

REPORT L.C.A. / *REPORT L.C.A.*

DOCUMENTI / DOCUMENTS

Rapporto L.C.A. Ecopallet

Anno Prod. 2021





Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l.

Società Benefit

Studio di Life Cycle Assessment

Analisi delle prestazioni ambientali della linea **EcoPallet®**

Produzione anno 2021



Rev.0 – Data

Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. (TV)
Standard di riferimento ISO 14040:2021 - ISO 14044:2021



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Il presente report è stato redatto da SpinLife Srl
Per conto di Gava cav. Giuseppe Imballaggi Srl



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Indice

1. L'azienda	5
2. Introduzione	6
2.1. Limitazioni dello studio	6
3. Descrizione preliminare oggetto dello studio	7
4. Definizione obiettivo e campo di applicazione	9
4.1. Aspetti generali	9
4.2. Obiettivo dello studio	10
4.3. Campo di applicazione dello studio	10
4.3.1. Funzione del sistema prodotto	10
4.3.2. Unità funzionale	10
4.3.3. Confini del sistema	11
4.3.4. Criterio cut-off di esclusione	13
4.3.5. Criterio di allocazione	13
4.3.6. Descrizione della metodologia per la valutazione degli impatti	14
4.3.7. Strumenti utilizzati	15
4.3.8. Principi per la contabilizzazione degli impatti ambientali	15
4.3.9. Qualità dei dati	16
5. Analisi dell'inventario	17
5.1. Modello parametrico per l'analisi del ciclo di vita di imballaggi terziari in legno	17
5.1.1. Legno	18
5.1.2. Chiodi	21
5.1.3. Materiali ausiliari in ingresso	22
5.1.4. Materiali ausiliari in produzione	23
5.1.5. Produzione pallet – parti comuni	23
5.1.6. Produzione pallet – parti opzionali	24
5.1.7. Scarti e sfridi	25
5.1.8. Emissioni	26
5.1.9. Trasporto ai clienti	26
5.1.10. Fine vita	27
6. Risultati della valutazione di impatto del ciclo di vita	27
7. Analisi di sensitività	30
8. Analisi di incertezza	31
9. Conclusioni dello studio	36
10. Informazioni sull'azienda	36
11. Bibliografia	37
12. Indice delle figure	38
13. Indice delle tabelle	38



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

1. L'azienda

Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. è una delle aziende storiche a livello italiano nel settore della produzione di imballaggi in legno e da tempo impegna energie e risorse per rendere sempre più sostenibile la propria attività, nonché ottenere prodotti in grado di garantire alte prestazioni nel più alto rispetto possibile dell'ambientale, come dimostrato dalle certificazioni già in suo possesso, come ad esempio la PEFC® a garanzia della legalità e sostenibilità della produzione del legname.

L'azienda, presente nel mercato italiano dell'imballaggio in legno dal 1960, è stata fondata dal Cav. Uff. Giuseppe. Nel corso degli anni ha avuto una costante crescita, fino ad arrivare alla struttura attuale che vede l'attività svolta su un'area di 20.000 mq. di cui 4.000 coperti. I volumi di legname lavorato ogni giorno ammontano mediamente a circa 75 mc., con un potenziale produttivo giornaliero di circa 5.000 pallets. Grazie all'esperienza acquisita negli anni, alla continua evoluzione degli impianti e dei sistemi operativi ed alla collaborazione dei dipendenti, oggi Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. può garantire alla sua clientela prodotti di qualità e un servizio personalizzato.

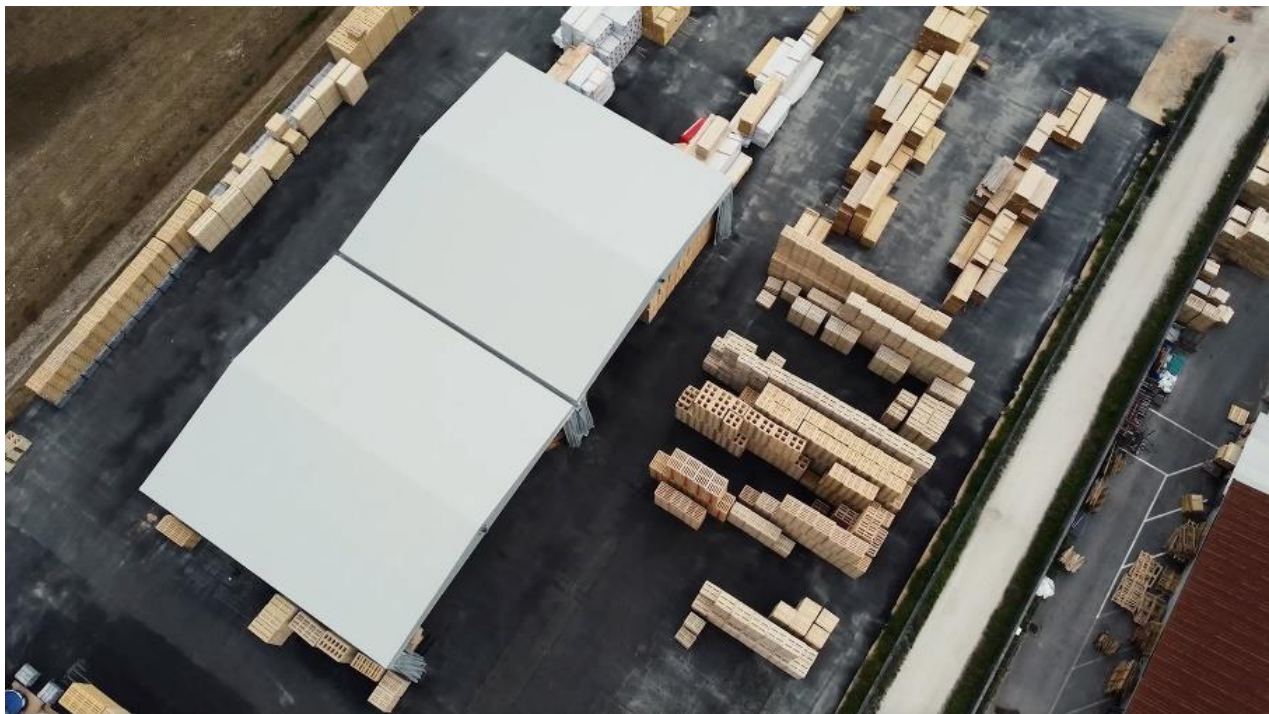


Figura 1 – Stabilimento produttivo di via Roma, 122, Godega di Sant'Urbano – TV

2. Introduzione

I cambiamenti climatici, che negli ultimi anni hanno determinato effetti sempre più marcati sul nostro pianeta, sono ormai da tempo al centro di un dibattito internazionale politico e scientifico. La principale causa di tali fenomeni, dai quali scaturiscono gravi conseguenze sulle dimensioni ambiente, società ed economia, è stata identificata nelle emissioni antropogene di alcuni gas, noti come gas climalteranti, avvenuta in seguito alla rivoluzione industriale del XVIII secolo. A tal proposito, l'impegno profuso da molteplici organizzazioni particolarmente sensibili a tali tematiche sta rappresentando negli ultimi anni il principale elemento propulsore per l'adozione di strategie e azioni finalizzate al perseguimento della sostenibilità ambientale e alla mitigazione delle pressioni antropiche sull'ambiente. Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. ha deciso dunque di dotarsi di uno strumento di valutazione dell'impronta ambientale associata alla propria linea di produzione di imballaggi in legno denominata EcoPallet[®], con un approccio basato sul ciclo di vita in accordo con le norme ISO della serie 14040. A tal proposito l'azienda con il presente studio ha ripreso quanto già avviato nel 2011, anno in cui era stato sviluppato e applicato un modello parametrico per l'analisi del ciclo di vita di uno dei propri prodotti pallet in legno, implementando l'analisi su tutte le referenze della linea di produzione EcoPallet[®] realizzata presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV).

Si precisa inoltre che il periodo di riferimento utilizzato per la conduzione dello studio corrisponde con l'anno solare 2021, e che il presente rapporto è stato pianificato e realizzato al fine di prevedere una verifica di terza parte indipendente. Infine, i risultati ottenuti nel presente studio potranno essere oggetto di comunicazione esterna da parte dell'azienda.

2.1. Limitazioni dello studio

Il presente studio si focalizza sull'analisi degli impatti ambientali relativi alle sole categorie "**Climate Change**" e "**Water Scarcity**". La valutazione è eseguita considerando, con un approccio di ciclo di vita, l'impatto clima- alterante di tutte le emissioni di gas ad effetto serra, così come l'impatto generato dall'utilizzo di risorse idriche, associate al prodotto oggetto dello studio. Dalla valutazione sono esclusi anche altri tipi d'impatti diversi da quelli elencati in precedenza, quali ad esempio gli impatti sociali. È importante tenere conto che la variazione di scelte metodologiche legate ad esempio alla scelta

dell'unità funzionale, variazione dei confini del sistema, sorgenti e qualità dei dati, approcci di allocazione, ipotesi di *cut-off* e approcci di modellazione riguardo il fine vita dei materiali, può portare a una significativa variazione dei risultati. Tutti questi aspetti sono accuratamente descritti nel presente rapporto e pertanto i risultati dello studio devono essere interpretati congiuntamente a tali scelte metodologiche.

3. Descrizione preliminare oggetto dello studio

EcoPallet® rappresenta una linea di prodotti particolarmente attenta al rispetto delle tematiche della sostenibilità, garantendo all'utilizzatore finale garanzie quali tracciabilità delle materie prime impiegate, impiego di legno certificato PEFC, utilizzo di energia rinnovabile nel processo produttivo.

