le indicazioni della Norma ISO 14040, la fase di valutazione degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse provocati sistema di prodotto in esame. Tale fase consiste quindi nell'imputare i consumi e le emissioni a specifiche categorie di impatto, riferibili ad effetti ambientali conosciuti, e nel quantificare l'entità del contributo che il processo arreca agli effetti considerati.

La valutazione degli impatti in accordo alla ISO 14040 si articola nelle seguenti fasi obbligatorie:

- Classificazione: assegnazione dei dati raccolti nell'inventario ad una o più categorie d'impatto ambientale selezionate;
- Caratterizzazione: calcolo dei risultati di ogni indicatore di categoria, è determinato il contributo relativo di ogni sostanza emessa o risorsa usata;
- Valutazione vera e propria dell'impatto.

Come fasi opzionali della valutazione degli impatti di ciclo di vita, sono invece indicate dalla ISO 14040 le operazioni di normalizzazione, raggruppamento e ponderazione (pesatura).

Ai fini del presente studio LCA di filiera è stato utilizzato il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0 (Zampori e Pant, 2019) e i risultati delle fasi appena descritte sono riportate nei paragrafi successivi.

8.1 Caratterizzazione

In Tabella 7 sono indicati i risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo, suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase di produzione e trasporto dei tronchi e alla fase di produzione dei pannelli all'interno dello stabilimento produttivo.

Tabella 7. Risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1m³ di pannello in compensato di tutto pioppo: impatto totale, produzione tronchi e produzione pannelli

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Produzione tronchi	Produzione pannelli
Climate change	kg CO2 eq	5,47E+02	6,33E+01	4,84E+02
Ozone depletion	kg CFC11 eq	8,24E-05	1,41E-05	6,83E-05
Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,04E+01	4,80E+00	2,56E+01
Photochemical formation	ozone kg NMVOC eq	1,89E+00	4,27E-01	1,47E+00
Particulate matter	disease inc.	2,71E-05	4,68E-06	2,24E-05
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,98E-06	9,88E-07	5,00E-06
Human toxicity, cancer	CTUh	2,42E-06	4,35E-08	2,38E-06

Acidification	mol H+ eq	2,77E+00	2,82E-01	2,49E+00
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,06E-01	9,05E-03	9,69E-02
Eutrophication, marine	kg N eq	7,44E-01	9,63E-02	6,48E-01
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	8,06E+00	1,01E+00	7,05E+00
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,24E+04	7,51E+02	1,16E+04
Land use	Pt	9,83E+04	9,25E+04	5,79E+03
Water use	m3 depriv.	6,76E+02	5,42E+00	6,71E+02
Resource use, fossils	MJ	9,52E+03	9,40E+02	8,58E+03
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	5,51E-03	1,53E-04	5,35E-03
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	5,42E+02	6,23E+01	4,80E+02
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	3,19E+00	1,28E-01	3,06E+00
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	2,07E+00	7,78E-01	1,29E+00
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,91E-07	2,81E-08	2,63E-07
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	1,43E-06	4,70E-07	9,59E-07
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	4,34E-06	4,92E-07	3,85E-06
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	2,23E-06	2,09E-08	2,20E-06
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	1,95E-07	2,27E-08	1,73E-07
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	2,40E+02	6,66E+01	1,73E+02
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	2,26E+03	1,94E+02	2,06E+03
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	9,89E+03	4,90E+02	9,40E+03

8.2 Normalizzazione

In Tabella 8 sono indicati i risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo, suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase di produzione e trasporto dei tronchi e alla fase di produzione dei pannelli all'interno dello stabilimento produttivo.

Tabella 8. Risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1m³ di pannello in compensato di tutto pioppo: impatto totale, produzione tronchi e produzione pannelli

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Produzione tronchi	Produzione pannello
Climate change	-	6,76E-02	7,81E-03	5,98E-02
Ozone depletion	-	1,54E-03	2,63E-04	1,27E-03
Ionising radiation	-	7,20E-03	1,14E-03	6,06E-03
Photochemical ozone formation	-	4,66E-02	1,05E-02	3,61E-02
Particulate matter	-	4,55E-02	7,86E-03	3,77E-02

