

**POLITECNICO DI MILANO**

Facoltà di Ingegneria dei Processi Industriali



Sede di Milano Leonardo

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Chimica

**Studio LCA del sistema di gestione dei pallet EPAL:  
i vantaggi ambientali dell'interscambio.**

Relatore: Prof. Giovanni DOTELLI

Correlatori: Dott. Claudio GARRONE  
Dott. Sebastiano CERULLO

Tesi di Laurea di:

Giovanni GESIOT  
Matr. N. 711789

Anno Accademico 2009 – 2010

Il primo ringraziamento va al prof. Giovanni Dotelli per la disponibilità e la fiducia che ha posto nei miei confronti e per avermi guidato nella realizzazione di questo lavoro.

Ringrazio FEDERLEGNO-ARREDO e in particolare Claudio Garrone, Responsabile Comitato Tecnico EPAL del Consorzio Servizi Legno-Sughero e Sebastiano Cerullo, Responsabile di Assoimballaggi di FEDERLEGNO-ARREDO che da subito hanno creduto nel progetto e mi hanno seguito nella sua realizzazione.

Ringrazio tutte le aziende intervistate per la disponibilità dimostrata nel fornire i dati necessari al progetto.

Ringrazio la mia famiglia per avermi sostenuto moralmente ed economicamente in questi anni trascorsi a Milano, grazie per aver creduto in me sempre e comunque. Grazie mamma, papà, Andrea e Luca. Grazie nonni, grazie zii e cugini..... grazie di cuore.

Grazie alla mia seconda famiglia, il mio appartamento. La vita in appa, prima Romagna 1 poi Vallazze 2, è stata fantastica. Quante risate, scherzi, serate, cene o momenti che non scorderò mai più.... Grazie per tutto questo e grazie solo per esserci stati quando ne avevo bisogno.... Grazie Pierma, Dado, Lugo, Max, David, Pev, Chino, Giulio, Viga, Jumpy, Tizio, Silvio, Boccio, Jack, Clex, Toni, Brnout, Lucio, CM, Poppa, Simo, Fede.

Grazie a Zampa, Omo, Rena, Paola, Fabio, Stefano, Vincenzo, Lucio, Papi, Sara, Zanza e Semola, avete reso divertente il mio lavoro e il tempo passato in dipartimento.

Grazie a chi ha giocato a basket con me alla polisportiva. Grazie per avermi fatto vivere momenti indimenticabili, grazie per aver sudato e corso con me su un campo da basket, grazie per avermi fatto capire cos'è una squadra, grazie per avermi sempre spronato a dare il meglio, grazie a tutti ragazzi..... grazie coach, Cello, Boe, Moritz, Salvo, Mado, Zanna, Paolino, Jack, Ema, Dani...

Grazie agli animatori. Grazie per tutti i momenti magici passati ai campi, in oratorio o semplicemente la sera davanti a un fuoco con una chitarra e una birra. Grazie per avermi fatto capire l'importanza degli amici. Grazie Cb, Miki, Fabio, Lo, Beppe, Stefano, Gamola, Flemma, Boggio, Riki, Pello 1 e 2, Andrea, Davide, Fra, Marge, Giulia V., Bro, Fedè, Giulia G., Sara, Ele.

Grazie Lo, Matti, Fra.... Grazie per esserci sempre stati quando mi sentivo bene e quando mi sentivo male, per avermi aiutato e aver riso con me....

Grazie a chi ha giocato o gioca con me alle figurine. Questo insulso passatempo che mi ha fatto girare il mondo e conoscere un sacco di gente fantastica. Grazie Pol perchè sei il migliore sempre e comunque; grazie Fil perchè sei davvero una persona che uno deve conoscere nell'arco della sua vita... Grazie Dani, Ardi, Aimò, Sacco, Banda e Pikets per aspettarci sempre e scarrozzarci in tutta Italia.

Grazie ai ragazzi del Poli. Grazie per avermi accompagnato spronandomi sempre a dare il meglio di me.... Grazie Gigi per aver studiato con me e avermi aiutato sempre, lo so non è facile, ma te sei stato un grande. Grazie a chi ha condiviso con me momenti di studio o anche solo un caffè alla macchinetta o un "coccozzo" alle nord nei caldi pomeriggi estivi, o le interminabili partite al 2 dopo pranzo. Grazie Tino, Came, Gughi, Claude, Enza, Paola, Lions, Alberò, Lovaz, Killer, Elo, Lucy, Cino, Ciampi, Bronco, Nebu, Tardani, Annina....

Per ultimo devo ringraziare particolarmente 2 persone.

Grazie Clex, perché dopo 5 anni vissuti insieme in appartamento ho imparato il significato della parola "amico". Ogni momento bello o brutto della mia vita te sei sempre stato al mio fianco per darmi aiuto quando ne avevo bisogno, picchiarmi quando me lo meritavo, ridere con me quando era giusto far festa... ok a volte sei stato un po' troppo cattivo con i tuoi scherzi, ma devo dire che me li meritavo tutti dal primo all'ultimo... mi mancherai.

Grazie Mary. Ci sono tantissime cose per cui ringraziarti, non saprei che parole usare... uso un pezzo di canzone che di sicuro apprezzerai: " Quando il cielo

non bastava, non bastava la brigata eri solo da incontrare ma tu ci sei sempre stata. Quando si allungava l'ombra sopra tutta la giornata, eri solo più lontana ma tu ci sei sempre stata. Quando il tempo non passava, non passava la notte eri solo da incontrare ma tu ci sei sempre stata e anche quando si gelava con la luna già cambiata eri solo più lontana ma tu ci sei sempre stata.”

Ah bhè l'ultimo ringraziamento va alle mie stampelle perché negli ultimi 5 mesi non sarei sopravvissuto senza di loro.

Grazie a tutti perché se sono arrivato fin qui è anche merito vostro.

# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 Il pallet</b>	<b>3</b>
1.1 Cenni storici	4
1.2 Termini e definizioni	6
1.3 Caratteristiche del pallet	7
1.4 I settori e relativo utilizzo	15
1.5 Normativa tecnica di riferimento	16
<b>2 La filiera del pallet</b>	<b>22</b>
2.1 la filiera del pallet	24
2.1.1 I produttori di pallet	
2.1.2 I riparatori di pallet	
2.1.3 Gli utilizzatori di pallet	
2.1.4 I noleggiatori di pallet	
2.2 Le modalità di gestione dei pallet nella distribuzione moderna	35
2.2.1 Sistema cauzionale e fatturazione	
2.2.2 Noleggio	
2.2.3 Interscambio	
2.2.4 Criticità del sistema interscambio	
2.2.5 Il progetto di ECR Italia	
2.2.6 Soluzioni alternative all'interscambio	
2.3 EPAL e FEDERLEGNO	46
<b>3 La caratterizzazione ambientale dei materiali e la metodologia LCA</b>	<b>49</b>
3.1 Caratterizzazione ambientale dei materiali	50
3.2 Origini e inquadramento normativo della LCA	51

<b>3.3 Inquadramento teorico della LCA</b>	<b>55</b>
3.3.1 <i>Prima fase: definizione degli scopi e degli obiettivi</i> (goal definition and scoping)	
3.3.2 <i>Seconda fase: inventario (Life cycle inventory, LCI)</i>	
3.3.3 <i>Terza fase: analisi degli impatti (Life cycle impact assesment, LCIA)</i>	
3.3.4 <i>Quarta fase: interpretazione e miglioramento (Life cycle interpretation)</i>	
<b>3.4 Ecoindicatori</b>	<b>62</b>
<b>3.5 Eco-indicator 99</b>	<b>63</b>
3.5.1 <i>La macrocategoria "salute umana"</i>	
3.5.2 <i>La macrocategoria "qualità dell'ecosistema"</i>	
3.5.3 <i>La macrocategoria "risorse"</i>	
3.5.4 <i>Il processo di normalizzazione</i>	
3.5.5 <i>Il metodo di pesatura</i>	
<b>3.6 IPCC2007: GWP 100</b>	<b>72</b>
<b>3.7 SimaPro 7.1 ed ECOINVENT</b>	<b>73</b>
<b>3.8 Metodologie per il computo della CO<sub>2</sub> biologica</b>	<b>73</b>
<b>3.9 Studi LCA di imballaggi in legno già presenti in letteratura</b>	<b>74</b>
<b>4 Raccolta e organizzazione dei dati</b>	<b>76</b>
<b>4.1 Raccolta dei dati</b>	<b>77</b>
4.1.1 <i>Produttori integrati</i>	
4.1.2 <i>Assemblatori</i>	
4.1.3 <i>Riparatori</i>	
<b>4.2 Aziende pilota</b>	<b>82</b>
<b>4.3 Consumi di energia elettrica</b>	<b>83</b>
4.3.1 <i>Dati sui produttori integrati</i>	
4.3.2 <i>Dati sugli assemblatori</i>	
4.3.3 <i>Dati sui riparatori</i>	
<b>4.4 Analisi dei trasporti</b>	<b>92</b>

4.4.1 *Trasporti dei produttori con segheria*

4.4.2 *Trasporti degli assemblatori*

4.4.3 *Trasporti dei riparatori*

## **5 *Definizione di scopi, obiettivi, confini***

***e qualità dei dati*\_\_\_\_\_104**

5.1 *Scopi e obiettivi dello studio*\_\_\_\_\_105

5.2 *Definizione del sistema*\_\_\_\_\_105

5.3 *Unità funzionale*\_\_\_\_\_106

5.4 *Confini del sistema*\_\_\_\_\_108

5.5 *Qualità dei dati*\_\_\_\_\_108

## **6 *Analisi d'inventario (LCI): costruzione***

***e riparazione del pallet*\_\_\_\_\_109**

6.1 *Unità di processo dei produttori con segheria*\_\_\_\_\_110

6.1.1 *Segheria*

6.1.2 *Assemblaggio*

6.1.3 *Forno fitotrattamento*

6.2 *Unità di processo degli assemblatori*\_\_\_\_\_118

6.2.1 *Assemblaggio*

6.3 *Unità di processo dei riparatori*\_\_\_\_\_122

6.3.1 *Riparazione*

## **7 *Analisi d'inventario (LCI): scenari di uso***

***e fine vita*\_\_\_\_\_125**

7.1 *Uso del pallet*\_\_\_\_\_126

7.1.1 *Sistema in interscambio*



7.1.2	<i>Sistema senza interscambio</i>	
<b>7.2</b>	<b><i>Fine vita del pallet</i></b>	<b>130</b>
7.2.1	<i>Fine vita del legno</i>	
7.2.2	<i>Fine vita dei materiali metallici</i>	
<b>8</b>	<b><i>Analisi degli impatti (LCIA)</i></b>	<b>134</b>
8.1	<i>Metodologia utilizzata</i>	135
8.2	<i>Produzione di pallet da aziende con segheria</i>	136
8.2.1	<i>Confronto fra aziende del settore</i>	
8.2.2	<i>“Segheria”</i>	
8.2.3	<i>“Assemblaggio”</i>	
8.3	<i>Produzione di pallet da aziende senza segheria</i>	142
8.3.1	<i>Confronto fra aziende del settore</i>	
8.3.2	<i>Tipologia A: blocchetti in agglomerato</i>	
8.3.3	<i>Tipologia B: blocchetti in legno massello</i>	
8.4	<i>Confronto fra i metodi di produzione</i>	147
8.5	<i>Riparazione del pallet</i>	149
8.5.1	<i>Confronto fra aziende del settore</i>	
8.5.2	<i>“Riparazione”</i>	
8.6	<i>Confronto fra gli scenari d’uso del pallet</i>	153
8.6.1	<i>Sistema in interscambio</i>	
8.6.2	<i>Sistema non in interscambio</i>	
8.7	<i>Vita del pallet con fine vita</i>	155
8.8	<i>Analisi con Eco-Indicator 99 H</i>	156
8.9	<i>Confronto tra i modelli di attribuzione peso di Eco-Indicator 99</i>	160
8.9.1	<i>Vita del pallet con fine vita</i>	
8.9.2	<i>Confronto fra i metodi di produzione</i>	
	<b><i>Conclusioni</i></b>	<b>164</b>

# Introduzione

Lo studio nasce dalla disponibilità di FEDERLEGNO-ARREDO a sviluppare, in collaborazione col Politecnico di Milano, una tesi sul pallet EPAL prodotto e utilizzato in Italia.

