

LEGNO ARREDO

Studio LCA della filiera dei pavimenti in
legno





LEGNO ARREDO

Studio LCA della filiera dei pavimenti in
legno

Autori:

Flavio Scrucca, Flavia Frisone, Caterina Rinaldi

Revisione critica:

Valentina Fantin

ENEA - Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali

Data di redazione: Settembre 2023

Data di pubblicazione: Maggio 2025

Sommario

1	Sintesi.....	7
2	Scopo del documento	8
3	Descrizione della filiera.....	8
3.1	Prodotti rappresentativi della filiera nazionale	13
3.2	Impatto socio-economico della filiera	19
3.3	Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità	22
3.3.1	Norme tecniche	22
3.3.2	Dati ambientali della filiera/settore a livello macro.....	24
3.4	Certificazioni ambientali legate alla filiera.....	28
3.5	Il Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione (PAN GPP).....	30
3.6	Etichette e certificazioni ambientali di prodotto	32
3.6.1	L'Ecolabel europeo	33
3.6.2	Environmental Product Declaration (EPD)	39
4	Gruppo di lavoro	42
5	Ambito di applicazione dello studio	44
5.1	Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento	44
5.2	Confini del sistema	45
5.3	Assunzioni e giudizi di valore	47
5.4	Gestione della multifunzionalità.....	48
5.5	Revisione critica	48
5.6	Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti	48
5.7	Informazioni ambientali aggiuntive	49
6	Modellazione dei dataset della filiera	50
7	Analisi di inventario	50
7.1	Assunzioni utilizzate nello studio	50
7.2	Descrizione e documentazione processi unitari	52
7.3	Sviluppo dei datasets	53
8	Valutazione degli impatti ambientali.....	54
8.1	Caratterizzazione	55
8.2	Normalizzazione.....	57

8.3	Pesatura	58
8.4	Analisi di sensitività.....	59
9	Interpretazione dei risultati.....	62
9.1	Categorie di impatto rilevanti.....	62
9.2	Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti	63
9.3	Flussi elementari rilevanti.....	64
9.4	Risultati dell'analisi di sensitività	65
10	Conclusioni.....	66
	BIBLIOGRAFIA	69
	ALLEGATO	72

Lista delle Figure

Figura 1 - Schema della filiera del parquet	10
Figura 2 - Caratteristiche geometriche del parquet divise per tipologia funzionale alle dimensioni nominali e scostamenti limiti degli elementi [8].....	16
Figura 3 - Iter di certificazione per marchio Ecolabel [35]	35
Figura 4 – Diagramma di flusso studio LCA pavimento in legno.....	46
Figura 5 – Pavimento in legno - Caratterizzazione: contributi all’impatto totale (UF: 1 m ²)	56
Figura 6 – Pavimento in legno - normalizzazione: contributi all’impatto totale (UF: 1 m ²)	57
Figura 7 – Pavimento in legno - Pesatura: contributi all’impatto totale (UF: 1 m ²).....	58
Figura 8 –Contributi dei flussi elementari all’impatto totale (UF: 1 m ²).....	64

Lista delle Tabelle

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche del legno in funzione della specie legnosa [12]	17
Tabella 2-Utilizzo specie legnose in % per realizzazione di parquet in Europa 2019 [13]	18
Tabella 3 - Indicatori economici del sistema pavimenti in legno in Italia 2018/2019 [14]	20
Tabella 4 - Market Map: Consumi in Italia di parquet (migliaia m ²) suddivisi per macro-area [16]...21	21
Tabella 5 - Market Map: TOP 10 regioni italiane per consumi parquet (migliaia m ²) [16].....	21
Tabella 6 - Import/export Parquet in Italia in migliaia di m ² (2017/2018) [13]	22
Tabella 7 - Caratteristiche essenziali per pavimentazione ad uso interno e parquet [18]	24
Tabella 8 - Limite di emissione per pavimentazione in legno secondo CAM [29]	31
Tabella 9 – Limiti da rispettare per il materiale riciclato per pavimenti in legno [39].....	36
Tabella 10 - EPD per rivestimenti in legno Parquet	40
Tabella 11 - Gruppo di Lavoro dello studio di filiera	42
Tabella 12 - Definizione unità funzionale.....	45
Tabella 13 – Moduli inclusi nello studio in relazione alle fasi del ciclo di vita dell’edificio	46
Tabella 14 – Dati di inventario utilizzati per lo studio del pavimento in legno (UF: 1 m ²)	52
Tabella 15 – Pavimento in legno - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²)	55
Tabella 16 – Pavimento in legno - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²).....	57
Tabella 17 – Pavimento in legno - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²)	58
Tabella 18 – Analisi di sensitività sui trasporti - Scenario 1 (UF: 1 m ²)	60
Tabella 19 – Analisi di sensitività sui trasporti - Scenario 2 (UF: 1 m ²)	60
Tabella 20 – Analisi di sensitività sulla posa in opera (UF: 1 m ²)	61

Lista degli Acronimi

CAM	Criteri Ambientali Minimi
CEAP	Circular Economy Action Plan
CEE	Comunità Economica Europea
CPR	Construction Product Regulation
CoC	Chain of Custody
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EPD	Environmental Product Declarations
FEP	European Federation of the Parquet industry
FLA	FederlegnoArredo
FSC	Forest Stewardship Council
GPP	Green Public Procurement
IPO	Input Process Output
ISPRA	Istituto Superiore di ricerca Protezione e la Ricerca Ambientale
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
OGM	Organismo Geneticamente Modificato
PAN	Piano Nazionale Ambientale
PEFC	Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes
SPI	Sustainable Product Initiative
VOC	Composti organici volati

1 Sintesi

Nel seguente report viene affrontato lo studio della filiera del parquet descrivendone il processo di lavorazione, i prodotti rappresentativi e le destinazioni d'uso. Partendo dalla filiera del legno arredo a livello macro si è individuata al suo interno la linea di produzione del parquet e si è percorso l'intero flusso di trasformazione da monte a valle della filiera: dall'approvvigionamento della materia prima fino a giungere al mercato della distribuzione del prodotto finito e alla messa in opera, attraverso tutte le fasi di lavorazione che permettono di trasformare il tronco d'albero in listello per parquet. Lo studio approfondisce inoltre l'aspetto socio-economico in cui si inserisce la filiera e fornisce dati relativi al mercato del parquet a livello nazionale e regionale. All'interno del report vengono analizzati e valutati i principali impatti ambientali della filiera anche attraverso un confronto con altre tipologie di rivestimenti per pavimenti. Lo studio procede con la descrizione delle strategie ambientali adottate per migliorarne la sostenibilità ambientale.

Lo studio di filiera è completato con i risultati di uno specifico studio LCA, svolto sulla base dei dati (principalmente primari e opportunamente integrati con dati secondari) forniti da una azienda rilevante e rappresentativa del tessuto produttivo nazionale, ovvero Parchettificio Garbelotto S.r.l.

I dati raccolti sono relativi ad una linea di pavimentazioni in parquet standard, che utilizza il sistema convenzionale con colla per il fissaggio al massello durante la posa in opera e le specie legnose prese come riferimento per le valutazioni sono il rovere (che costituisce la gran parte dei prodotti venduti a livello aziendale, ma anche la specie più rilevante a livello nazionale per questa tipologia di pavimentazioni) e legni di latifoglie. Oggetto dello studio è pertanto un pavimento in legno, con finitura in legno nobile non specificato e costituita per l'85% da legno di rovere e per il 15% da legno di latifoglie, di spessore medio rappresentativo per tale tipologia di prodotto.

Lo studio LCA è stato svolto con un approccio cosiddetto "dalla culla al cancello + opzioni" e riguarda in particolare la fase di produzione del pavimento in legno e la successiva fase di installazione del medesimo, con esclusione delle operazioni di trasporto per quest'ultima.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite metodo valutazione degli impatti il metodo 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 fasi UPSTREAM e DOWNSTREAM risultano essere le più rilevanti in termini di impatto di ciclo di vita praticamente per tutte le categorie considerate.

All'interno delle fasi del ciclo di vita, il processo più significativo in termini di impatto è rappresentato dalla produzione delle materie prime legnose e degli altri materiali utilizzati, con la produzione del supporto in multistrato di betulla che costituisce il flusso elementare in assoluto più rilevante, seguito dalla produzione della colla epossidica utilizzata per l'installazione del pavimento in legno.

Gli indicatori di impatto che possono essere identificati come più rilevanti per il pavimento in legno sono costituiti dalle categorie "Water use", "Ecotoxicity, freshwater", "Resource use, fossils" e "Climate change". Con riferimento a quest'ultima categoria, in particolare, è stato calcolato un impatto complessivo pari a 21,99 kgCO₂eq/m², 12,33 kgCO₂eq/m² dei quali associati alla fase UPSTREAM e 6,78 kgCO₂eq/m² alla fase DOWNSTREAM.

Nell'ambito dello studio LCA è stata svolta anche una analisi di sensitività focalizzata sulle operazioni di trasporto verso la destinazione finale di uso del pavimento in legno e sulla scelta della colla utilizzata per la posa in opera. I risultati hanno ovviamente evidenziato come l'effetto in termini di impatto sia strettamente legato al variare della distanza e, inoltre, come la scelta del prodotto per l'incollaggio sia in grado di generare variazioni apprezzabili dell'impatto associato alle diverse categorie.

2 Scopo del documento

Il seguente rapporto tecnico descrive lo studio LCA della filiera dei pavimenti in legno ed 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 (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".

3 Descrizione della filiera

L'approccio alla "gestione sostenibile" nella pianificazione delle risorse e nella valutazione della produzione industriale ha consentito al legno di assumere una posizione di tutto rispetto nei

confronti di altri materiali da costruzione. Le pavimentazioni in parquet sono largamente diffuse sul mercato, anche perché nel corso degli anni si sono rese disponibili soluzioni sempre più a ridotto impatto ambientale che si realizzano prelevando legname da foreste gestite in modo sostenibile [1]. La norma UNI 13756:2018 [2] fa rientrare il parquet nella categoria di pavimentazione in legno. Nella classificazione della nomenclatura combinata di cui all'allegato I al Regolamento (CEE) n. 2658/87 del Consiglio ai quali si applica il Regolamento 995/2010 [3] al codice 4409, è incluso nella definizione di legno e suoi derivati: "Legno (comprese le liste e le tavolette per pavimenti, non riunite) profilato (con incastri semplici, scanalato, sagomato a forma di battente, con limbelli, smussato, con incastri a V, con modanature, arrotondamenti o simili) lungo uno o più bordi o superfici, anche piallato, levigato o incollato con giunture di testa".

Alla luce di queste definizioni la filiera del parquet rientra nella filiera del legno per l'edilizia e si può sintetizzare in tre macro-fasi [4]:

La **prima macro-fase** della filiera è composta dalla gestione forestale, che consente di rifornire di materia prima gli impianti di prima trasformazione. In tale fase sono coinvolte le imprese boschive con le relative figure specifiche di riferimento, ovvero i Dottori Agronomi e Forestali, e le operazioni rilevanti riguardano l'identificazione delle utilizzazioni, il taglio/abbattimento, esbosco/allestimento e trasporto verso gli impianti. Gli output di questa fase sono tondame e cippato.

La **seconda macro-fase** è composta dalle aziende di prima/seconda/terza trasformazione del legno. Rientrano in questa macro-fase le segherie aventi lo scopo di approvvigionarsi di tondame e di produrre i segati per le fasi successive. Il principale output del terzo anello della filiera è rappresentato dal tavolame grezzo ed eventualmente cippato. Successivamente si avranno le seconde e terze lavorazioni, effettuate da carpenterie, falegnamerie, mobilifici, ecc. Nel caso specifico della lavorazione del parquet, in questa macro-fase rientrano le lavorazioni del taglio ed essiccazione del legno. I semilavorati vengono tagliati perpendicolarmente per mantenere la stessa resistenza meccanica e contemporaneamente uniformati per lunghezza, larghezza e spessore. Le lamelle ottenute vengono poi stagionate, così da eliminare l'acqua contenuta nel legno appena tagliato. Si può procedere ad una stagionatura naturale oppure alla stagionatura in essiccatori, ambienti in cui la circolazione dell'aria e l'umidità sono tenute costantemente sotto controllo. Il ciclo di essiccazione si può considerare terminato quando il legno avrà un'umidità che rientra tra 7% e 11%. Passato il periodo di essiccazione il legno viene messo in fase di stabilizzazione, ovvero a

riposare in un ambiente areato e riparato per circa quindici giorni. Successivamente si passa alla lavorazione delle lamelle che consiste in una serie di processi (levigatura, piallatura, sabbiatura, segatura, spazzolatura) su linee di taglio automatizzate per ottenere il formato desiderato. Altre lavorazioni come oliatura, sbiancatura, colorazione e verniciatura che proteggono il legno dalle sollecitazioni meccaniche, per le quali si fa ricorso a sostanze chimiche, vengono comunque realizzate utilizzando prodotti a basso contenuto di formaldeide.

La **terza macro-fase** riguarda la distribuzione dei prodotti finiti nel mercato. Per il parquet questa fase si conclude con la **posa e finitura** che gioca un ruolo fondamentale per garantire la durabilità nel tempo, facendo distinguere il parquet da altri sistemi di pavimentazione in quanto realizzato con materiale rinnovabile e riutilizzabile. Carteggiare il parquet e ridare nuovamente la finitura consente infatti di ripristinare lo stato del legno, riportandolo al suo aspetto funzionale iniziale, con una conseguente estensione del suo ciclo di vita.

Figura 1 - Schema della filiera del parquet



Secondo le stime riportate nel terzo inventario forestale nazionale [4], la superficie forestale complessiva in Italia è pari a 10.982.013 h., che rispetto alle stime prodotte dai tre inventari forestali nazionali realizzati in Italia del 1985, 2005 e 2015, fanno emergere una sensibile crescita in tutte le regioni Italiane, seppur con intensità differente. L'aumento della copertura forestale è avvenuto prevalentemente per la crescita spontanea di boschi in terreni agricoli che non sono stati più coltivati e in zone montane e interne del Paese che, in questi decenni, hanno subito un progressivo spopolamento; al contempo si assiste ad una diminuzione di copertura forestale nelle coste, nel fondovalle e nelle pianure, per far posto a infrastrutture o, al massimo, a nuovi impianti agricoli. La

proprietà boschiva, in Italia è rappresentata sia da organi pubblici (per il 66%) che da imprese private spesso di piccole dimensioni o a conduzione familiare (per il 34%) [4]. Inoltre, secondo gli studi condotti da FederlegnoArredo nel 2014 [5] l'Italia risulta il Paese dell'UE con il più basso grado di autosufficienza nell'approvvigionamento di materia prima legno (<1/3 dei fabbisogni), infatti il livello di prelievo delle foreste italiane risulta uno dei più bassi dell'UE con una quota annua inferiore al 25% rispetto al 65% della media europea. Il rapporto "Strategia Forestale Italiana 2020" [6] conferma il trend del 2014, infatti il livello di prelievo delle foreste italiane risulta uno dei più bassi dell'UE, con un ammontare dei prelievi annui pari alla metà di quello di Francia, Spagna e Portogallo (4 m³/ettaro/anno) e notevolmente inferiore rispetto a Germania e Gran Bretagna (5,6 e 5,4 m³/ettaro/annui). Le cause di questa inefficienza vanno attribuite al fatto che la maggior parte delle aziende boschive sono scarsamente specializzate e organizzate, in quanto per realizzare le operazioni di esbosco si affidano spesso all'utilizzo di motoseghe e trattori, sebbene non manchino sul territorio nazionale esempi di imprese ben strutturate che si affidano a valide innovazioni tecnologiche più sostenibili ed efficienti. Nonostante ciò, la filiera produttiva italiana legata alla risorsa legno (connessa sia con le foreste di origine naturale che con le produzioni legnose fuori foresta) rappresenta un'importante realtà produttiva e occupazionale per il Paese con ampie possibilità di crescita e sviluppo. Attualmente nello stesso rapporto [5] si stima che nelle attività connesse alla filiera del legno (dalla produzione, alla trasformazione industriale in prodotti semilavorati e finiti, fino alla commercializzazione) siano coinvolte circa 80.000 imprese, per oltre 350.000 unità lavorative. Da recenti studi sul settore legno-edilizia nel Nordest del Paese [7] si riscontra infatti una forte crescita del settore, avvenuta nel 2017, quando l'Italia risultava il quarto paese europeo per la produzione di edifici prefabbricati in legno dopo Germania, Regno Unito e Svezia e ha visto crescere la quota delle case realizzate in legno fino al 7%, anche se rimangono alcuni dubbi riguardanti la certezza sulla provenienza certificata delle materie prime e le competenze necessarie per lavorarle. Nell'ultimo ventennio la produzione di materie prime legnose ha rappresentato mediamente poco più del 1% della produzione totale del settore primario e l'1,5% del valore aggiunto [7].

Purtroppo, il settore delle prime lavorazioni è per lo più carente di dati sulle realtà operative, soprattutto per quanto attiene il comparto delle segherie/carpenterie attive sul territorio nazionale, anche in conseguenza del fatto che, negli ultimi decenni, molte di queste hanno cessato l'attività o riconvertita in direzione della parte più bassa della filiera. Sostanzialmente numerose segherie si sono trasformate in carpenterie, specializzate nella costruzione di edifici a struttura di legno, settore in

crescita nonostante la forte contrazione dell'edilizia in atto dal 2008 [4]. La scarsa offerta di materia prima nazionale, unitamente all'importazione di semilavorati, induce a fare una grande riflessione riguardo alla necessità di valorizzare non solo il potenziale della foresta nazionale ma soprattutto la tendenza, intrapresa da qualche anno, di incentivare il più possibile la filiera corta con conseguenti benefici al sistema socio-economico del nostro Paese della filiera legno-edilizia.

Si ritiene a tale riguardo importante sottolineare il nuovo orientamento del mercato del parquet che avanza l'idea di una **filiera corta di approvvigionamento** del legname, basandosi sulla possibilità di utilizzare la produzione locale di legname con finalità strutturali, e i corrispondenti rifiuti per produrre energia. Con un adeguato piano di gestione forestale, è infatti possibile favorire la crescita di alcune specie selezionate ed ampiamente utilizzate in ambito nazionale, per esempio nell'area meridionale, quali il pino marittimo, l'eucalipto, ecc. e parallelamente incentivare l'utilizzo, a fini energetici, di tutte le parti degli alberi che non possono assolvere a funzione strutturale (come rami, corteccia o tavole troppo deboli e tutti i prodotti di rifiuto). I benefici associati allo sviluppo di una filiera corta così come descritta sono:

- ottimizzazione nello sfruttamento di prodotti e sottoprodotti;
- maggiore valore aggiunto rispetto all'utilizzo del legno come legna da ardere. Questa fonte di guadagno può essere reinvestita nella gestione delle foreste, con tutti i corrispondenti benefici come l'aumento di stoccaggio di CO₂, il miglioramento del paesaggio e la riduzione del rischio idrogeologico;
- migliore gestione forestale e di tutte le attività correlate alla produzione del legno, con possibilità di creare nuove opportunità lavorative a livello locale, in particolare nelle campagne che spesso sono caratterizzate da condizioni economiche marginali e pertanto bisognose di misure per prevenire lo spopolamento;
- riduzione dell'impatto associato all'importazione del legname dall'estero, in particolare quello associato al trasporto [7].

Per garantire una filiera corta del legno è però necessario realizzare un accurato inventario e una pianificazione delle foreste tale da garantire un continuo flusso di legno e l'approvazione da parte delle Regioni di una pianificazione a livello forestale è vitale per questo obiettivo.

3.1 Prodotti rappresentativi della filiera nazionale

Per quanto riguarda l'uso della corretta terminologia nell'ambito delle pavimentazioni in legno si fa riferimento alla norma UNI 13756:2018 [2] “Pavimentazioni di legno - Terminologia”:

*Si definisce **parquet** una pavimentazione di legno con uno spessore minimo dello strato superiore di 2,5 mm prima della posa. Si definisce **pavimentazione in legno** l'assemblaggio di singoli elementi di legno posati sulla struttura primaria o sul sottopavimento. Si definisce **sottopavimento** il sistema di sostegno non continuo/continuo tra la pavimentazione di legno e la struttura primaria. Si tratta in pratica di semilavorati utilizzati per la “fabbricazione di pavimenti in parquet assemblato” codice ATECO 16.22.00 ed ancora secondo il codice CPA 16.22.99 “Attività in subfornitura nell’ambito della fabbricazione di pavimenti a parquet assemblati”.*

L’assemblaggio dei semilavorati in legno per la realizzazione di pavimentazioni trova applicazione sia per ambienti interni che esterni.

Per le **pavimentazioni in legno per interni** si avranno listelli in legno di varia natura che possono essere direttamente utilizzati così come si trovano (previe ulteriori lavorazioni) oppure accoppiati ad un supporto (costituito solitamente da pannelli a base di legno). Le dimensioni (larghezza, lunghezza e spessore) richieste per i semilavorati sono estremamente varie, poiché esiste una grande varietà di tipologie di pavimentazioni in legno, composte di elementi di dimensioni assai diverse (lamelle di pavimentazioni tradizionali a mosaico, tavolette per lamparquet, listoncini, listoni, maxilistoni, tavolati). Per quanto riguarda la larghezza si parte da un minimo di 20 mm per le lamelle del pavimento “a mosaico” tradizionale fino ad arrivare ai 200 mm e più, nel caso delle tavole. Per la lunghezza, quella minima è di 120 mm, sempre per lamelle per pavimentazioni a mosaico, fino ai 2400 mm nel caso di tavole. Lo spessore, legato alle altre dimensioni dell’elemento al fine di garantire la stabilità dimensionale del semilavorato, può anche avere dimensioni estremamente ridotte; si ricorda però che, affinché un parquet possa essere definito tale, occorre che lo strato finito di calpestio abbia uno spessore di almeno 2,5 mm [2]. Possono trovare impiego in questo settore tutte le specie seppur con qualche restrizione, in particolare le restrizioni all’uso sono dovute alla tipologia di pavimentazione e alle condizioni d’uso. Ad esempio, per pavimentazioni sottoposte ad intenso traffico pedonale è opportuno utilizzare specie con massa volumica elevata, per gli ambienti sportivi è invece fondamentale l’elasticità della risposta degli elementi, infine per ambienti in cui l’umidità dell’aria può raggiungere valori elevati, ad esempio i bagni, sono necessarie specie dotate di stabilità

dimensionale e durabilità naturale elevate. A seconda del tipo di prodotto, possono essere accettati o meno, o con limitazioni, difetti e anomalie presenti sul materiale grezzo [5].