La linea di produzione EcoPallet® oggetto della presente analisi è composta nello specifico da 27 referenze realizzate nell'anno di riferimento 2021, corrispondenti ai seguenti codici secondo quanto riportato in ciascuna scheda tecnica: EPHP0498.1; EPHP2128.3; EPHP2211.1; EPHP2253; EPHP2375; EPHP3085; EPHP3085.1; EPHP3085.2; EPHP3085.3; EPHP3085.4; EPHP3089.1; EPHP3089.3; EPHPB0498.1; EPHPB1032.1; EPPE0099.5; EPPE0498.1; EPPE2128.3; EPPE2217.1; EPPE2253; EPPE2375; EPPE2825; EPPE2835.1; EPPE2847; EPPE2848; EPPE2851; EPPE3032; EPPE3085.E

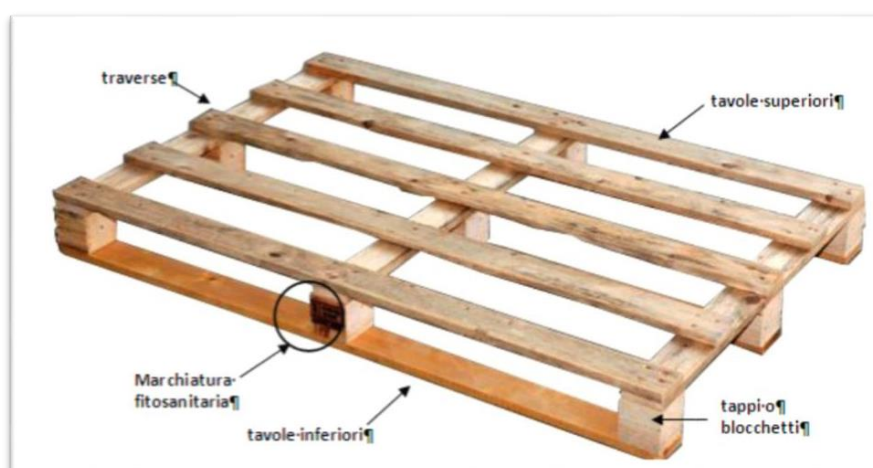


Figura 2 – Esempio di pallet in legno

Ciascun prodotto, pur presentando numerose similitudini l'un l'altro, è caratterizzato da differenze riscontrabili principalmente nelle dimensioni (quindi masse), numero di elementi in legno (tavole superiori e inferiori, traverse, tappi), tipologia di chiodi (piccoli, medi, grandi) e lavorazioni (trattamento

termico, timbratura, smussatura, fresatura). Per quanto riguarda la distribuzione dei prodotti finiti, tutte le referenze sono destinate univocamente al mercato nazionale italiano.

Per quanto riguarda la provenienza del legno utilizzato per i pallets appartenenti alla linea di produzione EcoPallet®, essa è riconducibile a fornitori in prevalenza dislocati in Austria ed in minor parte da Repubblica Ceca, Germania ed Italia. Le tavole e i tappi che giungono in azienda subiscono delle lavorazioni di preparazione durante la fase di taglio, in cui si ottengono varie misure più o meno standardizzate. I prodotti ottenuti costituiscono i semilavorati per la successiva fase di assemblaggio. L'assemblaggio delle diverse parti, tavole, traverse e tappi, viene effettuato meccanicamente con dei chiodi in acciaio di dimensioni standard, che entrano in questa fase del processo produttivo del pallet. In particolare, vengono usate tre diverse tipologie di chiodi, riconducibili alle categorie piccoli, medi, grandi. Queste si differenziano per forma e massa, con dimensioni variabili.

TIPO	DESCRIZIONE	Peso chiodo [g]
Chiodo piccolo	CHiodo LISCIo 25 x 32	1,35
Chiodo piccolo	CHiodo LISCIo 25 x 37	1,67
Chiodo piccolo	CHiodo LISCIo 25 x 40	1,64
Chiodo piccolo	CHiodo RING 203 x 35 COIL Rotolo	0,99
Chiodo piccolo	CHiodo RING 203 x 30 COIL Rotolo	0,98
Chiodo piccolo	CHiodo RING 25 x 40 COIL Rotolo	1,59
Chiodo piccolo	CHiodo RING 25 x 50 COIL	1,59
Chiodo medio	CHiodo RING 25 x 55 JUMBO 900 Pz	2,24
Chiodo grande	CHiodo RING 25 x 60 COIL	2,36
Chiodo grande	CHiodo RING 31 x 65	4,02
Chiodo grande	CHiodo RING 31 x 80	5,05

Tabella 1 – Tipi di chiodi e peso dei singoli

Una volta effettuate le fasi di taglio e di assemblaggio, possono essere eseguiti vari processi opzionali. Tra questi, oltre al trattamento termico (utilizzando GPL come combustibile) in cui il legno viene trattato in apposite celle chiamate essiccatoi portando la temperatura del cuore del legno ad almeno 56°C per un minimo di 30 minuti, vi sono anche la fresatura e la timbratura. Quest'ultima è necessaria qualora sia stato effettuato il trattamento ad alta temperatura, ed in tal caso viene apposto l'apposito marchio per le condizioni fitosanitarie, ma può essere eseguita eventualmente anche su prodotti non trattati.

Tutte le fasi di produzione, dalla fase di taglio a quella di timbratura, richiedono l'impiego di energia elettrica, che nel caso particolare proviene totalmente da fonte idroelettrica e termica con

biocarburante, e di carburante (diesel) per le operazioni di trasporto all'interno dello stabilimento, svolte dai muletti.

Al termine delle fasi di produzione, il prodotto viene inviato ai clienti. La maggior parte di questi è collocata nel nord Italia, in particolare Veneto e Friuli-Venezia-Giulia. Una volta giunti a destinazione, sono utilizzati per un numero ridotto di movimentazioni e diventano materiale di rifiuto/recupero. I pallet che si vogliono analizzare, dunque, sono caratterizzati da una logica "a perdere": sono prodotti monouso. Al termine della fase d'uso, quindi, il materiale viene inviato in discarica, al recupero energetico tramite incenerimento o al riciclo.

Un'ulteriore considerazione riguarda i materiali ausiliari. Tali materiali non entrano a far parte del pallet finale, ma entrano con le materie prime in ingresso o durante le fasi di produzione. Tra i materiali ausiliari in ingresso vi sono le scatole in cartone contenenti i chiodi e le reggette che accompagnano il legno in entrata al sito produttivo. Tali elementi sono realizzate in materiale plastico (polipropilene). Tra i materiali ausiliari usati in produzione, invece, rientrano gli oli lubrificanti, utilizzati per la manutenzione dei macchinari adibiti alla fase di taglio, e i bindelli, cioè le etichette con le quali vengono contrassegnati gruppi di prodotti all'interno dello stabilimento.

Infine, tra i materiali in uscita dallo stabilimento vi sono, oltre ai materiali ausiliari che diventano rifiuto, anche i residui di legno provenienti dalle fasi di taglio e, qualora effettuate, dalle fasi di smussatura e fresatura. Tali residui vengono inviati al riciclaggio presso gli impianti di Cimadolmo (TV) e San Michele di Piave (TV).

4. Definizione obiettivo e campo di applicazione

4.1. Aspetti generali

Il presente studio, commissionato da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. allo studio di consulenza "Spinlife S.r.l.", fa parte della strategia adottata dall'azienda finalizzata alla possibilità di dotarsi di uno strumento di valutazione delle performance ambientali imputabili alla linea di produzione EcoPallet®, con l'obiettivo di identificare le aree di impatto più rappresentative, supportando così l'azienda nella progettazione e sviluppo di prodotti a minor impatto ambientale, in grado di soddisfare le esigenze di

una clientela sempre più esigente in tema di prestazioni ambientali dei prodotti che acquista.

Il presente studio è stato condotto in conformità ai requisiti della norma ISO 14040:2021 e ISO 14044:2021, mentre il periodo di riferimento utilizzato per la conduzione dello studio coincide con l'anno 2021. Il calcolo degli impatti ambientali, inoltre, è stato condotto utilizzando il software di modellazione SimaPro 9.1.1. Infine, si precisa che la tipologia di prodotto analizzato nel presente studio non sono disponibili PCR di riferimento.

4.2. Obiettivo dello studio

Lo studio ha come obiettivo primario la quantificazione e caratterizzazione delle principali prestazioni ambientali, con un approccio basato sul ciclo di vita (LCA), della linea di produzione EcoPallet® realizzata da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV), con focus specifico sulle categorie d'impatto "Climate Change" e "Water Scarcity".

I risultati presentati in questo report fanno riferimento univoco alle pratiche e assunzioni operate dall'azienda Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l., non sono stati dunque calcolati per essere confrontati con quelli di altre aziende e/o prodotti in quanto anche per prodotti simili, differenze nelle scelte metodologiche, di ipotesi, di qualità dei dati e di scelta delle banche dati possono produrre risultati non confrontabili.

4.3. Campo di applicazione dello studio

4.3.1. Funzione del sistema prodotto

La funzione del sistema, nel caso della linea di produzione EcoPallet®, consiste nello svolgimento di tutte le operazioni atte alla realizzazione di prodotti in legno finiti e commercializzabili appartenenti alla categoria imballaggi terziari adibiti al supporto e alla movimentazione di un carico generico.

4.3.2. Unità funzionale

In questo studio l'unità funzionale e il flusso di riferimento coincidono e si identificano pertanto con quanto descritto di seguito:

- La totalità delle unità di vendita (pallets) imputabili alla linea di produzione EcoPallet®, realizzate nell'anno 2021 da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. presso lo stabilimento produttivo di Godega

di Sant'Urbano (TV), pari a 112.086 pezzi (unità di vendita) distribuite nel mercato nazionale.

Codice prodotto	Numero di pezzi	Volume singolo articolo [m ³]	Volume totale [m ³]
EPHP0498.1	3.987	0,0149	59,362
EPHP2128.3	3.492	0,0455	158,956
EPHP2211.1	1.276	0,0494	63,085
EPHP2253	340	0,0117	3,992
EPHP2375	5.772	0,0183	105,818
EPHP3085	28.317	0,0217	613,176
EPHP3085.1	8.337	0,0217	180,529
EPHP3085.2	5.841	0,0244	142,777
EPHP3085.3	26.658	0,0253	674,501
EPHP3085.4	1.011	0,0262	116,546
EPHP3089.1	1.093	0,0370	40,471
EPHP3089.3	231	0,0439	10,147
EPHPB0498.1	4.442	0,0149	66,137
EPHPB1032.1	2.499	0,0190	47,493
EPPE0099.5	4.988	0,0201	100,244
EPPE0498.1	1.289	0,0149	19,192
EPPE2128.3	80	0,0455	3,642
EPPE2217.1	3.211	0,0311	99,782
EPPE2253	50	0,0117	0,587
EPPE2375	6.442	0,0183	118,101
EPPE2825	700	0,0436	30,514
EPPE2835.1	600	0,0560	33,577
EPPE2847	300	0,0350	10,486
EPPE2848	600	0,0414	24,859
EPPE2851	300	0,0603	18,085
EPPE3032	50	0,0689	3,446
EPPE3085.E	180	0,0217	3,898
Totale	112.086		2.749,404

Tabella 2 – Descrizione delle referenze della linea di produzione EcoPallet® per l'anno di riferimento 2021.

4.3.3. Confini del sistema

I confini del sistema sono stati definiti includendo tutti i processi e i servizi attribuibili (attributable processes) al prodotto analizzato nel suo ciclo di vita per il periodo di riferimento considerato nel presente studio. Sono stati quindi conteggiati i flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita considerando tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, come riportato in figura 3 dove viene presentata una mappa semplificata dei materiali e processi considerati in fase di modellazione, indicando con linea tratteggiata le fasi escluse dai confini del sistema, ovvero la fase di uso. Circa tale fase, è opportuno effettuare qualche precisazione.