L'argomento principale della tesi è quindi il pallet EPAL in legno con il suo processo produttivo, la sua vita e i suoi scenari di smaltimento.

Com'è noto il pallet è lo strumento maggiormente utilizzato per la movimentazione di merci in tutto il mondo e le emissioni legate al suo utilizzo sono decisamente rilevanti per la logistica mondiale e nazionale. In un contesto socio-economico in cui è importante l'attenzione verso l'ambiente diventa rilevante la caratterizzazione ambientale del prodotto, la cosa è ancor più importante se il prodotto in questione è il materiale base per l'economia e la logistica di qualsiasi nazione.

L'analisi del ciclo di vita (LCA) ha acquisito, nel corso degli ultimi anni, un'importanza sempre maggiore nel campo della valutazione degli impatti generati dai processi produttivi. Vi è un grande interesse da parte delle aziende e degli enti pubblici nei confronti di studi sulla valutazione degli impatti ambientali anche al fine di ottenere strumenti a supporto di una politica di marketing.

Lo studio, che è stato pianificato in accordo con FEDERLEGNO-ARREDO, vuole mettere in luce i vantaggi ambientali derivanti dall'uso di pallet EPAL in un sistema basato sull'interscambio rispetto a un sistema senza interscambio.

Nel corso dello studio si parlerà dell'importanza del pallet nell'economia globale, della sua distribuzione geografica, delle problematiche legate al suo processo produttivo e delle possibili strategie di sostenibilità.

Si presenterà il pallet come materiale, entrando nel dettaglio delle caratteristiche strutturali, del processo produttivo e del processo di riparazione introducendo la normativa di riferimento.

Verranno esposti i possibili scenari di utilizzo del pallet lungo la sua filiera evidenziando il ruolo di tutti gli attori presenti e le criticità di ogni sistema.

Si guarderanno nello specifico le tipologie di aziende presenti nel territorio italiano: produttori con segheria, assemblatori e riparatori mettendo in luce problematiche e vantaggi di ogni categoria.

Si presenteranno per ogni tipologia le schede utilizzate per la raccolta dei dati sensibili e verrà presentata una breve analisi statistica sui dati ricevuti.

Dopo aver approfondito l'importanza della caratterizzazione ambientale dei materiali verrà presentato un inquadramento teorico della LCA come strumento per la caratterizzazione stessa. Si procederà poi con la vera e propria analisi composta da: definizione di scopi e obiettivi dello studio, raccolta dei dati e inventario, analisi degli impatti ambientali e interpretazione dei dati.

Infine si trarranno le conclusioni del lavoro svolto mettendo in luce aspetti positivi e criticità.

# 1

## Il Pallet

*In questo capitolo si spiega che cos'è il pallet, quando e perché è nato, dai primi utilizzi durante la seconda guerra mondiale fino ai giorni nostri.*

*Si riassumono le sue principali componenti, i diversi tipi di pallet con le loro particolari caratteristiche tecniche e progettuali con particolare attenzione alle norme che ne regolano la fabbricazione e l' utilizzo.*

*Vengono illustrati brevemente anche i settori in cui viene utilizzato principalmente il pallet e viene fatta una breve considerazione sui tipi di imballaggio utilizzati in Italia.*

## 1.1 Cenni Storici<sup>1</sup>

Per definire la data ufficiale di comparsa del pallet occorre fare riferimento all'ultimo conflitto mondiale, quando le truppe statunitensi ne fecero un uso massiccio per l'approvvigionamento di materiale bellico e di sussistenza per le forze armate. Fu durante lo sbarco in Normandia che la voce "pallet" apparve per la prima volta nei packing-list dei materiali bellici.

Nell'immediato dopoguerra i pallet fecero la loro comparsa come strumento di movimentazione di materiale civile e assistenziale a supporto delle opere di ricostruzione come previsto dal piano Marshall.

L'estrema versatilità e robustezza del supporto, la facilità di stoccaggio e movimentazione furono peculiarità subito apprezzate a livello industriale. Nei primi anni '50 molte industrie, tra cui quella chimica, dei materiali e alimentare, furono obbligate a usare questo prodotto per mantenere alte le loro prestazioni e la loro competitività.

A partire da quegli anni per favorire la pallettizzazione del trasporto i tecnici europei decisero di mettere a punto il pallet standard con dimensioni pari a 800 x 1200 mm a quattro vie non reversibile, indipendentemente dall'analogo processo di formazione con cui gli U.S.A. definirono per primi dodici tipologie di pallet standard.

Verso la metà degli anni Cinquanta vennero formulate le prime proposte di modello comune, il primo capitolato europeo per la misura 800 x 1200 venne depositato nel 1954 presso l'UIC (Union International des chemins de fer) di Strasburgo, da cui nascerà il marchio EUR.

Negli anni sessanta, sulla scia della crescente industrializzazione, si svilupparono i primi grandi produttori di pallet e le ferrovie tedesche, svizzere e austriache formarono un Pool di pallet europei (PEP) che portò in breve, con

---

<sup>1</sup> Dallari et Marchet, 2007, pp.46-50

l'adesione di altre ferrovie, alla generazione di un sistema logistico per la circolazione dei pallet EUR.

Negli anni successivi cominciarono a diffondersi le prime aziende di riparazione pallet: questa attività da un lato rispondeva alla necessità di risparmio di materia prima, dall'altro liberava gli utilizzatori dai problemi di stoccaggio dei pallet vuoti o danneggiati.

Negli anni Novanta il settore iniziò ad aprirsi verso l'Est Europa, importando materie prime, semilavorati e prodotti finiti, unitamente al diffondersi di nuove tecnologie e certificazioni per la movimentazione e la riparazione dei pallet. Ai tradizionali pallet in legno si affiancano nuove tipologie di imballaggi dalle caratteristiche più disparate; si assistette a un forte sviluppo dei settori della riparazione, nacquero riviste tecniche e si istituirono corsi accademici sul settore.

Nel 1995 i produttori, riparatori e utilizzatori di Francia, Germania e Svizzera formano l'European Pallet Association (EPAL), alla quale man mano si uniscono altri paesi europei.

Il sistema EPAL è stato introdotto in Europa in modo da garantire, oltre all'unità dimensionale già definita con il pallet EUR, anche il rispetto di specifiche tecniche e di qualità sulla produzione e riparazione, validi sia per gli scambi nazionali che per quelli internazionali. Il sistema EPAL è stato introdotto in Italia nel marzo del 1999.

Parallelamente a questa evoluzione del mercato, una parte dei produttori e riparatori di pallet ha saputo costituirsi in associazioni nazionali e internazionali, tra cui:

- *Assolegno*: Associazione nazionale delle industrie forestali e lavorazione legno, che raggruppa produttori e riparatori di pallet.
- *EPAL*: Associazione europea dei pallet, per la difesa e sviluppo dei pallet EUR.

- *FEFPEB*: federazione europea dei fabbricanti di pallet e imballaggi in legno.

Dopo un lungo periodo transitorio, a partire dal gennaio 2003, il sistema EPAL è entrato a regime su tutto il territorio nazionale.

Con l'intensificarsi dei traffici mondiali, si accentuano le problematiche fitosanitarie sugli imballaggi in legno e dal 2004 viene introdotto il marchio fitosanitario FITOK; il trattamento termico in primis e quello di fumigazione diventano condizione necessaria per le esportazioni dei prodotti per imballaggi in legno.

## 1.2 Termini e Definizioni<sup>2</sup>

“L'imballaggio è il prodotto, composto di materiali di qualsiasi natura, adibito a contenere e proteggere determinate merci, dalle materie prime ai prodotti finiti e a consentire la loro manipolazione e la loro consegna oltre che assicurare la loro presentazione.”<sup>3</sup>

I pallet, che appartengono alla famiglia degli imballaggi in legno, proteggono le merci da urti che possono verificarsi durante il trasporto, la movimentazione e lo stoccaggio. Sono principalmente dei supporti di movimentazione per prodotti che non siano allo stato sfuso, ma costituiti da materiali indipendenti e nella grande distribuzione stanno giocando un ruolo sempre più importante anche per l'esposizione dei prodotti.

Il pallet costituisce un'unità di carico. La pallettizzazione, sistema di movimentazione e immagazzinamento dei prodotti su pallet, permette di economizzare spazio al suolo nei depositi, inoltre elimina tutti i lavori faticosi di scarico e carico delle merci.

---

<sup>2</sup> Cerullo, 2001, pp. 21-23

<sup>3</sup> Decreto Ronchi 5 febbraio 1997

Il pallet è divenuto così un anello indispensabile nella cosiddetta “catena logistica”.

Gli imballaggi industriali sono suddivisi in tre categorie:

- *Imballaggio primario*: concepito in modo da costituire, nel punto di vendita, un’unità per l’utente finale o per il consumatore.
- *Imballaggio secondario*: concepito in modo da costituire, nel punto di vendita, il raggruppamento di un certo numero di unità, indipendentemente dal fatto che sia venduto come tale o che serva soltanto a facilitare il rifornimento sugli scaffali; può essere rimosso dal prodotto senza alterarne le caratteristiche.
- *Imballaggio terziario*: concepito in modo da facilitare la manipolazione e il trasporto di un certo numero di unità di vendita.

Il pallet è generalmente considerato un imballaggio terziario.

### 1.3 Caratteristiche del pallet<sup>4</sup>

Il pallet è una “piattaforma orizzontale caratterizzata da un’altezza minima, compatibile con la movimentazione tramite carrelli transpallet e/o elevatori a forche o altre appropriate attrezzature di movimentazione, impiegata per la raccolta, l’immagazzinamento, la movimentazione e il trasporto di merci e carichi”<sup>5</sup>.

In relazione al materiale costruttivo si distinguono cinque categorie di pallet:

- *Pallet in legno*: è la tipologia di pallet più diffusa e può essere realizzata con diversi tipi di legno (abete, pino, faggio, pioppo); la presenza di materiale vergine conferisce a questi pallet elevate performance di resistenza sia statica che dinamica.

---

<sup>4</sup> Dallari, 2008, pp. 49-51 Cerullo, 2001, pp. 23-26, 51-55

<sup>5</sup> Norma tecnica UNI EN Iso 445



- *Pallet pressato*: composto da tavole di legno ottenute da sottoprodotti di segheria incollati con resine sintetiche e poi pressati in stampi ad alta temperatura; si tratta di pallet leggeri con capacità di carico limitata.
- *Pallet in plastica*: possono essere di polistirene espanso o di polietilene ad elevata densità; sono impiegati di solito nel settore farmaceutico.
- *Pallet in metallo*: di solito in acciaio o alluminio, hanno ottime caratteristiche di resistenza e durata, ma hanno costi molto alti.
- *Pallet in cartone*: sono molto leggeri e sono usati principalmente per scopi espositivi.

I pallet di qualità certificata vengono denominati “pallet standard”; grazie alle loro proprietà conferiscono elevata stabilità all’unità di carico, rendendo i processi di carico e scarico più sicuri ed efficienti e hanno vita media intorno ai 5/6 anni. La produzione del “pallet standard” rispetto a un pallet qualunque presenta dei vantaggi notevoli legati alla durata, alla standardizzazione del processo produttivo e alla gestione dei flussi di merci, nonostante la qualità elevata comporti un costo di produzione maggiore. Le due principali tipologie di “pallet standard” sono:

- *Pallet EUR-EPAL*: è marcato con la sigla EUR, marchio di proprietà di EPAL a partire dal 1995. Si tratta di un pallet piatto non reversibile a quattro vie di dimensioni 800 x 1200 mm (Fig. 1.1).
- *Pallet CP*: ovvero i chemical pallet; attualmente sono utilizzati nove tipi di pallet contrassegnati da codici da CP1 a CP9.