Human toxicity, non-cancer	-	2,61E-02	4,30E-03	2,18E-02
Human toxicity, cancer	-	1,43E-01	2,58E-03	1,41E-01
Acidification	-	4,99E-02	5,07E-03	4,48E-02
Eutrophication, freshwater	-	6,60E-02	5,63E-03	6,03E-02
Eutrophication, marine	-	3,81E-02	4,92E-03	3,32E-02
Eutrophication, terrestrial	-	4,56E-02	5,73E-03	3,99E-02
Ecotoxicity, freshwater	-	2,90E-01	1,76E-02	2,73E-01
Land use	-	1,20E-01	1,13E-01	7,06E-03
Water use	-	5,89E-02	4,73E-04	5,85E-02
Resource use, fossils	-	1,46E-01	1,45E-02	1,32E-01
Resource use, minerals and metals	-	8,65E-02	2,41E-03	8,41E-02
Climate change – Fossil	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Climate change – Biogenic	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Climate change - Land use and LU change	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, non-cancer – organics	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, non-cancer – inorganics	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, non-cancer – metals	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer – organics	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer – inorganics	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer – metals	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ecotoxicity, freshwater – organics	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ecotoxicity, freshwater - metals-	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

8.3 Pesatura

In Tabella 9 sono indicati i risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo, suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase di produzione e trasporto dei tronchi e alla fase di produzione dei pannelli all'interno dello stabilimento produttivo.

Tabella 9. Risultati di pesatura relativi alla produzione di 1m³ di pannello in compensato di tutto pioppo: impatto totale, produzione tronchi e produzione pannelli

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Produzione tronchi	Produzione pannelli
Totale	mPt	7,11E+01	1,46E+01	5,65E+01
Climate change	mPt	1,42E+01	1,65E+00	1,26E+01
Ozone depletion	mPt	9,69E-02	1,66E-02	8,03E-02
Ionising radiation	mPt	3,61E-01	5,70E-02	3,04E-01
Photochemical ozone formation	mPt	2,23E+00	5,03E-01	1,73E+00
Particulate matter	mPt	4,08E+00	7,05E-01	3,38E+00
Human toxicity, non-cancer	mPt	4,79E-01	7,91E-02	4,00E-01
Human toxicity, cancer	mPt	3,05E+00	5,49E-02	3,00E+00
Acidification	mPt	3,09E+00	3,14E-01	2,78E+00
Eutrophication, freshwater	mPt	1,85E+00	1,58E-01	1,69E+00
Eutrophication, marine	mPt	1,13E+00	1,46E-01	9,81E-01
Eutrophication, terrestrial	mPt	1,69E+00	2,13E-01	1,48E+00

Ecotoxicity, freshwater	mPt	5,57E+00	3,38E-01	5,24E+00
Land use	mPt	9,52E+00	8,96E+00	5,60E-01
Water use	mPt	5,02E+00	4,02E-02	4,98E+00
Resource use, fossils	mPt	1,22E+01	1,20E+00	1,10E+01
Resource use, minerals and metals	mPt	6,53E+00	1,82E-01	6,35E+00
Climate change - Fossil	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Climate change - Biogenic	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Climate change - Land use and LU change	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, non-cancer - organics	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, non-cancer - inorganics	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, non-cancer - metals	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer - organics	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer - inorganics	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer - metals	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ecotoxicity, freshwater - organics	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ecotoxicity, freshwater - metals	mPt	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

8.4 Analisi di sensitività

Poiché nello studio si è assunto, in mancanza di dati primari, che i mezzi di trasporto utilizzati per i trasporti dei vari materiali fossero tutti Euro 5, si è condotta una analisi di sensitività con l'obiettivo di valutare quanto tale assunzione influenzi i risultati finali. Si sono quindi utilizzati dataset differenti (Euro 3 invece che Euro 5) per la modellazione dei mezzi di trasporto utilizzati nello studio di filiera (trasporto di tronchi, materiali ausiliari, colle, combustibili, imballaggi dei pannelli finiti, rifiuti), adottando in particolare i seguenti dataset:

- *Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro3 {RER} | market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO3 | Cut-off, U*, invece del dataset *Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RER} | market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U*
- *Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro3 {RER} | market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 | Cut-off, U* invece del dataset *Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} | market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 | Cut-off, U*