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Gli imballaggi in legno appartenenti alla linea di produzione EcoPallet® una volta arrivati al cliente vengono utilizzati per svolgere funzioni di supporto e di movimentazione delle merci. Tali funzioni sono per lo più interne al cliente e dipendono dalla merce supportata e/o movimentata. Per questo motivo, da un lato possono ritenersi trascurabili in riferimento alle operazioni di movimentazione dei pallet stessi tra l'azienda produttrice e quella cliente, mentre dall'altro possono essere direttamente imputate al trasporto ed alla manutenzione delle merci, in riferimento alle quali i pallet rappresentano un materiale ausiliario.

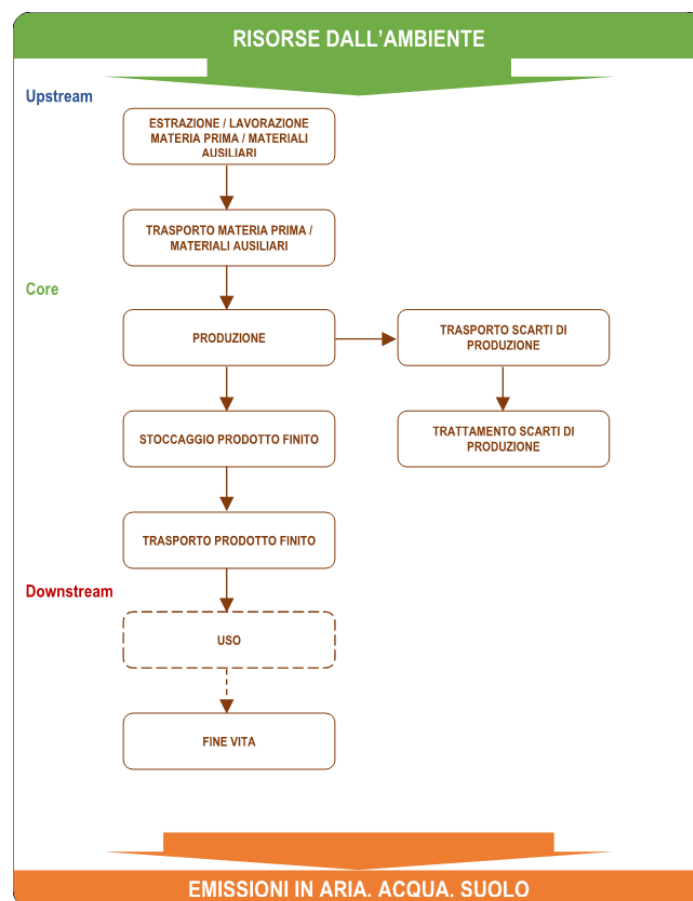


Figura 3 – Confini del sistema Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l.

Ognuna delle fasi del ciclo di vita è stata analizzata per identificare i processi che possono generare consumi e rilasci di gas ad effetto serra e di risorse idriche. Ogni eventuale esclusione verrà dettagliata nei successivi paragrafi. I principali processi considerati sono:

- **Materie prime e ausiliarie:** a partire dall'estrazione delle risorse primarie, considerando anche i vari processi di produzione e trattamento intermedi ed il trasporto sino allo stabilimento produttivo di

Godega di Sant'Urbano (TV);

- **Processo produttivo:** processi che avvengono presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV) finalizzati alla realizzazione dei pallets, considerando i flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita dal sistema analizzato, come energia elettrica e termica, rifiuti, etc.;
- **Distribuzione:** trasporto dei prodotti finiti dallo stabilimento di Godega di Sant'Urbano (TV) sino ai singoli clienti;
- **Fine vita:** processi legati principalmente allo smaltimento finale dei pallets.

4.3.4. Criterio *cut-off* di esclusione

È stato utilizzato un *cut-off* su base massa trascurando l'insieme dei flussi di materia che complessivamente rappresentano meno del 1% del flusso complessivo in ingresso. In questo 1% rientrano i flussi di materia per i quali è impossibile raccogliere dati o che hanno una massa trascurabile rispetto al processo considerato. Tra questi rientrano ad esempio i flussi relativi alle manutenzioni ordinarie dei muletti, che date le esigue quantità non sono stati considerati. Tuttavia, tutti i processi per i quali i dati sono disponibili sono stati presi in considerazione, anche se il loro contributo è inferiore all'1%. Tale scelta è confermata da analoghi studi di LCA riportati in letteratura (Humbert et al., 2009).

Infine, in riferimento alla modellazione dei rifiuti, e nello specifico a quelli destinati ad operazioni di riciclo, è stato utilizzato l'approccio *cut-off* che associa, a questo tipo di processi, impatti nulli (Frischknecht, 2010), associando il 100% degli impatti delle operazioni di riciclo al successivo sistema prodotto nel quale verrà utilizzato il materiale riciclato.

4.3.5. Criterio di allocazione

Carbon Footprint e Water Scarcity Footprint sono calcolate su un'unità funzionale predefinita ed il totale delle emissioni e dei sequestri relativi al ciclo di vita del prodotto sono stati distribuiti sull'unità di riferimento tramite le procedure di allocazione. L'allocazione consiste nella ripartizione dei flussi in ingresso e in uscita di un processo unitario o di un sistema di prodotto tra sistema prodotto soggetto allo studio e uno o diversi altri sistemi prodotto (ISO 14040:2021). Si tratta di un'operazione necessaria quando un processo ha più di un output e viene realizzata dividendo l'impatto ambientale complessivo dei processi tra i diversi prodotti in output.

In accordo con quanto previsto dalla norma ISO 14040:2021 l'allocazione dovrebbe essere evitata,

attraverso una divisione o espansione dei confini del sistema; laddove non sia possibile evitare l'allocazione è preferibile adottare il principio di allocazione su base di grandezza fisiche come la massa rispetto a quello economico.

In questo studio l'allocazione è stata applicata ad alcuni flussi come dà indicazioni riportate nella seguente tabella.

Categoria di dati	Motivo dell'allocazione	Criterio utilizzato
Materiali ausiliari - packaging	I quantitativi di materiale plastico impiegato per il trasporto del legname presso lo stabilimento produttivo erano disponibili solo desumendo tali valori dalle quantità di rifiuto generato dell'arco dell'intero anno di riferimento presso lo stabilimento produttivo.	L'allocazione è stata fatta sulla base del volume totale di legno lavorato presso lo stabilimento durante l'anno di riferimento.
Composti chimici	I consumi di olio lubrificante, sono stati forniti in forma aggregata per l'intero anno di riferimento di produzione.	L'allocazione è stata fatta sulla base del volume totale di legno lavorato presso lo stabilimento durante l'anno di riferimento.
Combustibili	I consumi di gasolio per i muletti sono stati forniti in forma aggregata per l'intero anno di riferimento di produzione.	L'allocazione è stata fatta sulla base del volume totale di legno lavorato presso lo stabilimento durante l'anno di riferimento.
Energia termica	I consumi di gasolio utilizzato in caldaia sono stati forniti in forma aggregata per l'intero anno di riferimento di produzione.	L'allocazione è stata fatta sulla base del volume totale di legno lavorato presso lo stabilimento durante l'anno di riferimento.

Tabella 3 – Elenco delle categorie di dati che hanno subito allocazione, relativa motivazione e spiegazione dei parametri utilizzati.

4.3.6. Descrizione della metodologia per la valutazione degli impatti

Lo studio è stato condotto secondo i requisiti contenuti all'interno delle norme internazionali per la valutazione del ciclo di vita attualmente in vigore ISO 14040:2021 e ISO 14044:2021. Per quanto riguarda le categorie di impatto utilizzate, si è deciso di considerare le seguenti:

- **“Climate Change” (cambiamento climatico):** quantifica l'impatto che le emissioni in atmosfera di gas ad effetto serra hanno sui cambiamenti climatici. La caratterizzazione avviene attraverso specifici fattori potenziali di riscaldamento globale (i.e. “global warming potential” - GWP), traducendo il contributo di tutti i gas serra (tra cui i principali sono anidride carbonica - CO₂, metano - CH₄, protossido d'azoto - N₂O, idrofluorocarburi - HFCs, esafluoruro di zolfo - SF₆, perfluorocarburi - PFCs) in termini di kg CO₂ eq (chilogrammi di CO₂ equivalente) secondo quanto previsto dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Il metodo utilizza i fattori di caratterizzazione “GWP

100a IPCC 2013”.

- **“Water Scarcity” (scarsità idrica):** considera gli impatti associati all’utilizzo della risorsa idrica tenendo conto della disponibilità di acqua locale, fornendo informazioni in termini di m³ eq (metri cubi equivalenti d’acqua). Pertanto a parità di volume di acqua consumato l’impatto cresce all’aumentare della scarsità locale di acqua associato a valori più alti del parametro WSI. Il metodo utilizza i fattori di caratterizzazione secondo “Pfister et al. 2009 (Water Scarcity) v.1.01”.

4.3.7. Strumenti utilizzati

Il calcolo degli impatti ambientali, secondo le due categorie considerate nel presente studio, imputabili al prodotto oggetto del presente studio è stato effettuato creando un modello attraverso il software commerciale SimaPro v.9.1.1.

Il modello descrive nel dettaglio tutti i processi che intervengono durante il ciclo di vita del prodotto e include la totalità dei flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita da tutti i diversi processi inclusi nell’analisi. Al fine di completare l’analisi dell’intero ciclo di vita dei prodotti sono state utilizzate anche dati riconosciute e validate a livello internazionale quali Ecoinvent v3.6.

4.3.8. Principi per la contabilizzazione degli impatti ambientali

La valutazione degli impatti è stata fatta ispirandosi ai principi fondamentali indicati dalla norma di riferimento ISO 14040:2021:

- **Pertinenza:** Dati e metodi utilizzati devono essere appropriati per garantire una valutazione delle emissioni del sistema prodotto analizzato comprensibile ed affidabile.
- **Completezza:** Il rapporto deve comprendere tutte le sorgenti e le rimozioni delle emissioni all’interno dei confini prestabiliti. Si devono riportare e giustificare tutti i passi importanti ed eventuali esclusioni. Per soddisfare questo principio sono stati considerati tutti i processi connessi a tutto il ciclo di vita del prodotto studiato, dichiarando eventuali esclusioni.
- **Consistenza:** La consistenza dev’essere garantita nelle assunzioni, nei metodi nei dati utilizzati attraverso tutto lo studio per giungere alle conclusioni in accordo con lo scopo e il campo di applicazione.
- **Trasparenza:** Il rispetto di questo principio è garantito attraverso la dichiarazione di tutte le assunzioni, fonti dei dati e banche dati, utilizzate per eseguire la quantificazione degli impatti.

Il rispetto di questi principi è garantito dal processo di revisione critica cui questo studio è stato sottoposto prima di essere reso pubblico.

4.3.9. Qualità dei dati

L'approccio usato nella raccolta di dati è stato quello di raccogliere il maggior numero di informazioni privilegiando la loro rappresentatività e importanza sul ciclo di vita del prodotto oggetto dello studio. I dati relativi a ciascun prodotto, nello specifico dimensioni, masse e numero di tavole superiori e inferiori, traverse, tappi, chiodi sono primari, in quanto questi aspetti sono direttamente gestiti da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l.