Per **pavimentazione in legno per esterni**, i segati destinati a questo impiego hanno generalmente spessori superiori a quelli per pavimentazioni interne. Tipicamente gli elementi massicci della pavimentazione vengono vincolati ad una sottostruttura, anch'essa di solito realizzata con segati di legno massiccio (moralì). Trattandosi di elementi di legno destinati all'impiego in ambiente esterno, acquista particolare importanza la loro stabilità dimensionale, che può essere assicurata anche attraverso un idoneo rapporto tra le dimensioni del segato. In particolare, il parametro che viene generalmente preso in considerazione è il coefficiente di snellezza (rapporto tra lo spessore e la larghezza), per il quale si consigliano valori compresi tra $1/4$ e $1/7$, a seconda della specie legnosa. Sono diffusi i seguenti formati (spessore x larghezza): 19 mm x 90 mm, 22 mm x 90 mm e 18 mm x 70, con lunghezze comprese tra 800 mm e 2500 mm. Per ovviare ai problemi di stabilità dimensionale si può ricorrere all'impiego di lamelle di dimensioni molto ridotte (con larghezze anche minori di 20 mm), con cui vengono realizzati i cosiddetti "quadrotti", fissandole su supporto di forma quadrata (ad es. con lato di 300 mm), in genere di PVC. Infine, anche l'esecuzione di una serie di intagli nella parte dell'elemento non a vista rappresenta una pratica mirata a limitare gli effetti delle deformazioni dimensionali indotte dai movimenti del legno. Per quanto riguarda la specie, vengono utilizzati molto frequentemente alcuni legni tropicali, caratterizzati da ottime caratteristiche di durabilità e stabilità dimensionale (ad es. azobé, bangkirai, ipé, teck ecc.). Si possono comunque impiegare anche alcune conifere (tra le più usate: larice, pino, douglasia ed hemlock) e alcune latifoglie temperate (castagno, querce e robinia). Recentemente vengono proposte anche altre specie temperate, caratterizzate da durabilità naturale limitata, le cui proprietà sono state incrementate attraverso trattamenti migliorativi (ad es. termotrattamento, acetilazione o altro). Per la scelta del legno da utilizzare nella realizzazione di un pavimento esterno bisogna tenere in considerazione la costante azione degradante degli agenti meteorologici che saranno causa di:

- rapido ingrigimento della superficie visibile;
- sviluppo di sensibili variazioni dimensionali;
- sviluppo di deformazioni longitudinali.

Per ridurre il più possibile le condizioni di quanto sopra riportato è necessario che il legno sia perfettamente stagionato (umidità alla prima consegna 15%) ed è indispensabile prima o dopo la posa, realizzare la finitura con degli olii essiccativi, in modo da proteggere il legno dagli agenti

atmosferici e sbalzi idrometrici ambientali. Per garantire durabilità alla pavimentazione in legno è comunque necessario eseguire una corretta manutenzione della stessa nel tempo [5].

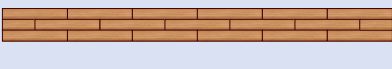



Andando nello specifico del nostro oggetto di studio, il 18 gennaio 2018 è entrata in vigore la norma UNI EN 13489:2018 [8], intitolata “Pavimentazioni di Legno e parquet – Elementi di parquet multistrato” che recepisce la norma europea EN 13489:2017 e sostituisce la norma UNI EN 13489:2004. La norma specifica le caratteristiche generali e dimensionali con le relative tolleranze degli elementi stratificati con incastro per l’utilizzo come pavimentazioni interne. Nel rispetto di questa norma esistono due tipologie di pavimenti in legno: il parquet in legno massiccio (o tradizionale) e il parquet prefinito. Il **parquet in legno massiccio** è composto da liste costituite da un unico blocco di legno massello il cui spessore varia dai 7 ai 10 mm. Si tratta di una tipologia di parquet destinato a durare nel tempo se la sua manutenzione avviene periodicamente e a regola d’arte. È sufficiente eseguire un intervento di levigatura e di lucidatura per riportare il pavimento alle condizioni originarie. Il **parquet prefinito**, chiamato anche pavimento in legno stratificato, si differenzia dal parquet in legno massello perché formato da 2 o più strati di legno tra loro incollati. Lo strato superficiale di finitura è costituito da un sottile strato di legno nobile il cui spessore in genere varia dai 4 ai 5 mm. Le liste di legno da parquet prefinito vengono trattate già in fase di produzione, e dunque non richiedono alcun ulteriore trattamento di finitura a posa ultimata. Con la posa di un parquet prefinito si riducono le tempistiche di cantiere, particolarmente inferiori rispetto alla posa del parquet tradizionale. Per questa ultima tipologia le norme in vigore stabiliscono che l’umidità del parquet prefinito al momento della prima consegna deve essere compresa tra il 5% e il 9%.

I metodi di misura da utilizzare sono:

- per pesata secondo la norma EN 13183-1:2003 [9];
- solo per una stima di massima, misuratore elettrico secondo la norma EN 13183-2:2003 [10].

Inoltre, vengono stabilite le caratteristiche geometriche degli elementi considerando un’umidità di riferimento del 7% specificando che, per un calcolo semplice, si può assumere che lo spessore e la larghezza di un elemento di legno aumentano dello 0,25% ogni 1% di umidità sopra l’umidità di riferimento, e decrescono sempre dello 0,25% ogni 1% di umidità sotto l’umidità di riferimento. La figura 2 riporta le caratteristiche geometriche degli elementi in funzione delle varie tipologie di parquet.

Figura 2 - Caratteristiche geometriche del parquet divise per tipologia funzionale alle dimensioni nominali e scostamenti limiti degli elementi [8]

CARATTERISTICHE	TIPO DI PARQUET				CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4		
Spessore dello strato superiore	≥ 2,5 mm				Tipo 1	
Scostamento di lunghezza consentito	Non applicabile	± 0,1 %	± 0,1 %	Non applicabile		
Scostamento di larghezza consentito	± 0,2 mm				Tipo 2	
Sfalsamento (tra elementi)	≤ 0,2 mm					
Scostamento di ortogonalità consentito	≤ 0,2 % della larghezza	≤ 0,2 % della larghezza	≤ 0,1% della larghezza	≤ 0,2 % della larghezza	Tipo 3	
Imbarcamento (attraverso l'elemento)	≤ 0,2 % della larghezza	≤ 0,2 % della larghezza	≤ 0,3 % della larghezza	≤ 0,2 % della larghezza		
Falcatura	≤ 0,1% della lunghezza				Tipo 4	

Infine la norma UNI EN 13489:2018 [8] prevede che il parquet multistrato debba essere in grado di subire il rinnovamento almeno due volte, se non è sottoposto a usura eccessiva o se il rinnovamento non rimuove una quantità di legno eccessiva.

Un'altra caratteristica rappresentativa del parquet è la **specie legnosa** con cui viene realizzato. Come tutti i materiali naturali, il legno ha i suoi pregi e i suoi difetti. Possiede buone caratteristiche meccaniche ($R_c = 6-12 \text{ N/mm}^2$; $R_f = 7-14 \text{ N/mm}^2$), bassa densità ($0,3-0,8 \text{ g/cm}^3$), un notevole potere isolante, è facilmente lavorabile, ed infine è biodegradabile, o in ogni caso facilmente smaltibile. Accanto a queste qualità positive, ce ne sono altre che rendono questo materiale piuttosto difficile. Il legno è anisotropo, cioè le sue caratteristiche fisiche ed elasto-meccaniche variano notevolmente al variare della direzione delle fibre; è fortemente igroscopico, varia quindi il suo contenuto di umidità e il volume a seconda delle condizioni ambientali; può subire alterazioni di origine biologica favorite da particolari condizioni climatiche. Sono queste le caratteristiche e proprietà da tenere in considerazione quando si tratta di scegliere il giusto legno per il parquet senza sottovalutare il rispetto per l'eco-sostenibilità e per la biocompatibilità ambientale [11].

Il legno è commercialmente classificato in tenero e duro.

- **Legno di tipo tenero**: deriva dalle Gymnospermae che più semplicemente sono definite conifere (pino, l'abete, larice ecc.).

- Legno di tipo duro: deriva delle Angiospermae limitatamente alle dicotiledoni, che più semplicemente sono dette Latifoglie (ontano, quercia, noce).

Il legno proveniente da specie differenti ha diverso colore, densità e venature che lo contraddistinguono per qualità e valore. Recentemente si sono aggiunte nuove specie legnose che hanno ampliato la gamma di scelta, sia sul piano estetico che sulle possibilità di impiego in varie destinazioni d'uso. Conoscere esattamente il nome commerciale della specie legnosa in abbinamento con la sua provenienza geografica rappresenta una condizione imprescindibile per avere informazioni certe sulle caratteristiche del legname impiegato e sul suo comportamento fisico e meccanico nel tempo.

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche del legno in funzione della specie legnosa [12]

Specie legnosa Provenienza	Peso Specifico	Durezza in Brinell	Ritiro	Stabilità	Ossidazione
Abete	0.46	1.5	medio	media	media
Acacia	0.75	3.5	medio	media	media
Acero europeo	0.66	3.3	medio-elevato	media	media
Acero americano	0.80	3.8	medio-elevato	media	bassa
Castagno	0.65	3.4	medio	media	media
Ciliegio	0.65	2.9	medio	media-elevata	media
Doussiè	0.85	4.0	basso	elevata	elevata
Faggio evaporato	0.73	3.3	elevato	media	bassa
Larice	0.60	2.2	medio- elevato	bassa	bassa-media
Noce nazionale	0.69	2.8	medio	media-elevata	bassa-media
Olmo	0.70	3.3	medio	discreta	media
Rovere	0.76	3.8	medio- elevato	media-elevata	bassa-media
Teak Burma	0.65	3.5	medio	elevata	media
Wengè	0.75	4.0	elevato	media-elevata	minima

Secondo i dati della European Federation of the Parquet industry (FEP) [13] la specie legnosa più utilizzata in assoluto in Europa nel 2019, come mostrato nella tabella 2, è la quercia, che resta stabile con l'80,6% rispetto all'80,3% del 2018. Le specie legnose tropicali rappresentano il 3,4% del legno utilizzato. Frassino e Faggio rimangono le altre due specie scelte più di frequente con, rispettivamente, il 7,2% e il 2% (rispetto al 6,8% e al 2,1% del 2018). In Italia dal 2017 al 2019 la specie legnosa più utilizzata è il rovere con una percentuale che va dal 70% del 2017 al 75% nel 2019 e il legno tropicale ha subito un calo passando dal 30% negli anni 2017 e 2018 al 25% nel 2019.

Tabella 2-Utilizzo specie legnose in % per realizzazione di parquet in Europa 2019 [13]

Specie legnosa	% utilizzo nel 2019
Quercia	80.6%
Frassino	7.2%
Legno tropicale	3.4%
Faggio	2%
Noce	1.2%
Pino	1.1%
Ciliegio	0.5%
Quercia rossa/Eucalipto	0.3%
Betulla/Acero europeo/Acero canadese	0.2%
Castagno/Acacia	0.1%
Altro	2.4%

Per concludere riportiamo le varie **geometrie di posa del parquet**, ovvero il disegno che nasce dall'accostamento dei singoli elementi che compongono una pavimentazione di legno. Il disegno di posa di un pavimento in legno dipende da molteplici fattori quali: le dimensioni degli elementi lignei, l'uso di mosaici sia di tipo geometrico che non geometrico, la fantasia degli accostamenti.

Nella norma UNI 13756:2018 "Pavimentazioni di legno - Terminologia" [2] sono riportate le principali geometrie di posa del parquet che sono essenzialmente tre:

- Posa mediante chiodatura: ideale per elementi in multistrato o dallo spessore di 14,15 e 22 mm e con incastro perimetrale. Le doghe vanno fissate su un massetto cementizio, da preparare prima, dove sono presenti anche altri elementi di legno, chiamati magatelli.
- Posa mediante incollaggio: gli elementi si incollano direttamente al sottofondo. L'adesivo non viene applicato lungo i fianchi per consentire i naturali assestamenti del legno. Questa tecnica è molto utilizzata per il parquet prefinito e per i listelli in legno massiccio.
- Posa flottante (o galleggiante) una posa a secco meno invasiva e assolutamente ecocompatibile che consiste in un qualsiasi sistema di posa che consenta ad ogni elemento di essere fissato agli altri ma di essere indipendente dalla superficie sottostante. Questa tecnica viene spesso utilizzata con gli elementi a incastro, di grandi dimensioni, che vengono posti sopra un pannello di sughero o in fibra di legno, che fa da strato di isolamento acustico, a sua volta sovrapposto su un foglio di polietilene, che funge da barriera al vapore. Anche qui è consigliato lasciare una fuga, tra pareti e parquet, di pochi millimetri, per permettere al legno eventuali assestamenti.

3.2 Impatto socio-economico della filiera

La filiera italiana del legno è caratterizzata da un complesso di produzioni e fra le imprese dei vari comparti della filiera sussistono fitte relazioni di mercato e di collaborazione. Dal Rapporto della FederlegnoArredo del 2020 [14] emerge che la filiera del legno-arredo nel 2019 rappresentava nel suo totale il 4,5% del fatturato manifatturiero nazionale, il 15,2% delle imprese e l'8,4% degli addetti ed era composta da 72.902 imprese e 310.849 addetti, con un fatturato che conferma ancora un segno positivo (+0.5% sul 2018) attestandosi a 42,5 miliardi di euro. La dinamica demografica delle imprese registra un calo (-2,6%) che si riflette anche sugli occupati (-1,1%): si tratta di un fenomeno legato allo scenario economico complessivo di stasi che vede la progressiva marginalizzazione delle imprese meno competitive, di contro si assiste ad un consolidamento del settore sulle imprese più robuste che crescono in termini di fatturato e di addetti. Con 16,6 miliardi di euro, le esportazioni assorbono il 39% della produzione complessiva, in leggera flessione rispetto a quanto registrato nel 2018 (-0,5%). Il rallentamento del commercio internazionale ha influenzato anche le importazioni che sono calate del -3,2%. Il consumo interno si è mantenuto stabile e ha sostituito le mancate importazioni dando vigore alla produzione nazionale. Per dare l'idea del trend della filiera si riportano dati più recenti forniti dal rapporto Green Italy 2021 [15] secondo cui la filiera italiana del legno-arredo chiude il 2020 con una contrazione del -9,1% rispetto al 2019 per un valore pari a 39,1 miliardi di euro, nonostante un anno stravolto dalla pandemia. Con un saldo commerciale attivo di 7,6 miliardi di euro rimane uno dei settori più importanti dell'intera manifattura italiana. La filiera del legno-arredo ad oggi risulta composta da 71.534 imprese e occupa 307.552 addetti. Grazie al massiccio ricorso, da parte delle imprese, agli ammortizzatori sociali e al blocco dei licenziamenti, nel 2020 la contrazione del numero degli addetti si è limitata al -2%, del tutto in linea con quella del numero di imprese. Il settore arredamento ha visto, nella seconda metà dello scorso anno, una ripresa degli ordini e delle vendite di prodotti destinati alla casa, che in parte ha compensato le perdite della prima parte del 2020, mentre ha sofferto la produzione di arredi destinati ai progetti pubblici (uffici, aeroporti, spazi pubblici, ecc.).

Il rapporto della FederlegnoArredo 2020 [14] suddivide il sistema legno in due principali macro-sistemi, ovvero quello dell'arredamento e quello del legno, all'interno del quale ha individuato altri sottosistemi, tra cui il sistema edilizia arredo che a sua volta si concentra sulle imprese che producono beni intermedi e prodotti finiti destinati all'edilizia residenziale e non residenziale, riguardanti l'edilizia in generale e la finitura d'interni come porte, finestre e pavimenti. Grazie a queste

suddivisioni è possibile comprendere maggiori dettagli sull'entità dell'impatto socio-economico della filiera del parquet che vengono schematizzati nella tabella 3.

Tabella 3 - Indicatori economici del sistema pavimenti in legno in Italia 2018/2019 [14]

Indicatori economici	2018	2019	% var 18/19
Fatturato della produzione mln€	417	425	+2%
Export mln€	98,3	97	-1.3%
Import mln€	161	153	-4.9%
Addetti	1663	1739	+4.6%
Imprese	197	202	+2.7%

È importante evidenziare inoltre che il 99% del fatturato del settore pavimenti in legno è realizzato da società di capitali, che rappresentano il 68% del totale delle aziende nazionali. Per quanto riguarda le importazioni: la Cina con 43,3 mln € e Austria con 35,3 mln €, risultano i nostri principali fornitori anche se si è registrato un lieve calo rispetto all'anno precedente, rispettivamente per la Cina dell'8,1% e per l'Austria del 7,3% rispetto al 2018; contrariamente la Polonia, pur mantenendosi al terzo posto come paese fornitore, aumenta la sua percentuale rispetto al 2018 del 10,9%. Per quanto riguarda le esportazioni, la Svizzera si conferma il primo mercato di destinazione dell'Italia anche se rispetto all'anno precedente si nota un leggero calo (- 1,5%) [14].

Entrando più nello specifico del nostro oggetto di studio, sono altrettanto significativi i recenti dati forniti dal Centro Studi FederlegnoArredo con il suo "Rapporto pavimenti in legno in Italia 2007-2017" pubblicati sulla rivista di categoria [16]. Il rapporto fornisce un'approfondita indagine di mercato basata sugli indici di bilancio dei principali operatori del settore che rappresentano il 74% delle vendite e il 94% della produzione di parquet in Italia. I dati analizzati riguardano tutto il decennio 2007-2017 ed è riferito ai volumi di pavimenti in legno sia prodotti che immessi nel mercato italiano. Il centro studio FederlegnoArredo afferma che il campione di imprese utilizzato garantisce una stima attendibile del mercato totale di pavimenti in legno in Italia, il rapporto fa riferimento al PARQ40, ovvero alle 40 aziende del panel FederlegnoArredo che sommati ai dati relativi ad altri operatori porta ad un totale di 98 aziende esaminate. Dal rapporto si evince che nel 2018 le vendite ammontano a 323 milioni di €, +4% rispetto al 2017, la produzione a 4,68 milioni di m² (stabile sul 2017), l'export a 1,32 milioni di m², +8%. In generale, il settore vale 417 milioni di € (il 78% arriva dalle 40 aziende di cui sopra), la produzione è di 4.95 milioni di m² (e qui le 40 aziende fanno il 95%) e le vendite in Italia sono state di 9 milioni di m² (il 68% del PARQ40).

Il mercato del parquet riflette il contesto degli ultimi anni caratterizzato da sensibili incrementi delle compravendite di nuove abitazioni e delle ristrutturazioni, registrando una lieve crescita in tutta Europa (79,2 milioni di m² nel 2017), ma ancora lontano dai livelli pre-crisi (110,2 milioni di m² nel 2007). In Italia la produzione nel 2017 si è assestata su 4,5 milioni di m² (il dato più alto dal 2009). Trainano i consumi le regioni del Nord-ovest (30%) e del Nord-est (23%), seguite dal Centro (19%), il Sud (19%) e le Isole (9%), per un totale di 9 milioni di m² (+0,5% rispetto al 2016). Esiste però una disparità geografica che si riflette complessivamente nel top ten regionale che vede al primo posto la Lombardia con 1677 mila m² rispetto a quella provinciale dove al primo posto si posiziona Roma con 654 mila m². Fanno eccezione Campania, Sicilia e Puglia, che figurano tra le prime dieci regioni, e la provincia di Napoli, al quarto posto per consumi con 270 mila m² come si può osservare nelle tabelle 4 e 5.

Tabella 4 - Market Map: Consumi in Italia di parquet (migliaia m²) suddivisi per macro-area [16]

Macro-area	Consumi 2017 in m ² /1000	% su totale in Italia
Nord-ovest	2.666	30%
Nord- est	2.107	23%
Centro	1.695	19%
Sud	1.707	19%
Isole	845	9%
Totale	9.020	100%

Tabella 5 - Market Map: TOP 10 regioni italiane per consumi parquet (migliaia m²) [16]

TOP 10	Regione	Consumo 2017 in m ² /1000
1	Lombardia	1.677
2	Veneto	934
3	Lazio	854
4	Piemonte	724
5	Emilia-Romagna	684
6	Campania	614
7	Sicilia	603
8	Puglia	509
9	Toscana	501
10	Trentino-Alto Adige	284

I pavimenti in legno hanno certamente sofferto in modo pesante le contrazioni dei consumi dovuti alla crisi economica del 2008. Tuttavia, rispetto ad altre pavimentazioni (ad esempio quelle ceramiche), il settore del parquet ha subito in maniera minore gli effetti del tracollo delle nuove costruzioni, difendendo le proprie quote di mercato anche rispetto a prodotti potenzialmente sostitutivi, e mostra ora una ripresa ancora timida, ma solida. Il settore edile si è concentrato

prevalentemente sulle manutenzioni straordinarie, cresciute in valore del 44% nell'ultimo decennio, a fronte della riduzione delle nuove costruzioni residenziale del -59% [16].

Secondo i dati forniti dalla Federazione Europea del Parquet (FEP) [13], su indicazione delle aziende associate e delle associazioni nazionali, i consumi totali del parquet in Europa nel 2019 sono cresciuti dell'1,2% per un totale di 81.766.700 m² rispetto agli 80.827.900 m² del 2018 che aveva segnato una leggera contrazione dell'1% rispetto al 2017. I risultati mostrano delle variazioni da Paese a Paese e che il miglioramento del mercato è dovuto principalmente al consumo di parquet in Germania (21,08%), Francia (10,60%) e Italia (10,57%), che si posiziona come terzo paese europeo per consumi di parquet. Per quanto riguarda la produzione percentuale di ciascun paese che aderisce alla FEP, si ha al primo posto la Polonia con il 16,86% della produzione totale, segue la Svezia con il 14,45% e al terzo posto si colloca l'Austria con il 12,45%, mentre l'Italia copre il 6,84% della produzione totale posizionandosi al sesto posto dopo Germania (11,25%) e Francia (7,02%).