I risultati della fase di caratterizzazione relativi al confronto tra la produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo utilizzando i mezzi di trasporto Euro 5 (Scenario base A) e i mezzi di trasporto Euro 3 (Scenario alternativo B) sono mostrati in Tabella 10. La tabella mostra inoltre la variazione percentuale tra gli impatti totali dello Scenario base e quelli dello Scenario alternativo. Come si evince dai risultati, nelle categorie di impatto più rilevanti gli impatti totali dello scenario alternativo sono maggiori di una percentuale inferiore all'1% rispetto allo scenario base: in tali categorie di impatto quindi la scelta dei mezzi euro 3 o euro 5 non conduce a variazioni significative.

Variazioni più importanti si registrano nelle categorie di impatto (non rilevanti) Photochemical Ozone formation (+11%), Eutrophication, freshwater e Eutrophication Marine (+10% circa) e Human toxicity, non cancer- organics (+43%).

Tabella 10. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario Alternativo B.

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale studio di filiera (Scenario base-Euro 5) (A)	Impatto totale con trasporti Euro3 (Scenario Alternativo -Euro 3) (B)	Variazione percentuale (B-A/A)
Climate change	kg CO2 eq	5,47E+02	5,48E+02	+ 0,07%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	8,24E-05	8,26E-05	+ 0,25%
Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,04E+01	3,05E+01	+0,19%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,89E+00	2,11E+00	+11,17%
Particulate matter	disease inc.	2,71E-05	2,86E-05	+5,65%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,99E-06	6,12E-06	+2,20%
Human toxicity, cancer	CTUh	2,42E-06	2,43E-06	+0,45%
Acidification	mol H+ eq	2,77E+00	2,92E+00	+5,43%
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,06E-01	1,06E-01	+0,01%
Eutrophication, marine	kg N eq	7,45E-01	8,23E-01	+10,53%
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	8,06E+00	8,92E+00	+10,65%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,24E+04	1,24E+04	+0,06%
Land use	Pt	9,83E+04	9,83E+04	+0,00%
Water use	m3 depriv.	6,76E+02	6,76E+02	+0,00%
Resource use, fossils	MJ	9,52E+03	9,54E+03	+0,14%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	5,51E-03	5,51E-03	+0,00%
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	5,42E+02	5,43E+02	+0,07%
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	3,19E+00	3,19E+00	+0,00%
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	2,11E+00	2,11E+00	+0,00%
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,91E-07	4,18E-07	+43,58%
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	1,43E-06	1,43E-06	+0,26%
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	4,34E-06	4,34E-06	+0,03%
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	2,23E-06	2,24E-06	+0,49%
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	+0,00%
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	1,96E-07	1,96E-07	+0,02%
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	2,40E+02	2,42E+02	+0,52%
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	2,26E+03	2,26E+03	+0,09%
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	9,90E+03	9,90E+03	+0,04%

9 Interpretazione dei risultati

L'interpretazione di uno studio di ciclo di vita, svolta sulla base di una analisi critica dei risultati delle fasi precedenti, è finalizzata a comprendere la ragionevolezza del risultato finale di tutto l'impatto ambientale, trarre le conclusioni, spiegare le limitazioni dei risultati ottenuti, nonché fornire delle raccomandazioni sulla base degli stessi risultati.

Le evidenze dell'interpretazione dei risultati del presente studio LCA di filiera, svolta in accordo alle indicazioni della ISO 14040, sono riportate nei paragrafi successivi.

9.1 Categorie di impatto rilevanti

L'analisi dei risultati derivanti dalla pesatura (Tabella 9) mostra come le categorie di impatto più rilevanti per la produzione del pannello in compensato di tutto pioppo siano Climate Change (20% sul totale dei risultati di pesatura), Resource Use, fossils (17%), Land Use (13%), Resource Use, minerals and metals (9%), Ecotoxicity Freshwater (8%) e Water Use (7%). La rilevanza preponderante di tali categorie di impatto è dovuta ai consumi di energia (elettricità, metano, gasolio) sia impiegati direttamente nel processo di produzione del pannello che utilizzati per la produzione delle colle, ai materiali e alle risorse utilizzati per la produzione delle colle, alla gestione del pioppeto ed al trasporto dei tronchi (consumo di gasolio e relative emissioni).