A livello di produzione i principali dati considerati sono stati quelli relativi ai consumi di energia elettrica, energia termica, composti chimici e rifiuti per i quali si sono assunte informazioni primarie relative allo stabilimento produttivo di proprietà di Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l., al fine di poter identificare i quantitativi specifici imputabili alla produzione di ciascuna diversa tipologia di pallet. Anche per quanto riguarda le distanze di distribuzione ai diversi clienti è stato possibile adottare informazioni primarie fornite dall'azienda in merito alla logistica specifica della linea di produzione EcoPallet®.

I dati relativi alle fasi per la produzione delle materie prime, quindi assi in legno e chiodi, così come per gli elementi costituenti i packaging adottati per il loro trasporto presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV) sono secondari e derivano da banche dati riconosciute a livello internazionale. Infine, in riferimento agli scenari di gestione di fine vita, sono stati utilizzati dati relativi ai rifiuti degli imballaggi in legno su scala nazionale, forniti da ISPRA (Rapporto rifiuti urbani 2021).

La qualità dei dati è stata valutata in modo critico considerando cinque indicatori di qualità:

- **Rappresentatività tecnologica:** il grado con cui i dati si riferiscono alla tecnologia che effettivamente è utilizzata nel processo considerato. Il rispetto di questo principio è garantito scegliendo banche dati riferite a processi che sfruttano tecnologie il più possibile simili a quelle utilizzate nei vari processi considerati durante lo studio dell'intero ciclo di vita del prodotto.
- **Rappresentatività geografica:** il grado con cui i dati si riferiscono alla reale posizione geografica in cui avvengono i processi. Per cercare di rispettare questo principio, si sono selezionati processi che fanno riferimento alla località geografica reale, qualora ciò non fosse possibile, si è scelta una banca dati rappresentativa della media europea (RER) e in caso anche ciò non fosse possibile, la banca dati facente



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

riferimento ad una località il più possibile compatibile con la località reale.

- **Rappresentatività temporale:** il grado con cui i dati si riferiscono ad un arco temporale il più attuale possibile. In questo caso, il rispetto di questo requisito è stato ottenuto utilizzando dati che fanno riferimento all'anno completo 2021.
- **Completezza:** il grado con cui i dati sono statisticamente rappresentativi dei processi ai quali si riferiscono. Questo principio è garantito dalla conduzione dell'analisi di incertezza che valuta appunto l'influenza della variabilità statistica dei dati sui risultati dello studio.
- **Affidabilità:** grado in cui i dati sono raccolti secondo procedure verificate. Questo principio è garantito dalla conduzione delle analisi di sensibilità che valutano appunto l'influenza delle scelte di modellazione e delle assunzioni fatte sui risultati dello studio.

In base a questi criteri emerge che la qualità dei dati utilizzati per lo studio è più che buona, con un livello di dati primari che si attesta attorno al 90%, tenendo presente che sono stati considerati dati sito specifici riferibili allo stabilimento produttivo, dati primari per tutti i processi rilevanti, e che i dati secondari provengono da dataset riconosciuti e validati a livello internazionale.

5. Analisi dell'inventario

5.1. Modello parametrico per l'analisi del ciclo di vita di imballaggi terziari in legno

In accordo con quanto già sviluppato da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. dal 2011, il modello parametrico per l'analisi del ciclo di vita dei propri prodotti pallet in legno è stato mantenuto tal quale, se non per lievi aggiustamenti con l'aggiunta di nuovi parametri, ed implementato su tutte le referenze costituenti l'intera linea di produzione EcoPallet® realizzata presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV).

La creazione di un modello parametrico d'inventario ha come obiettivo la definizione delle quantità di inventario in riferimento a parametri comuni per i prodotti analizzati (imballaggi terziari). In questo modo, è possibile ottenere le quantità di inventario per i diversi prodotti al variare dei valori assunti dai parametri del modello. A tal scopo, la descrizione di un singolo prodotto di riferimento e i dati di inventario relativi rappresentano il punto di partenza per la parametrizzazione.



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Per ottenere i dati d'inventario sono state utilizzate delle schede di raccolta dati e, in particolar modo, estrazioni di informazioni provenienti dal sistema gestionale dell'azienda. Tale prassi ha permesso di creare il modello per la raccolta dei dati generalizzabile e applicabile ai vari prodotti, secondo la suddivisione nelle seguenti unità di processo:

- Legno
- Chiodi
- Materiali ausiliari in ingresso
- Materiali ausiliari in produzione
- Produzione pallet – parti comuni
- Produzione pallet – parti opzionali
- Scarti e sfridi
- Emissioni
- Trasporto ai clienti
- Fine vita

All'interno del modello di calcolo si è seguita tale suddivisione in sezioni, in modo da rendere più agevole e diretta l'applicazione del modello parametrico a partire dalle informazioni ricavabili dalle schede di raccolta dati.

5.1.1. Legno

La materia prima principale per il prodotto di riferimento e per l'insieme dei prodotti realizzati da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. è il legno. La quantità di legno che viene acquistata dipende dalla quantità che entra nel prodotto finito, che a sua volta dipende dal numero e dalle dimensioni delle parti in legno. Queste ultime sono generalmente divise in traverse, tappi e tavole superiori e inferiori. Nell'unità di processo creata nel modello sono dunque richiamate le tre unità di processo corrispondenti ai vari materiali in legno del pallet, corrispondenti a:

- **abete_fresco:** legno di abete fresco [m³];
- **abete_ess:** legno di abete essiccato [m³];
- **truciolato:** tappi in legno truciolato [m³];

I valori associati a tali parametri sono relativi alla quantità totale di legno nel singolo prodotto finale, per cui l'unità di processo stessa è riferita a **volume_legno**. Quest'ultimo è un parametro dipendente, il cui valore è ottenuto dalla somma delle masse dei vari elementi, a loro volta funzione del numero degli elementi, delle dimensioni geometriche e della densità. Tale parametro e la relativa espressione

verranno esplicitati più avanti in seguito ad ulteriori definizioni. Le unità di processo richiamate per tale fase del modello sono quelle relative ad abete fresco, abete essiccato e truciolato. In particolare, la quantità di legno totale necessaria all'ottenimento di un pezzo, sia esso una tavola, un tappo o una traversa, dipende dal volume finale dello stesso, e quindi dalle dimensioni e dalla percentuale di scarti di legno durante le lavorazioni.

I dati relativi a queste percentuali di scarti sono stati stimati dall'azienda sulla base della quantità di legno contenuta nel prodotto. Sono perciò definiti i seguenti parametri indipendenti:

Il parametro Rho è la densità del legno, considerata costante e pari a 500 kg/m³, valore di densità stimata per il calcolo del peso CONAI.

Inoltre, per la determinazione della quantità di legno necessaria all'ottenimento di un pezzo, vengono definiti altri tre parametri: perc_scarto (indipendente) perc_refili e perc_segatura (dipendente da perc_scarto), rappresentanti il rapporto volumetrico e/o massivo (la densità è considerata essere costante) tra gli scarti rispettivamente delle fasi di fresatura e smussatura e la quantità nel pezzo. Tali rapporti sono considerati indipendenti dal pezzo considerato e dalle sue dimensioni e provengono da stime fatte dall'azienda. Mentre perc_scarto è inserito come parametro indipendente con valore 0,0137, perc_segatura e perc_refili sono definiti come:

$$\mathbf{perc_segatura} = \mathbf{fresatura} * 0,29 \quad (5.4)$$

$$\mathbf{perc_refili} = \mathbf{smussatura} * 0,71 \quad (5.5)$$

Fresatura e *smussatura*, parametri indipendenti, sono inseriti come interruttori per indicare la presenza delle fasi di fresatura e/o smussatura (assumono valore 0 se tali fasi non sono previste, valore 1 altrimenti). Dal risultato di tali parametri, è possibile calcolare il valore del rapporto totale degli scarti di produzione:

$$\mathbf{tot_scarti} = \mathbf{perc_scarto} * (\mathbf{perc_segatura} + \mathbf{perc_refili}) \quad (5.6)$$

dove *tot_scarti*, parametro dipendente, rappresenta il rapporto totale tra gli scarti di produzione e la quantità nel pezzo. Pertanto, la quantità di legno risulta:

$$\mathbf{m^3 \text{ di legno per pezzo (vol_legno_lordo) } i} = \mathbf{vol_i} / (\mathbf{1 - perc_scarto}) \quad i = \text{abete fresco, abete essiccato e truciolato} \quad (5.7)$$

Per la modellazione delle sezioni relative al legno, vengono utilizzati i seguenti dataset:

**Spinlife**SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it

**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Materiale	Dataset
Abete fresco	Sawnwood, board, softwood, dried (u=20%), planed {CH} planing, board, softwood, u=20% Cut-off, U (dataset modificato per caratterizzare l'utilizzo di energia elettrica)
Abete essiccato	Sawnwood, board, softwood, dried (u=10%), planed {CH} planing, board, softwood, u=10% Cut-off, U (dataset modificato per caratterizzare l'utilizzo di energia elettrica)
Tappi in truciolato	Particle board, for outdoor use {RER} production Cut-off, U

Tabella 4 – Dataset utilizzati per la caratterizzazione delle materie prime in legno

Il legno usato per la costruzione del pallet proviene in parte da gestione forestale sostenibile certificata PEFC, tuttavia il modello implementato non tiene conto della differenziazione nella provenienza PEFC e non-PEFC, facendo comunque riferimento ad una gestione forestale sostenibile.

Inoltre per tutti tre i dataset dei componenti in legno, sono state calcolate le percentuali di provenienza dai diversi paesi per riproporzionare i consumi di energia elettrica con i dataset del paese di provenienza.

Materiale	Provenienza	%
Abete fresco	Austria	93,48
	Repubblica Ceca	0,05
	Germania	3,78
	Italia	0,84
	Repubblica Slovacca	0,50
	Slovenia	1,02
	Ungheria	0,34
Abete essiccato	Austria	88,33
	Repubblica Ceca	4,40
	Germania	2,58
	Italia	4,68
Tappi in truciolato	Italia	100

Tabella 5 – Stati di provenienza delle materie prime

Per quanto riguarda il trasporto dei vari pezzi, che avviene esclusivamente per autotrasporto, si è considerata una situazione media di flotta secondo dati di letteratura (classe EURO 4). Non sono infatti disponibili dati completi sui mezzi di trasporto per il legno in entrata. L'unità considerata, presente nella banca dati, è: "Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 | Alloc Rec, U".