Infine, per completezza di dati, la FEP indica che il consumo pro capite di parquet in Italia nel 2019 si attesta ad un valore di 0,14 m², rispetto alla media europea di 0,19 m². I dati FEP, che a partire dal 2007, sono stati rivisti secondo il nuovo metodo utilizzato da FLA (ovvero il campione PARQ40 citato sopra) sono anche suddivisi per tipologia di parquet, fornendo ulteriori dettagli utili sul mercato italiano del parquet riportati in tabella 6.

Tabella 6 - Import/export Parquet in Italia in migliaia di m² (2017/2018) [13]

	Import Italia 2017	Export Italia 2017	Import Italia 2018	Export Italia 2018
Parquet massiccio	627	50	602	50
Parquet stratificato	4.194	1.293	4.026	1.279
Totale	4.821	1.343	4.628	1.329

3.3 Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità

3.3.1 Norme tecniche

A livello normativo, il settore dei pavimenti in legno è uno di quelli che negli ultimi anni hanno visto l'emanazione di un considerevole numero di norme e, di seguito, sono riportate quelle di maggiore interesse dal punto di vista ambientale.

Il 1° luglio 2013 è entrato in vigore il Regolamento 305/2011 [17] noto come CPR (Construction Product Regulation) che si prefigge come obiettivo quanto scritto all'art.1: *“Il presente regolamento fissa le condizioni per l'immissione o la messa a disposizione sul mercato di prodotti da costruzione stabilendo disposizioni armonizzate per la descrizione della prestazione di tali prodotti in relazione alle loro caratteristiche essenziali e per l'uso della marcatura CE sui prodotti in questione.”* Nell'art. 2 si esplicita che per prodotto da costruzione si intende *“qualsiasi prodotto o kit fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse”*; per caratteristiche essenziali si intendono *“le caratteristiche del prodotto da costruzione che si riferiscono ai requisiti di base delle opere di costruzione”*. A sua volta i requisiti di base delle opere di costruzione sono esplicitati nell'Allegato I dello stesso Regolamento, ovvero:

1. Resistenza meccanica e stabilità;
2. Sicurezza in caso di incendio;
3. Igiene, salute e ambiente;
4. Sicurezza e accessibilità nell'uso;
5. Protezione contro il rumore;
6. Risparmio energetico e ritenzione del calore;
7. Uso sostenibile delle risorse naturali.

In definitiva il Regolamento 305/2011 può essere considerato il documento che stabilisce il “perimetro legislativo” europeo dei prodotti da costruzione, che disciplina il “chi fa, che cosa fa e come lo fa” degli operatori economici coinvolti: fabbricanti, importatori, distributori e mandatari. La norma UNI EN 14342:2013 [18] “Pavimentazioni di legno e parquet - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura”, prevede che per le pavimentazioni per uso interno il fabbricante rediga una dichiarazione di denominazione di prestazione (DoP) e che all'atto dell'immissione del prodotto sul mercato venga apposta la marcatura CE (come previsto anche dal comma 1 dall'art. 4 del Regolamento 305/2011). Questa norma non si applica a: pavimentazioni di legno per impieghi all'esterno, pavimentazioni di legno e parquet fabbricati specificatamente per migliorare la percezione tattile e il riconoscimento, pavimentazioni di bambù, pavimentazioni di laminato e prodotti realizzati con piante come aloe o il sughero o la palma di cocco.

Nella tabella 7 si riportano le caratteristiche essenziali che devono essere indicate nelle DoP relative alle pavimentazioni di legno ad uso interno e parquet secondo la norma UNI EN 14342:2013.

Tabella 7 - Caratteristiche essenziali per pavimentazione ad uso interno e parquet [18]

Caratteristiche essenziali UNI EN 14342:2013
Reazione al fuoco massa volumica media minima spessore complessivo minimo condizione di utilizzo finale
Rilascio di formaldeide
Contenuto di pentaclorofenolo
Resistenza a rottura (Carico massimo e Distanza di flessione)
Scivolosità
Conduttività termica e resistenza termica
Durabilità biologica

3.3.2 Dati ambientali della filiera/settore a livello macro

Il dossier sull'economia circolare promosso da Fondazione Symbola e FederlegnoArredo (2016) [19], fornisce un'attenta analisi degli impatti dei settori produttivi in termini di competitività degli investimenti in sostenibilità ambientale, dimostrando come anche il settore del legno-arredo risulta adeguatamente strutturato al pari di altri settori italiani ampiamente riconosciuti a livello mondiale come quello agroalimentare, nautico e tessile. Tra le imprese del settore che hanno fatto investimenti green (anni 2012- 2014), il 23,4% ha registrato un aumento nei livelli di fatturato, mentre solo il 17,6% delle imprese che non ha effettuato investimenti green ha riscontrato un aumento del fatturato (uno spread di +5,8 punti percentuali). Tra le prime il 37,2% ha esportato i suoi prodotti, a fronte del 22,4% delle altre (14,8%li di spread). Il 23,1% ha fatto assunzioni, contro il 10,1%. Il 30,4% delle imprese che hanno effettuato eco-investimenti hanno sviluppato nuovi prodotti /servizi, solo il 18% delle imprese che non hanno fatto eco investimenti hanno sviluppato innovazione. Questi dati vengono confermati dai mercati internazionali che posizionano l'industria italiana del legno-arredo seconda al mondo solo alla Cina per surplus commerciale, e, nonostante il deficit strutturale di materie prime, grazie alle proprie competenze manifatturiere genera un valore aggiunto (4,9 miliardi di €) di gran lunga superiore a quello di molti paesi naturalmente ricchi di materie prime legnose (come Francia, 2,3 miliardi di €, Spagna, 1,8 miliardi di €, Svezia, 900 milioni di €).

Il 2021 è stato un anno decisivo per le aziende della filiera che hanno intrapreso un percorso di sviluppo sostenibile in quanto le risorse per gli investimenti, messe in campo dall'Europa attraverso il Green Deal per l'Unione Europea [20] e il nuovo Piano d'azione per l'economia circolare (CEAP - Circular Economy Action Plan) [21] hanno orientato le aziende verso azioni

sistemiche trasversali in ottica di economia circolare che passano dalla catena di approvvigionamento ai processi produttivi, dalla progettazione al fine vita dei prodotti, includendo commercializzazione e distribuzione. Nell'accompagnare tutti gli attori, specialmente le aziende più piccole, verso la transizione a un modello sostenibile e circolare, giocano un ruolo fondamentale le associazioni di categoria che si muovono all'interno di una cornice di normative sempre in continua evoluzione. Uno dei punti strategici per l'implementazione di politiche aziendali volte alla sostenibilità è la formazione di figure professionali dedicate, che vede fortemente impegnata FederlegnoArredo, sia attraverso progetti europei, sia con collaborazioni con le università e con attività di sostegno al sistema degli Istituti tecnici Superiori legati al legno-arredo nelle diverse regioni. Queste azioni s'intersecano anche con l'attesa di importanti novità normative europee che derivano dall'approvazione del CEAP. Nell'ambito della Sustainable Product Initiative (SPI) della Commissione Europea, si prevede la realizzazione di un Passaporto Digitale per i prodotti, che conterrà informazioni sull'impronta ambientale e la circolarità del prodotto, e un'estensione della direttiva Ecodesign. A tale riguardo il 30 marzo 2022 la Commissione Europea ha licenziato il "Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio che stabilisce il quadro per l'elaborazione delle specifiche di progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili e abroga la direttiva 2009/125/CE" [22].

Il provvedimento consiste in una proposta di regolamento sulla progettazione ecocompatibile (ecodesign) dei prodotti in generale: i prodotti immessi sul mercato UE dovranno rispettare specifiche sugli aspetti della sostenibilità e della circolarità elencati nel piano d'azione per l'economia circolare quali affidabilità, riutilizzabilità, contenuto di materiale riciclato, impronta di carbonio, possibilità di miglioramento e riparabilità dei prodotti indicando anche la generazione prevista di rifiuti da parte dei prodotti. Il passaporto digitale faciliterà la riparazione o il riciclaggio e ne agevolerà la tracciabilità lungo tutta la catena di approvvigionamento.

Il presente regolamento si rivolge in particolare ai prodotti da costruzione e prodotti tessili che hanno un forte impatto sull'ambiente e sul clima e mira a responsabilizzare i consumatori nella transizione verde mediante il miglioramento della tutela dalle pratiche sleali e dell'informazione. Si vuole intervenire sul consumo e la produzione di prodotti ritenuti non sostenibili e scarsamente regolamentati rispetto alle vigenti norme dell'UE (attualmente sono regolamentate soltanto i prodotti annessi all'energia) per i seguenti motivi:

- 1) la progettazione dei prodotti non tiene conto in misura sufficiente degli impatti ambientali durante il ciclo di vita, compresi gli aspetti della circolarità, determinando una frequente

sostituzione degli stessi che comporta dispendio di energie e di risorse per produrre e distribuire prodotti nuovi e smaltire quelli vecchi;

- 2) i consumatori non sono messi nelle condizioni di fare scelte sostenibili in merito ai prodotti che devono acquistare sia perché le informazioni sono molto carenti ma anche perché i prezzi non sono competitivi;
- 3) la normativa vigente in materia di progettazione ecocompatibile al momento risulta efficace per i prodotti connessi all'energia ma ve ne sono molti altri, come per esempio quelli del settore dell'edilizia, che generano impatti ambientali altrettanto significativi.

Tra le soluzioni in fase di valutazione vi sono delle azioni che riguardano incentivi da parte delle autorità pubbliche volti a favorire l'impiego di prodotti sostenibili oltre a misure per impedire la distruzione dei beni di consumo invenduti [22].

L'analisi delle performance ambientali delle imprese italiane della filiera legno arredo può essere sintetizzata anche nel quadro teorico offerto dal modello I-P-O (Input- Process- Output) [19], che osserva il processo produttivo in forma aggregata, secondo gli Input utilizzati, i Processi attivati e l'Output finale delle imprese, basandosi essenzialmente su quattro fattori ambientali importanti nell'evoluzione circolare dell'economia: consumo di energia elettrica, produzione dei rifiuti, emissioni atmosferiche e materie prime. Per quanto riguarda il **consumo di energia elettrica**, con 30 tonnellate equivalenti di petrolio (tep) ogni milione di euro di output prodotto, la filiera del legno- arredo italiano presenta la migliore performance in Europa, sia nel confronto coi 64 tep medi dei primi dieci paesi produttori d'Europa, sia coi 68,1 tep della media UE (dati 2013, ultimo anno disponibile riportato su FederlegnoArredo 2016 [19]).

In merito alla **produzione dei rifiuti** sono disponibili dati nel rapporto Green Italy 2021 [15] che dà indicazioni abbastanza confortanti, riconoscendo l'Italia, a livello mondiale, come il paese a più alto contenuto di materiale riciclato nei propri prodotti. L'UE ha fissato l'obiettivo del 30% al 2030 per il riciclo degli imballaggi in legno e l'Italia è oggi già al 64%. Il sistema Rilegno nel 2020 ha consentito di raccogliere e avviare a riciclo 1.841.065 tonnellate di legno e di rigenerare 827.772 tonnellate di imballaggi pari a oltre 60 milioni di pallet, che sono rientrati nel circuito logistico per essere nuovamente utilizzati [15]. Diversamente da quanto accade in altri Paesi, dove il legno post consumo viene prevalentemente "bruciato" per produrre energia, in Italia attraverso un sistema che coinvolge cittadini, comuni, piccole e grandi aziende, il 95% del legno viene riciclato per produrre pannelli per l'arredo, senza bisogno di consumare legno vergine. In termini ambientali, ciò consente una riduzione delle emissioni di CO₂ pari a quasi 2 milioni di tonnellate/anno.

Complessivamente, l'impatto economico sulla produzione nazionale delle attività della filiera del recupero e riciclo del legno post consumo è di circa 2 miliardi di euro, con oltre 11.000 posti di lavoro [15]. L'importanza del riciclo diventa poi cruciale in questa fase storica in cui l'aumento del costo del legno per l'approvvigionamento delle materie prime sta creando notevoli problemi alle aziende.

La terza leva importante per garantire la sostenibilità della filiera del legno-arredo riguarda **le emissioni atmosferiche**: la capacità di assorbimento del carbonio atmosferico e di filtraggio dell'aria rappresenta uno tra i servizi più importanti e meglio conosciuti dei nostri boschi. Per il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto (PK, 2008-2012), l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra per l'Italia era del 6,5% rispetto all'anno di riferimento 1990, pari a 483 MtCO₂eq/anno. Grazie al settore forestale, l'Italia ha riconosciuto e beneficiato di un potenziale medio annuo di assorbimento del carbonio pari a circa 15 MtCO₂eq, per un totale nei cinque anni di impegno, di circa 75MtCO₂eq, di cui 51 MtCO₂eq provenienti dalla sola gestione forestale, e 24 MtCO₂eq dalle attività di imboscamento e riforestazione [6].

L'ultima delle leve da analizzare, ma tra le prime per importanza nell'ottica di una filiera ecosostenibile è **l'approvvigionamento delle materie prime**. È necessario diminuire la dipendenza nazionale dalle importazioni, ma soprattutto è indispensabile che l'approvvigionamento delle materie prime legnose si orienti sempre di più verso quelle sostenibili e certificate. L'obiettivo specifico è composto quindi da due sub-obiettivi rilevanti che riguardano, da un lato, la valutazione ambientale per l'efficienza energetica e l'impatto carbonico, dall'altro la certificazione e la tracciabilità della materia prima. In termini di sostenibilità diventa fondamentale l'orientamento verso un approvvigionamento locale che, nell'ottimizzare l'impiego innovativo e razionale dei prodotti forestali, attraverso opportuni modelli di gestione selvicolturale, favorisca lo sviluppo della bio-economia del Paese. È dunque fondamentale la valorizzazione di filiere locali del legno, che da una parte promuovono un miglior impiego delle risorse forestali, una diminuzione della disoccupazione, un minor abbandono delle zone interne, spesso depresse, il miglioramento del paesaggio e la riduzione del rischio idrogeologico, dall'altra sviluppano soluzioni tecnologiche per la bioedilizia e l'efficienza energetica, obiettivi che rientrano tra le priorità dei programmi europei sull'innovazione nei processi forestali e nelle industrie dei bio-prodotti, in accordo a quanto previsto nel Regolamento UE n.841/2018 [44] per i prodotti di lunga vita (es. edilizia verde). L'altro aspetto importante riguarda la tracciabilità delle materie prime, le certificazioni ambientali Forest Stewardship Council (FSC) [23] o Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes

(PEFC) [24] rappresentano validi strumenti per garantire la compatibilità ambientale del processo produttivo e l'origine legale e sostenibile della materia prima. L'Unione Europea ha posto un argine tramite l'adozione del Reg. (UE) 995/2010 [3], meglio noto come Timber Regulation, il quale istituisce una serie di obblighi da parte degli operatori che commercializzano e distribuiscono legno e prodotti da esso derivati, volti a minimizzare il rischio di importazione di legno da taglio illegale attraverso un sistema di *due diligence* [25].

La **gestione del carbonio** è di fondamentale importanza nell'evoluzione della politica ambientale dell'Unione Europea soprattutto da quando, nel 2013 attraverso il Regolamento n. 529/2013/EU [26], si è reso obbligatoria la contabilizzazione relativa alle emissioni e agli assorbimenti di gas a effetto serra risultanti da attività di uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e silvicoltura, LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*).

I prodotti legnosi, dopo il prelievo dalla foresta, vengono considerati "contenitori" di carbonio che sarà trattenuto fino alla fine del proprio ciclo di vita e, in caso di riciclo, anche oltre, di conseguenza promuovere l'utilizzo di prodotti in legno nel comparto delle costruzioni edilizie contribuirà a ridurre notevolmente le emissioni di CO₂. A tal proposito FederlegnoArredo ha implementando un progetto che prevede la tracciatura del legname italiano dalle imprese prime utilizzatrici (segherie, pannellifici, produttori di imballaggi ecc.) allo scopo di generare «crediti di Carbonio», collocabili presso aziende nazionali ed internazionali (di qualunque settore produttivo) per la compensazione volontaria delle proprie emissioni di CO₂. Il progetto denominato LIFE_{CO2}PES&PEF è finanziato dalla Commissione Europea con il programma LIFE [27].

3.4 Certificazioni ambientali legate alla filiera

Le certificazioni ambientali hanno il ruolo fondamentale di fornire informazioni sulla qualità del prodotto, processo o servizio al consumatore (BtoC, Business to Consumer) o lungo la filiera di fornitura (BtoB, Business to Business). Le certificazioni forestali rappresentano uno strumento specifico per la filiera del legno-arredo che permette la certificazione della materia prima legnosa. Ad oggi esistono due standard internazionali di certificazione forestale maggiormente diffusi: l'FSC e il PEFC.

Il **Forest Stewardship Council (FSC)** [23] promuove in tutto il mondo forme di buona gestione forestale, che tengono in considerazione aspetti ambientali, economici e sociali e definisce schemi e standard di certificazione volontaria di parte terza, applicabili alla filiera foresta-legno compresi i prodotti forestali non legnosi. La certificazione FSC certifica il legno "dalla foresta al prodotto" attraverso:

- certificazione (singola o di gruppo) di parte terza della gestione forestale secondo 10 principi di gestione forestale sostenibile definiti da FSC;
- certificazione di parte terza della rintracciabilità dei prodotti forestali (legnosi e non) provenienti da foreste certificate FSC (catena di custodia, Chain of Custody – CoC);
- uso del logo FSC sui prodotti, che assicura visibilità presso i consumatori.

Per giungere alla certificazione devono essere valutate tutte le modalità con cui è gestita l'area forestale: dalle prime fasi di pianificazione degli interventi, alle fasi operative in campo, fino all'abbattimento e all'estrazione del legname e degli altri prodotti. Inoltre sono fondamentali, sia nel processo di sviluppo e definizione degli standard che durante l'iter di certificazione, la partecipazione e il consenso degli stakeholder locali e nazionali, ovvero di tutti i soggetti portatori di vari e diversi interessi (ambientali, sociali, economici) nei confronti della corretta gestione forestale.

Dal report del 2021 per le Certificazione FSC in Italia [1] risultano 75.213,99 ha certificati secondo gli standard FSC in Italia, con un tasso di crescita rispetto al 2020 del 10%. I settori con i maggiori incrementi si riconfermano quello del packaging, con un incremento del 17% rispetto al 2020 e con 1.210 certificazioni totali; dell'arredamento per interni ed esterni (608 certificazioni totali, con un +14% rispetto al 2020).

Il **Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)** [24] (Programma di valutazione degli schemi di certificazione forestale) rappresenta un sistema internazionale di mutuo riconoscimento di schemi di certificazione nazionali. Esso, in quanto organizzazione internazionale senza scopo di lucro e non governativa, è impegnato a promuovere la gestione sostenibile delle foreste attraverso una certificazione indipendente di terza parte. Per garantire la coerenza con i requisiti internazionali, tutti i sistemi nazionali di certificazione forestale sono sottoposti a rigorosa valutazione da terze parti. Attualmente ci sono 47 sistemi di certificazione forestale nazionale approvati in tutto il mondo e sono inclusi ONG, sindacati, imprese, associazioni di categoria e organizzazioni di proprietari forestali. Il PEFC Italia nasce nel 2001 per volontà di tutte le parti coinvolte nella filiera e vi partecipano i rappresentanti dei proprietari forestali e dei pioppeti, dei consumatori finali, degli utilizzatori, dei liberi professionisti, del mondo dell'industria del legno e dell'artigianato, delle organizzazioni ambientaliste, delle Pubbliche Amministrazioni, delle Cooperative, degli Organismi di Certificazione e del mondo della Società Civile. La missione di PEFC Italia è di migliorare l'immagine della selvicoltura e della filiera foresta-legno, fornendo di

fatto uno strumento di mercato che consenta di commercializzare legno e prodotti della foresta derivanti da boschi e impianti gestiti in modo sostenibile.

Nel report PEFC Italia 2021 [25] si riscontra, anche per l'anno 2021, un incremento della superficie forestale certificata, passando dagli 889.032,60 ha del 2019 agli 892.609,63 ha del 2020. Il Trentino - Alto Adige conferma il suo primato come regione con la più vasta superficie certificata PEFC in Italia. Sono in tutto 14 tra Regioni e Province Autonome a possedere aree certificate PEFC.

La **Certificazione di catena di Custodia (CoC)** si può ottenere secondo gli standard FSC che PEFC. In particolare, si tratta di tracciare tutto il "percorso" dei materiali e/o prodotti attraverso tutte le fasi (approvvigionamento, lavorazione, commercio e distribuzione) tenendo in considerazione che il passaggio nelle varie fasi della filiera implica il cambiamento della proprietà legale del materiale e /o prodotto. È sufficiente che salti un solo anello della catena per rendere impossibile la vendita dello stesso, il tutto controllato e verificato da un organismo di Certificazione di parte terza indipendente. Un'azienda che ottiene la CoC fornisce al consumatore finale la garanzia che i materiali contenuti nei prodotti provengano da foreste gestite in modo sostenibile e responsabile. Il report PEFC Italia 2021 [25] riporta che ammontano a 134 le aziende italiane certificate per la Catena di Custodia secondo PEFC nel 2021, aggiungendosi alle 1179 del 2020 e determinando un incremento del 8,4%. I settori che hanno maggiormente contribuito all'incremento sono quelli della prima parte della filiera, ovvero le ditte boschive e le imprese per la produzione di legna da ardere e altri combustibili (pellet, cippato ecc.) e quello dell'edilizia (pannelli, pavimenti in legno, infissi ecc.).

Al 31 dicembre 2021 sono 3.178 i certificati di Catena di Custodia (CoC) secondo FSC attivi sul territorio nazionale, per un totale di oltre 4.000 siti produttivi coinvolti e una crescita del 12,2% che si aggiunge a quella di poco inferiore dei due anni precedenti (10%). [1].

3.5 Il Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione (PAN GPP)

Il Piano d'Azione Nazionale sul Green Public Procurement (PAN GPP) [28] per la sostenibilità ambientale definisce gli obiettivi nazionali, identifica le categorie di beni, servizi e lavori di intervento prioritarie per la riduzione degli impatti e ne definisce i 'Criteri Ambientali Minimi' (CAM) [29], in pratica è lo strumento che consente di sostituire prodotti o servizi esistenti con altri a minor impatto ambientale rendendo gli acquisti per la Pubbliche Amministrazioni più sostenibili dal punto di vista ambientale. Acquistare verde significa scegliere un prodotto o servizio anche sulla base degli impatti ambientali che questo può avere durante tutto il corso del suo ciclo di vita.