9.2 Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti

A livello di fasi del ciclo di vita, si può notare (Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9) come la fase di produzione del pannello sia preponderante per le categorie Climate Change (88%), Ecotoxicity Freshwater (94%), Water Use (99%), Resource Use, fossils (90%) e Resource use, minerals and metals (97%). Nella categoria Land use invece la fase più rilevante nel ciclo di vita del pannello è la produzione dei tronchi (94%), a causa dell'occupazione del suolo in cui si colloca il pioppeto.

Analizzando le categorie di impatto più significative e i processi principali che costituiscono il ciclo di vita della produzione del pannello (Tabella 11 e Figura 5), si evidenzia come la produzione delle colle mostri il contributo più rilevante nelle categorie Climate Change, Ecotoxicity Freshwater, Water Use, Resource Use, fossils e Resource use, minerals and metals (43-82%). Nella categoria Land use invece, la produzione dei tronchi costituisce il processo più significativo (93%). Gli additivi per le colle e i materiali di finitura (vernici e coloranti) forniscono un contributo significativo nelle categorie Water Use (30%), Ecotoxicity freshwater (21%), e Resource use, minerals and metals (10%). Il contributo della caldaia combinata ammonta al 21% in Ecotoxicity Freshwater, al 16% in Climate Change e al 15% in Resource use, fossils. Il consumo di energia elettrica contribuisce per il 14% alla categoria Climate Change, per il 12% a Resource use, fossils e per il 6% alle categorie Water Use e Ecotoxicity freshwater. Il trasporto dei tronchi fornisce un modesto contributo alla categoria Climate Change (8%) e alla categoria Resource use, fossils (7%). Gli altri processi forniscono un contributo nullo o non significativo.

Analizzando i risultati di Tabella 11, si può notare come il contributo delle emissioni in aria dalle cappe delle spalmatrici sia minore dell'1% in tutte le categorie più rilevanti, compresa la categoria Ecotoxicity Freshwater in cui è presente un doppio conteggio tra i VOC e gli acrilati (si veda Tabella 4 per i fattori di caratterizzazione per queste sostanze). In tale categoria, inoltre, il contributo dei VOC (si veda Tabella 4) risulta di 1-2 ordini di grandezza inferiore al contributo degli acrilati ed è perciò non significativo: si può quindi affermare che, sebbene esista un doppio conteggio per gli impatti dovuti a tali sostanze, il loro contributo non incide sui risultati di impatto finali. Situazione analoga si evidenzia in Human Toxicity non cancer (Tabella 4): il contributo totale delle emissioni in aria dalle cappe delle spalmatrici è inferiore all'1%. Anche in questo caso quindi, il doppio conteggio tra VOC e acrilati non influisce in modo significativo sui risultati finali.

Infine, per quanto riguarda il contributo della vernice e dei coloranti per le colle, i risultati di pesatura (Tabella 12) mostrano come il loro contributo percentuale sia inferiore allo 0,55% sul

totale degli impatti pesati. Si può quindi affermare che, nonostante l'approccio conservativo adottato (la quantità utilizzata di questi prodotti è stata assunta essere pari al 100% del principio attivo in essi contenuto), il contributo di questi prodotti al ciclo di vita della produzione del pannello non sia per nulla significativo.

Tabella 11. Contributi percentuali dei processi che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 m³ di pannello in compensato di tutto pioppo

Categoria d'impatto	Total e	Emissioni dirette dalle cappe delle spalmatrici	Colle	Cister nette	Acqua di rete	Tronchi	Additivi colle + materiali finitura	Imballaggi pannelli finiti	Energia elettrica	Caldaia e relative emissioni in aria	Gasolio	Trasporto tronchi	Altri trasporti	Trattamento rifiuti
Climate change	100	0,0	48,1	0,0	0,0	3,9	5,4	0,7	13,7	16,3	1,6	7,6	2,3	0,4
Ecotoxicity, freshwater	100	0,0	43,3	0,0	0,0	2,0	20,9	1,0	5,6	21,1	0,5	4,0	1,3	0,1
Land use	100	0,0	0,8	0,0	0,0	93,4	3,8	0,9	0,2	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0
Water use	100	0,3	62,3	0,0	0,2	0,5	30,3	0,4	5,6	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0
Resource use, fossils	100	0,0	55,9	0,0	0,0	3,0	3,9	0,6	11,6	14,8	1,2	6,8	2,0	0,0
Resource use, minerals and metals	100	0,0	81,9	0,0	0,0	1,0	10,3	0,4	2,8	0,3	0,1	1,8	1,5	0,0

Tabella 12. Contributi percentuali di vernice e coloranti per le colle sul totale dei risultati della fase di pesatura.