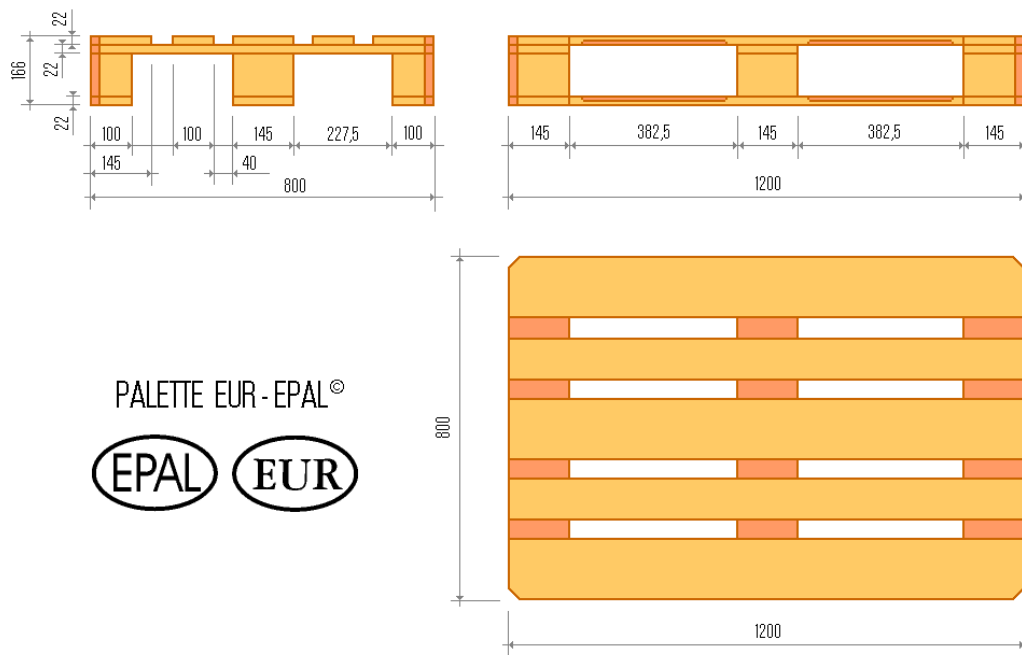


Figura 1.1 : pallet EUR-EPAL. [www.palettes-europe.com]

I pallet senza certificazione sono definiti “non standard” e sono progettati su specifica del cliente per un numero ridotto di movimentazioni. Una volta giunti a destinazione diventano materiale di rifiuto/recupero, ma possono comunque essere riparati e riutilizzati. Si possono distinguere in :

- *Pallet a perdere*: monouso e costituiti da legno di modesto spessore, usati quando le dimensioni della merce o le dimensioni dei contenitori non rispettano gli standard presenti.
- *Pallet a uso limitato*: utilizzati per due o tre rotazioni costituiti da legni con sezioni più consistenti.
- *Pallet personalizzati*: realizzati il più delle volte come base per imballaggi derivati da pallet.
- *Pallet espositori*: solitamente di dimensioni ridotte e molto leggeri, sono usati come supporti alla promozione nei punti vendita della grande distribuzione.

- *Pallet contenitori*: sviluppati per il trasporto e la movimentazione di elementi e prodotti di piccole dimensioni e forma irregolare. Esistono numerosi modelli in legno, metallo o plastica.
- *Pallet gabbia*: dotati di fiancate in rete metallica, aste o barriere, di cui almeno una con porta incernierata o staccabile per l'accesso.
- *Pallet usati*: quelli che hanno avuto almeno un ciclo di utilizzo e che prima di essere riutilizzati necessitano di selezione e/o riparazione.

Ulteriori classificazioni dei pallet possono definirsi in relazione alla reversibilità e al numero di "vie d'inforcamiento", ovvero le aperture (solitamente due o quattro) che permettono l'ingresso delle forche dei carrelli impiegati per la movimentazione (Figg. 1.2 e 1.3). Un pallet è reversibile solo se entrambi i piani superiore e inferiore possono essere utilizzati indifferentemente come basi di appoggio, mentre è definito a due o quattro vie a seconda che permetta il passaggio delle forche solo sui due lati opposti o su tutti e quattro i lati.



Figura 1.2 : pallet a 2 vie. [www.bertolanipallets.it]



Figura 1.3 : pallet a 4 vie. [www.bertolanipallets.it]

I componenti principali di cui è composto il pallet secondo la norma UNI EN ISO 445<sup>6</sup> sono:

- *Piani*: i pallet possono essere di uno o due piani. In caso di pallet a due piani si distingue tra il piano superiore, ossia la superficie piana orizzontale su cui posa il carico (può essere una superficie orizzontale piena o con tavole distanziate); e il piano inferiore, ossia la superficie piana orizzontale che ripartisce il peso a terra.
- *Travetti/blocchetti*: i due piani sono uniti da elementi distanziatori che creano uno spazio per il passaggio delle forche dei carrelli elevatori. Questi elementi sono realizzati con “travetti” per i pallet a due vie (elementi a sezione rettangolare), o con “blocchetti” per i pallet a quattro vie (elementi corti a base quadrata rettangolare o circolare). Il travetto del pallet a due vie può essere dotato di scanalature (incavi) per permettere il passaggio delle forche degli elevatori; un pallet di questo tipo viene chiamato pallet parzialmente a quattro vie.
- *Elemento/tavola di entrata*: tavola del piano più vicina al vano d’inforcamento.
- *Traverse*: elementi orizzontali, disposti perpendicolarmente alle tavole, di collegamento tra i blocchetti e le tavole stesse del piano.
- *Biselli/smussi d’invito*: vengono asportati gli spigoli superiori delle travi per facilitare il passaggio delle forche.
- *Luci*: aperture nel piano inferiore di un pallet a due piani che permettono alle branche munite di ruote dei carrelli dei trans pallet di poggiare al suolo.
- *Aletta*: parte di uno o più piani che fuoriesce dai travetti o dai blocchetti, prevista per il sollevamento mediante gru.
- *Bordo*: sporgenza del piano superiore finalizzata a trattenere il carico.

---

<sup>6</sup> Pallets for materials handling - vocabulary

In relazione all'impiego del pallet, i collegamenti dei suoi componenti possono essere realizzati mediante l'uso di chiodi, graffe e altri particolari elementi di fissaggio.

### Chiodi

Il chiodo è quell'elemento di fissaggio costituito da una testa e da un gambo a sezione tonda o quadrata, generalmente a punta, concepito per essere infisso a impulsi. Le caratteristiche che definiscono tecnicamente un chiodo sono la lunghezza, il diametro del filo, la testa, le tacche di mordenza, il gambo, la punta e la parte filettata.

La scelta dei chiodi da usare nella fabbricazione dei pallet dipende dal tipo di legno, dalla sua umidità, dallo spessore dei segati, dalla resistenza allo strappo e a volte dall'ambiente climatico o chimico di destinazione del prodotto. Per la realizzazione di un pallet occorrono in media una settantina di chiodi aventi peso complessivo compreso tra i 400 e i 1000 grammi. Nel caso di fabbricazione a catena, con caricamento automatico dei chiodi, questi ultimi sono venduti sfusi o confezionati in rulli nelle pistole pneumatiche. La composizione chimica e gli eventuali trattamenti tecnici conferiscono al chiodo resistenze meccaniche anche notevolmente diverse. I chiodi più impiegati sono quelli con una parte del gambo sagomata in modo tale da offrire un'aderenza migliore e una maggiore resistenza all'estrazione. Sono suddivisi in (Fig. 1.4):

- *Chiodo liscio*
- *Chiodo elicoidale*
- *Chiodo anellato*
- *Chiodo a filettatura interrotta*
- *Chiodo dentellato*
- *Chiodo ritorto*

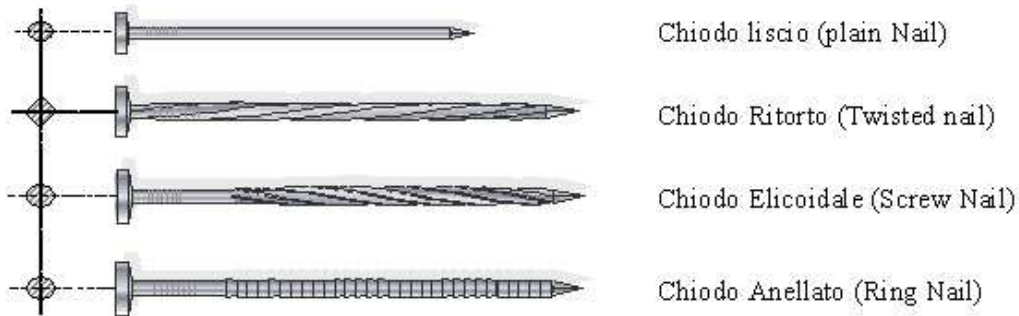


Figura 1.4 : tipi di chiodi utilizzati. [www.cril.it]

### Graffe

La graffa è un elemento di fissaggio a forma di U, realizzato con filo a sezione rotonda o quadrata, con due gambe generalmente appuntite e per lo più della stessa lunghezza. Sono impiegate di solito per la fabbricazione di pallet a perdere a due vie e , qualche volta, per assemblare i piani del pallet a quattro vie; nel caso di pallet EUR-EPAL la graffa riveste il ruolo di marchio di qualità.

### Vite

Elemento di fissaggio munito di punta e di testa, con filettatura lungo una parte del gambo e una tacca, o altro tipo di incisione, nella testa in cui si introduce la punta del cacciavite per facilitare la rotazione al momento dell'inserimento.

### Bullone

Elemento metallico di collegamento costituito da una testa quadrata o esagonale e da un gambo cilindrico filettato su cui si avvita un dado, si utilizza insieme a rondelle nei pallet che devono supportare carichi elevati.

### Angolari metallici

Impiegati in certi casi per tenere insieme i quattro angoli. Fissati con rivetti, gli angolari conferiscono al pallet una maggiore rigidità, ma provocano una perdita di elasticità rispetto ai pallet assemblati coi chiodi.

### Piastre metalliche

Usate nella riparazione. Devono misurare minimo 70 mm in lunghezza e larghezza e avere almeno quattro file di denti con altezza 8,3 mm. Sono applicate con attrezzi meccanici, idraulici o pneumatici e vengono soprattutto adoperate per la riparazione dei travetti dei pallet a due vie. Per ogni riparazione occorrono almeno due piastre applicate una opposta all'altra, devono essere allineate in modo che non superino i bordi, mentre i denti della piastra devono essere inseriti nel legno.

Le caratteristiche dei chiodi e degli altri elementi di fissaggio sono particolarmente importanti per stabilire la prestazione dei pallet. Le prove effettuate su pallet uguali, ma realizzati usando chiodi di diversa tipologia hanno evidenziato variazioni, anche notevoli, della capacità di carico.

Oltre a fare molta attenzione ai tipi di elementi di fissaggio scelti non bisogna trascurare la loro disposizione nelle diverse parti del pallet. Gli elementi di fissaggio devono essere disposti in maniera tale da non fuoriuscire dai bordi di una tavola, di una traversa o di un blocchetto; devono essere infissi nel legno a una profondità per cui le teste non sporgano e si trovino al massimo a 3 mm sotto la superficie e a una distanza minima di 20 mm da bordi, traverse, blocchetti e dal foro centrale del blocchetto in agglomerato. Non devono essere inseriti parallelamente alla direzione della fibratura del legno per non provocare la formazione di fessurazioni; il chiodo dovrebbe penetrare nel blocchetto per almeno due terzi della sua lunghezza, senza fuoriuscire dalla parte opposta (Fig. 1.5).

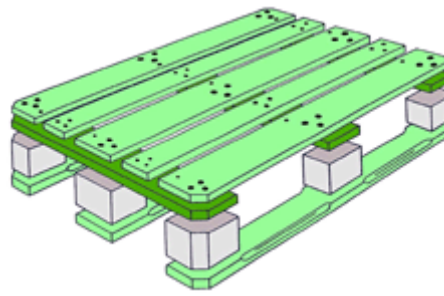


Figura 1.5 : corretta chiodatura di un pallet [www.cril.it]

### 1.4 I settori e relativo utilizzo<sup>7</sup>

L'utilizzo di unità di trasporto pallettizzate è comune a gran parte dei settori industriali e commerciali anche se le tipologie di imballaggio possono variare sensibilmente da settore a settore:

- *Industria*: l'utilizzo di gabbie e pallet box è molto frequente soprattutto per il trasporto di componenti di ridotte dimensioni (ex. componenti automobilistici). Si utilizzano imballaggi non standard per il trasporto di elementi particolarmente problematici da movimentare, mentre per carichi pesanti è previsto l'uso di supporti EUR-EPAL. L'industria ceramica ed edilizia utilizzano prevalentemente pallet a perdere di modesta consistenza; l'industria chimica ha creato un proprio pool di gestione pallet, realizzando i pallet CP e predisponendo appositi organi di controllo. La tipologia più impiegata rimane comunque il pallet in legno nelle misure standard.
- *Commercio*: la necessità di distribuire in modo veloce e sicuro la merce porta gli operatori commerciali all'utilizzo di pallet standard. Comune è l'impiego di pallet EPAL che soddisfano appieno le norme di sicurezza internazionali.