I bandi delle Pubbliche Amministrazioni che hanno applicato i criteri del Green Public Procurement sono disponibili per la consultazione [45] e possono essere confrontati per individuare i criteri ricorrenti per prodotti e servizi. Le indicazioni sugli appalti di nuova costruzione, ristrutturazione, manutenzione e riqualificazione energetica degli edifici e sulla gestione dei cantieri vengono forniti dai CAM edilizia entrati in vigore con il D.M. 11 ottobre 2017 [29]. I CAM edilizia impongono l'uso di materiali e tecniche a ridotto impatto ambientale, durante l'intero ciclo di vita dell'edificio (estrazione delle materie prime, produzione, utilizzo, smaltimento dei prodotti) ma non si applicano in contesti regolamentati da norme restrittive, ad esempio per parchi e riserve, piani paesistici, piani territoriali provinciali, urbanistici, piani edilizi comunali e di assetto idrogeologico. Per l'oggetto di studio del presente report, si riportano di seguito i CAM strettamente riguardanti i pavimenti in legno in edilizia [29]:

- **2.3 Specifiche tecniche dell'edificio – 2.3.5 Qualità ambientale interna – 2.3.5.5 Emissioni dei materiali:** pavimentazioni e rivestimenti in legno devono rispettare i limiti di emissione esposti nella tabella 8:

Tabella 8 - Limite di emissione per pavimentazione in legno secondo CAM [29]

Sostanza	Limite di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni
Benzene Triclorene (tirlina) di-2-etilestilftalato (DEHP) Dibutilftalato (DBP)	1 (per ogni stanza)
COV totali (22)	1500
Formaldeide	<60
Acetaldeide	<300
Toluene	<450
Tetracloroetilene	<350
Xilene	<300
1,2,4-Trimetilbenzene	<1500
1,4-diclorobenzene	<90
Etilbenzene	<1000
2-Buitossietanolo	<1500
Stirene	<350

(22) somma dei composti organici volatili eluizione avviene tra l'n-esano e l'n-esadecano compreso, che viene rilevata in base al metodo previsto dalla norma ISO 16000-6

- **2.4 Specifiche tecniche dei componenti edilizi – 2.4.2 Criteri specifici per i componenti edilizi – 2.4.2.3 Sostenibilità e legalità del legno:** per materiali e i prodotti costituiti di legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il materiale deve

provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato o un insieme dei due. Il tutto deve essere verificato attraverso certificazione rilasciata da organismi che garantiscano il controllo della catena di custodia o la tipologia di materiale riciclato (FSC, PEFC, ecc.).

- **2.6 Criteri di aggiudicazione (criteri premianti):** criteri con cui vengono attribuiti punteggi aggiuntivi nei bandi di gara e nei quali viene richiesto l'utilizzo di materiali da costruzione provenienti da materie prime rinnovabili per almeno il 20% e, cosa ancora più importante, da una distanza massima dal cantiere di 150 km (considerando tutte le fasi di trasporto della filiera produttiva), per almeno il 60% sul totale dei materiali utilizzati.

Quest'ultimo punto apre ancora una volta una riflessione sulla necessità di ottimizzare e rendere efficienti le filiere corte di approvvigionamento del legno-arredo. A questo proposito il Codice degli Appalti (DLGS_50/2016) "Criteri di aggiudicazione dell'appalto" art.95 c.13 [30] dichiara: *"Compatibilmente con il diritto dell'Unione europea e con i principi di parità di trattamento, non discriminazione, trasparenza, proporzionalità, le amministrazioni aggiudicatrici indicano nel bando di gara, nell'avviso o nell'invito, i criteri premiali che intendono applicare alla valutazione dell'offerta in relazione al maggior rating di legalità e di impresa dell'offerente, nonché per agevolare la partecipazione alle procedure di affidamento per le microimprese, piccole e medie imprese, per i giovani professionisti e per le imprese di nuova costituzione. Indicano altresì il maggior punteggio relativo all'offerta concernente beni, lavori o servizi che presentano un minore impatto sulla salute e sull'ambiente ivi inclusi i beni o prodotti da filiera corta o a chilometro zero"*. Per la complessità dei regolamenti in questo ambito, Assarredo, associazione di FederlegnoArredo che rappresenta i produttori di arredamento residenziale e commerciale, ha realizzato il portale "Arredo Technical Assistant" [31], un servizio online che permette alle aziende associate di orientarsi più facilmente nel mondo delle certificazioni e delle conformità tecniche sui prodotti, richieste nei principali Paesi di esportazione.

3.6 Etichette e certificazioni ambientali di prodotto

Le etichette ambientali di prodotto (o servizio), forniscono informazioni sulla sua performance ambientale complessiva, o su uno o più aspetti ambientali specifici dello stesso. Il marchio di qualità ecologica costituisce un'importante leva di marketing per le aziende in quanto, attraverso esso, è possibile indirizzare gli acquisti dei consumatori finali verso beni più rispettosi

dell'ambiente rendendoli più competitivi sul mercato e promuovendo al contempo un consumo responsabile.

I sistemi di etichettatura ambientale possono essere suddivisi in obbligatori o volontari. Le etichettature obbligatorie, nell'Unione Europea, vincolano produttori, utilizzatori, distributori e le altre parti in causa ad attenersi alle prescrizioni legislative. Il parquet rientra nella categoria di prodotti in cui sono più diffuse le etichettature volontarie.

Le etichette ambientali che considerano il ciclo di vita del prodotto (o suoi aspetti), possono essere distinte in tre tipologie, sulla base alle definizioni date dalle norme internazionali della serie ISO 14020:1999:

- Tipo I (ISO 14024): Etichette ecologiche sottoposte a certificazione esterna, i cui criteri sono definiti sulla base dell'impatto ambientale del ciclo di vita e per cui esistono dei valori soglia da rispettare (es. ECOLABEL europeo, Made Green Italy).
- Tipo II (ISO 14021): Etichette ecologiche basate su autodichiarazioni del produttore su caratteristiche ambientali specifiche del prodotto (es. contenuto di riciclato). Non è previsto un sistema di certificazione da parte terza.
- Tipo III (ISO 14025): Dichiarazioni ambientali basate su uno studio LCA secondo delle regole definite per ciascuna categoria di prodotto (PCR) per consentire il confronto degli aspetti ambientali di prodotti simili. Esse sono sottoposte a verifica di parte terza (es. EPD Environdec, EPDIItaly).

Nei paragrafi seguenti si descrivono brevemente le caratteristiche dell'Ecolabel Europeo e dell'EPD in quanto rappresentano due sistemi riconosciuti a livello europeo ed internazionale disponibili per il settore e di interesse anche per i CAM edilizia del GPP.

3.6.1 L'Ecolabel europeo

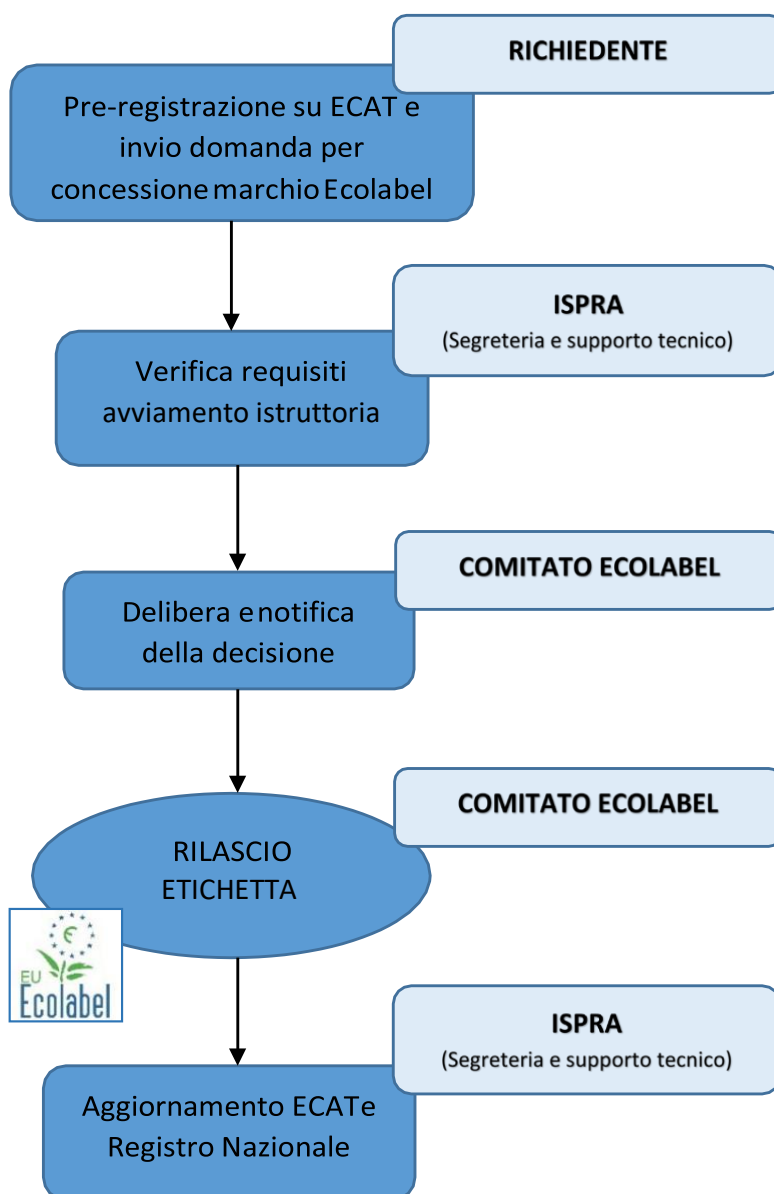
L'**Ecolabel** è il marchio europeo di certificazione ambientale a adesione volontaria di tipo I, nato nel 1992 con l'adozione del Regolamento CEE 880/92 e successivamente aggiornato con il nuovo Regolamento n. 1980 del 17 luglio 2000 [32]. È uno strumento di politica ambientale ed industriale volto ad incentivare la presenza sul mercato di prodotti "verdi" in quanto attesta che il prodotto ha un ridotto impatto ambientale nell'intero ciclo di vita. Questo marchio è importante sia perché premia l'eccellenza ambientale a livello europeo e sia perché è utilizzato spesso come mezzo di prova per la conformità di numerosi criteri contenuti nei CAM per i bandi verdi di fornitura della Pubblica Amministrazione (GPP), la cui applicazione in Italia è obbligatoria dal 18 aprile 2016 con D.Lgs. n 50 [33].

Nel 2009 la Commissione Europea introduceva i criteri disciplinanti 10 nuove categorie di prodotto per ottenere il marchio Ecolabel e tra questi vi era proprio: “Coperture a base di legno per pavimenti”. La Decisione (UE) 2017/176 [34] della Commissione del 25 gennaio stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio di qualità ecologica dell'UE (Ecolabel) ai rivestimenti del suolo a base di legno, sughero e bambù.

Il servizio Certificazioni Ambientale ISPRA (Istituto Superiore di ricerca Protezione e la Ricerca Ambientale) viene coinvolto nell'iter di certificazione del marchio Ecolabel perché effettua l'istruttoria ed esprime il proprio parere verso chi ne fa richiesta. Nella figura 3 viene indicato l'iter di certificazione Ecolabel [35].

Secondo i dati ISPRA [36] al 31 dicembre 2022 le licenze Ecolabel UE in vigore in Italia sono **398** per un totale di **13103** prodotti/servizi, distribuiti in **17** gruppi di prodotti; il gruppo di prodotti con il maggior numero di licenze Ecolabel UE in Italia è “Servizi di pulizia di ambienti interni” (135 licenze), seguito da “Strutture ricettive” (65 licenze) “Tessuto carta e prodotti in tessuto carta” (41 licenze). Dal punto di vista della ripartizione geografica a livello nazionale, emerge che il 62,1% delle licenze sono state rilasciate al Nord, il 21,4% nel Centro Italia e infine il 15,5% al Sud e isole. Le regioni italiane con il maggior numero di licenze Ecolabel UE totali (prodotti e servizi) sono: Lombardia (68 licenze), Piemonte (46) e Veneto (45 licenze). A livello italiano non risultano quindi licenze rilasciate per pavimenti in legno, mentre a livello europeo sono presenti 6 licenze per un totale di 1247 prodotti. In particolare, in Svezia esiste un solo produttore “Unilin BV, divisione Pavimentazione” con una licenza certifica 1241 prodotti, segue la Spagna con 2 licenze e 4 prodotti e la Germania con 2 licenze e 2 prodotti.

Figura 3 - Iter di certificazione per marchio Ecolabel [35]



La categoria dei pavimenti in legno comprende i rivestimenti per pavimenti interni sia per uso privato che professionale in legno, laminato, sughero e bambù composti per almeno l'80% da legno e materiali o fibre a base di sughero o bambù non contenenti fibre sintetiche in uno qualsiasi degli strati che lo compongono. I criteri non sono applicabili per rivestimenti murali, rivestimenti per esterni o rivestimenti con funzione strutturale e composti livellanti.

La piattaforma Ecolabel UE [37] mette a disposizione il Manuale d'uso Ecolabel, il Report tecnico Ecolabel per questa categoria di prodotti e le "Schede informative sui rivestimenti per pavimenti a base di legno, sughero e bambù" [38] che sintetizzano i cinque criteri essenziali che devono essere rispettati affinché i prodotti come il parquet possano ottenere la certificazione.

Di seguito si elencano i cinque criteri essenziali, seguendo l'ordine delle Factsheet, integrati con indicazioni più dettagliate riportate sul Regolamento (UE) 2017/176 [34] e del Manuale Tecnico Ecolabel Ispra [39].

- **Criterio 1: Origine del legno, sughero e bambù**

L'Ecolabel UE richiede che i materiali a base di legno, sughero e bambù usati nel prodotto o nella linea di produzione non provengano da Organismi Geneticamente Modificati (OGM) e qualora un sistema di certificazione consenta di mescolare materiali non certificati a materiali certificati e/o riciclati in un prodotto o in una linea di produzione, almeno il 70 % del legno, del sughero e/o del bambù deve provenire da materiali vergini certificati sostenibili e/o da materiali riciclati.

Per quanto riguarda i certificati sostenibili vengono riconosciute le certificazioni di catena di custodia (CoC) rilasciate da un ente di certificazione indipendente come il Forest Stewardship Council (FSC), il Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) o equivalente. Per quanto riguarda i materiali riciclati: il legno, i trucioli di legno o le fibre riciclate impiegati nella produzione di materiali a base di legno (input) devono rispettare i limiti indicati nella Tabella 9 (per truciolo di legno si intendono pezzetti di legno trattato post-consumo, derivati da processi di spezzettatura, frantumazione, segatura, ecc., provenienti, nella maggior parte dei casi, da segherie ed altri processi industriali simili). Si ricorda che il truciolo trasportato al produttore di pannelli è considerato come un rifiuto, soggetto quindi a regolari controlli normativi.

Tabella 9 – Limiti da rispettare per il materiale riciclato per pavimenti in legno [39]

Elementi e composti	Valori limite (mg/kg su pannello finito ed essiccato)
Arsenico	25
Cadmio	50
Cromo	25
Rame	40
Piombo	90
Mercurio	25
Fluoro	100
Cloro	1000
Pentaclorofenolo (PCP)	5
Olio di catrame	0,5

- ***Criterio 2: Utilizzo di sostanze e miscele pericolose***

Alcune sostanze presenti nei tradizionali rivestimenti per pavimenti possono causare rischi per la salute dei consumatori e dei lavoratori. L'Ecolabel UE [34] stabilisce rigide restrizioni sull'uso di sostanze chimiche, come i composti organici volatili (VOC), limitando così l'inquinamento indoor: il quantitativo applicato (pitture/vernici a umido) di VOC non deve superare 35 g/m² ovvero il contenuto di VOC nei prodotti vernicianti utilizzati non deve superare il 5% peso/peso (concentrazione della sostanza per prodotti in scatola). Inoltre, viene attentamente controllata la presenza di metalli pesanti nelle pitture e vernici utilizzate per i rivestimenti dei pavimenti: le pitture, i fondi o le vernici usati sul legno, sughero, bambù o sui materiali a base degli stessi non devono contenere sostanze a base di metalli (cadmio, piombo, cromo esavalente, mercurio, arsenico o selenio) in concentrazioni superiori allo 0,010 % (peso/peso per ciascun metallo presente nella preparazione di pittura, fondo o vernice in scatola). Non è consentito il trattamento dei pavimenti mediante biocidi, ritardanti di fiamma, composti organici alogenati (adesivi, leganti ecc.), aziridina e poliaziridina.

- ***Criterio 3: Emissione di formaldeide***

L'Ecolabel UE [34] richiede che le emissioni di formaldeide dei rivestimenti in legno rientranti in questa categoria siano inferiori al 50% del valore di classificazione E1 indicato nella norma **UNI EN 13986** allegato B [40].

- ***Criterio 4: Utilizzo di energia nel processo di produzione ed emissioni di carbonio***

Il processo produttivo per la realizzazione di rivestimenti per pavimenti può richiedere una notevole quantità di energia e generare elevate emissioni di carbonio. Il Manuale Tecnico Ecolabel ISPRA [39] propone una formula per il calcolo dell'energia consumata nel processo di produzione che tiene conto, oltre che del consumo effettivo di energia, anche della percentuale di materia prima proveniente da foreste certificate e di materiale riciclato. Il consumo di energia è calcolato come energia media annua consumata durante il processo di produzione (esclusi impianti di riscaldamento), dalla materia prima grezza al pavimento di copertura finito (comprese le attività di rivestimento e confezionamento). Il calcolo non comprende il contenuto energetico della materia prima. L'energia necessaria per la fabbricazione di adesivi e vernici o di rivestimenti non deve essere inclusa nei calcoli. L'unità di misura scelta per i calcoli è il MJ/m². Viene indicato con

“E score” il limite da rispettare che varia per legno, sughero e bambù e a sua volta se si tratta di legno massiccio o multistrato. Inoltre, si richiede che sia chiaramente indicata la percentuale di energia rinnovabile utilizzata durante il processo produttivo.

- ***Criterio 5: Produzione di rifiuti***

L'Ecolabel UE [34] richiede che i prodotti siano progettati in modo tale che possano essere facilmente smontati per essere riparati o correttamente smaltiti a fine vita. Per questo motivo i consumatori devono ricevere:

- informazioni sul sottogruppo cui appartiene il prodotto (rivestimento del suolo in legno massiccio o multistrato, sughero, mattonelle di sughero, bambù, pavimentazioni laminate ecc.), il quantitativo di legno, sughero o bambù nel prodotto finito (percentuale in peso) e l'eventuale necessità di un ulteriore trattamento superficiale presso l'utilizzatore;
- raccomandazioni e istruzioni relative alle migliori pratiche ambientali di posa (dove possibile si raccomanda la posa flottante). Se si raccomanda una posa incollata per ottenere una maggior durata, occorre includere una raccomandazione relativa al tipo di adesivo/colla certificati con un Ecolabel di tipo I o equivalente;
- raccomandazioni per il trattamento superficiale dei rivestimenti del suolo e delle pavimentazioni non trattati che richiedono un trattamento oleoso (per esempio olio o lacca) se si rende necessario per ottenere la durabilità desiderata;
- informazioni in merito al modo di prolungare la durata di vita utile delle pavimentazioni mediante il rinnovamento (per esempio levigatura e trattamento superficiale);
- informazioni pertinenti in merito alla pulizia ordinaria se applicabili al tipo di rivestimento del suolo, con un'indicazione dei prodotti di pulizia che hanno un Ecolabel di tipo I;
- istruzioni per la manutenzione, compresi i prodotti di manutenzione nonché i prodotti per il rinnovamento o la pulizia approfondita, si raccomandano prodotti di manutenzione che hanno un Ecolabel di tipo I;
- una dichiarazione esplicita con la quale si raccomanda la disponibilità di pezzi di ricambio;
- informazioni pertinenti relative ai termini e alle condizioni della garanzia di prodotto;
- una descrizione dettagliata dei modi migliori di smaltire il prodotto (per esempio riutilizzo, riciclo, recupero di energia ecc.), ordinandoli secondo il loro impatto ambientale.

3.6.2 Environmental Product Declaration (EPD)

L'EPD, conosciuta in Italia anche come DAP (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), rappresenta un'etichettatura di prodotto/servizio volontaria che si basa su una analisi di Life Cycle Assessment (LCA) e che permette di quantificare gli impatti ambientali (consumi energetici e di materie prime, produzione di rifiuti, emissioni in atmosfera e scarichi nei corpi idrici) del ciclo di vita di un prodotto/servizio, considerando le fasi che vanno “dalla culla alla tomba”, ovvero dall'estrazione delle materie prime necessarie alla creazione del prodotto fino alla dismissione, recupero ed allo smaltimento a fine vita. L'EPD è sviluppata conformemente alla norma ISO 14025 e alla UNI EN 15804:2019 e può essere applicata a tutte le tipologie di prodotti finiti ed intermedi presenti sul mercato.

Prevede una verifica di parte terza, seguita da un'eventuale certificazione da parte di figure accreditate. I sistemi maggiormente diffusi in Italia sono EPDIItaly [41] e International EPD System – Environdec [42], che è il primo e più grande programma EPD operativo al mondo.

La dichiarazione EPD contiene la quantificazione degli indicatori ambientali previsti dal sistema relativi all'unità funzionale.

Questo tipo di etichettatura, a differenza dell'Ecolabel, non si basa su dei valori soglia da rispettare, ma rappresenta una dichiarazione dei potenziali impatti del ciclo di vita del prodotto in oggetto. Affinché un'azienda possa certificare i propri prodotti/servizi con il marchio EPD è necessario che siano già presenti le Product Category Rules (PCR)- Regole di Categoria di Prodotto, che definiscono i principi e i requisiti per lo svolgimento dello studio LCA e la stesura dell'EPD di una specifica categoria di prodotti/servizi.