	Unità	Totale	Vernice	Coloranti per le colle
Risultati totali di pesatura	mPt	7,11E+01	0,55%	0,01%

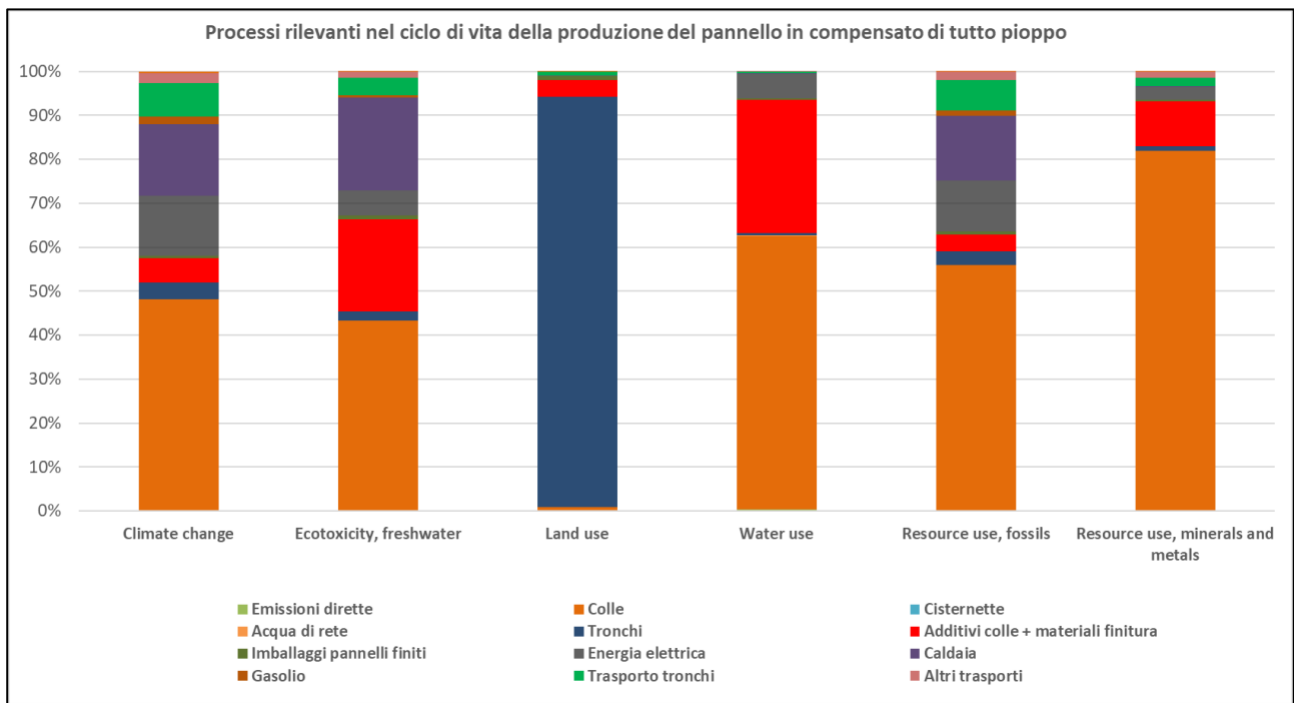


Figura 5. Processi rilevanti nel ciclo di vita della produzione del pannello in compensato di tutto pioppo, relativamente alle categorie di impatto più significative.