---

<sup>7</sup> Dallari, 2008, pp. 52-53



- *Agricoltura*: si utilizzano soprattutto pallet a perdere per le spedizioni ai commercianti o ai punti vendita, ma riceve dall'industria chimica unità pallettizzate contenenti concimi e sementi. Spesso vengono utilizzati i supporti che si riescono a trovare sul mercato.

### **1.5 Normativa tecnica di riferimento**<sup>8</sup>

Le caratteristiche dei pallet necessitano di essere vincolate da norme tecniche di riferimento. Per questo esistono commissioni a livello nazionale (UNI – ente nazionale italiano di unificazione), europeo (CEN – comitato europeo di normazione) e mondiale (ISO – organizzazione internazionale per la normazione), il cui ruolo è di elaborare delle norme valide rispettivamente in Italia, in Europa e nel mondo. La creazione di regole volontarie ha lo scopo di armonizzare il sistema normativo dei singoli paesi, eliminando così gli ostacoli agli scambi delle merci. In Italia la conoscenza, la diffusione e l'applicazione di tali norme ha mostrato finora una scarsa o almeno minore sensibilizzazione rispetto a quella degli altri Paesi Europei.

Tali norme riguardano diversi ambiti.

#### Norme generali

Sono relative alle dimensioni principali del pallet e alla definizione delle sue componenti. Per quanto concerne le prime si fa riferimento alla norma UNI EN 13382<sup>9</sup> valida in Europa a partire dal 2002. La norma specifica le principali dimensioni e le tolleranze per nuovi pallet piatti a un piano e a due piani e per i pallet piatti non reversibili. A livello internazionale è inoltre in vigore la norma

---

<sup>8</sup> Dallari, 2008, pag 53-60

<sup>9</sup> Pallet piatti per la movimentazione delle merci – Dimensioni principali

ISO 6780<sup>10</sup> che definisce anch'essa dimensioni e tolleranze per pallet nuovi e ne indica sei tipi in relazione alla regione di utilizzo:

- 800 x 1200 mm, Europa.
- 1000 x 1200 mm, Europa, Asia.
- 1219 x 1016 mm, Nord America.
- 1140 x 1140 mm, Australia.
- 1100 x 1100 mm, Asia.
- 1067 x 1067 mm, Nord America, Asia.

Per quanto riguarda invece le componenti si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 445<sup>11</sup>. Essa definisce i termini relativi al pallet usato per la movimentazione e il trasporto di merci in carichi unitari, descrivendone le componenti principali.

#### Norme prestazionali

Fanno riferimento alle prove statiche (compressione, flessione, deformazione e resistenza ad assemblaggi) e dinamiche (es. comportamento agli urti) cui sottoporre il pallet per testarne le prestazioni meccaniche. In questo caso le norme in vigore sono la EN ISO 8611<sup>12</sup> e la UNI 11066<sup>13</sup>. La prima fa riferimento ai prototipi e ai pallet piatti per la movimentazione e si divide in tre parti:

- *Metodi di prova*: la norma specifica quindici metodi di prova che servono per determinare la capacità di carico del pallet oltre che a valutare la stabilità della sua struttura. Questa norma definisce il concetto di carico limite ultimo di rottura (ultimate load) che rappresenta “il carico massimo in corrispondenza del quale si ha la rottura del pallet ovvero

---

<sup>10</sup> Flat pallets for intercontinental materials handling - Principal dimensions and tolerances

<sup>11</sup> Pallets for materials handling - vocabulary

<sup>12</sup> Pallets for materials handling - Flat pallets

<sup>13</sup> Pallet di legno riutilizzabile personalizzato - Requisiti di progettazione, costruzione, prestazione e metodi di prova

quando la deformazione alla flessione supera i valori indicati nella norma stessa”.

- *Requisiti prestazionali e selezione dei test*: la norma indica quali test utilizzare in base all’impiego cui il pallet è destinato; definisce inoltre i valori massimi entro i quali il pallet deve restare quando si trova sotto sforzo o in fase di rinvenimento. Questa norma definisce il concetto di carico nominale (nominal load) come “carico più basso rilevato nelle diverse condizioni di prova a cui viene sottoposto il pallet”.
- *Carico massimo ammissibile*: la norma indica la relazione tra il carico nominale di un pallet e le differenti possibilità di carico massimo consentito in funzione del tipo, della disposizione e della modalità di stabilizzazione del carico sul pallet.

La seconda norma costituisce invece uno strumento tecnico per la realizzazione di pallet riutilizzabili di legno e fornisce i termini, le definizioni, gli elementi necessari per la progettazione, i criteri di costruzione, le prestazioni, le prove, i limiti di accettabilità e la marcatura.

Essa definisce anche le modalità per la riparazione e l’utilizzo di tali pallet, riutilizzabili purchè non superino il carico nominale originario per la destinazione d’uso prevista.

### Norme relative ai materiali

Fissano le caratteristiche dei materiali di base utilizzati per la fabbricazione del pallet e dei suoi elementi. A livello europeo sono in vigore la norma UNI EN 12246<sup>14</sup> e la UNI EN 12249<sup>15</sup>. Tali norme sono molto importanti poiché forniscono ai produttori di pallet gli elementi necessari a trasmettere le loro esigenze tenendo conto dei limiti che regolano l’attività delle segherie.

---

<sup>14</sup> Classificazione qualitativa del legno utilizzato nei pallet e negli imballaggi.

<sup>15</sup> Segati di legno utilizzati nei pallet – scarti ammissibili e guida per le dimensioni.

### Norme relative agli assemblaggi

Concepite per garantire un'elevata qualità degli assemblaggi, fattore sostanziale per determinare le caratteristiche dei pallet e la loro solidità e resistenza a urti e deformazioni. In particolare si fa riferimento alla norma EN ISO 12777<sup>16</sup>, divisa in tre parti:

- *Metodi di prova per l'assemblaggio dei pallet (1997)*: descrive il metodo per determinare la resistenza a flessione dei chiodi dei pallet in legno, degli altri elementi di collegamento dei pallet e di chiodi a U.
- *Metodi di prova per le giunzioni dei pallet (2001)*: specifica i metodi per determinare la resistenza all'estrazione di punta e di testa dei chiodi e delle graffe.
- *Metodi di prova per le giunzioni dei pallet (2004)*: stabilisce le modalità e le condizioni per condurre le prove sugli imballaggi in legno, ovvero per determinare la resistenza alla separazione delle giunzioni dei pallet.

### Norme relative al prodotto

Sono la UNI EN 13698-1<sup>17</sup> e la UNI EN 13698-2<sup>18</sup>; stabiliscono i requisiti di prestazione e le specifiche per la produzione del pallet, con particolare riferimento a quelli di legno con dimensioni 800 x 1200 mm e 1000 x 1200 mm, ovvero i pallet maggiormente prodotti a livello europeo.

### Norme Uic-Epal

Si tratta di un capitolato tecnico che risponde alle esigenze di standardizzazione relative all'interscambio, la produzione, il commercio e la riproduzione del pallet in legno 800 x 1200, definito dall'UIC (unione internazionale delle

---

<sup>16</sup> Methods of test for pallet joints

<sup>17</sup> Specifica di fabbricazione per pallet piatti di legno 800 x 1200 mm

<sup>18</sup> Specifica di fabbricazione per pallet di legno 1000 x 1200 mm

ferrovie) e supportato dall'introduzione del sistema di qualità EPAL. In particolare fa riferimento alle seguenti norme qualitative:

- *Fiche UIC 435-2* per la costruzione di un pallet europeo in legno a quattro entrate 800 x 1200 e del pallet piano a quattro entrate 1000 x 1200.
- *Fiche UIC 435-4* per definire i danni ai pallet Eur e in funzione di essi fissare le necessarie esigenze di riparazione, controllo e marcatura.
- *Regolamento tecnico EPAL per la fabbricazione, il commercio, e la riparazione dei prodotti di qualità certificata e del controllo di qualità*. Definisce le condizioni di omologazione di fabbricanti e riparatori, così come le esigenze e le modalità di controllo, è un documento di riferimento per produttori commercianti e riparatori.

#### Norme di manutenzione

Fissano le condizioni generali di manutenzione dei pallet usati, affinché garantiscano adeguate prestazioni meccaniche nel tempo. Tali condizioni sono indicate nella norma UNI EN ISO 18613<sup>19</sup>.

#### Norme fitosanitarie

Nel 2002 la convenzione internazionale per la protezione dei vegetali, supervisionata dalla Fao, ha elaborato lo standard Ispm-15<sup>20</sup>, per la regolamentazione degli imballaggi in legno nel commercio internazionale. Tale norma è molto importante ai fini della riduzione dei parassiti e per la protezione dal rischio di introduzione di organismi nocivi, soprattutto quando si esportano o importano merci da un continente a un altro. Le misure di intervento previste dall' Ispm-15 sono il trattamento termico (HT), che prevede di portare la temperatura del cuore del legno ad almeno 56° per un minimo di

---

<sup>19</sup> Riparazione dei pallet piatti in legno

<sup>20</sup> <http://www.ispm15.com/start.htm#europe>

30 minuti; e la fumigazione con bromuro di metile per un tempo di esposizione di almeno 16 ore alla concentrazione di 48 g/m<sup>3</sup> a una temperatura di 21°C.

Le linee guida prevedono che gli imballaggi in legno grezzo e il materiale da stivaggio trattati in conformità all'ispm-15 siano certificati attraverso l'apposizione del marchio "IPPC/FAO-FITOK" in maniera indelebile e chiaramente visibile.

### Norme ambientali

Stabiliscono i requisiti essenziali specifici relativi all'impatto ambientale degli imballaggi a cui le imprese, nel proprio sistema di qualità si devono adeguare. In alternativa all'applicazione delle norme tecniche specifiche sui requisiti essenziali, un'azienda può dimostrare la conformità ai requisiti essenziali attraverso una propria metodologia inserita in un sistema di gestione della qualità (UNI EN ISO 9000) o dell'ambiente (UNI EN ISO 14000). In Italia attualmente l'applicazione di queste norme tecniche non è ritenuta obbligatoria.

## 1.6 Imballaggi in Italia

Negli ultimi anni si è assistito a un graduale aumento dell'uso dei pallet in legno (Tab. 1.1) a discapito degli altri tipi di imballaggi industriali (Tab. 1.2), dovuto alla maggior semplicità di utilizzo, alle loro caratteristiche fisiche e meccaniche, alla possibilità di riciclo e recupero che il legno offre rispetto agli altri materiali e al loro costo più contenuto.

Gli imballaggi industriali diversi dai pallet in legno vengono comunque usati in quantità costante negli ultimi anni.

Tabella 1.1 : pallet in legno utilizzati in Italia. [www.federlegno.it]

<i>PALLET IN LEGNO</i> (kton)	2005	2006	2007	2008
<i>Produzione</i>	1.937	1.931	2.130	2.089
<i>Esportazione vuoti</i>	100	117	122	114
<i>Importazione vuoti</i>	216	321	315	255
<i>Utilizzo interno apparente</i>	2.053	2.135	2.323	2.230

Tabella 1.2 : imballaggi industriali non in legno utilizzati in Italia [www.federlegno.it]

<i>IMBALLAGGI INDUSTRIALI</i> (kton)	2005	2006	2007	2008
<i>Produzione</i>	707	700	724	707
<i>Esportazione vuoti</i>	17	15	17	19
<i>Importazione vuoti</i>	23	27	28	22
<i>Utilizzo interno apparente</i>	713	712	735	710

Nel proseguire il nostro studio concentreremo la nostra attenzione solo sui pallet in legno che risultano essere l'imballaggio più utilizzato, tralasciando tutti i restanti tipi.