Si elencano di seguito i vantaggi che le aziende traggono grazie ad una certificazione EPD:

- può fornire un utile supporto nell'ottimizzazione dell'uso delle risorse nei processi produttivi (ed una conseguente riduzione dei costi), monitorando il miglioramento nel tempo delle prestazioni ambientali dei prodotti o servizi;
- valorizza il brand aziendale adottando una politica di trasparenza nei confronti degli stakeholders;
- contrasta il fenomeno del Greenwashing grazie alla certificazione di organismi indipendenti di parte terza che convalidano le informazioni comunicate;
- traccia in modo chiaro, trasparente ed oggettivo le prestazioni ambientali lungo la filiera produttiva;
- agevola lo scambio di informazioni a supporto degli “acquisti verdi” sia pubblici che privati;

- contribuisce all'ottenimento di crediti per i protocolli di sostenibilità;
- viene richiamata come mezzo di prova all'interno dei CAM per edilizia;
- garantisce trasparenza nella comunicazione ambientale lungo la filiera di produzione.

Nel settore privato, per gli edifici con certificazione LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), è previsto un punteggio calcolato sulla base del rispetto di diversi requisiti, tra cui la sostenibilità e la salubrità dei materiali che può essere attestato con prodotti certificati EPD (ad esempio nella versione LEED 4 l'edificio acquisisce un punto se almeno 20 prodotti impiegati sono dotati di EPD) [43].

L'EPD sta assumendo un ruolo sempre più importante nel settore dell'edilizia e i dati forniti da Eco Platform [44], l'associazione che riunisce i principali Program Operator europei (tra cui EPD Italy), lo confermano: i numeri delle certificazioni in questo settore sono raddoppiati nel giro di solo due anni. All'inizio del 2021, a livello mondiale si sono superate le 10.000 EPD pubblicate nel settore delle costruzioni, rispetto alle 5.000 del 2018. Per quanto riguarda l'Italia, EPDItaly, il Program Operator italiano, ha registrato in soli tre anni una crescita del 139%, passando da 46 EPD pubblicate nel 2018 alle 110 del 2020. La differenza tra il 2019 e il 2020 è decisamente notevole: in un solo anno le pubblicazioni sono cresciute del 47%.

Per quanto riguarda il mondo delle pavimentazioni in legno, nella tabella 10 vengono riportati alcuni esempi di certificazioni EPD relative al parquet.

Tabella 10 - EPD per rivestimenti in legno Parquet

Prodotto	Azienda	Sistema EPD	
Parquet multistrato con strato intermedio in pino/abete. Spessore: 13-15 mm	Kährs Group Sweden www.kahrs.com	Building Information Foundation RTS sr	https://www.kahrs.com
Parquet multistrato Spessore: 14 mm	Unilin BV Flooring Germany www.unilin.com	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)	https://epd-online.com

Parquet multistrato Spessore: 13 /14/22 mm	TARKETT France www.tarkett.com	The International EPD® System	https://www.environdec.com/library/epd1509
Parquet multistrato in abete/pino (14-15 mm)	Norrlands trä AB Sweden www.norrandstra.com	International EPD® System, Version 3.01	https://environdec.com/library/epd2655
Parquet in legno massiccio a 2 liste Dimensioni: 14 x 129 mm Parquet in legno massello a 2 liste Dimensioni: 22 x 129 mm	Junckers Industrier Denmark www.junckers.dk	EPD Danmark- Version 1.9	https://www.epddanmark.dk
Pavimenti in legno Collezione Garbellotto	Parchettificio Garbellotto S.r.l. Italy www.garbellotto.com	EPDItaly	https://www.epditaly.it/epd/pavimenti-in-legno-collezione-garbellotto/

L'unica realtà italiana ad avere una linea di parquet certificati EPD è il parchettificio Garbellotto di Cappella Maggiore di Treviso.

4 Gruppo di lavoro

In Tabella 11 è riportato il Gruppo di Lavoro (GdL) che ha contribuito al presente studio.

Tabella 11 - Gruppo di Lavoro dello studio di filiera

Nome	Ente/impresa	Tipologia	Sito web	Contatti
Flavio Scrucca (referente studio filiera parquet)	ENEA - Sezione supporto al coordinamento delle attività sull'economia circolare	Centro di ricerca	www.enea.it ; https://sostenibilita.enea.it/structure/sec	flavio.scrucca@enea.it
Flavia Frisone	ENEA – Laboratorio RISE	Centro di ricerca	www.enea.it ; https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise	flavia.frisone@enea.it
Caterina Rinaldi (coordinatrice Progetto Arcadia)	ENEA – Laboratorio RISE	Centro di ricerca	www.enea.it ; https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise	caterina.rinaldi@enea.it
Flavio Della Giustina	Parchettificio Garbelotto	Impresa	www.garbelotto.it	f.dellagiustina@garbelotto.it
Renzo De Nardi	Parchettificio Garbelotto	Impresa	www.garbelotto.it	renzodenardi@garbelotto.it
Daniela Gava	Parchettificio Garbelotto	Impresa	www.garbelotto.it	daniela@garbelotto.it
Paola De Luca	Parchettificio Garbelotto	Impresa	www.garbelotto.it	paola@garbelotto.it
Gaetano Milizia	Edilegnoarredo	Associazione di categoria	https://www.federlegnoarredo.it/it/associazioni/edilegnoarredo	Gaetano.Milizia@federlegnoarredo.it
Valentina Fantin (revisore)	ENEA – Laboratorio RISE	Centro di ricerca	www.enea.it ; https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise	valentina.fantin@enea.it

Da quasi settant'anni il Parchettificio Garbelotto [47] produce pavimenti in legno tradizionali e prefiniti di eccellenza dai quali traspare la grande attenzione per la salvaguardia e la valorizzazione dell'ambiente garantita dalla qualità controllata e certificata delle materie prime e delle sue lavorazioni. Il Parchettificio Garbelotto è un'azienda che opera con le più innovative tecniche di precisione, utilizzando macchinari all'avanguardia e producendo parquet di altissima qualità, impatto estetico, solidità e durata nel tempo. La collezione di parquet proposta da Garbelotto consiste in un catalogo di soluzioni adatte a qualsiasi ambiente, sia domestico che professionale, commerciale o industriale. In particolare, la Master Floor, nata nel 2007, è un'ala dell'azienda

dedicata alla produzione di pavimenti a listelle grandi, verniciate ad acqua, perfette per i progetti aziendali. Tra le proposte della collezione Garbelotto si possono scegliere parquet realizzati con diverse tipologie di legname di grande varietà di colori e forme che incontrano svariati gusti e necessità rendendo il parquet il rivestimento ideale per case o aziende senza alcuna limitazione e altamente competitivo con le altre tipologie di materiale per rivestimenti di pavimentazione.

L'azienda Garbelotto ha un grande rispetto verso la materia prima viva e rinnovabile del legno e lo dimostra non perdendo mai di vista l'attenzione e il rispetto per l'ambiente dalla scelta dei tronchi dai quali ottenere il legno, alla fase di produzione e di rifinitura: lavora utilizzando macchinari a basso impatto ambientale, centellinando risorse importanti come energia e acqua e cercando di ridurre al minimo qualsiasi tipo di spreco. I pavimenti in legno Garbelotto sono in linea con i principi della bioedilizia e realizzati seguendo tutte le normative CE, le vernici, le cere e gli oli utilizzati per la loro rifinitura finale sono naturali e atossici e si differenziano a livello mondiale sia per avere un rilascio di formaldeide 20 volte inferiore ai limiti imposti dalle regolamentazioni europee che per la scelta di orientarsi verso una filiera corta, infatti, l'intero ciclo produttivo si concentra all'interno degli stabilimenti in provincia di Treviso garantendo al mercato un prodotto al mercato un prodotto 100% made in Italy. L'innovazione nel rispetto della biocompatibilità e sostenibilità del prodotto ha reso il Parchettificio Garbelotto leader nel settore a livello mondiale e punto di riferimento per qualsiasi tipo di progetto a livello nazionale ed internazionale. L'azienda vanta numerosi brevetti e certificazioni ambientali che mirano da una parte a salvaguardare la salute dei collaboratori interni all'azienda per i quali viene assicurata la possibilità di lavorare in un ambiente salubre e dall'altra ad immettere nel mercato prodotti sicuri rispettosi sia delle persone che dell'ambiente. Oltre ad essere la prima realtà italiana ad avere una linea di parquet certificati EPD vanta un innovativo brevetto "Clip Up System": il nuovo sistema di posa ecosostenibile che ha cambiato il mondo della posa dei pavimenti in legno flottanti, grazie ad un sistema di clip che si inseriscono nella fresatura realizzata sotto le tavole dei prefiniti senza utilizzare colle o magneti. Il trend innovativo è stato riconosciuto anche dagli organizzatori del Domotex di Hannover [48], una delle più importanti fiere di settore a livello internazionale, che per tre anni consecutivi ha selezionato i prodotti Garbelotto riconoscendoli tra quelli più all'avanguardia presenti alla manifestazione: il giunto in PVC Hi-Tech nel 2015, la Spina Modulare nel 2016 e Clip Up System nel 2017 [47].

La partecipazione al progetto ARCADIA e il contributo allo studio di filiera da parte dell'azienda sono essenzialmente legati alla volontà di valutazione/miglioramento delle prestazioni ambientali

dei propri prodotti, anche in ottica di un possibile ottenimento di etichette ambientali (EPD, Made Green in Italy, ...), nonché alla visibilità nella banca dati e in altre iniziative di disseminazione legate alla partecipazione al progetto. Le aziende del settore, infatti, anche in virtù di un framework regolatorio sempre più sfidante, sono ormai consapevoli di doversi adeguare al processo di transizione ecologica, ottimizzando i processi produttivi e riducendo i costi all'interno dei propri stabilimenti, monitorando le prestazioni ambientali dei propri prodotti o servizi per rivolgersi ad un cliente finale sempre più attento ai vantaggi di scegliere materiali e prodotti ecosostenibili.

5 Ambito di applicazione dello studio

Il presente studio riguarda un pavimento in legno costituito da moduli di diverse dimensioni realizzato con un supporto in multistrato di betulla (7-9 strati incollati tra loro incollati per spessore variabile dai 6 ai 12 mm), rifiniti con una plancia di legno nobile (rovere o latifoglie, in spessore variabile dell'ordine di 3-4 mm). Legno multistrato di supporto e finitura in legno nobile sono tra loro incollati con colla poliuretanica ad alta tenuta e la parte inferiore del pavimento è appositamente lavorata con dei tagli per conferire maggiore flessibilità e stabilità al prodotto.

I dati alla base dello studio sono stati forniti da Parchettificio Garbelotto S.r.l. e riguardano i pavimenti in legno "Collezione Garbelotto", ovvero una linea di pavimentazioni in parquet standard che utilizza il sistema convenzionale con colla per il fissaggio al massello durante la posa in opera, negli spessori 9, 10, 12, 13, 14 e 16 mm. Le specie legnose prese come riferimento per le valutazioni sono il rovere, che costituisce la gran parte dei prodotti venduti a livello aziendale – ma anche la specie più rilevante a livello europeo e nazionale per questa tipologia di pavimentazioni [49] – e legni di latifoglie.

Lo studio LCA è stato sviluppato in conformità alle norme ISO 14040-14044 ([50], [51]), 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 [52].

5.1 Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento

L'unità funzionale (UF) adottata ai fini dello studio è **1 m² di pavimento in legno**, con finitura in legno nobile non specificato e avente spessore medio rappresentativo per tale tipologia di prodotto (11,7 mm, sulla base dei dati raccolti). Una UF espressa in termini di unità di superficie è normalmente impiegata nelle valutazioni LCA di prodotti le cui applicazioni hanno specifiche caratteristiche dimensionali quali, ad esempio, una prevalente estensione superficiale a fronte di

uno spessore dichiarato ed è anche in linea con le indicazioni dei documenti metodologici rilevanti per prodotti in legno e a base di legno per l'impiego nelle costruzioni [53] e prodotti analoghi [54]. I dettagli relativi alla UF scelta sono sintetizzati in Tabella 12.

Tabella 12 - Definizione unità funzionale

Aspetti chiave	Dettagli da chiarire	Definizione UF dello studio
<i>Funzione fornita</i>	<i>Che cosa?</i>	Pavimento in legno per finiture in edilizia
<i>La quantità della funzione fornita</i>	<i>Quanto?</i>	1 m ² di pavimento in legno (spessore medio rappresentativo per l'applicazione)
<i>Il livello di qualità della funzione atteso</i>	<i>Quanto bene la funzione viene espletata? (Non sempre applicabile/definibile)</i>	Caratteristiche tecniche conformi alla UNI EN 14342:2013
<i>La durata del prodotto</i>	<i>Per quanto tempo la funzione è espletata? (Non sempre applicabile/definibile)</i>	Non applicabile

5.2 Confini del sistema

In accordo alla PCR (Regola di Categoria di Prodotto) ICMQ-001/15 rev 2.1 relativa ai prodotti da costruzione [55], e come indicato nella EN 15804 [56], lo studio LCA svolto è di tipo “dalla culla al cancello + opzioni” e riguarda obbligatoriamente i Moduli A1-A3 della fase produttiva, a cui si è scelto di aggiungere anche gli impatti legati alla fase A5 di installazione (Tabella 13).

Il processo di produzione del pavimento in legno, in accordo ai dati a disposizione, è stato considerato come interamente realizzato a livello interno aziendale, ad eccezione di alcune fasi come la verniciatura e, in casi eccezionali, l'incollaggio che possono invece essere affidate a terzi locali.

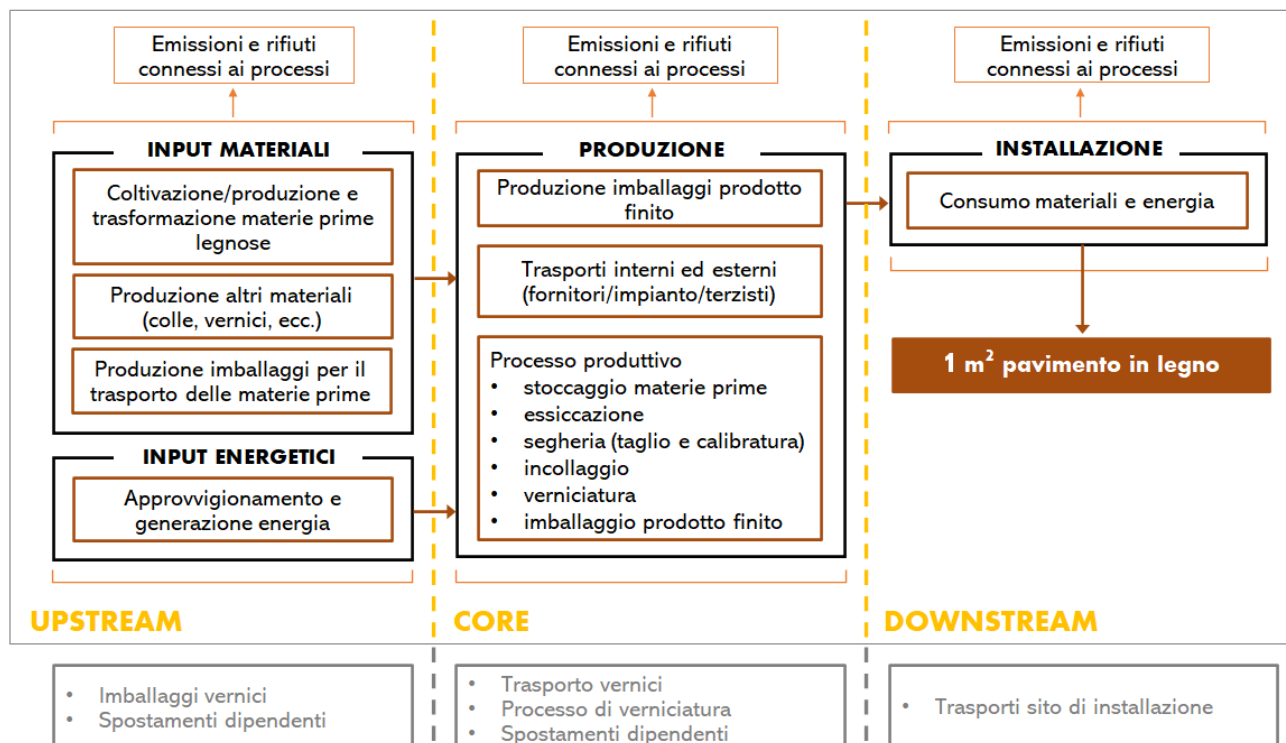
In Figura 4 è riportato il diagramma di flusso dello studio LCA del pavimento in legno. Si evidenzia che i trasporti e l'imballo delle vernici, così come il processo di verniciatura (è incluso l'impatto della produzione della vernice) e gli spostamenti dei dipendenti sono stati esclusi dall'analisi, secondo specifico criterio di cut-off (esclusioni totali < 5%). Le operazioni di trasporto verso il sito di installazione del prodotto finito sono state escluse dai confini del sistema. Le distanze in gioco, infatti possono variare anche significativamente da caso a caso e il calcolo una distanza media rappresentativa non è di facile realizzazione. Tale scelta, inoltre, è ritenuta particolarmente funzionale alla creazione di un dataset utilizzabile dall'utente finale a livello generale, andando ad inserire a parte i dettagli relativi alle operazioni di trasporto del proprio caso studio.

Tabella 13 – Moduli inclusi nello studio in relazione alle fasi del ciclo di vita dell'edificio

CICLO DI VITA DELL'EDIFICIO														INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		
Fase di Produzione			Fase di Costruzione		Fase di Uso							Fase di Fine Vita		Vantaggi e carichi oltre i confini del sistema		
Materie Prime	Trasporto	Produzione	Trasporto	Installazione	Uso	Manutenzione	Riparazione	Sostituzione	Ricondizionamento	Energia della fase d'uso	Consumo di acqua della fase d'uso	Demolizione	Trasporto	Processamento Rifiuti	Dismissione	Potenziale Riuso, Recupero e Riciclo
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 4 – Diagramma di flusso studio LCA pavimento in legno

CONFINI DEL SISTEMA – PAVIMENTO IN LEGNO



5.3 Assunzioni e giudizi di valore

La modellazione del sistema analizzato è stata eseguita facendo ricorso essenzialmente a due tipologie di dati, ovvero:

- dati primari sito-specifici, raccolti da Garbelotto nell'ambito di una precedente analisi LCA finalizzata all'ottenimento della certificazione ambientale di prodotto EPD e, pertanto, conformi ai requisiti di qualità e completezza richiesti a tal fine;
- dati secondari generici di settore e/o di letteratura, raccolti da varie fonti (ad es. report di settore, report di progetti preesistenti, studi LCA, Dichiarazioni Ambientali di Prodotto e altra bibliografia tecnico-scientifica, ecc.) e validati sulla base di opportuni criteri di equivalenza geografica (considerati sistemi simili italiani o al massimo europei), equivalenza tecnologica (considerati sistemi tecnologici paragonabili attraverso ricerche di letteratura) e equivalenza rispetto ai confini del sistema (considerati sistemi che prendono in considerazione input e output simili e fasi simili).

I dati di inventario relativi alle quantità fisiche di materiali impiegati nei diversi processi sono dunque da ritenersi ragionevolmente rappresentativi della filiera oggetto di studio.

La modellazione dei processi di trasporto è stata eseguita sulla base delle quantità fisiche (peso trasportato) e delle distanze percorse, ritenute anch'esse rappresentative delle diverse operazioni della 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 in parte calcolati o provenienti da letteratura, ma tutti controllati da esperti);
- buona la rappresentatività temporale dei dati (i dati si riferiscono a un periodo antecedente di 3 anni lo studio di filiera);
- buona la rappresentatività geografica dei dati (i dati riferiti a luoghi diversi da quello indicato nello studio di filiera, su base di giudizio esperto, sono del tutto rappresentativi del luogo geografico);
- molto buona la rappresentatività tecnologica dei dati (i dati descrivono in modo dettagliato la tecnologia attualmente presente sul mercato per la filiera di riferimento).

5.4 Gestione della multifunzionalità

Non sono individuabili specifici problemi di multifunzionalità per il prodotto oggetto di analisi nel presente studio di filiera. I dati alla base dello studio sono stati raccolti principalmente al livello di dettaglio del singolo prodotto oggetto di studio. Laddove ciò non è stato possibile, si è ricorso ad opportune procedure di allocazione (su base superficie) per la gestione delle “multifunzionalità interne” al processo produttivo, utilizzando a tale scopo informazioni di tipo primario fornite direttamente dalle aziende coinvolte nello studio (ad es. m² totali prodotti e m² delle specifiche finiture).

5.5 Revisione critica

La metodologia per gli studi di filiera del progetto Arcadia prevede una revisione critica degli studi LCA di filiera e dei rispettivi dataset, effettuata da revisori interni afferenti ad ENEA oppure da revisori esterni. La verifica dello studio LCA (dati raccolti, calcolati e stimati, modello LCA) assicura la conformità alle norme ISO 14040-44, mentre la validazione delle informazioni contenute nello studio valuta se i dati e le informazioni utilizzate nello studio sono consistenti, affidabili e tracciabili, e se i calcoli sono stati eseguiti correttamente. Nella verifica dello studio LCA e dei dataset viene valutato che essi siano completi, consistenti e conformi alle norme ISO; che le informazioni e i dati siano consistenti, affidabili e tracciabili.

Lo studio LCA è stato sottoposto a revisione critica interna, secondo la metodologia di revisione prevista dal progetto Arcadia. Il revisore ha stabilito che lo studio LCA risulta conforme alla metodologia ISO 14040-44 e alla “Metodologia per gli studi di filiera della Banca Dati italiana LCA”. Inoltre, il dataset sviluppato e i relativi metadati sono da ritenere corretti e coerenti con lo studio LCA.

5.6 Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti

È stato scelto di utilizzare come metodo valutazione degli impatti il metodo EF 3.0 [57], che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale [58] e che comprende caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione.

Per lo svolgimento dello studio è stato utilizzato il software SimaPro versione 9 [59] contenente la banca dati commerciale Ecoinvent 3.7.1 [60], da cui sono stati selezionati tutti i datasets utilizzati nella modellazione oltre a quelli della Banca Dati Italiana LCA del progetto Arcadia.

5.7 Informazioni ambientali aggiuntive

Gli impatti ambientali non direttamente valutabili tramite metodologia LCA caratteristici della filiera produttiva dei pavimenti in legno sono individuabili negli stessi impatti che contraddistinguono in generale l'industria della produzione e lavorazione del legno.