9.3 Flussi elementari rilevanti

Nella categoria Climate Change, il flusso elementare più rilevante nel ciclo di vita del pannello è la CO₂ fossile, che contribuisce per l'87% al totale degli impatti in tale categoria. Essa è emessa durante la produzione di energia elettrica e calore (caldaia combinata) per il funzionamento del processo produttivo e per la produzione delle colle. Nella categoria Ecotoxicity freshwater le emissioni di alluminio nel terreno e in aria (35% e 29% rispettivamente, rispetto al totale di questa categoria) risultano i flussi elementari più significativi. Essi sono correlati alla produzione delle colle e alla produzione di energia elettrica e di calore. L'occupazione del suolo forestale per la gestione del pioppeto contribuisce per il 99% alla categoria Land Use; il consumo di acqua per la produzione di energia elettrica contribuisce per il 99% alla categoria Water Use; il consumo di gas naturale, di petrolio e di carbone per la produzione delle colle, dell'energia elettrica e del calore contribuiscono per il 64%, 19% e 12% rispettivamente, al totale della categoria Resource Use, fossils; il consumo di alcuni metalli e minerali (es. tellurio e oro, relativi alla produzione delle colle) contribuiscono per il 64% e per il 16% al totale della categoria Resource use, minerals and metals. Per quanto riguarda le emissioni dirette derivanti dalle operazioni di spalmatura e pressatura, esse forniscono un contributo minore dell'1% in tutte le categorie di impatto.

10 Conclusioni

Nel presente report, a seguito di una descrizione della filiera del pannello in compensato di pioppo, delle sue caratteristiche peculiari, dei prodotti rappresentativi e delle principali tipologie di impatto (sia ambientale che socio-economico) che la contraddistinguono, sono presentati i risultati di uno specifico studio LCA applicato alla filiera stessa. Lo studio è stato svolto sulla base di dati relativi alla filiera italiana del pannello in compensato di pioppo, ricorrendo sia a dati primari disponibili a livello di filiera, raccolti presso l'impresa coinvolta nel GdL, che a dati di letteratura

e/o di settore rappresentativi della filiera italiana del pannello in compensato di tutto pioppo e delle tecnologie (tipologie di macchinari, attrezzature, ...) in essa impiegate. All'interno del GdL si sono selezionate aziende il cui processo produttivo e le cui tecnologie sono state considerate rappresentative di una situazione media italiana relativa alla produzione del pannello in compensato di pioppo. All'interno della filiera, in particolare, è stato preso in considerazione il pannello in compensato di tutto pioppo, costituito da lastre di solo pioppo, senza l'utilizzo di lastre di altre tipologie di legname (es. teak, oukume, ecc.), in quanto tale prodotto è stato ritenuto il più rappresentativo dal GdL sia in termini di produzione italiana che di mercato (ovvero, essa rappresenta la tipologia di pannello di pioppo più venduta ed utilizzata). Il pannello oggetto dello studio soddisfa le norme di tipo meccanico-prestazionale così come indicato nella norma EN 312 e risulta conforme alle norme EN 12460-3 e ASTM E1333 ed è pertanto idoneo all'utilizzo negli Stati Uniti e alla Marcatura CE per quanto riguarda il parametro di emissione di formaldeide. Esso è destinato all'utilizzo negli arredi sia domestici che scolastici (es. ripiani ad ante di mobili oppure per scrivanie e banchi scolastici) e per veicoli ricreazionali (camper, caravan).

Lo studio LCA di filiera è stato svolto adottando un approccio "cradle-to-gate", ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al "cancello aziendale", escludendo la distribuzione del prodotto al cliente finale, e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. eventuali ulteriori lavorazioni/trattamenti eseguiti presso il cliente finale e il processo di riuso/riciclo/smaltimento del pannello). Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase "in bosco" fino alla fase di imballaggio del pannello finito pronto per essere distribuito al cliente finale, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di produzione del pannello di compensato di tutto pioppo.

Non vi sono segnalare importanti carenze di dati in quanto è stata effettuata una dettagliata raccolta dati presso l'azienda coinvolta nello studio di filiera. In ogni caso, laddove dati misurati non fossero disponibili presso l'azienda, si è proceduto, in collaborazione con il GdL e l'azienda stessa, a stimare i quantitativi mancanti.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0, che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale e consente di ottenere un profilo di impatto completo a livello prodotto, indicano che:

- Le categorie di impatto più rilevanti per la produzione del pannello in compensato di tutto pioppo sono Climate Change, Resource Use, fossils, Land Use, Resource Use, minerals and metals, Ecotoxicity Freshwater e Water Use.
- La rilevanza preponderante di tali categorie di impatto è dovuta ai consumi di energia (elettricità, metano, gasolio) sia impiegati direttamente nel processo di produzione del pannello che utilizzati per la produzione delle colle, ai materiali e alle risorse utilizzati per la produzione delle colle, alla gestione del pioppeto ed al trasporto dei tronchi (consumo di gasolio e relative emissioni).
- La fase di produzione del pannello è preponderante per tutte le categorie di impatto più significative, con l'eccezione di Land use, in cui invece la fase più rilevante nel ciclo di vita del pannello è la produzione dei tronchi, a causa dell'occupazione del suolo in cui si colloca il pioppeto.
- La produzione delle colle è il processo più rilevante nelle categorie Climate Change, Ecotoxicity Freshwater, Water Use, Resource Use, fossils e Resource use, minerals and

metals. Nella categoria Land use invece, la produzione dei tronchi costituisce il processo più significativo. Gli additivi per le colle e i materiali di finitura (vernici e coloranti), la produzione di calore per mezzo della caldaia combinata, il consumo di energia elettrica ed il trasporto dei tronchi forniscono un contributo significativo nella maggior parte delle categorie di impatto più rilevanti.

- Nel ciclo di vita del pannello i flussi elementari più rilevanti sono costituiti dalle emissioni di:

CO₂ fossile, derivanti dalla produzione di energia elettrica e calore (caldaia combinata) per il funzionamento del processo produttivo e per la produzione delle colle; alluminio nel terreno e in aria correlati alla produzione delle colle e alla produzione di energia elettrica e di calore. Inoltre, ulteriori flussi elementari rilevanti sono l'occupazione del suolo forestale per la gestione del pioppeto il consumo di acqua per la produzione di energia elettrica, il consumo di gas naturale, di petrolio e di carbone per la produzione delle colle, dell'energia elettrica e del calore, il consumo di alcuni metalli e minerali relativi alla produzione delle colle.

Facendo riferimento alla categoria di impatto "Climate Change", che rappresenta una delle più rilevanti, i risultati hanno evidenziato un impatto complessivo pari a 547 kg CO₂ eq./m³ di pannello, di cui 63 kg CO₂ eq./m³ associati alla produzione e al trasporto dei tronchi e 484 kg CO₂ eq./m³ associati alla produzione del pannello.

Nonostante il confronto con la letteratura esistente sia complicato a causa delle differenze metodologiche che possono esserci tra studi LCA di prodotti analoghi, tali risultati possono essere considerati dello stesso ordine di grandezza di quelli presenti in letteratura: ad es. impatto variabile da 359 a 382 kg CO₂ eq./m³ indicato da Deidda, 2018; impatto variabile da 311 a 913 kg CO₂ eq./m³ indicato dall'EPD di Panguaneta (Panguaneta, 2019). Nel caso di Panguaneta, la forte variabilità del valore del Climate Change dipende dalle diverse tipologie di pannello studiato, in quanto tale EPD considera pannelli di diverse classi di incollaggio e di diverso spessore.

I risultati sull'analisi di sensitività condotta sui trasporti (utilizzo di dataset relativi a mezzi Euro 3 invece che mezzi Euro 5) hanno evidenziato come la scelta del dataset per rappresentare il trasporto dei tronchi, materiali e rifiuti inclusi nel ciclo di vita della produzione del pannello abbia una incidenza non significativa sui risultati di impatto totali. In modo analogo, sebbene non sia stato possibile modellare in modo completamente esaustivo la composizione di vernice e dei coloranti per le colle, e i dataset utilizzati non siano del tutto rappresentativi, il contributo di questi due prodotti all'impatto totale della produzione del pannello in compensato di tutto pioppo non risulta rilevante.

11 Bibliografia

Assopannelli/FederlegnoArredo, 2012. La Pioppicoltura in Italia. Report Federlegno/Assopannelli, 2012.