# 2

## La filiera del Pallet

*In questo capitolo si spiega che cos'è la "filiera del pallet" e chi ne fa parte entrando nel dettaglio delle varie tipologie di "soggetti" coinvolti (produttori, riparatori, grossisti/importatori e noleggiatori) e analizzando la situazione italiana dei vari settori. Vengono poi presentate le varie modalità di gestione dei pallet nei moderni sistemi distributivi analizzando nel dettaglio le loro principali caratteristiche. Nell'ultimo paragrafo vengono presentate EPAL e Federlegno, le due associazioni del panorama Europeo e Italiano con cui abbiamo collaborato per questo progetto.*



## 2.1 La filiera del pallet<sup>1</sup>

La catena logistica del pallet (Fig. 2.1) può essere descritta in base a chi fa della gestione del pallet il proprio business principale: gli “attori dell’offerta” e gli “utilizzatori” che se ne servono per le loro attività operative. Nella prima categoria possiamo distinguere:

- *Produttori*: aziende specializzate nella produzione di differenti tipologie di pallet.
- *Riparatori*: si occupano del ricondizionamento dei pallet danneggiati.
- *Grossisti/importatori*: commercializzano i pallet nuovi e usati prodotti in Italia e all’estero.
- *Noleggiatori*: offrono la gestione del parco pallet.

Sul lato degli utilizzatori troviamo operatori logistici, aziende manifatturiere, aziende commerciali e trasportatori; ovvero tutti quei soggetti che in modo diretto utilizzano i pallet per movimentare le merci proprie e/o per conto terzi.

I pallet EPAL nuovi, la cui produzione in Italia è stata di 8,5 milioni di unità nel 2008, possono essere realizzati assemblando i semilavorati di provenienza estera oppure mediante lavorazione di materie prime direttamente in loco; una quota di tale produzione viene immessa direttamente sul mercato tramite il canale del commercio all’ingrosso degli imballaggi industriali, anche se gran parte dei pallet venduti in Italia dai commercianti è di provenienza estera.

I produttori di pallet forniscono sia gli utilizzatori sia i noleggiatori; prendendo come riferimento CHEP<sup>2</sup>, il maggiore operatore del noleggio pallet presente in Italia, si stima un parco di oltre 9 milioni di pezzi, 13,5 milioni di pallet noleggiati (di cui il 30% è destinato alle esportazioni) e circa 1000 clienti.

Le aziende manifatturiere (industrie di marca) ricevono i pallet dai fornitori di materie prime o dal mercato, dai produttori di pallet o dai riparatori di pallet.

---

<sup>1</sup> Dallari, 2008, pp. 60-62

<sup>2</sup> [www.chep.com](http://www.chep.com)

Le aziende della distribuzione si interfacciano da un lato con i fornitori di beni e servizi e dall'altro con i clienti; ricevono la merce e la distribuiscono tramite l'utilizzo di operatori logistici e trasportatori con cui spesso hanno anche accordi di gestione e movimentazione presso i centri di distribuzione.

I riparatori assistono gli utilizzatori per la gestione del parco EPAL nazionale, cercando di limitare le perdite di pallet sia riparandoli sia offrendo agli utilizzatori pallet usati in cambio di pallet danneggiati.

Da ultimo, lo smaltimento dei pallet non riparabili è assicurato da appositi operatori, mentre nel caso vengano barattati con il riparatore è quest'ultimo che decide se smaltirli, ripararli o recuperare i componenti riutilizzabili.

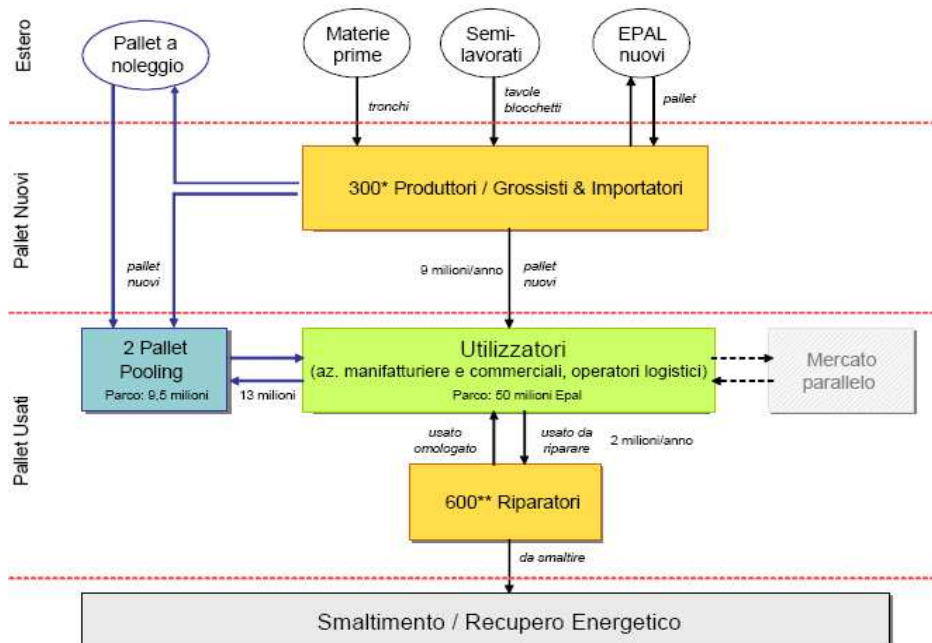


Figura 2.1 : la filiera del pallet [www.liuc.it]

### 2.1.1 I produttori di pallet<sup>3</sup>

In Italia si stimano circa 300 aziende produttrici di pallet e imballaggi terziari di cui 52 certificate per la produzione di pallet EPAL e riunite nel gruppo produttori pallet di FEDERLEGNO.

<sup>3</sup> Dallari, 2008, pp.62-67

Possiamo dividere le aziende produttrici in due principali categorie:

- *Produttori integrati*: aziende che acquistano come materia prima legname e che sono dotate di segheria interna per formare tavole, blocchetti e travi. Attualmente ci sono sette aziende di questo tipo in Italia (Fig. 2.2).
- *Assemblatori*: aziende che non sono dotate di segheria interna e acquistano come materia prima assi, blocchetti, infissi, e travi; sono presenti 45 aziende di questo tipo in Italia (Fig. 2.3).

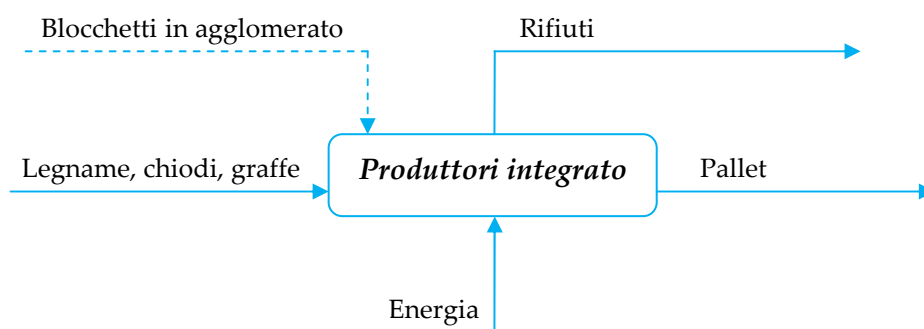


Figura 2.2 : schema di processo dei produttori integrati.

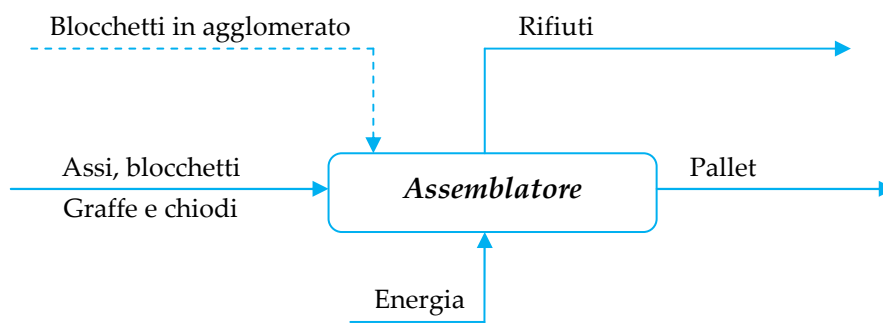


Figura 2.3 : Schema di processo degli assemblatori.

Il mercato italiano della produzione di pallet EPAL risulta fortemente concentrato, con aziende collocate principalmente nel nord Italia (Fig. 2.4); mentre per quanto riguarda il fatturato annuo, nel 60% dei casi non supera i 5 milioni di euro, per il 25% è compreso tra i 5 e 10 milioni di euro mentre il restante 15% supera i 10 milioni di euro. Si tratta pertanto di realtà medio piccole, che per migliorare i propri risultati talvolta affiancano alla produzione dei pallet quella di altre tipologie di imballaggio in legno.

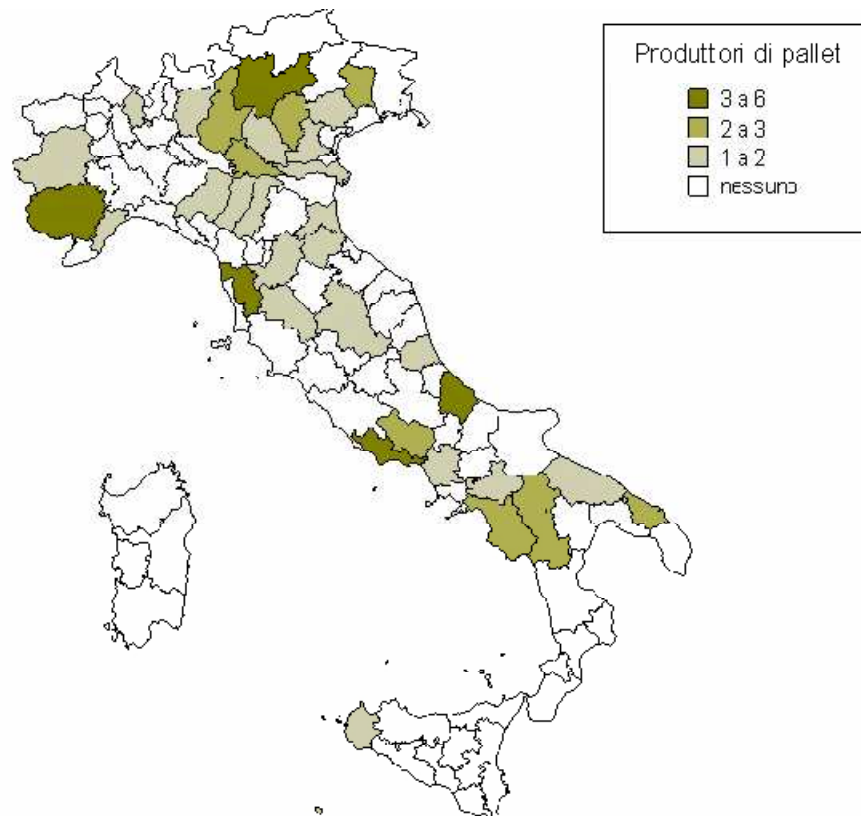


Figura 2.4 : ripartizione geografica dei produttori EPAL. [www.luic.it]

Anche il numero di dipendenti per azienda è piuttosto basso: infatti il 20% delle aziende ha meno di 10 dipendenti, nel 65% dei casi è compreso tra 10 e 20 e per il rimanente 25% supera le 20 unità.

In base ai volumi di produzione realizzati e ai modelli fabbricati, la realizzazione di pallet può essere suddivisa in quattro categorie:

- *Fabbricazione artigianale*: gli investimenti sono poco elevati e la produzione è bassa, circa 20-25 pallet a persona per ora. La pistola chiodatrice e la stazione di chiodatura rappresentano le attrezzature di base.
- *Fabbricazione semiautomatizzata*: il ritmo di produzione di questi impianti è compreso tra i 60 e gli 80 pallet all'ora in base al modello. L'attrezzatura di lavoro è composta da uno o più banchi automatici di chiodatura riforniti di tavole e blocchetti sia automaticamente sia manualmente.

- *Fabbricazione industriale automatizzata*: effettuata con impianti completamente automatizzati, composti da linee con tutte le attrezzature adeguate e regolabili, la produzione è di circa 200-250 pallet all'ora.
- *Fabbricazione industriale automatizzata-computerizzata*: si usano impianti simili ai precedenti ma la messa a punto della macchina avviene tramite computer; in questo modo si riesce a ridurre i tempi nel caso di variazione del modello di pallet e si riesce a realizzare il 20% in più di produzione.

La produzione di pallet a livello artigianale avviene tramite due stazioni di chiodatura che permettono l'assemblaggio delle tavole con i blocchetti per formare i "pattini del pallet" (prima stazione di chiodatura) e di questi con le traverse e il piano superiore (seconda stazione di chiodatura).