In particolare, essendo molteplici i fornitori e le distanze, sono state prese in considerazione dei percorsi rappresentanti la distanza media su base ponderale per il materiale (abete fresco, abete essiccato), a parte nel caso dei tappi in truciolare, in quanto quest'ultimi sono forniti da un unico fornitore, in questo modo si ha:

Materiale	km
Abete fresco	629,03
Abete essiccato	299,2
Tappi in truciolato	195

Tabella 6 – Distanze medie ponderate dei fornitori delle materie prime in legno

La quantità **volume_legno** di ciascuna singola referenza della linea di produzione EcoPallet® è perciò ottenuta sommando la massa delle varie parti:

$$\text{volume_legno} = \text{abete_fresco} + \text{abete_ess} + \text{truciolato}$$

Mentre nei casi dove necessario utilizzare la massa si utilizza la quantità **massa_legno = (abete_fresco + abete_ess + truciolato) * rho**, dove **rho = 500 kg/m³**

5.1.2. Chiodi

I chiodi costituiscono gli elementi tramite cui il pallet viene assemblato. In maniera simile a quanto fatto per l'unità di processo relativa al legno, anche per i chiodi è possibile distinguere le varie parti che entrano nel prodotto finito. In particolare, viene creata l'unità di processo "**kg_chiodi**" rappresentante la massa totale delle tre tipologie di chiodi: piccoli, medi e grandi.

A differenza delle parti in legno per cui sono state introdotte le dimensioni come parametri indipendenti, ciò che più interessa per la rappresentazione dei chiodi è la massa. A tipologie diverse corrispondono masse diverse, e la quantità di inventario richiesta è proprio la massa, mentre per le parti in legno è il volume.

Per rappresentare i chiodi, quindi, è necessario richiamare la quantità di materia prima, acciaio basso-legato, nel chiodo. L'unità considerata, presente nella banca dati è "*Steel, low-alloyed, hot rolled {RER} production / Alloc Rec, U*", più il processo di lavorazione di un prodotto finito in acciaio da un semilavorato metallico modellato tramite "*Metal working, average for steel product manufacturing {RER} processing / Alloc Rec, U*".

Le quantità di inventario sul trasporto dei chiodi è stato modellato utilizzando il dataset “*Transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO4 {RER} transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO4 | Alloc Rec, U*”, la distanza calcolata è la media ponderata delle distanze dai vari fornitori, la quale varia in base al tipo e numero di chiodi presenti nel bancale.

5.1.3. Materiali ausiliari in ingresso

Tra i materiali in ingresso allo stabilimento che non entrano nel prodotto finito vi sono le scatole in cartone, che costituiscono l’imballaggio dei chiodi, e le reggette metalliche e plastiche, che accompagnano il legno in entrata.

Per quanto riguarda le scatole in cartone, si è usata l’unità di processo della banca dati “*Corrugated board box {RER} production | Alloc Rec, U*”. Tali scatole contengono all’incirca 1000 kg di chiodi e hanno una massa di 4,8 kg. Per quanto riguarda le reggette metalliche, l’azienda ha a disposizione la quantità totale utilizzata per tutta la produzione annuale di stabilimento, richiedendo perciò un’allocazione su base massa per ottenere il quantitativo di reggette metalliche utilizzate per ciascun singolo pallet. Analogamente a quanto visto per i chiodi, anche per le reggette metalliche è necessario richiamare la quantità di materia prima contenuta ed il processo di lavorazione da semilavorato a prodotto metallico finito. Le unità di processo sono, dunque, le stesse viste per i chiodi, con le analoghe considerazioni: “*Steel, low-alloyed, hot rolled {RER} production | Alloc Rec, U*” e “*Metal working, average for steel product manufacturing {RER} processing | Alloc Rec, U*”.

Per quanto riguarda le reggette in plastica, invece, si tratta di materiali ausiliari che potrebbero essere costituiti in parti variabili di polipropilene e nylon 6,6. Dal momento che non è stato possibile risalire ai dati sulle percentuali relative ai due tipi di materiali, si è considerato come materiale esclusivo delle reggette il nylon 6,6 con un approccio worst case per il maggiore impatto ambientale generato. L’unità considerata, presente nella banca dati, è “*Nylon 6–6 {RER} production | Alloc Rec, U*”, mentre per il processo di lavorazione è stata utilizzata la banca dati “*Thermoforming, with calendering {RER} thermoforming, with calendering | Cut-off, U*”. Ad ogni modo, nell’ambito della valutazione complessiva del prodotto tramite il modello finale, le differenze tra i due materiali risultano minime, soprattutto in virtù del fatto che i materiali ausiliari concorrono in minima parte agli impatti complessivi del ciclo di vita del prodotto finale. Per quanto riguarda i trasporti, le unità considerate sono le stesse usate per il



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

trasporto degli altri materiali, quindi “Transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO4 {RER}” transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO4 | Alloc Rec, U”.

5.1.4. Materiali ausiliari in produzione

Tra i materiali ausiliari usati durante la produzione del pallet vi sono gli oli lubrificanti, utilizzati nelle fasi di taglio e assemblaggio, e i bindelli, cioè le etichette tramite cui i semilavorati vengono contrassegnati all'interno dello stabilimento.

Per quanto riguarda gli oli lubrificanti, la situazione è analoga a quanto visto per le reggette metalliche. L'azienda, infatti, ha a disposizione la quantità totale utilizzata per tutta la produzione annuale di stabilimento. L'unità considerata, presente nella banca dati, è “*Lubricating oil {RER} production | Alloc Rec, U*”. Poiché l'azienda ha fornito il dato in litri, mentre l'unità in esame richiede una massa, si è considerata una densità pari a 0.9 kg/l, comune alla maggior parte degli oli lubrificanti minerali alle temperature e pressioni di esercizio. La quantità di oli lubrificanti per un singolo pallet, dunque, è una funzione lineare della massa di legno nel prodotto.

I bindelli utilizzati hanno ciascuno una massa di 2,25 g e sono realizzati in polipropilene. L'unità considerata, presente nella banca dati è “*Polypropylene, granulate {RER} production | Alloc Rec, U*”, con processo di produzione modellato tramite banca dati “*Extrusion, plastic film {RER} production | Alloc Rec, U*”. Per il prodotto di riferimento, l'azienda stima una quantità di 0,00225 kg di bindelli ogni 1000 pezzi di pallet realizzato. A tal proposito si è previsto l'uso del parametro indipendente *kg_bindelli*, che esprime appunto il numero di bindelli in massa per 1000 pezzi di prodotto realizzato (0,0000225 kg di bindelli ad ogni bancale). Per quanto riguarda i trasporti, anche in questo caso, la banca dati utilizzata è “*Transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO4 {RER}” transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO4 | Alloc Rec, U*”.

5.1.5. Produzione pallet – parti comuni

Le fasi di produzione comuni a tutti i pallet sono l'essiccazione, il taglio e l'assemblaggio delle varie parti. Le quantità di inventario che interessano tali fasi sono rappresentate dal consumo di diesel per i muletti adibiti al trasporto interno, dal consumo di gasolio per la caldaia di stabilimento e dai consumi di energia elettrica.

Per quanto riguarda il consumo di diesel come carburante per i muletti, l'azienda stima una quantità

totale di circa 5.500 litri imputabile a tutta la produzione annuale di stabilimento. Tale quantità risulta costante ed indipendente dalla tipologia di pallet, in maniera analoga a quanto visto per le reggette in plastica. L'unità considerata, presente nella banca dati, è *"Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}| production | Alloc Rec, U"*. Poiché anche in questo caso l'unità in esame richiede una massa, si è considerata una densità pari a 0.835 kg/l, comune a gran parte dei diesel disponibili commercialmente a temperatura ambiente.

Per quanto riguarda il consumo di gasolio per la caldaia di stabilimento, il dataset considerato è *"Heat, district or industrial, other than natural gas {CH}| heat and power co-generation, diesel, 200kW electrical, SCR-NOx reduction | Cut-off, U"* opportunamente modificata per poterla rendere adatta al processo di combustione di diesel. L'azienda ha a disposizione la quantità totale utilizzata per tutta la produzione annuale di stabilimento, pari a circa 4.500 litri, mentre per quanto riguarda il consumo di GPL per la caldaia di stabilimento il dataset rappresentante il processo è *"Heat, central or small-scale, natural gas {GLO}| propane extraction, from liquefied petroleum gas | Cut-off, U"*, con una quantità annuale utilizzata pari a 1.900 litri di gas propano liquido.

Infine, per i consumi di energia elettrica nelle fasi di taglio e assemblaggio l'azienda stima una quantità costante per ciascun pallet, indipendentemente dalla tipologia. Ciò è comprensibile, dal momento che il taglio e l'assemblaggio sono realizzati in maniera standardizzata e predefinita. Poiché l'energia elettrica utilizzata proviene completamente da fonte rinnovabile, con garanzia d'origine del fornitore, per caratterizzare questa si è scelto una banca dati di un biocombustibile, non presente tra il residual mix nazionale. In particolare è stato utilizzato il dataset *"Electricity, high voltage {CH}| ethanol production from wood | Cut-off, U"*, è stata successivamente condotta un'analisi di sensitività dovuta alla scelta del dataset. Per la quantità d'inventario relativa al consumo energetico durante la fase di assemblaggio, è stato introdotto il parametro dipendente "assemblaggio" avente lo scopo di attivare o disattivare la fase di assemblaggio, dal momento che alcune referenze della linea di produzione EcoPallet® non prevedono assemblaggio automatizzato, bensì manuale.

5.1.6. Produzione pallet – parti opzionali

Le fasi di produzione opzionali per le varie tipologie di pallet riguardano le fasi di trattamento ad alta temperatura, timbratura a caldo, fresatura e smussatura. Le quantità di inventario che interessano tali

fasi sono rappresentate dal consumo di GPL per il forno adibito al trattamento fitosanitario ad alta temperatura e dai consumi di energia elettrica per le altre operazioni.

Per quanto riguarda il consumo di GPL come combustibile per il forno nel trattamento ad alta temperatura, in conformità con le norme fitosanitarie vigenti (COM 29, 2000, aggiornata con la Decisione di esecuzione UE 2017/204), l'azienda indica una quantità di 54.201 litri per 7.266,2 m³ di legno trattato. Tale quantità risulta costante ed indipendente dalla tipologia di pallet, in maniera analoga a quanto visto precedentemente. Il trattamento prevede, infatti, di mantenere la temperatura del cuore del legno a 56 °C per un minimo di trenta minuti. Il tempo di trattamento, dunque, dipende dalla massa di legno che si deve trattare e portare a 56 °C. Ciò porta a considerare una funzione lineare della massa del legno che deve essere trattato. L'azienda, tuttavia, estende il tempo di trattamento, in modo da avere garanzia per ogni tipologia di pallet, e lo mantiene costante. Dal momento che non sono a disposizione dati primari sulle emissioni dell'operazione di trattamento ad alta temperatura, sono stati utilizzati dati secondari, tramite banca dati "Heat, central or small-scale, natural gas {GLO}| propane extraction, from liquefied petroleum gas | Cut-off, U". La quantità di GPL utilizzata in fase di modellazione viene moltiplicata per un parametro indipendente, HT, che svolge il ruolo di "interruttore" per indicare la presenza o meno del trattamento, similmente a quanto visto per l'assemblaggio.