Assopannelli/FederlegnoArredo, 2018. Pioppo: Il valore di una filiera sostenibile. Report Federlegno/Assopannelli 3 dicembre 2018; Disponibile su: [https://www.federlegnoarredo.it/ContentsFiles/Assopannelli libro 2018 dicembre.pdf](https://www.federlegnoarredo.it/ContentsFiles/Assopannelli_libro_2018_dicembre.pdf)

BASF, 2018. New opportunities with colors. Dispers pigment preparations for wood composites. Disponibile su: https://www.btc-europe.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Pdf_s/Industries/Dispers_pigment_preparations_for_wood_composites_2018-09-24.pdf

Castro G., Fragnelli. G., Zanuttini R., 2014. La pioppicoltura e il compensato di Pioppo dell'industria italiana.

Commissione Europea, 2011. Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio Testo rilevante ai fini del SEE

Corona P., Bergante S., Castro G., Chiarabaglio P.M., Coaloa D., Facciotto G., Gennaro M., Giorcelli A., Rosso L., Vietto L., Nervo G., 2018. Linee di indirizzo per una pioppicoltura sostenibile. Rete Rurale Nazionale, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Roma, ISBN: 978-88-99595-96-8.

Deidda A., 2018. 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. Tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, Politecnico di Torino, Dipartimento di Architettura e Design.

EPD INTERNATIONAL AB, 2021. General Programme Instructions for the International EPD® System, Version 4.0. 2021-03-29. Disponibile su: <https://epdweb3.azurewebsites.net/resources/documentation#generalprogrammeinstructions>.

Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA), 2020a. Italian Greenhouse gas inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020. Rapporti 318/2020. ISBN 978-88-448-0993-5.

Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA), 2020b. Rapporto Rifiuti Urbani edizione 2020. Rapporti 331/2020. ISBN 978-88-448-1030-6.

Missaglia-e-associati, Mea-MetaRicerche e Fondazione MEDES, 2019. Analisi della pioppicoltura italiana: proposte per una strategia di espansione e valorizzazione ecosostenibile della coltura.

Panguaneta, 2019. Environmental Product Declaration of multilayer panels of poplar plywood. S-P-01710. 24.09.2019.

PEFC ITALIA, 2021. Report PEFC Italia 2021- Ventì anni di attività 2001-2021. Disponibile su: <https://cdn.pefc.org/pefc.it/media/2021-07/5aca8bc2-677c-46da-872e-0cc0513906c2/c65e5a61-9373-5d7b-95db-9ff2fae8ffc2.pdf>

Regione Lombardia, Regione Veneto, Regione Friuli Venezia Giulia, Regione Emilia-Romagna, Regione Piemonte, Coldiretti, Confederazione Italiana Agricoltori, Confagricoltura, Assocara, Associazione Pioppicoltori Italiani, FederlegnoArredo, Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta (CRA-PLF), 2014. Intesa per lo sviluppo della filiera del pioppo. Venezia, 29 gennaio 2014.

Saulino L., Saracino A., 2020. Analisi del ciclo di vita di manufatti in legno di pioppo. In: Missaglia

M., Maggio A., Mariano A., Saulino L., Carzaniga A., Cervelli E., Pindozi S., Quaranta G., 2020, Il Green New Deal e il Rilancio della Pioppicoltura Italiana. Studio commissionato da Assopannelli - Federlegnoarredo realizzato da missagliaEassociati-Mea meta research e Fondazione Medes.

UNI EN ISO, 2021. UNI EN ISO 12460-3. Pannelli a base di legno - Determinazione del rilascio di formaldeide - Parte 3: Metodo di analisi del gas.

UNI EN, 2019. UNI EN 13501-1. Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco.

UNI EN ISO, 2017. UNI EN ISO 636. Materiali d'apporto per saldatura - Bacchette, fili e depositi per saldatura TIG di acciai non legati e a grano fine – Classificazione.

UNI EN, 2015a. UNI EN 13986. Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura.

UNI EN, 2015b. UNI EN 636. Pannelli di legno compensato – Specifiche.

UNI EN, 2000. UNI EN 313-2. Pannelli di legno compensato – Classificazione e terminologia – Terminologia.

Wernet B., Bauer G., Steubing C., Reinhard B., Moreno-Ruiz J., and Weidema E., 2016. “The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology,” *Int. J. Life Cycle Assess.* <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

Zampori, L., Pant, R., Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method, EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-00654-1, doi:10.2760/424613, JRC115959.

AGROALIMENTARE

EDILIZIA COSTRUZIONI

ENERGIA

LEGNO ARREDO

ISBN 978-88-8286-521-4



enea.it