Per quanto riguarda la fase "upstream" della filiera, ovvero la fase di produzione della materia prima legno, in particolare, se la gestione del bosco da cui lo stesso proviene non è eseguita in maniera corretta, è possibile che l'attività di taglio provochi sfruttamento eccessivo dell'area e un disboscamento non controllato. Dati FAO piuttosto recenti [61] indicano che circa il 30% delle foreste mondiali (ovvero, circa 1,15 miliardi di ha) sia gestito principalmente per la produzione di prodotti forestali legnosi e non legnosi. Pertanto, per quanto a livello globale siano l'agricoltura e l'allevamento intensivi ad essere riconosciuti come la principale causa della deforestazione, anche il settore forestale ne può essere responsabile, attraverso la creazione di piantagioni e lo sfruttamento eccessivo del legname.

Gli impatti ambientali direttamente associati ad uno sfruttamento eccessivo della risorsa forestale sono, oltre alla riduzione dell'assorbimento di CO₂, la perdita di biodiversità e fertilità degli ecosistemi forestali. La fase "upstream" può però generare anche altri impatti ambientali non valutabili tramite l'LCA, quali ad esempio l'emissione di polveri e l'inquinamento diretto del suolo (ad es. per perdite di carburanti ed oli), o altri impatti di tipo estetico-paesaggistico, ma anche tali impatti, come i precedenti, possono essere considerati non rilevanti per la filiera se le operazioni associate alla produzione del legname sono svolte in modo adeguato.

I principali impatti non valutabili tramite LCA associati alla fase "core" della filiera (fase industriale vera e propria), oltre al rumore che in genere costituisce una problematica principalmente di sicurezza e salute dei lavoratori, sono invece riconducibili all'emissione in atmosfera di polveri e composti volatili. Le polveri di legno rappresentano la parte più fine (<20-30 µm) delle particelle che si generano dalle lavorazioni meccaniche delle fasi di "segheria" e "falegnameria", mentre i composti volatili (formaldeide, composti alogenati, solventi) derivano sostanzialmente dall'uso di prodotti chimici nei vari trattamenti previsti in alcune fasi del processo produttivo, quali l'incollaggio e la verniciatura. In tal caso, l'impiego di opportuni sistemi di aspirazione e filtrazione, che rispettino le normative di riferimento e i relativi limiti di emissione, consente di captare e filtrare adeguatamente i flussi gassosi rilasciati in atmosfera, senza particolari ripercussioni a livello ambientale.

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. I dataset che saranno creati a partire dal presente studio di filiera sono relativi alla produzione e posa in opera del prodotto, ovvero si riferiscono al medesimo in forma disponibile sul mercato (c.d. “market for”) senza includere 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 specifici del pavimento in legno.

Le operazioni di trasporto del prodotto finito verso il sito di installazione sono comunque oggetto di valutazione del presente studio ai fini di una analisi di sensitività mirata a valutarne il relativo effetto sui risultati complessivi di impatto.

7 Analisi di inventario

Dal momento che la fornitura dei dati primari utilizzati per lo studio è avvenuta nell’ambito di specifici accordi di riservatezza e, pertanto, tutti i relativi dettagli sono da considerarsi riservati e confidenziali, l’inventario (Tabella 14) è riportato in forma quanto più aggregata possibile, compatibilmente con le necessità di trasparenza e replicabilità dello studio LCA..

7.1 Assunzioni utilizzate nello studio

Le principali assunzioni alla base dello studio riguardano le materie prime legnose utilizzate nella realizzazione del prodotto finito. In particolare, al fine di analizzare un prodotto generico, ovvero un pavimento con finitura in legno nobile non specificato (scelta ritenuta funzionale alla creazione di un dataset utilizzabile dall’utente finale a livello generale anche in assenza di informazioni specifiche al riguardo), è stata considerata la seguente composizione di specie legnose superficiali:

- 85% legno di rovere;
- 15% legno di latifoglie.

Tale composizione è emersa dai dati di approvvigionamento delle specie legnose raccolti presso l’azienda coinvolta nel GdL ed è stata ritenuta funzionale alla modellazione di un prodotto medio “non specificato” rappresentativo per i pavimenti in legno.

Inoltre, non essendo possibile la raccolta di dati primari e potendo ritenere i processi di coltivazione delle piante, produzione e trasformazione del legname ragionevolmente “standardizzati” e approssimabili con dati secondari, la produzione delle materie prime legnose è stata modellata attraverso dati di background del database Ecoinvent. A seguito di una specifica analisi dei dataset presenti nel database per diverse specie legnose, la cui principale differenza è risultata essere legata alle esigenze di terreno e di acqua delle singole specie, si è deciso di:

- modellare il legno di rovere attraverso il processo Ecoinvent relativo alla quercia;
- utilizzare il processo Ecoinvent relativo alla coltivazione del faggio per le specie legnose assimilabili a foreste di latifoglie.

Tale scelta metodologica è stata ritenuta ragionevole e validata a seguito di verifica indipendente di parte terza anche nell’ambito delle precedenti certificazioni EPD ottenute da Garbelotto ed è quindi stata considerata, d’accordo con l’azienda e il GdL, idonea ai fini dello studio.

Per quanto riguarda la colla poliuretanica utilizzata per l’incollaggio di multistrato in betulla e finitura in legno nobile, in assenza di informazioni di dettaglio e, quindi, nell’impossibilità di una modellazione puntuale con dati specifici, si è assunto di approssimare il quantitativo totale utilizzato con il processo rappresentativo della sostanza *Methylene diphenyl diisocyanate*. Tale assunzione è evidentemente cautelativa e potrebbe portare ad una sovrastima degli impatti; è stato tuttavia verificato che tale processo influisce per il 3-4% per la quasi totalità delle categorie di impatto e, dunque, l’approssimazione è stata ritenuta ragionevole.

Altra assunzione rilevante adottata ai fini dello studio riguarda i consumi energetici e, in particolare, i consumi di energia termica per il riscaldamento e la fase di essiccazione del processo produttivo. Sulla base dei dati raccolti e di un confronto interno al GdL, infatti, è stata ritenuta rappresentativa della filiera una situazione in cui tale energia è generata attraverso il materiale legnoso di scarto (segatura raccolta dall’impianto di aspirazione) prodotto dal processo che alimenta una caldaia a biomassa dedicata. La generazione dell’energia termica è stata pertanto considerata come prodotta dal riutilizzo della segatura di scarto, tramite uno specifico processo di gestione di tale flusso di rifiuti relativo al trattamento della stessa per il recupero energetico.

Per i consumi di energia elettrica è invece stato considerato l’approvvigionamento esclusivamente dalla rete nazionale trascurando l’autoproduzione in sito da fonti rinnovabili (ad es. impianti fotovoltaici in copertura presso gli stabilimenti produttivi), nonostante questa possa rappresentare una possibilità di approvvigionamento dell’energia da parte delle aziende della filiera.

Per la modellazione delle operazioni di trattamento dei rifiuti è stato utilizzato l'approccio generale stabilito ai fini delle dichiarazioni ambientali di prodotto dell'International EPD System [62], secondo cui il produttore dei rifiuti è ritenuto responsabile degli impatti ambientali associati fino al punto in cui essi hanno valore economico negativo (ovvero, fino a quando essi cessano di essere qualificati come rifiuti). In accordo a tale approccio, nell'ambito del presente studio, ai materiali destinati a riciclo sono stati attribuiti i processi di raccolta e trasporto, escludendo i successivi trattamenti per la produzione di materiale riciclato/secondario e i benefici ambientali derivanti dal suo utilizzo (i processi successivi alla cessazione di qualifica come rifiuto sono attribuiti ai sistemi prodotto che utilizzano il materiale riciclato).

7.2 Descrizione e documentazione processi unitari

Nella seguente Tabella 14 è riportata una breve descrizione di tutti i flussi/processi coinvolti nel ciclo di vita del prodotto oggetto di studio, nonché tutti i dati relativi ai processi unitari utilizzati nello studio di filiera e l'identificazione della banca dati e dei relativi dataset di riferimento.

Tabella 14 – Dati di inventario utilizzati per lo studio del pavimento in legno (UF: 1 m²)

Flussi/processi in input	Valore	Unità di misura	Dataset di riferimento	Banca dati
Supporto multistrato in betulla	1,45E-02	m ³	plywood {RER} plywood production Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Legno nobile di rovere	3,85E-03	m ³	Sawlog and veneer log, hardwood, measured as solid wood under bark {RoW} hardwood forestry, oak, sustainable forest management Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Legno nobile di latifoglie	6,80E-04	m ³	Sawlog and veneer log, hardwood, measured as solid wood under bark {RoW} hardwood forestry, beech, sustainable forest management Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Sostanze chimiche	1,00E-01	kg	Methylene diphenyl diisocyanate {RER} market for methylene diphenyl diisocyanate Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	3,00E-01	kg	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} market for alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	1,20E+00	kg	Epoxy resin, liquid {RER} market for epoxy resin, liquid Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Imballaggi	7,49E-02	kg	Corrugated board box {RER} market for corrugated board box Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	1,83E-02	kg	Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.7

	6,17E-03	kg	Polypropylene, granulate {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Risorse/energia	5,57E+00	kWh	Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	1,25E-01	kWh	Electricity, low voltage {IT} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Trasporti	2,65E+01	t*km	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro4 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	4,58E+00	t*km	Transport, freight, sea, container ship {GLO} market for transport, freight, sea, container ship Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
Flussi/processi in output	Valore	Unità di misura	Dataset di riferimento	Banca dati
Pavimento in legno non specificato	1	m ²	Wooden floor, hardwood finishing, at production, unspecified	-
Rifiuti	4,43E+00	kg	Waste wood, untreated {IT} market for waste wood, untreated Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	9,14E-03	kg	Waste plastic, mixture {IT} market for waste plastic, mixture Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	7,33E-01	kg	Waste wood, untreated {RoW} heat production, untreated waste wood, at furnace 1000-5000 kW Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	4,50E-03	kg	Waste paperboard {IT} market for waste paperboard Cut-off, U	Ecoinvent 3.7
	7,00E-01	kg	Waste graphical paper {IT} market for waste graphical paper Cut-off, U	Ecoinvent 3.7

7.3 Sviluppo dei datasets

Il dataset sviluppato a seguito del presente studio, sulla base di dati solidi principalmente di tipo primario caratterizzati da una rappresentatività molto buona, si riferisce ad un “pavimento in legno non specificato”, ovvero ad un pavimento in legno costituito da un supporto in multistrato di betulla con una finitura in legno nobile di specie legnosa generica.

A partire da tale dataset principale, in quanto ritenuti di interesse generale per la filiera del legno e per i possibili utenti della banca dati, sono stati derivati altri due dataset che fanno riferimento a:

- Pavimento in legno di rovere;
- Pavimento in legno di latifoglie.

Per la costruzione di tali dataset sono stati utilizzati gli stessi dati di inventario del dataset principale (Tabella 14), con differenze esclusivamente associate ai dati relativi alla tipologia di

specie legnosa nobile utilizzata per la finitura del pavimento in legno e ai dati di approvvigionamento delle specie legnose.

In particolare, per il “pavimento in legno di rovere”, la finitura superficiale è stata ovviamente assunta come realizzata con solo legno di rovere (non 85% rovere e 15% latifoglie) trasportato esclusivamente via terra, essendo emersa tale evidenza dai dati di approvvigionamento delle specie legnose raccolti presso l’azienda coinvolta nel GdL.

Per il “pavimento legno di latifoglie”, invece, la finitura superficiale è stata considerata come realizzata esclusivamente con legno di latifoglie (non 85% rovere e 15% latifoglie), il cui approvvigionamento avviene analogamente al caso del dataset principale sia via terra che via mare (evidenza dai dati primari raccolti).

Ai fini della modellazione all’interno del software di calcolo non è stata apportata alcuna modifica e, pertanto, sono rimasti invariati sia i processi Ecoinvent utilizzati per approssimare le specie legnose (quercia nel caso di pavimento in legno di rovere, faggio nel caso di pavimento in legno di latifoglie) che quelli impiegati per i mezzi di trasporto.

A seguito di queste modifiche minime ai dati di inventario è stato possibile osservare uno scostamento non rilevante nei risultati della valutazione di impatto, con evidenze del tutto analoghe per quanto riguarda fasi del ciclo di vita, processi e flussi elementari significativi. Per tale ragione, al fine di non appesantire il report ripetendo le informazioni già fornite in fase di interpretazione dei risultati, le evidenze relative ai due “dataset derivati” sono riportate esclusivamente in allegato.

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 utilizzare il metodo valutazione degli impatti il metodo EF 3.0 [57] e i risultati delle fasi appena descritte in riferimento al prodotto oggetto di studio sono riportati nei paragrafi successivi. Nella presentazione dei risultati, per le fasi di normalizzazione e pesatura sono state considerate esclusivamente le categorie di impatto per le quali all'interno del metodo EF 3.0 sono presenti i rispettivi fattori di calcolo (escludendo così tutte quelle categorie per cui si sarebbe osservato un valore pari a zero a causa dell'assenza dei fattori di normalizzazione e pesatura).

Si evidenzia che i risultati ottenuti dalla fase di normalizzazione, che riflettono gli oneri imputabili al prodotto oggetto di studio rispetto all'unità di riferimento, sono adimensionali e, nell'ambito dello specifico metodo di calcolo degli impatti, i fattori di normalizzazione sono espressi pro capite sulla base di un valore globale.

8.1 Caratterizzazione

In Tabella 15 sono riportati i risultati per ciascuna categoria di impatto, sia complessivi che per fasi del ciclo di vita (UPSTREAM, CORE, DOWNSTREAM), per la fase di caratterizzazione, mentre in Figura 5 è possibile osservare i diversi contributi all'impatto totale per tale fase.

Tabella 15 – Pavimento in legno - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

Categoria di impatto	Unità di misura	TOT	UPSTREAM	CORE	DOWNSTREAM
1 Climate change	kg CO2 eq	2,17E+01	9,50E+00	3,59E+00	8,58E+00
2 Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,05E-06	1,20E-06	3,77E-07	1,47E-06
3 Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,18E+00	2,18E+00	3,24E-01	6,76E-01
4 Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,22E-01	7,49E-02	1,02E-02	3,71E-02
5 Particulate matter	disease inc.	1,88E-06	1,34E-06	8,52E-08	4,52E-07
6 Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,98E-07	2,66E-07	3,17E-08	1,00E-07
7 Human toxicity, cancer	CTUh	9,06E-08	7,73E-08	1,44E-09	1,19E-08
8 Acidification	mol H+ eq	1,40E-01	8,62E-02	1,49E-02	3,93E-02
9 Eutrophication, freshwater	kg P eq	7,47E-03	4,69E-03	6,49E-04	2,14E-03
10 Eutrophication, marine	kg N eq	4,01E-02	2,53E-02	5,26E-03	9,58E-03
11 Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,99E-01	2,60E-01	3,72E-02	1,02E-01
12 Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,39E+02	3,70E+02	6,39E+01	3,05E+02

13	Land use	Pt	2,25E+03	2,18E+03	1,22E+01	5,92E+01
14	Water use	m3 depriv.	1,85E+01	1,40E+01	1,36E+00	3,12E+00
15	Resource use, fossils	MJ	3,80E+02	1,84E+02	4,23E+01	1,54E+02
16	Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,82E-04	9,52E-05	6,45E-06	8,02E-05
17	Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,03E+01	8,94E+00	2,80E+00	8,56E+00
18	Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,52E-01	4,26E-02	7,93E-01	1,65E-02
19	Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	5,23E-01	5,18E-01	9,30E-04	4,93E-03
20	Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,00E-08	1,11E-08	1,81E-09	7,01E-09
21	Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	2,06E-07	1,70E-07	8,67E-09	2,79E-08
22	Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	2,10E-07	1,21E-07	2,16E-08	6,67E-08
23	Human toxicity, cancer - organics	CTUh	8,07E-08	7,08E-08	8,16E-10	9,16E-09
24	Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
25	Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,86E-09	6,53E-09	6,19E-10	2,71E-09
26	Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	1,67E+02	2,97E+01	4,64E-01	1,36E+02
27	Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	8,99E+01	2,90E+01	4,39E+00	5,65E+01
28	Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	4,82E+02	3,11E+02	5,91E+01	1,12E+02

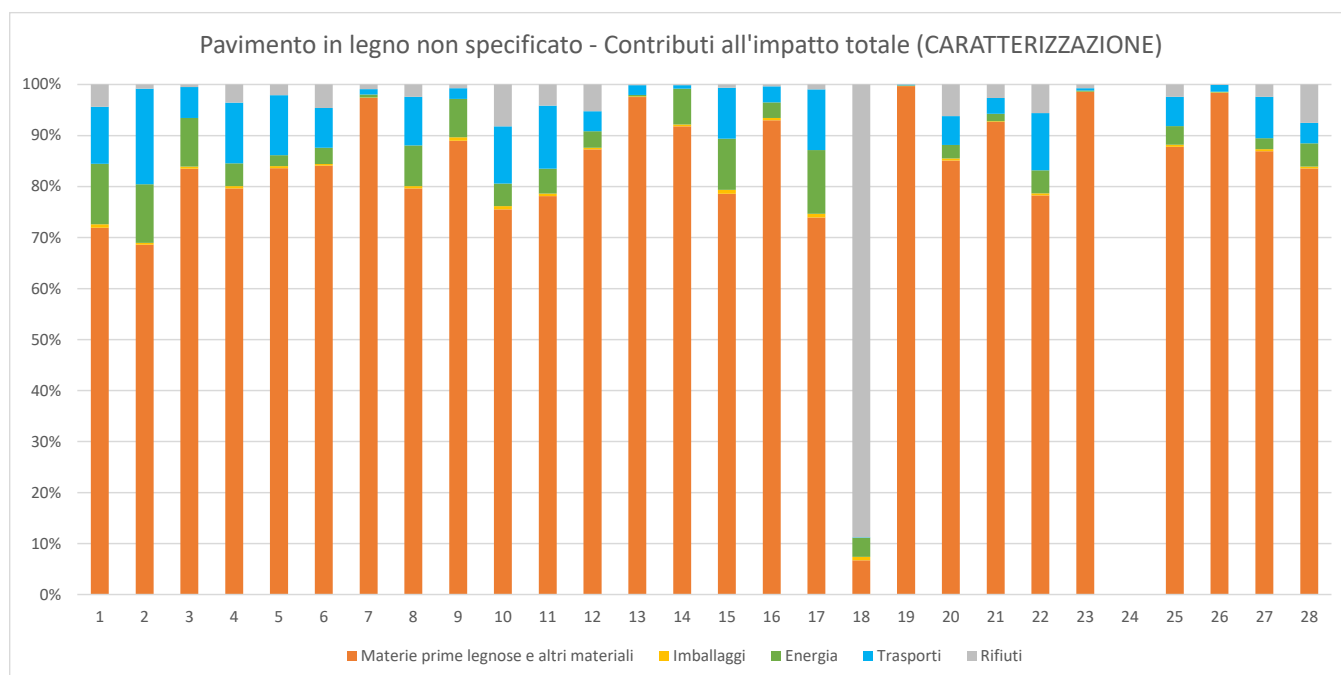


Figura 5 – Pavimento in legno - Caratterizzazione: contributi all'impatto totale (UF: 1 m²)

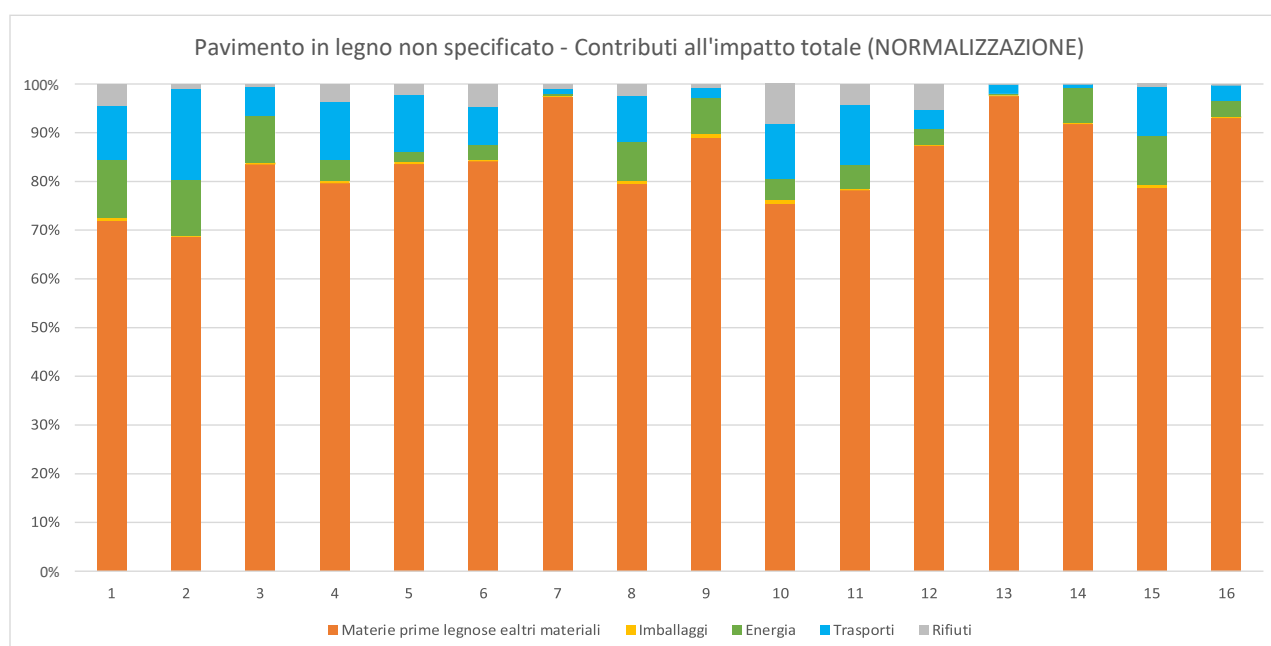
8.2 Normalizzazione

In Tabella 16 sono riportati i risultati per ciascuna categoria di impatto, sia complessivi che per fasi del ciclo di vita (UPSTREAM, CORE, DOWNSTREAM), per la fase di normalizzazione, mentre in Figura 6 è possibile osservare i diversi contributi all'impatto totale per tale fase.