Per quanto riguarda i consumi di energia elettrica, valgono le stesse considerazioni dei consumi energetici delle fasi di taglio ed assemblaggio. Anche le fasi di trattamento a caldo, timbratura, fresatura e smussatura, sono realizzate in maniera standardizzata e predefinita, risultando in una stima costante da parte dell'azienda. Infine, come per trattamento termico e assemblaggio, è stato previsto anche per timbratura, fresatura e smussatura l'inserimento di parametri utilizzati come interruttori per indicare la presenza o meno del processo, corrispondenti rispettivamente a *timbratura*, *fresatura*, *smussatura*.

5.1.7. Scarti e sfridi

Le quantità di inventario che interessano tale unità di processo sono rappresentate dai trasporti, modellati tramite dataset "Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 | Alloc Rec, U", dei vari scarti dallo stabilimento alla destinazione prevista e dalle relative quantità che devono essere smaltite, che richiamano le unità di processo corrispondenti. In



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

particolare, devono essere considerati gli scarti di legno prodotti durante le fasi di taglio, fresatura e smussatura, che fanno riferimento alla quantità di legno nel pallet (*volume_legno*) e alle relative frazioni di scarti (*perc_scarto*, *perc_segatura* e *perc_refili*), ed i materiali ausiliari che vengono smaltiti dopo l'uso. Per i materiali ausiliari, cioè le scatole in cartone, i bindelli, le reggette in materiale plastico, la quantità che viene inviata allo smaltimento è pari a quella richiamata in ingresso ai processi precedenti, dal momento che tutto ciò che viene usato diventa un rifiuto. Si precisa inoltre che tutti gli scarti e i rifiuti sono conferiti ad operazioni di riciclo, che in virtù dell'approccio di cut-off utilizzato in fase di modellazione, determinano impatto nullo.

In merito alle destinazioni di trattamento, mentre per gli scarti di legno è previsto il conferimento presso i centri di riciclo di Cimadolmo (TV) e San Giorgio di Piave (TV), per le scatole in cartone è previsto il trasporto all'impianto comunale di Treviso, così come per le reggette e per i bindelli.

5.1.8. Emissioni

Durante le varie fasi di produzione, la lavorazione delle parti in legno provoca delle emissioni di polveri in aria. L'azienda ha potuto fornire i dati riportati dalle analisi della stazione di filtraggio. Questo tipo di emissioni è stato modellato come "Particulates" all'interno del modello di calcolo, il quale non crea impatto nelle categorie d'impatto ambientali analizzate.

5.1.9. Trasporto ai clienti

Per il trasporto del prodotto finito ai diversi clienti, che viene effettuato esclusivamente tramite autotrasporto, si è operato come in precedenza per i quantitativi di trasporto inseriti nelle varie unità di processo. La quantità da inserire è data dal prodotto della massa del prodotto trasportato in tonnellate per la distanza percorsa in km. Dal momento che la massa complessiva del pallet è data dalla somma delle masse del legno e dei chiodi, si ha:

$$\text{massa_pallet} = \text{massa_legno} + \text{kg_chiodi} \quad (5.18)$$

dove *massa_pallet* (kg) è la massa totale del pallet, ricavata dal volume moltiplicato per la densità rho. Per quanto riguarda la banca dati utilizzata, essa corrisponde a "Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {RER} | transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 | Alloc Rec, U". In merito alla distanza percorsa, invece, è possibile definire un ulteriore parametro indipendente *dist_clienti* (km), che rappresenta la distanza media su base ponderale per ciascun prodotto finito.

**Spinlife**SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it

**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

5.1.10. Fine vita

Il pallet, una volta terminata la fase d'uso presso il cliente, segue una logica a perdere e viene così indirizzato allo smaltimento finale. Per la definizione degli scenari di fine vita si sono utilizzati i dati relativi ai rifiuti su scala nazionale, forniti da ISPRA (rapporto rifiuti urbani 2021). I due costituenti del pallet, legno e chiodi, seguono tali percorsi secondo le percentuali indicate.

Tipo di rifiuto	Dataset	%
Legno	Recycling wood	62,4
	Waste wood, untreated {CH} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U	35,3
	Waste wood, untreated {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U	2,3
Chiodi	Steel and iron (waste treatment) {GLO} recycling of steel and iron Cut-off, U	79,8
	Scrap steel {CH} treatment of, inert material landfill Cut-off, U	0
	Scrap steel {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U	20,2

Tabella 7 – Dataset e percentuali di destinazione finale dei rifiuti del pallet (ISPRA 2021)

6. Risultati della valutazione di impatto del ciclo di vita

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'analisi degli impatti ambientali, condotta in riferimento alle categorie "Climate Change" e "Water Scarcity", della linea di produzione EcoPallet® realizzata nell'anno 2021 da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV).

In tabella 3 si riportano i risultati complessivi di Carbon Footprint e Water Scarcity Footprint caratterizzati secondo le diverse fasi del ciclo di vita della linea di produzione EcoPallet®, risultanti dalla somma di tutti i contributi di ciascuna referenza appartenente alla linea stessa che nel complesso risulta essere pari a 112.086 pezzi (unità di vendita).

Nella Tabella 8 e Figura 4 è possibile osservare rispettivamente i risultati di Carbon Footprint e Water Scarcity Footprint caratterizzati per ogni singolo prodotto.

Categoria d'impatto	IPCC GWP 100a	WSI
Articolo	kg CO ₂ eq.	m ³
EPHP0498.1	3,208	0,010527
EPHP2128.3	6,625	0,010063
EPHP2211.1	7,030	0,010215
EPHP2253	1,694	0,002148



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

EPHP2375	3,843	0,011983
EPHP3085	3,477	0,005895
EPHP3085.1	3,480	0,005897
EPHP3085.2	3,778	0,005853
EPHP3085.3	4,031	0,006820
EPHP3085.4	4,097	0,006472
EPHP3089.1	5,369	0,008006
EPHP3089.3	6,701	0,010452
EPHPB0498.1	3,238	0,010531
EPHPB1032.1	3,820	0,011370
EPPE0099.5	4,170	0,012312
EPPE0498.1	3,315	0,011062
EPPE2128.3	6,633	0,010107
EPPE2217.1	5,472	0,009961
EPPE2253	1,602	0,002122
EPPE2375	3,890	0,012018
EPPE2825	6,422	0,010616
EPPE2835.1	8,199	0,013434
EPPE2847	5,332	0,009292
EPPE2848	6,150	0,010285
EPPE2851	8,751	0,014125
EPPE3032	10,251	0,017204
EPPE3085.E	3,546	0,005942

Tabella 8 – Valutazione degli impatti per un singolo Ecopallet prodotto [U.F.: massa_pallet]

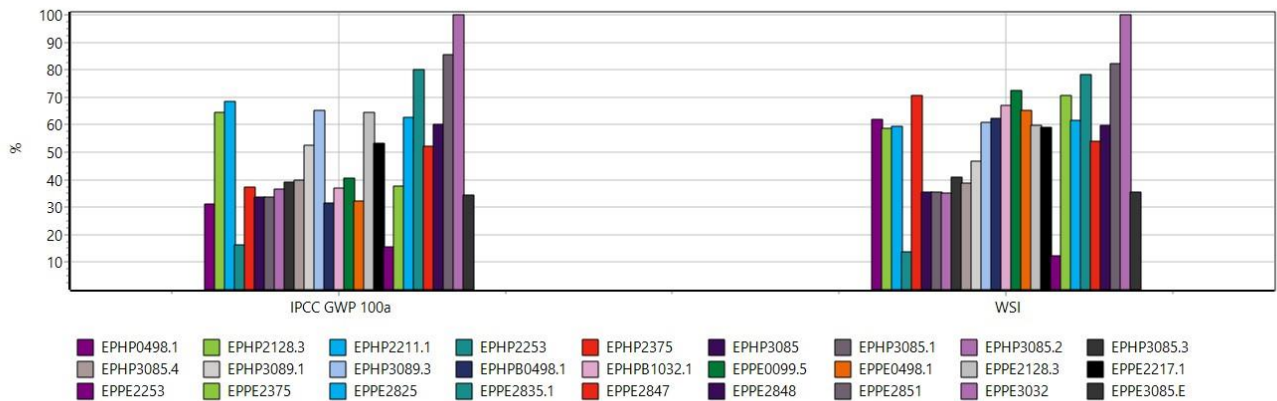


Figura 4 – Risultati per i singoli articoli della linea di Ecopallet per unità funzionale: un pezzo = massa_pallet

I precedenti risultati ottenuti mostrano come per la categoria di impatto “**climate change**” i contributi maggiori al totale delle emissioni siano quelli degli articoli EPHP 2851, EPPE 3032 dovuto principalmente alla maggiore quantità di massa di legno (essicato, fresco e/o truciolare) all’interno del prodotto rispetto agli altri.

Per quanto riguarda la categoria di impatto “**water scarcity**” i risultati ottenuti mostrano come i contributi

**Spinlife**SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it

**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

maggiori al totale delle emissioni siano nuovamente quello di EPPE 3032.

Categoria d'impatto	N° pallet prodotti	IPCC GWP 100y	WSI
Unità	Pezzi	kg CO ₂ eq.	m ³
EPHP0498.1	3.987	12.789,78	41,97
EPHP2128.3	3.492	23.134,26	35,14
EPHP2211.1	1.276	8.970,89	13,03
EPHP2253	340	575,91	0,73
EPHP2375	5.772	22.179,38	69,17
EPHP3085	28.317	98.445,68	166,94
EPHP3085.1	8.337	29.014,09	49,16
EPHP3085.2	5.841	22.064,57	34,19
EPHP3085.3	26.658	107.448,94	181,81
EPHP3085.4	1.011	4.141,67	6,54
EPHP3089.1	1.093	5.868,23	8,75
EPHP3089.3	231	1.548,00	2,42
EPHPB0498.1	4.442	14.384,58	46,78
EPHPB1032.1	2.499	9.545,78	28,41
EPPE0099.5	4.988	20.802,10	61,41
EPPE0498.1	1.289	4.272,52	14,26
EPPE2128.3	80	530,60	0,81
EPPE2217.1	3.211	17.571,73	31,98
EPPE2253	50	80,08	0,11
EPPE2375	6.442	25.061,93	77,42
EPPE2825	700	4.495,68	7,43
EPPE2835.1	600	4.919,25	8,06
EPPE2847	300	1.599,57	2,79
EPPE2848	600	3.689,85	6,17
EPPE2851	300	2.625,25	4,24
EPPE3032	50	512,54	0,86
EPPE3085.E	180	638,31	1,07
Totale	94.747	446.911,18	901,65

Tabella 9 – Valutazione degli impatti per l'intera linea di EcoPallet® prodotti

7. Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività serve a valutare la robustezza di certe assunzioni e scelte modellistiche ai fini di comprendere il loro impatto sul valore finale della Carbon Footprint e della Water Scarcity Footprint risultante. Essendo stati utilizzati per la quasi totalità dati primari, nel presente studio sono state condotte solo due analisi di sensibilità riguardanti nello specifico la valutazione della variazione dei risultati finali considerando mezzi di trasporto di classe inferiore a quella assunta, nello specifico da EURO 4 a EURO 3, e la variazione dei risultati finali tenendo conto del processo di combustione di gasolio ad opera dei muletti impiegati presso lo stabilimento.