Il processo di produzione dei modelli a più larga diffusione è da sempre legato all'ottenimento di una qualità accurata, di una maggior velocità e di una maggiore automatizzazione per contenere i costi del personale. Una linea di produzione comporta l'uso di una macchina sezionatrice che forma i blocchetti e di due chiodatrici multiple in linea, meccaniche o elettroidrauliche che si occupano di fissare tutte le parti del pallet.

La produzione EPAL europea negli ultimi anni è notevolmente cresciuta arrivando a superare i 68 milioni di unità nel 2008. Questo fenomeno è una diretta conseguenza dell'allargamento dello standard EPAL verso i paesi dell'est Europa che attualmente incidono per il 25% della produzione complessiva soprattutto grazie a paesi come la Polonia.

Nonostante la tendenza alla crescita registrata a livello continentale, la produzione nazionale di pallet EPAL, che nel 2008 è stata fra le maggiori in Europa con un'incidenza del 16%, presenta un andamento altalenante, soprattutto a causa delle incertezze relative al costo delle materie prime, che attualmente incide sul 74% del costo di produzione complessivo (Fig. 2.5).

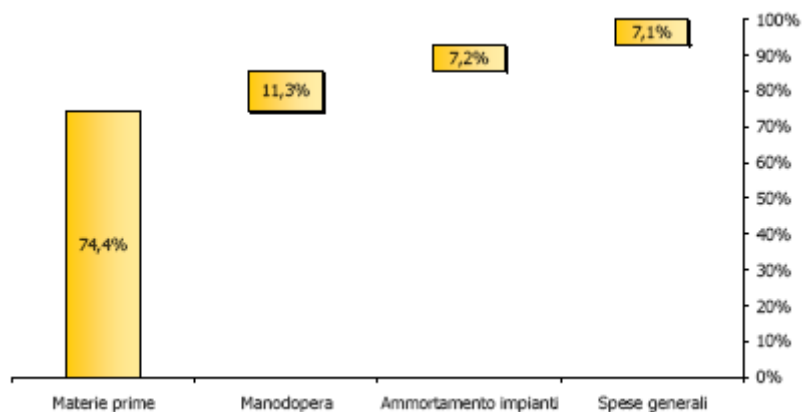


Figura 2.5 : ripartizione del costo di produzione di un pallet. [www.luic.it]

Analizzando la produzione nazionale in relazione alle tipologie di pallet prodotti, emerge che la produzione EPAL incide per il 27% del totale in valore (il 20% in quantità), i CP per il 6% e i pallet non standard per il 67% (Fig. 2.6).

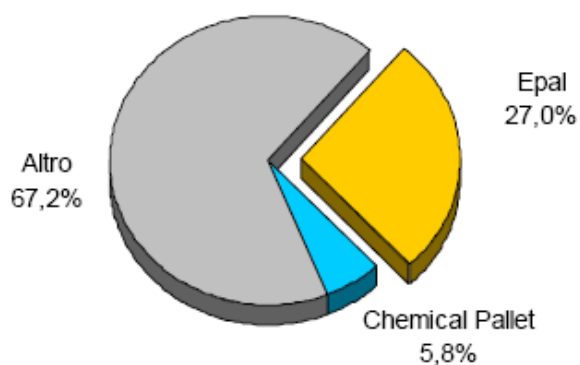


Figura 2.6 : quota sul fatturato delle tipologie di pallet prodotti. [www.luic.it]

Analizzando nel dettaglio l'andamento dei prezzi si vede che nel periodo 2001-2005 si è verificata una rapida flessione dei prezzi, tuttavia il trend degli ultimi anni è di un generale aumento del pallet EPAL passato dai 7-7,2 euro del 2005 agli 8,8 euro del 2007. Le cause sono da ricercare in un continuo incremento dei costi dovuto sia al reperimento delle materie prime sia all'adeguamento degli impianti produttivi per la realizzazione di pallet in linea con gli standard indicati dalle normative.

### 2.1.2 I Riparatori di pallet<sup>4</sup>

L'attività del riparatore (Fig. 2.7) ha assunto un ruolo chiave nel settore, passando da semplice fornitura di servizi operativi a gestione di parchi pallet; in Italia sono circa 600 le aziende che si occupano della riparazione di pallet e imballaggi in legno, di cui circa 120 omologate per la riparazione certificata EPAL.

I riparatori sono distribuiti omogeneamente nei dintorni dei maggiori centri di utilizzo e produzione dei pallet, in particolare nel Nord Italia e nel Lazio, si occupano della raccolta, ricezione, selezione, riparazione e redistribuzione dei pallet usati, occupano fino a 30 operatori e raggiungono un fatturato complessivo di circa 10 milioni di Euro.

Le aziende possono essere dotate di sistemi semiautomatici che consentono grandi volumi e un minor impiego di manodopera.

Si stima che a livello nazionale i pallet riparati siano circa 3 milioni l'anno (dati aggiornati al 2008), il 4% circa del parco pallet italiano.

La riparazione consiste in due fasi principali: la scelta e la sostituzione dei componenti. Nella prima fase i pallet sono controllati e selezionati per numero e tipologia dei punti di rottura; nella seconda gli operatori sostituiscono le componenti danneggiate o mancanti (esclusivamente con materiale nuovo per i pallet EPAL) per ripristinare lo stato di utilizzo del pallet.

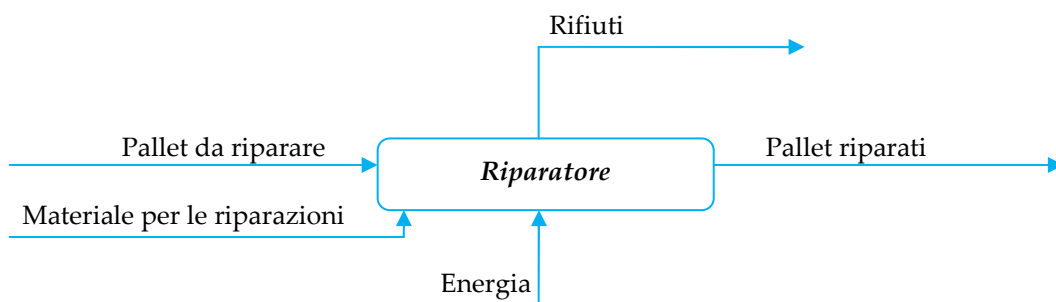


Figura 2.7 : schema di processo dei riparatori.

<sup>4</sup> Dallari, 2008, pp. 68-71

I costi di riparazione sono evidentemente legati all'andamento del costo di legname e chiodi, ma risentono dell'impiego di manodopera (soprattutto nei casi di riparazione semiautomatica) e del costo di trasporto per il recupero.

La varietà di operazioni svolte dal riparatore rende difficile stabilire un prezzo medio di riparazione per un pallet EPAL (Fig. 2.8). Per es. nel caso di tre componenti rotte, recupero dal luogo di stoccaggio e consegna si pagano in media 3,5 euro per pallet riparato, che possono variare anche sensibilmente in funzione degli accordi intercorrenti tra i soggetti.

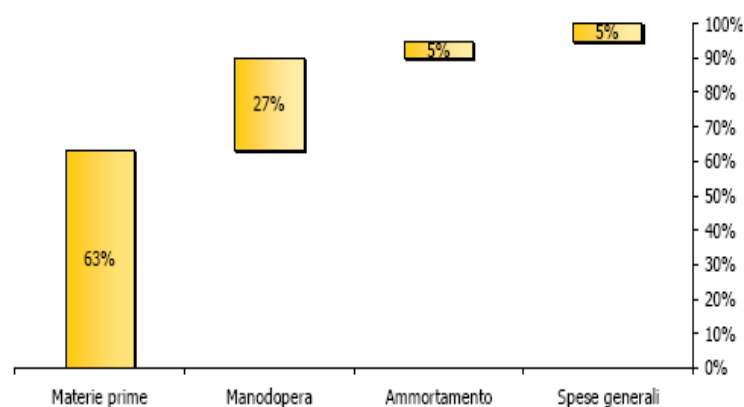


Figura 2.8 : ripartizione costi di riparazione di un pallet EPAL. [www.luic.it]

Nei grafici seguenti (Figg. 2.9 e 2.10) vengono confrontati i volumi di produzione e riparazione dei pallet nell'anno 2008 per l'Europa e l'Italia.

Si nota subito come la produzione europea presenti un andamento altalenante, oscillando tra i 4,2 milioni di pallet prodotti di dicembre e i 6,5 milioni di pallet prodotti ad aprile. La riparazione invece è pressochè costante sul 1,5 milioni di pallet riparati al mese.

Anche nella produzione italiana si nota lo stesso andamento altalenante con i pallet prodotti che oscillano tra i 448.000 di agosto e i 957.000 di giugno. La riparazione al contrario di quella europea presenta un andamento altalenante oscillando tra i 195.000 pallet riparati di agosto e i 333.000 pallet riparati a febbraio.



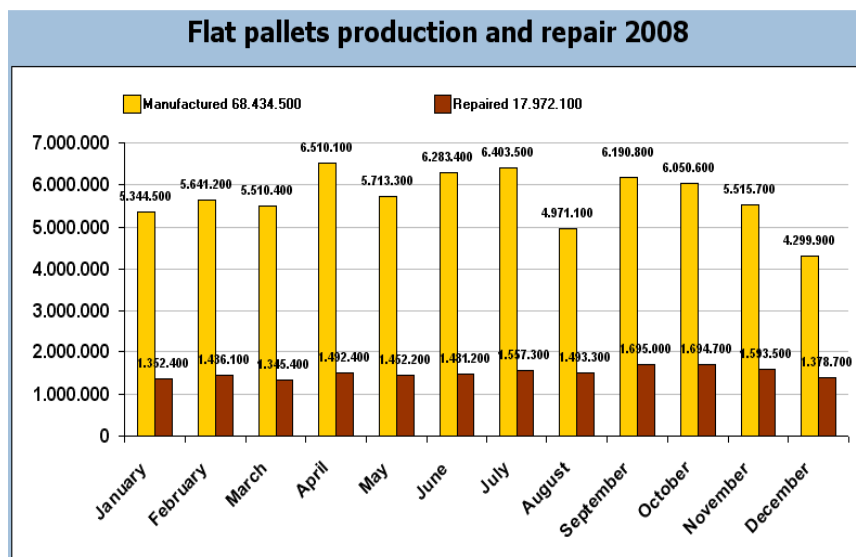


Figura 2.9 : produzione e riparazione di pallet piani in Europa nel 2008. [FEDERLEGNO]

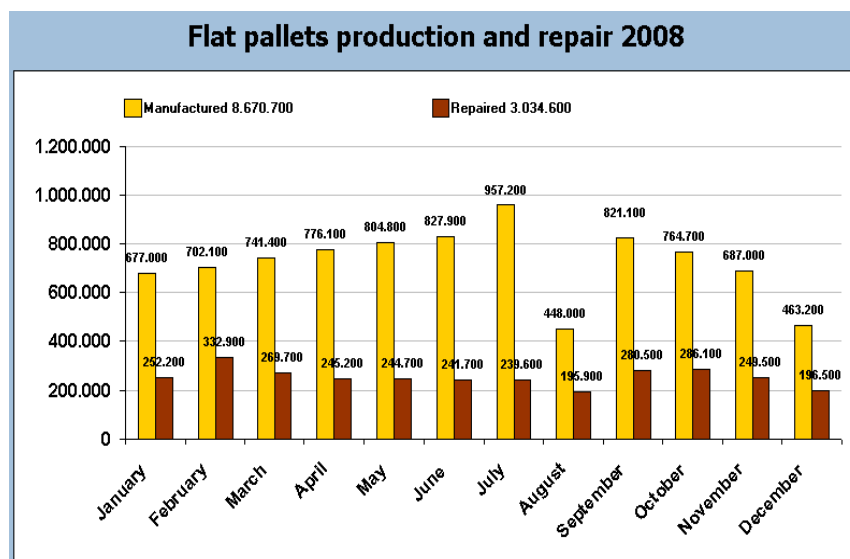


Figura 2.10 : produzione e riparazione di pallet piani in Italia nel 2008. [FEDERLEGNO]

### 2.1.3 Gli utilizzatori di pallet<sup>5</sup>

Il pallet è lo strumento essenziale per un'applicazione sicura ed economica dei processi di produzione, movimentazione, stoccaggio e distribuzione e costituisce l'investimento migliore per proteggere i prodotti dopo la fase di produzione fino al punto finale di vendita, per questo il 90% delle spedizioni da parte delle aziende produttrici avviene su pallet, principalmente EPAL.