Tabella 16 – Pavimento in legno - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

Categoria di impatto		Unità di misura	TOT	UPSTREAM	CORE	DOWNSTREAM
1	Climate change	-	2,68E-03	1,17E-03	4,44E-04	1,06E-03
2	Ozone depletion	-	5,68E-05	2,23E-05	7,03E-06	2,75E-05
3	Ionising radiation	-	7,54E-04	5,17E-04	7,68E-05	1,60E-04
4	Photochemical ozone formation	-	3,01E-03	1,85E-03	2,51E-04	9,14E-04
5	Particulate matter	-	3,16E-03	2,26E-03	1,43E-04	7,59E-04
6	Human toxicity, non-cancer	-	1,73E-03	1,16E-03	1,38E-04	4,37E-04
7	Human toxicity, cancer	-	5,36E-03	4,57E-03	8,49E-05	7,02E-04
8	Acidification	-	2,53E-03	1,55E-03	2,68E-04	7,07E-04
9	Eutrophication, freshwater	-	4,65E-03	2,92E-03	4,04E-04	1,33E-03
10	Eutrophication, marine	-	2,05E-03	1,29E-03	2,69E-04	4,90E-04
11	Eutrophication, terrestrial	-	2,26E-03	1,47E-03	2,11E-04	5,76E-04
12	Ecotoxicity, freshwater	-	1,73E-02	8,66E-03	1,50E-03	7,14E-03
13	Land use	-	2,75E-03	2,66E-03	1,49E-05	7,22E-05
14	Water use	-	1,61E-03	1,22E-03	1,18E-04	2,72E-04
15	Resource use, fossils	-	5,84E-03	2,82E-03	6,50E-04	2,37E-03
16	Resource use, minerals and metals	-	2,86E-03	1,50E-03	1,01E-04	1,26E-03

Figura 6 – Pavimento in legno - normalizzazione: contributi all'impatto totale (UF: 1 m²)



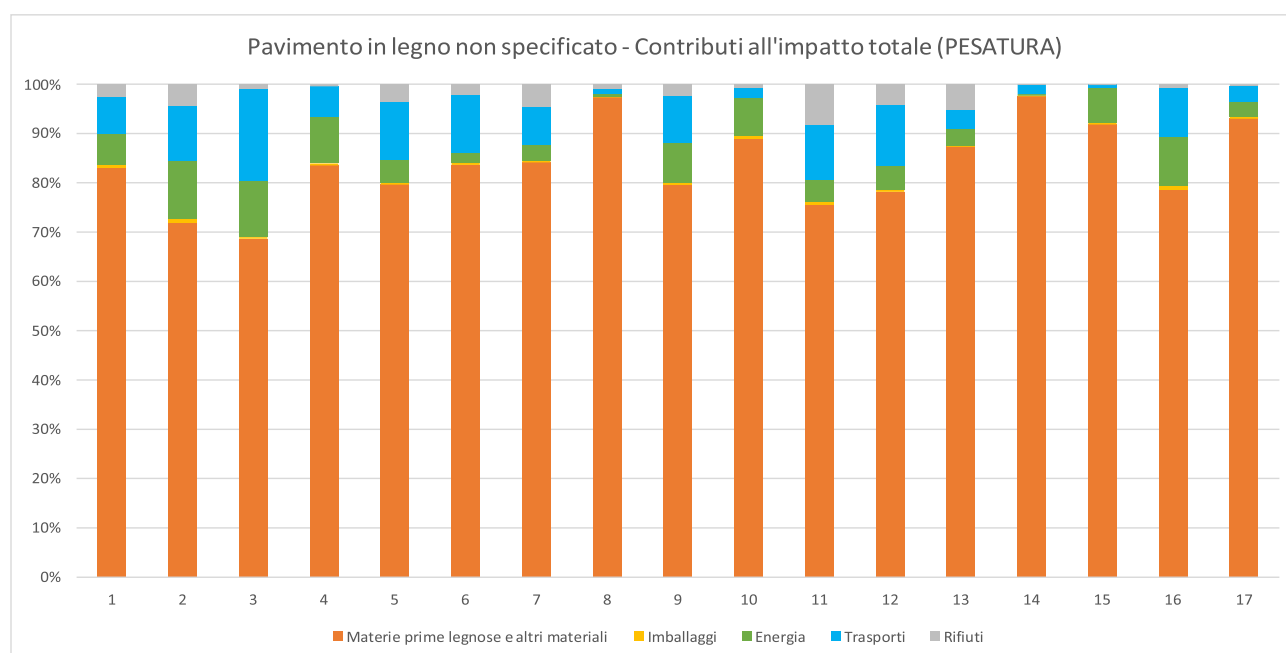
8.3 Pesatura

In Tabella 16 sono riportati i risultati per ciascuna categoria di impatto, sia complessivi che per fasi del ciclo di vita (UPSTREAM, CORE, DOWNSTREAM), per la fase di pesatura, mentre in Figura 67 è possibile osservare i diversi contributi all'impatto totale per tale fase.

Tabella 17 – Pavimento in legno - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

Categoria di impatto		Unità di misura	TOT	UPSTREAM	CORE	DOWNSTREAM
1	Climate change	Pt	3,00E-03	1,78E-03	2,72E-04	9,42E-04
2	Ozone depletion	Pt	5,64E-04	2,47E-04	9,35E-05	2,23E-04
3	Ionising radiation	Pt	3,58E-06	1,41E-06	4,44E-07	1,73E-06
4	Photochemical ozone formation	Pt	3,78E-05	2,59E-05	3,85E-06	8,03E-06
5	Particulate matter	Pt	1,44E-04	8,82E-05	1,20E-05	4,37E-05
6	Human toxicity, non-cancer	Pt	2,83E-04	2,02E-04	1,28E-05	6,80E-05
7	Human toxicity, cancer	Pt	3,19E-05	2,13E-05	2,54E-06	8,04E-06
8	Acidification	Pt	1,14E-04	9,74E-05	1,81E-06	1,50E-05
9	Eutrophication, freshwater	Pt	1,57E-04	9,62E-05	1,66E-05	4,38E-05
10	Eutrophication, marine	Pt	1,30E-04	8,16E-05	1,13E-05	3,72E-05
11	Eutrophication, terrestrial	Pt	6,08E-05	3,83E-05	7,96E-06	1,45E-05
12	Ecotoxicity, freshwater	Pt	8,37E-05	5,45E-05	7,82E-06	2,14E-05
13	Land use	Pt	3,32E-04	1,66E-04	2,88E-05	1,37E-04
14	Water use	Pt	2,18E-04	2,11E-04	1,18E-06	5,73E-06
15	Resource use, fossils	Pt	1,37E-04	1,04E-04	1,01E-05	2,32E-05
16	Resource use, minerals and metals	Pt	4,86E-04	2,35E-04	5,41E-05	1,97E-04

Figura 7 – Pavimento in legno - Pesatura: contributi all'impatto totale (UF: 1 m²)



8.4 Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività svolta nell'ambito del presente studio ha riguardato la fase di installazione del prodotto finito e, in particolare, le operazioni di trasporto verso la destinazione finale di uso del pavimento in legno e la scelta di una colla differente per la posa in opera del medesimo, visti i diversi prodotti impiegabili a tal fine e la loro rilevanza in termini di impatto ambientale.

Nel dettaglio, ai fini dell'analisi di sensitività sulle operazioni di trasporto, si è considerato che questa avvenga attraverso una prima fase di consegna al rivenditore territoriale del prodotto e una seconda fase di trasporto dal rivenditore al sito di installazione e costruiti due differenti scenari adottando le seguenti ipotesi:

- Scenario 1
 - Distanza stabilimento produttivo - rivenditore: 100 km
 - Distanza rivenditore – sito di installazione: 50 km
- Scenario 2
 - Distanza stabilimento produttivo - rivenditore: 550 km
 - Distanza rivenditore – sito di installazione: 50 km

Ai fini del calcolo dei pesi trasportati, inoltre, si sono considerati i seguenti dati medi rappresentativi ottenuti da letteratura ([63], [64]):

- Peso specifico legno di betulla: 650 kg/m³;
- Peso specifico legno di rovere: 750 kg/m³;
- Peso specifico legno di latifoglie: 720 kg/m³.

Nell'implementazione dei due scenari relativi alle operazioni di trasporto all'interno di SimaPro sono stati utilizzati i seguenti dataset:

- *Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro4 {RER}| market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 | Cut-off, U* (per il trasporto verso il rivenditore);
- *Transport, freight, light commercial vehicle {Europe without Switzerland}| market for transport, freight, light commercial vehicle | Cut-off, U* (per il trasporto verso il sito di installazione).

Per quanto riguarda invece la colla utilizzata per la posa in opera del pavimento in legno, ai fini dell'analisi di sensitività, si è considerata la sostituzione della colla epossidica utilizzata nello studio di filiera di "base" con una colla poliuretanic, considerando invariato il quantitativo in kg/m²

necessario all'installazione. Il dataset utilizzato nell'implementazione dello scenari all'interno di SimaPro è *polyurethane adhesive {GLO}| market for polyurethane adhesive | Cut-off, U*.

I risultati dell'analisi di sensitività sono riportati nelle seguenti Tabelle 17, 18 e 19.

Tabella 18 – Analisi di sensitività sui trasporti - Scenario 1 (UF: 1m²)

	Categoria di impatto	Unità di misura	Studio di filiera	Scenario 1	Variazione
1	Climate change	kg CO2 eq	2,17E+01	2,36E+01	+9%
2	Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,05E-06	3,44E-06	+13%
3	Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,18E+00	3,36E+00	+5%
4	Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,22E-01	1,33E-01	+9%
5	Particulate matter	disease inc.	1,88E-06	2,04E-06	+8%
6	Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,98E-07	4,24E-07	+7%
7	Human toxicity, cancer	CTUh	9,06E-08	9,31E-08	+3%
8	Acidification	mol H+ eq	1,40E-01	1,50E-01	+7%
9	Eutrophication, freshwater	kg P eq	7,47E-03	7,72E-03	+3%
10	Eutrophication, marine	kg N eq	4,01E-02	4,33E-02	+8%
11	Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,99E-01	4,33E-01	+9%
12	Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,39E+02	7,65E+02	+4%
13	Land use	Pt	2,25E+03	2,26E+03	+1%
14	Water use	m3 depriv.	1,85E+01	1,86E+01	+1%
15	Resource use, fossils	MJ	3,80E+02	4,08E+02	+7%
16	Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,82E-04	2,06E-04	+13%
17	Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,03E+01	2,22E+01	+9%
18	Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,52E-01	8,54E-01	0%
19	Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	5,23E-01	5,25E-01	0%
20	Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,00E-08	2,10E-08	+5%
21	Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	2,06E-07	2,18E-07	+6%
22	Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	2,10E-07	2,23E-07	+6%
23	Human toxicity, cancer - organics	CTUh	8,07E-08	8,24E-08	+2%
24	Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	
25	Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,86E-09	1,07E-08	+9%
26	Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	1,67E+02	1,68E+02	+1%
27	Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	8,99E+01	9,60E+01	+7%
28	Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	4,82E+02	2,36E+01	+4%

Tabella 19 – Analisi di sensitività sui trasporti - Scenario 2 (UF: 1m²)

	Categoria di impatto	Unità di misura	Studio di filiera	Scenario 2	Variazione
1	Climate change	kg CO2 eq	2,17E+01	2,66E+01	+23%
2	Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,05E-06	4,09E-06	+34%
3	Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,18E+00	3,61E+00	+14%
4	Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,22E-01	1,47E-01	+21%

5	Particulate matter	disease inc.	1,88E-06	2,20E-06	+17%
6	Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,98E-07	4,60E-07	+16%
7	Human toxicity, cancer	CTUh	9,06E-08	9,49E-08	+5%
8	Acidification	mol H+ eq	1,40E-01	1,64E-01	+17%
9	Eutrophication, freshwater	kg P eq	7,47E-03	8,02E-03	+7%
10	Eutrophication, marine	kg N eq	4,01E-02	4,79E-02	+19%
11	Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,99E-01	4,83E-01	+21%
12	Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,39E+02	8,04E+02	+9%
13	Land use	Pt	2,25E+03	2,29E+03	+2%
14	Water use	m3 depriv.	1,85E+01	1,88E+01	+2%
15	Resource use, fossils	MJ	3,80E+02	4,53E+02	+19%
16	Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,82E-04	2,25E-04	+24%
17	Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,03E+01	2,52E+01	+24%
18	Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,52E-01	8,55E-01	0%
19	Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	5,23E-01	5,26E-01	+1%
20	Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,00E-08	2,25E-08	+13%
21	Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	2,06E-07	2,26E-07	+10%
22	Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	2,10E-07	2,49E-07	+19%
23	Human toxicity, cancer - organics	CTUh	8,07E-08	8,31E-08	+3%
24	Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	
25	Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,86E-09	1,18E-08	+20%
26	Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	1,67E+02	1,71E+02	+2%
27	Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	8,99E+01	1,07E+02	+19%
28	Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	4,82E+02	5,26E+02	+9%

Tabella 20 – Analisi di sensitività sulla posa in opera (UF: 1 m²)

	Categoria di impatto	Unità di misura	Studio di filiera	Installazione con colla poliuretanic	Variazione
1	Climate change	kg CO2 eq	2,17E+01	2,25E+01	+4%
2	Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,05E-06	3,02E-06	-1%
3	Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,18E+00	3,05E+00	-4%
4	Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,22E-01	1,27E-01	+4%
5	Particulate matter	disease inc.	1,88E-06	2,17E-06	+15%
6	Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,98E-07	1,02E-06	+155%
7	Human toxicity, cancer	CTUh	9,06E-08	1,51E-07	+67%
8	Acidification	mol H+ eq	1,40E-01	1,51E-01	8%
9	Eutrophication, freshwater	kg P eq	7,47E-03	7,43E-03	-1%
10	Eutrophication, marine	kg N eq	4,01E-02	4,57E-02	+14%
11	Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,99E-01	4,20E-01	+5%
12	Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,39E+02	9,80E+02	+33%
13	Land use	Pt	2,25E+03	2,25E+03	0%
14	Water use	m3 depriv.	1,85E+01	2,11E+01	+14%
15	Resource use, fossils	MJ	3,80E+02	3,92E+02	+3%

16	Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,82E-04	1,79E-04	-2%
17	Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,03E+01	2,11E+01	+4%
18	Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,52E-01	8,77E-01	+3%
19	Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	5,23E-01	5,23E-01	0%
20	Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,00E-08	5,08E-08	+155%
21	Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	2,06E-07	7,80E-07	+279%
22	Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	2,10E-07	2,22E-07	+6%
23	Human toxicity, cancer - organics	CTUh	8,07E-08	1,40E-07	+74%
24	Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	
25	Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,86E-09	1,06E-08	+8%
26	Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	1,67E+02	1,77E+02	+6%
27	Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	8,99E+01	2,98E+02	231%
28	Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	4,82E+02	5,05E+02	+5%

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 alla possibilità di fornire delle raccomandazioni sulla base degli stessi risultati.

Nel complesso, lo studio di impatto ambientale può essere ritenuto completo e ragionevolmente rappresentativo per la filiera, in quanto basato su dati di buona qualità. 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

A Dai risultati della valutazione degli impatti e in particolare della fase di normalizzazione (Tabella 16), emerge in maniera chiara come le categorie di impatto più rilevanti siano "Ecotoxicity, freshwater" (29,5% del totale degli impatti normalizzati), "Resource use, fossils"(10%), "Human toxicity, cancer" (9,1%) e "Eutrophication, freshwater" (7,9%), seguite dalle categorie "Climate Change", "Photochemical ozone formation", "Particulate matter", "Acidification", Land use e "Resource use, minerals and metals" (con un contributo dell'ordine del 4-5% circa al totale degli impatti normalizzati). La fase di pesatura (Tabella 17) mostra invece come particolarmente significativa la categoria "Climate change" e rilevante al pari delle altre sopra menzionate anche la categoria "Ozone depletion" e dalla fase di caratterizzazione (Tabella 15) emerge come significativa anche la categoria "Land use".

Gli indicatori più rilevanti in termini di impatto per il pavimento in legno possono pertanto essere identificati in: “Ecotoxicity, freshwater”, “Resource use, fossils”, “Climate change” e “Land use”. Tale evidenza è da considerarsi diretta conseguenza della natura – e, quindi pienamente rappresentativa delle caratteristiche peculiari – dei processi produttivi delle materie prime legnose utilizzate per realizzare il prodotto finito, che richiedono una notevole occupazione di suolo e significativi quantitativi di risorse naturali ed energetiche, nonché della natura di altri materiali impiegati nel ciclo di vita del pavimento in legno (quali ad esempio colle e vernici), la cui produzione è caratterizzata da un rilevante impiego di sostanze chimiche e risorse energetiche.

9.2 Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti

Dalle Tabelle 15, 16 e 17 si osserva come, in termini di fasi del ciclo di vita, per le categorie “Ecotoxicity, freshwater” “Resource use, fossils” e “Climate change” le fasi più rilevanti in termini di impatto sono la fase UPSTREAM (rispettivamente 50,1%, 48,4% e 43,8% del totale di categoria), e la fase DOWNSTREAM (rispettivamente 41,3%, 40,5% e 39,6% del totale di categoria).

In linea con le evidenze appena esposte per le categorie di impatto più rilevanti, anche per la maggior parte delle altre categorie, la fase UPSTREAM rappresenta la più significativa in termini di impatto, con contributi variabili dal 50% circa al 95% circa. Per la categoria “Human toxicity, cancer”, in particolare, il contributo di tale fase all’impatto totale risulta dell’85% circa. e.

Come si può notare dalle Figure 5, 6 e 7 è la produzione delle materie prime legnose e degli altri materiali utilizzati nel ciclo di vita del pavimento in legno a rappresentare il processo più rilevante in termini di impatto, con un contributo al totale dell’ordine del 70-80% circa per buona parte delle categorie (“Climate change”, “Ozone depletion”, “Photochemical ozone formation”, “Acidification”, “Eutrophication, marine”, “Eutrophication, terrestrial” e “Resource use, fossils”) e valori dall’85% circa al 99,9% per tutte le altre categorie.

Le operazioni di trasporto per l’approvvigionamento delle materie prime e degli altri materiali e la produzione/approvvigionamento delle risorse energetiche utilizzate nel ciclo di vita del pavimento in legno (energia elettrica) costituiscono gli altri processi più rilevanti, con contributi variabili da qualche punto percentuale fino a valori del 17-19% circa.

Risulta meno rilevante il contributo alle varie categorie di impatto fornito dalla gestione dei rifiuti (dell’ordine di pochi punti percentuali) e praticamente trascurabile quello associato agli imballaggi (1% circa o inferiore).

Andando maggiormente nel dettaglio, come si può notare in Figura 8, l'unità di processo in assoluto più significativa è costituita dalla produzione del supporto in multistrato di betulla, con un contributo all'impatto rilevante per quasi tutte le categorie.

La produzione della colla epossidica utilizzata per l'installazione del pavimento in legno rappresenta invece la seconda unità di processo più rilevante per la maggior parte delle categorie di impatto. La rilevanza di tale unità di processo, legata sia al quantitativo che, soprattutto, alla natura del prodotto utilizzato, è evidenziata anche dalla specifica analisi di sensitività, da cui è emerso come la scelta della colla per l'installazione del pavimento in legno genera variazioni significative dell'impatto associato alle diverse categorie.

Trasporti e produzione/approvvigionamento dell'energia elettrica costituiscono le altre unità di processo rilevanti per il ciclo di vita del pavimento in legno, con contributi apprezzabili in buona parte delle categorie di impatto.

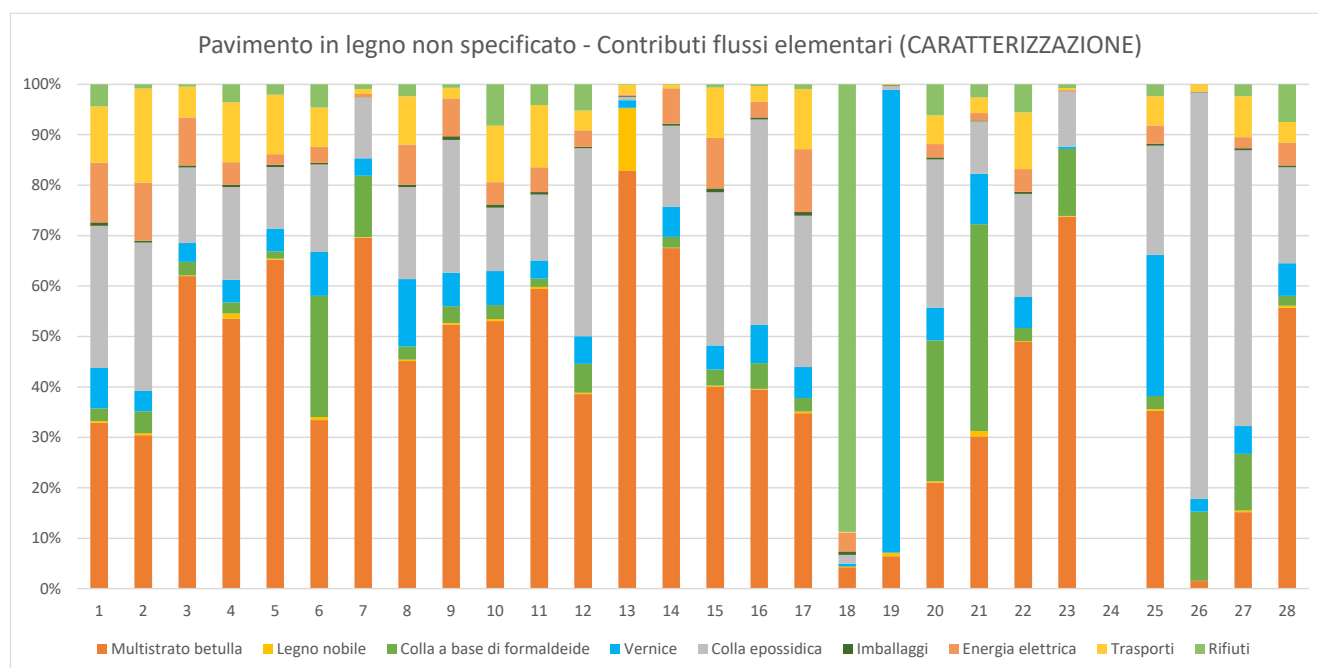


Figura 8 –Contributi dei flussi elementari all'impatto totale (UF: 1 m2)

9.3 Flussi elementari rilevanti

L'analisi, svolta per le categorie di impatto in assoluto più rilevanti mostra, come per la categoria "Ecotoxicity freshwater" siano le emissioni di Alluminio nel terreno e in aria i flussi più significativi, con contributi rispettivamente del 38% circa e del 19% circa al totale dell'impatto della fase di normalizzazione, principalmente associati alla produzione delle materie prime e, in particolare, a

multistrato in betulla e colla epossidica. Anche le emissioni di fenoli e cloruri in acqua, dovuti principalmente alla colla epossidica, assumono rilevanza per questa categoria di impatto (contributi al totale rispettivamente del 17% e 10,4% circa).