Lo scopo della prima analisi è di indagare la variazione dei risultati considerando la classe EURO 3 come ipotesi peggiorativa della tipologia di trasporti che, per il caso base, sono stati tutti assunti tutti in classe EURO 4, sia per quelli utilizzati in fase di distribuzione dei prodotti finiti in uscita dallo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV), sia per tutti gli altri trasporti per cui non si disponeva di dati primari. Nella tabella 10 sono presentati i risultati della variazione complessiva per la linea di produzione EcoPallet®.

ANALISI SENSITIVITÀ MEZZI DI TRASPORTO LINEA ECOPALLET®		
Unità di misura	kg CO ₂ eq	m ³
Caso base	446.911	901,649
Alternativa (Euro 3)	447.915	902,33
Variazione	0,225%	0,075%

Tabella 10 – Risultati dell'analisi di sensibilità dei mezzi di trasporto per le categorie di impatto "climate change" e "water scarcity" della linea di produzione EcoPallet®.

I risultati ottenuti mostrano come la variazione peggiorativa della classe dei mezzi di trasporto determini variazioni non significative con valori percentuali del tutto insignificanti sia per la categoria di impatto "**Climate change**" che per la categoria di impatto "**Water scarcity**".

La seconda analisi di sensibilità è stata condotta sull'utilizzo dei dataset rappresentanti l'approvvigionamento di energia elettrica di tipo rinnovabile, il contratto di fornitura contenente le garanzie d'origine specifica che le quote assegnate all'azienda provengono da un impianto di bio-gas presente in Sardegna. Oltre a non essere ancora ben integrato nel residual mix nazionale proposto da AIB e non essendo compreso nel dataset "High Voltage" dei singoli paesi, si è deciso di condurre questa

analisi per capire l'influenza della scelta dell'utilizzo del dataset "Electricity, high voltage {CH}| ethanol production from wood | Cut-off, U" scelto per rappresentare questo tipo di produzione rispetto al caso alternativo "Electricity, high voltage {ReR}| sulfate pulp production, from softwood, unbleached | Cut-off, U".

ANALISI SENSITIVITÀ APPROVIGIONAMENTO ENERGIA ELETTRICA LINEA ECOPALLET®		
Unità di misura	kg CO ₂ eq	m ³
Electricity, high voltage {CH} ethanol production from wood Cut-off, U	446.911	901,649
Electricity, high voltage {ReR} sulfate pulp production, from softwood, unbleached Cut-off, U	441.212,96	974,99
Variazione	-1,275%	8,134%

Tabella 11 – Risultati dell'analisi di sensibilità dell'energia elettrica per le categorie di impatto "climate change" e "water scarcity"

L'utilizzo del dataset considerato in alternativa non varia di molto l'impatto sulla categoria "**Climate change**", dando risultati migliori (meno impattanti) rispetto al dataset di base scelto mentre la categoria "**Water scarcity**" presenta maggiori differenze in termini percentuali, rimanendo comunque entro dei limiti accettabili.

8. Analisi di incertezza

L'analisi di incertezza è stata condotta allo scopo di individuare il livello d'incertezza relativa ai dati in ingresso sui risultati dello studio. Per analisi di incertezza si intende infatti lo studio sistematico della propagazione dell'incertezza degli input sull'incertezza degli output. Se viene specificata l'incertezza dei dati di processo, ad esempio sotto forma di una distribuzione gaussiana con una certa standard deviation, che può differire per le diverse sezioni dei dati di processo, allora l'analisi di incertezza produrrà le standard deviation o gli intervalli di confidenza per i risultati dell'inventario (Heijungs et al., 2005).

In uno studio di LCA, ci sono almeno due tipologie di incertezza coinvolte: una è la normale incertezza

associata con la determinazione di un parametro in un dato sistema, e l'altra si riferisce alla scelta del valore di tale parametro per rappresentare un valore in un altro sistema simile (Steen B., 1997).

Molto spesso l'incertezza sulla quantità di uno specifico input o output non può essere derivata dalle informazioni disponibili, dal momento che c'è una sola sorgente di informazioni che fornisce il valore medio, senza alcuna indicazione sull'incertezza di quel valore. Per questo, in riferimento al database Ecoinvent, è stata sviluppata una procedura semplificata per quantificare l'incertezza di questi dati: tale approccio semplificato prevede una valutazione qualitativa degli indicatori della qualità dei dati, sulla base di una matrice pedigree. Questa matrice è stata introdotta e sviluppata da Pedersen Weidema & Wesnae (Weidema et al., 1996) e viene così definita (pedigree matrix), dal momento che gli indicatori della qualità dei dati si riferiscono alla storia o all'origine dei dati, come un albero genealogico riporta la genealogia (pedigree) di un individuo (Weidema et al., 1996).

Vengono utilizzati dei fattori di incertezza di base per i tipi di input e output considerati. Questi fattori di incertezza sono riportati nella seguente figura 12, secondo quanto ricavato da giudizi di esperti.

Input / output group	c	p	a
Demand of:			
Thermal energy, electricity, semi-finished products, working material, waste treatment services	1.05	1.05	1.05
Transport services (tkm)	2.00	2.00	2.00
Infrastructure	3.00	3.00	3.00
Resources:			
Primary energy carriers, metals, salts	1.05	1.05	1.05
Land use, occupation	1.50	1.50	1.50
Land use, transformation	2.00	2.00	2.00
Pollutants emitted to air:			
CO ₂	1.05	1.05	
SO ₂	1.05		
NM VOC total	1.50		
NO _x , N ₂ O	1.50		1.40
CH ₄ , NH ₃	1.50		1.20
Individual hydrocarbons	1.50	2.00	
Pm>10	1.50	1.50	
Pm10	2.00	2.00	
Pm2.5	3.00	3.00	
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	3.00		
CO, heavy metals	5.00		
Inorganic emissions, others		1.50	
Radionuclides (e.g. Radon-222)		3.00	
Pollutants emitted to water:			
BOD, COD, DOC, TOC, inorganic compounds (NH ₄ , PO ₄ , NO ₃ , Cl, Na, etc.)		1.50	
Individual hydrocarbons, PAH		3.00	
Heavy metals		5.00	1.80
Pesticides			1.50
NO ₃ , PO ₄			1.50
Pollutants emitted to soil:			
Oil, hydrocarbon total		1.50	
Heavy metals		1.50	1.50
Pesticides			1.20

Figura 5 – Esempi di fattori di incertezza di base (adimensionali) applicati agli input e output da tecnosfera e ai flussi elementari; per le emissioni c=da combustione, p=da processi; a=da processi derivanti dall' agricoltura (Frischknecht et al., 2005)

Le fonti dei dati sono valutate in accordo alle sei caratteristiche “affidabilità”, “completezza”, “correlazione temporale”, “correlazione geografica”, “ulteriore correlazione tecnologica”, “dimensioni del campione”, riportate nella seguente figura 13. Ogni caratteristica è suddivisa in cinque livelli di qualità con un punteggio compreso tra 1 e 5. Di conseguenza ad ogni singolo flusso in input e output viene attribuito un set di sei indicatori: cinque riferiti alla Pedigree matrix (U_i) ed uno sull'incertezza di base (U_b).

Indicator score	1	2	3	4	5	Remarks
Reliability	Verified data based on measurements	Verified data partly based on assumptions OR non-verified data based on measurements	Non-verified data partly based on qualified estimates	Qualified estimate (e.g. by industrial expert); data derived from theoretical information (stoichiometry, enthalpy, etc.)	Non-qualified estimate	verified means: published in public environmental reports of companies, official statistics, etc unverified means: personal information by letter, fax or e-mail
Completeness	Representative data from all sites relevant for the market considered over an adequate period to even out normal fluctuations	Representative data from >50% of the sites relevant for the market considered over an adequate period to even out normal fluctuations	Representative data from only some sites (<50%) relevant for the market considered OR >50% of sites but from shorter periods	Representative data from only one site relevant for the market considered OR some sites but from shorter periods	Representativeness unknown or data from a small number of sites AND from shorter periods	Length of adequate period depends on process/technology
Temporal correlation	Less than 3 years of difference to our reference year (2000)	Less than 8 years of difference to our reference year (2000)	Less than 10 years of difference to our reference year (2000)	Less than 15 years of difference to our reference year (2000)	Age of data unknown or more than 15 years of difference to our reference year (2000)	less than 3 years means: data measured in 1997 or later; score for processes with investment cycles of <10 years; for other cases, scoring adjustments can be made accordingly
Geographical correlation	Data from area under study	Average data from larger area in which the area under study is included	Data from smaller area than area under study, or from similar area		Data from unknown OR distinctly different area (north america instead of middle east, OECD-Europe instead of Russia)	Similarity expressed in terms of environmental legislation. Suggestion for grouping: North America, Australia; European Union, Japan, South Africa; South America, North and Central Africa and Middle East; Russia, China, Far East Asia
Further technological correlation	Data from enterprises, processes and materials under study (i.e. identical technology)		Data on related processes or materials but same technology, OR Data from processes and materials under study but from different technology	Data on related processes or materials but different technology, OR data on laboratory scale processes and same technology	Data on related processes or materials but on laboratory scale of different technology	Examples for different technology: - steam turbine instead of motor propulsion in ships - emission factor B(a)P for diesel train based on lorry motor data Examples for related processes or materials: - data for tyres instead of bricks production - data of refinery infrastructure for chemical plants infrastructure
Sample size	>100, continuous measurement, balance of purchased products	>20	> 10, aggregated figure in env. report	>=3	unknown	sample size behind a figure reported in the information source

Figura 6 – Matrice Pedigree utilizzata per valutare la qualità delle fonti dei dati, derivata da Pedersen et al., 1996. (Frischknecht et al., 2005).

Gli indicatori così individuati si trasformano in un fattore di incertezza, espresso come quadrato della deviazione standard geometrica, secondo la corrispondenza indicata nella seguente figura.

Indicator score	1	2	3	4	5
Reliability	1.00	1.05	1.10	1.20	1.50
Completeness	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20
Temporal correlation	1.00	1.03	1.10	1.20	1.50
Geographical correlation	1.00	1.01	1.02		1.10
Further technological correlation	1.00		1.20	1.50	2.00
Sample size	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20

Figura 7 – Fattori di incertezza (che contribuiscono al quadrato della deviazione standard geometrica) applicati in combinazione con la matrice Pedigree (Frischknecht et al., 2005).