<sup>5</sup> Dallari, 2008 , pp.73-75

L'industria in prevalenza acquista pallet nuovi per garantire l'operatività dei sistemi produttivi e dei sistemi di pallettizzazione automatici (che impediscono l'utilizzo di pallet non conformi o fuori misura), oltre che per evitare problematiche inerenti igiene, pulizia, odore o umidità.

Per quanto riguarda i pallet EPAL il 71% della produzione è destinato all'industria mentre operatori logistici e aziende assorbono il restante 29%. Per tutti il fattore determinante è il prezzo di acquisto del pallet, mentre poca rilevanza è data al servizio, anche se alcune aziende alimentari richiedono dei pallet opportunamente trattati per ragioni igieniche.

Tra le grandi aziende multinazionali è particolarmente sviluppata l'adesione a sistemi di pallet pooling, inoltre è molto diffuso l'utilizzo di pallet a perdere ovvero privi di certificazione; infatti essendo meno costoso del pallet EPAL risulta conveniente per la pallettizzazione di prodotti a basso valore o di peso non elevato.

Le imprese di solito non sono proprietarie dei pallet gestiti, quindi si limitano al reintegro dei pallet persi e alla restituzione dei pallet vuoti ai produttori, sia tramite interscambio diretto sia attraverso il pagamento periodico dei buoni pallet (documenti che certificano il debito/credito di pallet con gli operatori mittenti); attualmente le aziende pagano in media un valore di 6,5 euro per ogni pallet che non sono in grado di restituire. Aziende e operatori logistici in genere acquistano pallet EPAL usati, mentre l'acquisto di pallet nuovi avviene in occasione delle aperture di nuovi magazzini o piattaforme, per i quali è necessario un parco pallet iniziale per garantire l'operatività.

#### ***2.1.4 I noleggiatori di pallet<sup>6</sup>***

Le società di noleggio si occupano della gestione integrale del parco pallet dei propri clienti (siano essi aziende manifatturiere, distributive o operatori

---

<sup>6</sup> Dallari, 2008, pp. 71-72

logistici), creando dei propri circuiti di raccolta, controllo, selezione e riparazione, offrendo un servizio completo di noleggio delle attrezzature. Il noleggiatore si incarica inoltre di recuperare i pallet vuoti a scadenze predefinite, li seleziona, li ripara presso i propri depositi e li riconsegna al produttore.

Il mercato del noleggio è principalmente rappresentato da tre grandi gruppi internazionali: CHEP, PRS e LPR.

CHEP, società australiana fondata nel 1946, rappresenta la realtà più diffusa in Italia e si occupa della gestione integrale di attrezzature di movimentazione merci (pallet, container, cassette). In Italia movimenta circa 15 milioni di pallet in un anno, mentre si stima un parco pallet europeo di circa 60 milioni di unità, tutte colorate di blu. Il sistema di pallet pooling permette al cliente di ordinare i pallet in base al proprio programma produttivo, senza dover affrontare spese di acquisto di un parco pallet o di doverlo gestire in seguito a variazioni del volume di affari. Inoltre CHEP si assume la totale responsabilità della disponibilità, delle consegne e della raccolta delle attrezzature presso i punti di consegna finali nelle operazioni di controllo e resa.

LPR, società francese fondata nel 1992, ha un parco pallet stimato di circa quattro milioni di unità. L'offerta dell'azienda è basata su tre tipologie di contratto che possono corrispondere a una gestione completa del parco pallet aziendale (full service), al noleggio del solo servizio di movimentazione dei pallet (transfer hire), fino a offerte di noleggio di un pallet per una singola movimentazione (one way trip).

Inizialmente orientata al settore industriale, la società si è recentemente espansa in settori quali agroalimentare e grande distribuzione, incaricando un ente esterno per il controllo del rispetto degli standard qualitativi della riparazione.

## 2.2 Le modalità di gestione dei pallet nella distribuzione moderna<sup>7</sup>

Una volta stabiliti uno o più standard di pallet corrispondenti alle proprie esigenze dal punto di vista delle caratteristiche dimensionali e prestazionali, ogni impresa deve valutare le modalità di gestione del proprio parco pallet che le consenta di minimizzare i costi di movimentazione, magazzinaggio e trasporto, nel rispetto dei requisiti di sicurezza e di servizio al cliente.

In particolar modo, nel caso di pallet riutilizzabile, è possibile adottare sino a quattro diverse modalità di gestione, variabili a seconda del settore in cui ci si trova a operare e in funzione delle specifiche esigenze degli operatori in gioco:

- *Cauzionale*
- *Fatturazione*
- *Noleggio*
- *Interscambio*

Collettivamente gli operatori di una catena logistica definiscono, di comune accordo, dei modelli di pallet standard da utilizzare, creando così un sistema che possa facilitarne gli scambi e la gestione stessa. Ogni operatore è tenuto a restituire i pallet che riceve nelle stesse quantità e al medesimo livello qualitativo.

L'efficacia ed efficienza della scelta tra i diversi sistemi di gestione del parco pallet risulta influenzata dai rapporti intercorrenti tra gli attori della filiera (produttori/industria di marca, aziende della GDO, operatori logistici, trasportatori, punti di consegna), dal grado di responsabilità attribuita e dalle capacità organizzative e decisionali dei soggetti interessati (Fig. 2.11).

---

<sup>7</sup> Dallari, 2008, pp. 75-76

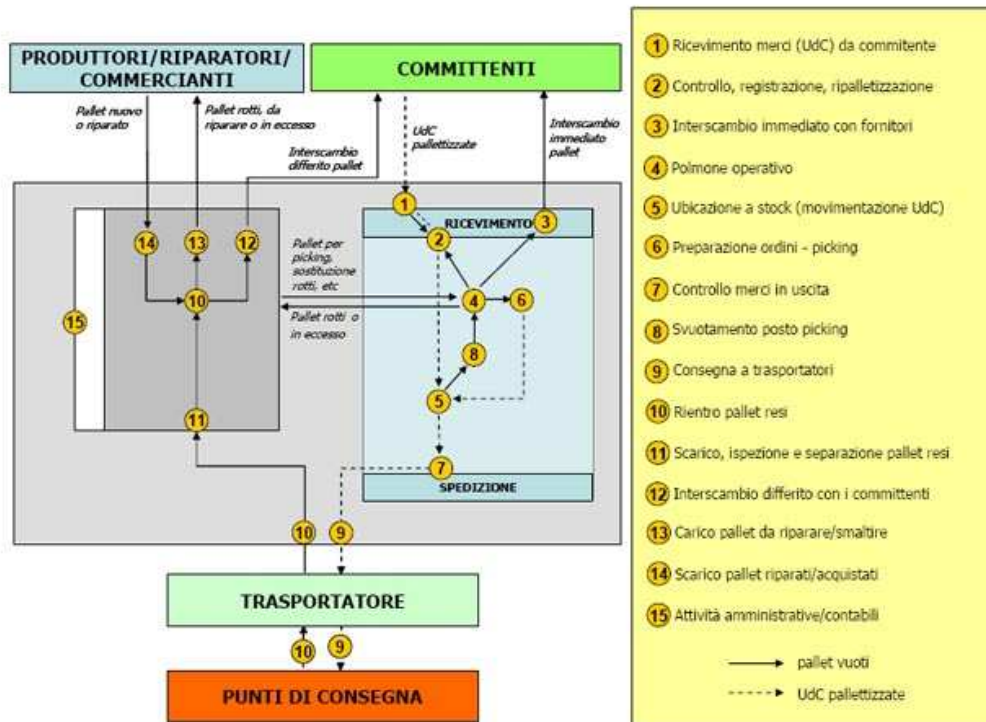


Figura 2.11 : gestione dei pallet nella distribuzione moderna. [www.logisticamente.it]

### 2.2.1 Sistema cauzionale e fatturazione<sup>8</sup>

In questo caso i sistemi sono molto semplici. Il proprietario dei pallet oggetto di cauzione (ad es. l'industria di marca) può marchiargli con il nome o il logo aziendale come segno di riconoscimento e distinzione (Fig. 2.12). All'atto di vendita i pallet vengono ceduti all'acquirente dietro cauzione, che potrà recuperare successivamente con la restituzione degli stessi pallet al proprietario; nel caso in cui l'acquirente non restituisse il pallet entro il limite di tempo fissato contrattualmente, il venditore si tiene la cauzione.

In caso di fatturazione (Fig. 2.13) il proprietario delle merci esprime in fattura anche il valore del pallet dell'acquirente, che ne diventa a sua volta proprietario. In questo sistema non avviene nessun processo di restituzione del pallet che una volta ceduti all'acquirente possono essere nuovamente ceduti e scambiati con altri soggetti. Questo è il sistema tipico dei pallet a perdere, cioè

<sup>8</sup> Dallari, 2008, pp. 76-77

pallet intesi come bene di consumo per cui non vi è una gestione appropriata. Il pallet può anche non figurare in fattura come voce di fatturazione, bensì può essere indicato nelle note “pallet a perdere” (in questo caso il suo valore è annegato nel prezzo di vendita delle merci).

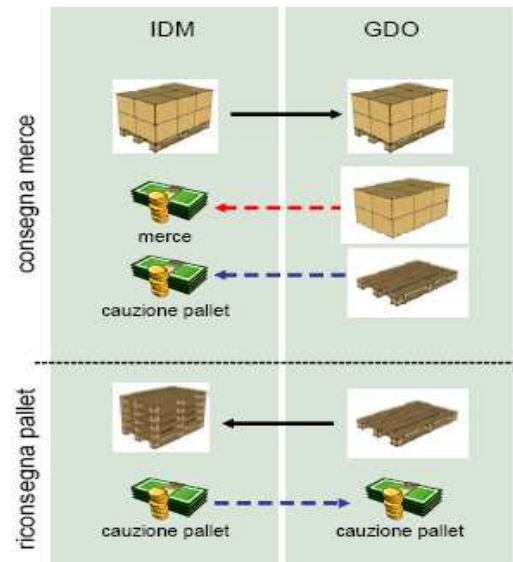


Figura 2.12 : sistema cauzionale [www.luic.it]

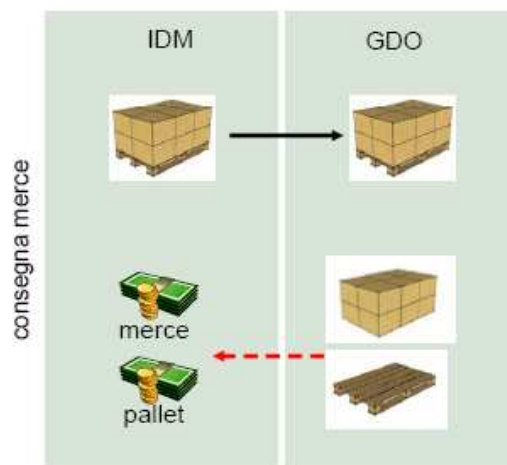


Figura 2.13 : sistema con fatturazione. [www.luic.it]

### 2.2.2 Noleggio<sup>9</sup>

Il noleggiatore mette a disposizione di un'azienda produttrice di beni il numero di pallet corrispondente alle sue esigenze di movimentazione, una volta pallettizzate le merci lì azienda dovrà comunicare alla società di noleggio la quantità di pallet inviata verso ciascun punto di consegna finale. Sarà poi compito del noleggiatore il ritiro, il controllo, l'ispezione e l'eventuale riparazione dei pallet utilizzati al fine di rimetterli in circolazione, in adeguate condizioni di igiene e qualità.

Le principali caratteristiche di un sistema a noleggio sono (Fig. 2.14):

- Assenza di investimento iniziale, in quanto i pallet sono messi a disposizione quando servono, evitando il ricorso all'acquisto di un parco proprio.
- Riduzione di una parte dei costi amministrativi e contabili.
- Riduzione dei costi di recupero, di selezione e di riparazione dei pallet.

Attualmente in Europa la realtà più diffusa è CHEP, che in Italia rappresenta di fatto l'unica società presente sul mercato del pooling di pallet.