Per quanto riguarda la categoria “Resource use, fossils”, sono invece *Gas, natural* (39% circa) e *Oil, crude* (29% circa) a costituire i flussi di materie prime in assoluto più rilevanti, seguiti da *Coal, hard* (15% circa) e *Uranium* (14% circa). Ancora una volta sono la produzione del multistrato in betulla e della colla epossidica ad emergere come principali responsabili di tali flussi rilevanti, anche se assumono importanza i consumi di energia elettrica in media tensione associati al processo produttivo del pavimento in legno.

In merito alla categoria “Climate change” sono le emissioni in aria di Anidride Carbonica e Metano di origine fossile a rappresentare i flussi più rilevanti, con un contributo rispettivamente del 82% circa e del 9 % circa, seguiti da Metano di origine biogenica (4% circa) e Anidride Carbonica associata alla trasformazione del suolo (2% circa). La produzione di multistrato in betulla e colla epossidica e i consumi di energia elettrica in media tensione associati al processo produttivo del pavimento in legno sono i processi principalmente responsabili di tali flussi, anche se i trasporti su strada assumono una certa rilevanza.

9.4 Risultati dell’analisi di sensitività

Facendo riferimento, a titolo esemplificativo, alla categoria di impatto “Climate Change”, i risultati dell’analisi di sensitività sui trasporti hanno evidenziato come nel caso di una installazione a distanza relativamente ridotta (Scenario 1, distanza totale 150 km) si ha un incremento dell’impatto pari al 9% circa, con un valore complessivo finale che si attesta a 23,6 kgCO₂eq/m², mentre nel caso di una distanza di installazione maggiore (Scenario 2, distanza totale 600 km), il valore totale di impatto risulta essere pari a 26,6 kgCO₂eq/m² (+3% circa). In linea con questo risultato, l’analisi di sensitività riguardante il trasporto verso la destinazione finale di uso del pavimento evidenzia un incremento generale di tutti gli impatti, strettamente correlato al variare della distanza in gioco, ma non mostra scostamenti particolari per quanto riguarda le evidenze generali sopra esposte relativamente a categorie di impatto, processi e flussi rilevanti.

La sostituzione della colla epossidica con una colla poliuretanica per l’installazione del pavimento in legno, invece, a parità di quantitativo in kg/m² necessario, mostra per la categoria “Climate Change” un incremento di impatto del 4% circa, con un valore finale ottenuto pari a 22,5 kgCO₂eq/m². Anche in questo caso, a fronte di un aumento più o meno generalizzato degli impatti, non emergono particolari differenze in termini di categorie, processi e flussi rilevanti.

10 Conclusioni

Nel presente report, a seguito di una descrizione della filiera del parquet, 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 dei dati primari (opportunitamente integrati con dati secondari) forniti da Parchettificio Garbelotto S.r.l., azienda rilevante e rappresentativa del tessuto produttivo nazionale. La fornitura di dati primari da parte di un'unica azienda rappresenta evidentemente una limitazione dello studio. Tuttavia, viste le caratteristiche e la rilevanza dell'azienda coinvolta in termini di produzione a livello nazionale, nonché la rappresentatività della stessa in termini di tecnologie utilizzate, come stabilito d'accordo con il GdL e gli esperti di settore, lo studio può ritenersi ragionevolmente rappresentativo della filiera dei pavimenti in legno nel nostro Paese.

I dati messi a disposizione sono relativi ad una linea di pavimentazioni in parquet standard, che utilizza il sistema convenzionale con colla per il fissaggio al massello durante la posa in opera e le specie legnose prese come riferimento per le valutazioni sono il rovere, che costituisce la gran parte dei prodotti venduti a livello aziendale, ma anche la specie più rilevante a livello nazionale per questa tipologia di pavimentazioni, e legni di latifoglie.

Oggetto dello studio è pertanto un pavimento in legno, con finitura in legno nobile non specificato, avente spessore medio rappresentativo per tale tipologia di prodotto. A tale proposito, ovvero al fine di analizzare un pavimento in legno generico (scelta ritenuta funzionale alla creazione di un dataset utilizzabile dall'utente finale a livello generale anche in assenza di informazioni specifiche al riguardo), è stata considerata una composizione di specie legnose superficiali costituita per l'85% da legno di rovere e per il 15% da legno di latifoglie. Tuttavia, a partire da questo prodotto principale e dai relativi dati di inventario, con piccole modifiche associate a quanto relativo alla tipologie di specie legnose utilizzate per la finitura del pavimento in legno e all'approvvigionamento delle stesse, sono stati analizzati altri due prodotti rappresentativi, che hanno portato allo sviluppo di due dataset aggiuntivi riferiti a un pavimento in legno di rovere e a un pavimento in legno di latifoglie.

Lo studio LCA è stato svolto con un approccio cosiddetto "dalla culla al cancello + opzioni" e riguarda in particolare la fase di produzione del pavimento in legno (in particolare, moduli A1-A3 della fase produttiva, in accordo alla normativa tecnica di riferimento) e la successiva fase di installazione del medesimo (fase A5 in accordo alla normativa tecnica di riferimento). Le operazioni

di trasporto della fase di installazione sono però state escluse dai confini del sistema, sia per la variabilità significativa che può caratterizzare le distanze in gioco, sia perché tale scelta è ritenuta particolarmente funzionale alla creazione di un dataset utilizzabile dall'utente finale a livello generale con l'inserimento dei dettagli relativi alle operazioni di trasporto del proprio caso studio. I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite metodo valutazione degli impatti il metodo 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:

- gli indicatori di impatto più rilevanti per il pavimento in legno possono essere identificati nelle categorie, "Ecotoxicity, freshwater", "Resource use, fossils" e "Climate change";
- il processo più significativo in termini di impatto risulta essere la produzione delle materie prime legnose e degli altri materiali utilizzati nel ciclo di vita del pavimento in legno, con un contributo al totale variabile dal 70% circa all'85% per le varie categorie;
- gli altri processi più rilevanti, con contributi alle diverse categorie di impatto variabili da qualche punto percentuale fino a valori del 17-19% circa, sono rappresentati dalle operazioni di trasporto per l'approvvigionamento delle materie prime e degli altri materiali e dalla produzione/approvvisionamento delle risorse energetiche utilizzate nel ciclo di vita del pavimento in legno, mentre risulta meno rilevante il contributo fornito dalla gestione dei rifiuti (dell'ordine di pochi punti percentuali) e praticamente trascurabile quello associato agli imballaggi (1% circa o inferiore);
- l'unità di processo in assoluto più significativa è costituita dalla produzione del supporto in multistrato di betulla, seguita dalla produzione della colla epossidica utilizzata per l'installazione del pavimento in legno
- i flussi più significativi sono rappresentati dalle emissioni di Alluminio nel terreno e in aria e dalle emissioni in acqua di fenoli e cloruri (categoria "Ecotoxicity freshwater), ma anche da *Gas, natural* e *Oil, crude* in termini di materie prime (Categoria "Resource use, fossils") e dalle emissioni in aria di Anidride Carbonica e Metano di origine fossile (categoria "Climate change");
- coerentemente con la classificazione di processi e relativi flussi elementari nelle diverse fasi del ciclo di vita, la fase UPSTREAM e la fase DOWSTREAM risultano essere le più rilevanti in termini di impatto praticamente per tutte le categorie considerate.

A titolo esemplificativo, facendo riferimento alla categoria di impatto “Climate Change”, che rappresenta una delle più rilevanti e anche ormai più note, i risultati dello studio hanno evidenziato un impatto complessivo pari a 21,7 kgCO₂eq/m², con 9,5 kgCO₂eq/m² associati alla fase UPSTREAM e 8,6 kgCO₂eq/m² alla fase DOWNSTREAM ed un valore relativo alla produzione delle materie prime legnose e degli altri materiali pari a 15,6 kgCO₂eq/m². Per quanto un confronto con dati di letteratura non sia di facile realizzazione, viste le peculiarità di ogni studio e, in particolare, le differenze nelle specie legnose considerate, i risultati ottenuti risultano essere abbastanza in linea con quelli presentati all’interno di EPD relative a prodotti analoghi, come ad esempio [65] che mostra valori di impatto dell’ordine di 17-19 kgCO₂eq/m².

I risultati dell’analisi di sensitività riguardante il trasporto verso la destinazione finale di uso del pavimento in legno hanno evidenziato chiaramente come l’effetto di tali operazioni sul risultato finale dello studio sia strettamente legato al variare della distanza e, quindi, hanno consentito di “validare” l’assunzione relativa alla loro esclusione dei confini dello studio. Le distanze in gioco, infatti, possono variare anche significativamente da caso a caso e la stima attraverso una distanza media indicativa, oltre che di non facile realizzazione, potrebbe essere tutt’altro che rappresentativo della realtà dei fatti.

I risultati dell’analisi di sensitività riguardante la colla utilizzata per la posa in opera del pavimento in legno hanno confermato la rilevanza di tale flusso all’interno del ciclo di vita del pavimento in legno evidenziando come alla scelta del prodotto da utilizzare siano legate sensibili variazioni dell’impatto associato alle diverse categorie.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Report del 2021 per le Certificazione FSC in Italia
- [2]. UNI 13756:2018 “Pavimentazioni di legno e parquet. - Terminologia.” La norma definisce i termini e le definizioni relative alle pavimentazioni di legno e al parquet.
- [3]. Regolamento (UE) N. 995/2010 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20 ottobre 2010 che stabilisce gli obblighi degli operatori che commercializzano legno e prodotti da esso derivati.
- [4]. Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia 2017-2018 (RAF- ITALIA 2017-2018) ISBN: 978-88-98850-34-1.
- [5]. Report FederlegnoArred , 2014. Il Legno massiccio. Materiale per un’edilizia sostenibile.
- [6]. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali ,2020. Strategia Forestale Nazionale.
- [7]. Core-Wood. Filiera legno Veneto. Una proposta di modello di riposizionamento competitivo Azione 1.1.4 POR FESR 2014-2020.
- [8]. UNI EN 13489:2018 - “Pavimentazioni di Legno e parquet - Elementi di parquet multistrato”.
- [9]. UNI EN 13183-1:2003 – “Umidità di un pezzo di legno segato - Determinazione tramite il metodo per pesata”.
- [10]. UNI EN 13183-2:2003 – “Umidità di un pezzo di legno segato – Stima tramite il metodo elettrico”.
- [11]. <https://www.pavimenti-web.it/31114>
- [12]. <https://www.ingenio-web.it/33156>
- [13]. I Love Parquet. Rivista n°40 https://www.iloveparquet.com/wpcontent/uploads/2020/07/ILP2_2020_40-fedek-ok.pdf <https://aippl.it/mercato-europeo-del-parquet-2019-e-prospettive-future/>
- [14]. Rapporto della FederlegnoArredo (anno 2020) “La Filiera del Legno-Arredo Italiana”.
- [15]. Green Italy ,2021. Un’economia a misura d’uomo per il futuro dell’Europa. UNIONCAMERE e Symbola ISBN 9788899265670.
- [16]. I Love Parquet. Rivista n°31
<https://www.iloveparquet.com/2019/01/07/pronto-il-primorapportopavimentiinlegnoinitalia20072017/>
- [17]. Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio 9 marzo 2011.
- [18]. UNI EN 14342:2013 - “Pavimentazioni di legno e parquet - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura.”
- [19]. FederlegnoArredo e Symbola ,2016. Il made in Italy abita il futuro. Il legno arredo verso un’economia circolare.
- [20]. Green Deal europeo - Risoluzione del Parlamento europeo del 10 febbraio 2021 sul nuovo piano d’azione per l’economia circolare (2020/2077(INI))
- [21]. CEAP- https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en
- [22]. REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che stabilisce il quadro per l’elaborazione delle specifiche di progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili e abroga la direttiva 2009/125/CE.
- [23]. <https://it.fsc.org/it-it>
- [24]. <https://www.pefc.it>
- [25]. Report PEFC Italia. Attività 2021
- [26]. Regolamento (UE) N. 529/2013/UE Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2013.
- [27]. <https://lifeco2pefandpes.eu>
- [28]. PIANO NAZIONALE D’AZIONE SUL GREEN PUBLIC PROCUREMENT - PAN GPP. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
<https://www.aiabumbria.com/userfiles/files/7%20PIANO%20D’AZIONE%20SOSTENIBILITA%20AMBIENTALE.pdf>
- [29]. [CAM - Decreto del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare dell’11 ottobre 2017 (pubblicato sulla GU n. 259 del 6 novembre 2017) nell’ambito del Piano Nazionale d’Azione sul GPP.
- [30]. [Criteri di aggiudicazione dell’appalto (DLGS_50/2016) art. 95. C. 13.
<https://www.codicecontrattipubblici.com/parte-ii/art-95-criteri-di-aggiudicazione-dellappalto/>
- [31]. Arredo Technical Assistant – Portale. <https://www.federlegnoarredo.it/it/associazioni/assarredo>
- [32]. REGOLAMENTO (CE) N. 1980/2000 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 luglio2000.
<https://www.mite.gov.it/> <https://ec.europa.eu/>
- [33]. Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - Codice dei contratti pubblici.

- [34]. Decisione (UE) 2017/176 della Commissione del 25 gennaio 2017 che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio di qualità ecologica dell'UE (Ecolabel) ai rivestimenti del suolo a base di legno, sughero e bambù.
- [35]. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/ecolabel-ue/come-richiedere-la-certificazione/come-richiedere-la-certificazione>
- [36]. ISPRA, 2022 Aggiornamento numero prodotti e licenze Ecolabel UE.
<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/ecolabel-ue/grafici-e-dati/anno-2022/>
- [37]. <https://ec.europa.eu>
- [38]. FACTSHEET EU Ecolabel for wood-, cork- and bamboo based floor coverings.
https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/Wood_Floor_Coverings_Factsheet.pdf
- [39]. Manuale Tecnico Ecolabel per coperture in legno per pavimenti. ISPRA.
<https://www.isprambiente.gov.it/files/ecolabel/documentiprodotto/manualerivestimentilegnopavimenti.pdf>
- [40]. UNI EN 13986:2015 - “Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura”.
- [41]. <https://www.epditaly.it>
- [42]. <https://www.environdec.com>
- [43]. <https://www.pavimenti-web.it/16125-epd-sostenibilita-come-variabile-competitiva>.
- [44]. <https://www.eco-platform.org/>
- [45]. Regolamento (UE) 2018/841 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018.
- [46]. <https://www.compraverde.it>
- [47]. <https://www.garbelotto.it>
- [48]. <https://www.domotex.de/>
- [49]. European Parquet Federation. The European Parquet Industry in 2022. <https://www.parquet.net/2023/06/the-european-parquet-market-showed.html>
- [50]. UNI EN ISO 14040:2021. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
- [51]. UNI EN ISO 14044:2018. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.
- [52]. Joint Research Centre, 2010. ILCD Handbook. General Guide for Life Cycle Assessment-Detailed Guidance
- [53]. PCR Part B for wood and wood-based products for use in construction: EPDItaly004.
https://www.epditaly.it/en/pcr_/pcr-part-b-for-wood-and-wood-based-products-for-use-in-construction-epditaly004/
- [54]. Product category rules for preparing an environmental product declaration for decorative overlays for use on composite wood panels. ASTM International. https://pcr-epd.s3.us-east-2.amazonaws.com/346.PCR_for_Decorative_Overlays.pdf
- [55]. PCR ICMQ-001/15 rev 2.1 Prodotti da costruzione e servizi per costruzione, EPD Italy. Data di emissione: 03/06/2019.
- [56]. EN 15804 – Sostenibilità delle costruzioni. Dichiarazioni ambientali di prodotto. Regole chiave di sviluppo per la categoria di prodotto
- [57]. Zampori, L. and 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.
- [58]. PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, December 2017
- [59]. Simapro software <https://simapro.com/>
- [60]. 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>
- [61]. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. FAO, 2020, Rome.
- [62]. General Programme Instructions for the International EPD® System, Version 4.0. 2021-03-29. Disponibile online: <https://www.environdec.com/resources/documentation#generalprogrammeinstructions>.
- [63]. http://www.vanninilegnami.it/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=21
- [64]. <https://www.sangiorgilegnami.com/essenze-del-nord-america/>



[65]. Allwood, Environmental Product Declaration of various engineered wood flooring products.

<https://allwoodgrp.com/environmental-product-declaration/#1652899678266-a60771a3-8a22>

ALLEGATO

Pavimento in legno di rovere

Tabelle valutazione degli impatti*

Categoria di impatto	CARATTERIZZAZIONE	
Climate change	kg CO2 eq	2,17E+01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,05E-06
Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,18E+00
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,21E-01
Particulate matter	disease inc.	1,88E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,98E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	9,06E-08
Acidification	mol H+ eq	1,39E-01
Eutrophication, freshwater	kg P eq	7,47E-03
Eutrophication, marine	kg N eq	3,99E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,96E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,39E+02
Land use	Pt	2,25E+03
Water use	m3 depriv.	1,85E+01
Resource use, fossils	MJ	3,80E+02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,82E-04
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,03E+01
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,52E-01
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	5,23E-01
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,00E-08
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	2,06E-07
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	2,10E-07
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	8,07E-08
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,85E-09
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	1,67E+02
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	8,99E+01
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	4,82E+02

Categoria di impatto	NORMALIZZAZIONE	
Climate change	-	2,68E-03
Ozone depletion	-	5,68E-05
Ionising radiation	-	7,54E-04
Photochemical ozone formation	-	2,99E-03
Particulate matter	-	3,16E-03
Human toxicity, non-cancer	-	1,73E-03
Human toxicity, cancer	-	5,36E-03
Acidification	-	2,51E-03
Eutrophication, freshwater	-	4,65E-03
Eutrophication, marine	-	2,04E-03
Eutrophication, terrestrial	-	2,24E-03
Ecotoxicity, freshwater	-	1,73E-02
Land use	-	2,75E-03
Water use	-	1,61E-03
Resource use, fossils	-	5,84E-03
Resource use, minerals and metals	-	2,86E-03

Categoria di impatto	PESATURA	
Climate change	Pt	3,00E-03
Ozone depletion	Pt	5,64E-04
Ionising radiation	Pt	3,58E-06
Photochemical ozone formation	Pt	3,78E-05
Particulate matter	Pt	1,43E-04
Human toxicity, non-cancer	Pt	2,84E-04
Human toxicity, cancer	Pt	3,19E-05
Acidification	Pt	1,14E-04
Eutrophication, freshwater	Pt	1,55E-04
Eutrophication, marine	Pt	1,30E-04
Eutrophication, terrestrial	Pt	6,04E-05
Ecotoxicity, freshwater	Pt	8,30E-05
Land use	Pt	3,32E-04
Water use	Pt	2,18E-04
Resource use, fossils	Pt	1,37E-04
Resource use, minerals and metals	Pt	4,86E-04

* la valutazione degli impatti è stata eseguita includendo le infrastrutture dei dataset di background utilizzati nello studio e, quindi, senza modificare i dataset Ecoinvent utilizzati nel modello di calcolo. Restano invece escluse le infrastrutture del sistema di foreground, ovvero le attrezzature e macchinari utilizzati nella fase core del processo produttivo.

Pavimento in legno di latifoglie

Tabelle valutazione degli impatti*

Categoria di impatto	CARATTERIZZAZIONE	
Climate change	kg CO2 eq	2,17E+01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,05E-06
Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,18E+00
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,26E-01
Particulate matter	disease inc.	1,87E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,97E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	9,07E-08
Acidification	mol H+ eq	1,46E-01
Eutrophication, freshwater	kg P eq	7,47E-03
Eutrophication, marine	kg N eq	4,14E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,12E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,38E+02
Land use	Pt	2,25E+03
Water use	m3 depriv.	1,85E+01
Resource use, fossils	MJ	3,80E+02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,82E-04
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,03E+01
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,52E-01
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	5,24E-01
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	1,99E-08
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	2,06E-07
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	2,09E-07
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	8,07E-08
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,93E-09
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	1,67E+02
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	8,99E+01
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	4,82E+02

Categoria di impatto	NORMALIZZAZIONE	
Climate change	-	2,68E-03
Ozone depletion	-	5,69E-05
Ionising radiation	-	7,54E-04
Photochemical ozone formation	-	3,10E-03
Particulate matter	-	3,15E-03
Human toxicity, non-cancer	-	1,73E-03
Human toxicity, cancer	-	5,36E-03
Acidification	-	2,62E-03
Eutrophication, freshwater	-	4,65E-03
Eutrophication, marine	-	2,12E-03
Eutrophication, terrestrial	-	2,33E-03
Ecotoxicity, freshwater	-	1,73E-02
Land use	-	2,74E-03
Water use	-	1,61E-03
Resource use, fossils	-	5,84E-03
Resource use, minerals and metals	-	2,86E-03

Categoria di impatto	PESATURA	
Climate change	Pt	3,01E-03
Ozone depletion	Pt	5,65E-04
Ionising radiation	Pt	3,59E-06
Photochemical ozone formation	Pt	3,78E-05
Particulate matter	Pt	1,48E-04
Human toxicity, non-cancer	Pt	2,82E-04
Human toxicity, cancer	Pt	3,18E-05
Acidification	Pt	1,14E-04
Eutrophication, freshwater	Pt	1,63E-04
Eutrophication, marine	Pt	1,30E-04
Eutrophication, terrestrial	Pt	6,26E-05
Ecotoxicity, freshwater	Pt	8,65E-05
Land use	Pt	3,32E-04
Water use	Pt	2,18E-04
Resource use, fossils	Pt	1,37E-04
Resource use, minerals and metals	Pt	4,86E-04

* la valutazione degli impatti è stata eseguita includendo le infrastrutture dei dataset di background utilizzati nello studio e, quindi, senza modificare i dataset Ecoinvent utilizzati nel modello di calcolo. Restano invece escluse le infrastrutture del sistema di foreground, ovvero le attrezzature e macchinari utilizzati nella fase core del processo produttivo.

AGROALIMENTARE

EDILIZIA COSTRUZIONI

ENERGIA

LEGNO ARREDO

ISBN 978-88-8286-506-1



enea.it