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Il quadrato della deviazione standard geometrica (pari al 95% dell'intervallo) viene calcolato con la formula seguente:

$$(a) \quad SD_{g95} := \sigma_g^2 = \exp \sqrt{[\ln(U_1)]^2 + [\ln(U_2)]^2 + [\ln(U_3)]^2 + [\ln(U_4)]^2 + [\ln(U_5)]^2 + [\ln(U_6)]^2 + [\ln(U_b)]^2}$$

Dove (Weidema et al., 1996):

- U1: fattore di incertezza dell'affidabilità (R, reliability), si riferisce alle fonti, ai metodi di acquisizione e alle procedure di verifica utilizzate per ottenere i dati;
- U2: fattore di incertezza della completezza (C, completeness), si riferisce alle proprietà statistiche dei dati, a quanto rappresentativi sono, se il campione comprende un numero sufficiente di dati e se il periodo è adeguato per tener conto delle fluttuazioni;
- U3: fattore di incertezza della correlazione temporale (TC, temporal correlation), rappresenta la correlazione temporale tra l'anno dello studio (come specificato nella definizione dell'obiettivo) e l'anno a cui i dati si riferiscono;
- U4: fattore di incertezza della correlazione geografica (G, geographic correlation), in riferimento alla correlazione geografica tra l'area definita e i dati ottenuti;
- U5: fattore di incertezza di altre correlazioni tecnologiche (T, other technological correlation), si riferisce a tutti gli altri aspetti diversi dalle correlazioni geografica e temporale, ad esempio potrebbe essere necessario fare riferimento a dati relativi a processi o imprese simili;
- U6: fattore di incertezza delle dimensioni del campione (S, sample size);
- Ub: fattore di incertezza di base (basic uncertainty factor), calcolato facendo riferimento alla figura 6.

Una volta ottenuti i valori dei punteggi per le sei categorie, attraverso la figura 7 e la formula (a) si calcola il quadrato della deviazione standard.

Dopo aver individuato i dati più significativi è opportuno procedere con l'analisi quantitativa dell'incertezza e a questo proposito si possono distinguere essenzialmente due diverse modalità per condurre l'analisi di incertezza: attraverso un campionamento statistico o mediante formule analitiche

basate sulla propagazione degli errori. Un metodo assai conosciuto di campionamento casuale è l'analisi di Monte Carlo, la cui procedura base è la seguente (Heijungs et al., 2005):

- Ogni parametro in ingresso viene considerato come una variabile stocastica con una specificata distribuzione di probabilità;
- Il modello per la quantificazione degli impatti ambientali del prodotto viene costruito con una particolare configurazione di ogni parametro stocastico;
- I risultati vengono calcolati con questa particolare configurazione;
- Le due fasi precedenti vengono ripetute un certo numero di volte;
- Il campione dei risultati ottenuti viene indagato in riferimento alle sue proprietà statistiche (come la media, standard deviation, gli intervalli di confidenza).

Nel presente studio è stata applicata la metodologia di calcolo dell'analisi di incertezza descritta in Scipioni et al. (2009). L'analisi di incertezza è stata applicata a tutti quei processi e sotto processi che contribuiscono con una quota pari o superiore all'1% del totale di impatto ambientale per ciascuna delle categorie considerate.

A ciascuno di questi processi è stato necessario attribuire una distribuzione di probabilità; dal momento che le voci di inventario risultate significative provengono tutte dalla banca dati Ecoinvent si è assunta la distribuzione di probabilità lognormale.

È stata poi condotta una simulazione di Monte Carlo utilizzando come criterio di fermata un numero di esecuzioni pari a 1000: in questo modo vengono campionati in maniera casuale una serie di valori sulla base della distribuzione e i risultati vengono ricalcolati per ciascun parametro.

L'analisi di incertezza è stata condotta per praticità solo su una delle referenze della linea completa di produzione EcoPallet® oggetto dello studio, nello specifico la EPPE2104.5. Tale scelta è giustificata dalla tipologia di modello di calcolo implementato, ovvero modello parametrico, che per come è strutturato prevede quindi l'utilizzo delle medesime banche dati, assunzioni e ipotesi per tutte le referenze della linea completa di produzione EcoPallet®. Inoltre, la scelta di tale referenza è motivata dal fatto che tale prodotto prevede l'uso completo di tutte le tipologie di elementi in legno previsti dal modello parametrico, ovvero tavole, traverse, tappi e altre tavole.



Spinlife

SPIN-OFF
DELL'UNIVERSITÀ
DI PADOVA

telefono: 049 878 9120

email: info@spinlife.it

web: www.spinlife.it



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

I risultati statistici dell'analisi di incertezza sono riportati in tabella 13 per quanto riguarda le categorie di impatto **“climate change”** e **“water scarcity”**.

Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV	2,5%	97,5%	SEM
IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	3,473403	3,430262	0,323099	9,302088	2,957339	4,251497	0,014449
WSI	m3	0,01553	0,047741	0,413066	2659,846	-0,85131	0,779655	0,018473

I risultati dell'analisi di incertezza mostrano un coefficiente di variazione molto basso per la categoria GWP 100 year, mentre i risultati per la categoria “Water scarcity” sono rappresentati da una forte incertezza, dovuta alla mancata regionalizzazione di questa risorsa, pertanto i dataset sono caratterizzati da una deviazione standard di valore elevato.

9. Conclusioni dello studio

Il presente studio, condotto in riferimento all'anno 2021, ha permesso di quantificare le prestazioni ambientali della linea di produzione EcoPallet® realizzata da Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l. presso lo stabilimento produttivo di Godega di Sant'Urbano (TV).

I risultati ottenuti in termini di “Climate change” determinano un impatto per ogni singolo tipo di Pallet, un GWP compreso tra 1,6 e 10,24 kg CO2 eq. per ogni singolo prodotto mentre i risultati in termini di “Water scarcity” hanno un valore compreso tra 17 e 2 litri di acqua dispersa. Il valore totale di GWP (100 year) per tutta la linea di produzione degli Ecopallet è pari a 444,762 ton CO2 eq. mentre per la Water scarcity è pari a 925 m³ di acqua dispersa.

10. Informazioni sull'azienda

Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l.

Indirizzo: Via Roma, 122, 31010 Godega di Sant'Urbano (TV)

Telefono: +39 0438 430300

Website: www.ecopallet.it

Referente aziendale: Andrea Attilio Gava

Consulente: Matteo Superchi (Spin Life S.r.l.)

11. Bibliografia

Agrifootprint, Agri-footprint – Part 2 – Description of data – Version 1.0 Gouda, the Netherlands (www.agri-footprint.com).

COM 29 (2000). Council Directive 2000/29/EC of 8 May 2000 on protective measures against the introduction into the Community of organisms harmful to plants or plant product and against their spread within the Community. Commission of the European Communities, Brussel (België).

Decision (EU) 2017/204, authorising Member States to provide for a temporary derogation from certain provisions of Council Directive 2000/29/EC in respect of ash wood originating or processed in the United States of America, and repealing Implementing Decision (EU) 2015/2416 recognising certain areas of the United States of America as being free from *Agrilus planipennis* Fairmaire (notified under document C(2017) 420).

EPD, 2016, sito internet Environdec (<http://www.environdec.com/it/>).

Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.J., Doka G., Dones R., Heck T., Hellweg S., Hischer R., Nemecek T., Rebitzer G., Spielmann M., 2005, The ecoinvent Database: Overview and Methodological Framework, *International Journal of Life Cycle Assessment* 10 (1), 3-9.

Frischknecht, R. LCI modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2010.

Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l., 2008, sito internet aziendale (www.ecopallet.it/ita).

Humbert S, Rossi V, Margni M, Jolliet O, Lerincik Y (2009) Life cycle assessment of two baby food packaging alternatives: glass jars vs. plastic pots. *Int J Life Cycle Assess* 14:95-106.

IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ISO, 2020. *ISO 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment, Principles and Framework*, International Organization for Standardisation (ISO), Ginevra.

ISO, 2020. *ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*, International Organization for Standardisation (ISO), Ginevra.

Pfister S., Koehler A., Hellweg S., 2009, Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA, *Environmental Science and Technology*, Volume 43, Issue 11, Pages 4098-4104.

PRéConsultants, 2014, Olanda. Software SimaPro versione 8.0.5.13 (www.pre.nl).

Scipioni A, Mazzi A, Niero M, Boatto T, 2009, LCA to choose among alternative design solutions: The case study of a new Italian incineration line. *Waste Management* 29, 2462-2474.

Steen B., 1997, On uncertainty and sensitivity of LCA-based priority setting, *Journal of Cleaner Production* 5 (4), 255-262.

Weidema B, Wesnaes M.S., 1996, Data quality management for life cycle inventories – an example of using data quality indicators, *Journal of Cleaner Production* 4 (3-4), 167-174.

12. Indice delle figure

Figura 1 – Stabilimento produttivo di via Roma, 122, Godega di Sant'Urbano – TV	5
Figura 2 – Esempio di pallet in legno.....	7
Figura 3 – Confini del sistema Gava Cav. Giuseppe Imballaggi S.r.l.....	12
Figura 4 – Risultati per i singoli articoli della linea di EcoPallet per unità funzionale: un pezzo = massa_pallet.....	28
Figura 5 – Esempi di fattori di incertezza di base (adimensionali) applicati agli input e output da tecnosfera e ai flussi elementari; per le emissioni c=da combustione, p=da processi; a=da processi derivanti dall' agricoltura (Frischknecht et al., 2005).....	32
Figura 6 – Matrice Pedigree utilizzata per valutare la qualità delle fonti dei dati, derivata da Pedersen et al., 1996. (Frischknecht et al., 2005).....	33

13. Indice delle tabelle

Tabella 1 – Tipi di chiodi e peso dei singoli.....	8
Tabella 2 – Descrizione delle referenze della linea di produzione EcoPallet® per l'anno di riferimento 2021.....	11
Tabella 3 – Elenco delle categorie di dati che hanno subito allocazione, relativa motivazione e spiegazione dei parametri utilizzati.....	14
Tabella 4 – Dataset utilizzati per la caratterizzazione delle materie prime in legno.....	20
Tabella 5 – Stati di provenienza delle materie prime	20
Tabella 6 – Distanze medie ponderate dei fornitori delle materie prime in legno.....	21
Tabella 7 – Dataset e percentuali di destinazione finale dei rifiuti del pallet (ISPRA 2021).....	27
Tabella 8 – Valutazione degli impatti per un singolo EcoPallet prodotto [U.F.: massa_pallet].....	28
Tabella 9 – Valutazione degli impatti per l'intera linea di EcoPallet® prodotti.....	29