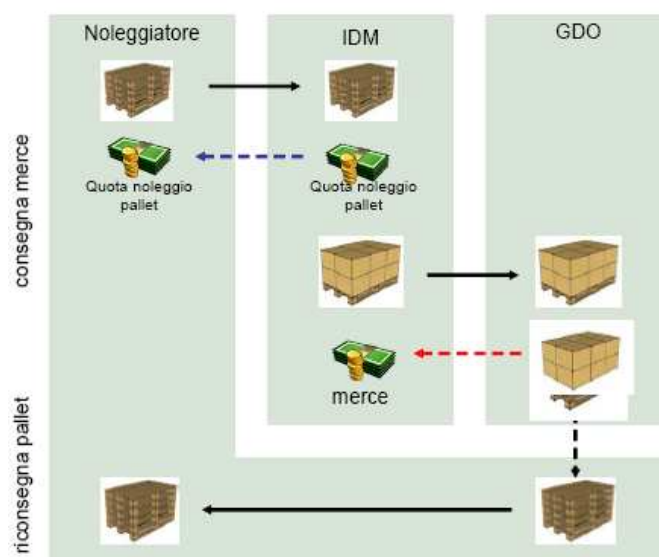


Figura 2.14 : noleggio [www.luic.it]

<sup>9</sup> Dallari, 2008, pp. 77-78

### 2.2.3 Interscambio <sup>10</sup>

Il sistema è stato promosso in Italia da INDICOD-ECR, associazione italiana che si occupa degli standard adottati a livello mondiale, si basa sull'utilizzo del pallet EPAL e prevede la restituzione contestuale di un numero di pallet equivalenti in quantità e qualità ai pallet ricevuti (interscambio immediato) (Fig. 2.15). Le caratteristiche principali del sistema sono:

- Investimento iniziale per la creazione del parco pallet ed eventuali investimenti successivi per il ripristino del parco in seguito a rotture e/o perdite.
- Processi di produzione e riparazione certificati ed efficienti.
- Interscambiabilità a livello internazionale nel rispetto delle direttive europee e delle leggi nazionali relative agli imballaggi e relativi rifiuti.

Lo scambio può anche essere posticipato nel tempo secondo la modalità dell'interscambio differito (Fig. 2.15). In questo caso il soggetto che riceve le merci genera un "buono pallet" valido per il ritiro in un secondo momento di una quantità di pallet pari al numero di pallet non interscambiati in diretta. Il "buono pallet" è un titolo valido per il ritiro della quantità di pallet indicata, secondo i tempi e le modalità concordate fra le parti.

Questo sistema in linea teorica dovrebbe rappresentare un'eccezione, ma al momento costituisce la norma nel settore della distribuzione moderna, determinando oneri aggiuntivi che minano l'efficienza dell'intero sistema.

L'interscambio differito si verifica prevalentemente a causa di :

- Pallet non disponibile presso il punto di scarico.
- Pallet non ritirato dal trasportatore per carenza di spazio sul mezzo.
- Pallet non ritirato per divergenze sulla quantità del reso in interscambio.

---

<sup>10</sup> Dallari, 2008, pp. 78-80



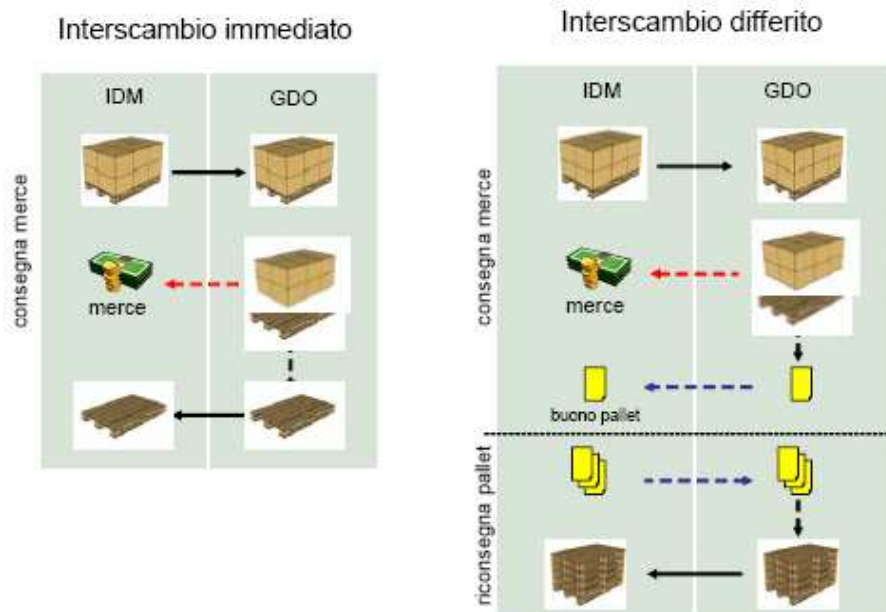


Figura 2.15 : sistema di interscambio. [www.luic.it]

#### 2.2.4 Criticità del sistema interscambio <sup>11</sup>

Le principali criticità del sistema possono essere riassunte in:

- *Sbilanciamento dei poteri contrattuali:* i soggetti con maggior potere contrattuale influenzano l'intera filiera distributiva, impongono gli standard in materia di processi e di tariffe, costringono i soggetti più deboli ad operare in regimi di bassa redditività, stimolando spesso azioni illegali (compravendita di pallet usati sottratti illecitamente al sistema).
- *Sistemi e cultura gestionale debole:* il problema culturale è particolarmente evidente presso i punti di ricevimento merci della GDO e tra i trasportatori; in alcuni casi la restituzione dei pallet ai produttori di largo consumo viene intesa come un servizio accessorio.
- *Complessità e destrutturazione della riserve logistica:* i flussi di ritorno sono gestiti poco efficacemente, in virtù soprattutto delle complessità operative peculiari (organizzazione dei recuperi, impiego di pallet multistrato).

<sup>11</sup> Dallari, 2008, pp. 80-81

- *Scarsa trasparenza dei rapporti commerciali:* gli aspetti operativi inerenti il pallet vengono spesso occultati in fase di negoziazione, le prassi operative sono difficilmente esplicitate a livello contrattuale così come avviene per la gestione del parco pallet.
- *Mercato dell'usato pervasivo:* la variabile costo resta la leva principale nel processo di acquisto del proprio parco pallet. La scarsa attenzione in fase di acquisto genera contenziosi nella fase di accettazione da parte degli operatori della filiera.
- *Mercato del nuovo basato quasi esclusivamente sul costo:* la forte competitività internazionale a livello di prezzo lascia aperti per utilizzatori che, privi di vincoli normativi e qualitativi, possono lasciarsi tentare da offerte estere o addirittura da operatori non certificati che tentano di immettere sul mercato prodotti di qualità inferiore.

La mancanza di una base contrattuale riconosciuta con cui regolare l'interscambio genera un'ulteriore criticità: i maggiori costi che derivano dalla dispersione rimangono in capo a i produttori e finiscono per essere riversati in modo indifferenziato sul prodotto, penalizzando in questo modo le aziende (di produzione e distribuzione) che hanno investito in modo sostanziale in sistemi di supporto nel controllo del processo di interscambio differito. Tale dispersione alimenta il mercato "parallelo", attraverso cui i pallet sottratti al circuito dell'interscambio vengono reimmessi tramite intermediari non accreditati e spesso coinvolti in attività illegali. La presenza di diversi soggetti all'interno della filiera tuttavia trasferisce la responsabilità delle perdite di figura in figura, rendendo i sistemi di controllo spesso inefficaci.

### 2.2.5 Il progetto di ECR Italia<sup>12</sup>

Sul tema dell' interscambio ECR, associazione paritetica che riunisce le industrie di marca e le aziende della distribuzione, ha recentemente aggiornato uno studio precedente del 2001, accogliendo la proposta delle aziende e dei produttori di confrontare gli obiettivi originali e i risultati ottenuti evidenziando le criticità del sistema.

Il fattore più influente emerso dallo studio è la mancanza di un sistema contrattuale riconosciuto e condiviso che gestisca il processo e l'eccessiva dispersione di risorse (dovuta prevalentemente all'esistenza di un mercato "parallelo" di pallet), fattore che finisce per esser riversato sul prodotto finale e penalizzare le imprese.

Il documento ECR risulta composto da due sezioni principali:

- Linee guida operative per l'interscambio pallet EPAL.
- Accordo quadro di adesione al sistema di interscambio di pallet EPAL.

La prima sezione del documento fornisce la base per procedere nella corretta implementazione delle procedure di interscambio, fissa i termini di riferimento per i rapporti tra gli attori e definisce gli estremi per la realizzazione di un "buono pallet standard" (Fig. 2.16), necessario per garantire quella maggior completezza, rintracciabilità e riconoscibilità.

Nel documento si trovano le linee guida su:

- Limiti temporali di validità dei buoni.
- Parametri per la determinazione del valore del buono pallet al momento del saldo.
- Indicazioni circa la corretta gestione dei parchi pallet aziendali.

---

<sup>12</sup> Dallari, 2008, pp. 87-90

I buoni pallet vengono solitamente emessi dalle aziende e intestati all'azienda di produzione, anche se in alcuni casi è possibile che i buoni pallet vengano intestati all'operatore logistico/trasportatore che effettua la consegna per conto dell'azienda di produzione.

L'operatore logistico che opera per l'azienda di distribuzione, se aderente all'accordo, ha titolo per emettere buoni pallet a proprio nome, e di questi buoni ne è responsabile a pieno titolo.

		<b>BUONO PALLET</b>			
Emesso da		Numero Buono			
Per conto di					
Presso					
Data		N. DDT			
A favore di					
Valido per il Ritiro Differito di		<input type="checkbox"/>		Pallets EPAL	
Firma Emittente		Timbro			
Firma Vettore		Vettore			
Buono richiesto dal Vettore pur in presenza di Pallet EPAL interscambiabili				<input type="checkbox"/>	

Figura 2.16 : buono pallet. [www.distam.unimi.it]

Il contributo principale del documento, nonché fondamentale novità rispetto alle precedenti analisi, è il principio secondo cui “L’adesione all’accordo sostanzia l’impegno da parte delle aziende aderenti a rispettare le indicazioni elaborate. Esso ha finalità di dare vita al perfezionamento di un accordo intercorrente tra una pluralità di parti, per il fatto stesso che esse provvedono ad accettarne tutte le relative condizioni di adesione”.

La chiara individuazione delle aziende aderenti all’interscambio costituisce la base di riferimento per l’identificazione di tutti quei soggetti non aderenti al sistema di interscambio per i quali possono essere individuate forme di addebito del pallet, non sussistendo le condizioni sull’interscambio.

Secondo lo studio una gestione ottimizzata dell'interscambio creerebbe:

- Immediatezza operativa.
- Minimo impatto organizzativo, non necessitando di gestione organizzativa.
- Minimizzazione della superficie dedicata alla gestione dei pallet.
- Minor diffusione di buoni pallet e minori contenziosi tra i soggetti.
- Gestione efficiente dei flussi di scambio e ottimizzazione dei costi.
- Maggior collaborazione tra le aziende.

Per realizzare questi obiettivi è necessario che gli operatori rispettino alcune regole:

- La GDO deve restituire di volta in volta i pallet ricevuti ricorrendo solo in via eccezionale all'emissione di buoni pallet.
- Gli operatori logistici devono sempre ritirare e gestire i pallet loro consegnati.
- L'industria di marca deve sensibilizzare e responsabilizzare allo scopo le aziende più a valle della filiera distributiva.

### ***2.2.6 Soluzioni alternative all'interscambio<sup>13</sup>***

La nascita e la diffusione delle società di noleggio pallet, hanno fatto sì che si sia creata una vera e propria competizione tra il pallet acquistato e il pallet a noleggio (pallet pooling). Il sistema pallet EPAL e il pallet pooling possono e devono essere considerati degli strumenti logistici simili dal punto di vista della sicurezza, delle performance e della qualità.

Diverse invece le logiche e le motivazioni che spingono a scegliere un sistema piuttosto che un altro.

---

<sup>13</sup> Dallari, 2008, pp. 90-93

Il servizio di pallet pooling è rivolto principalmente a quelle aziende che, a fronte di alti volumi di movimentazione, sono in grado di ottenere importanti economie di scala che portino miglioramenti nei processi e riduzione dei costi, permettendo allo stesso tempo agli utilizzatori di disinteressarsi di questo tipo di gestione e concentrarsi sulla propria attività primaria.

I principali motivi che possono rendere economica la scelta del noleggio sono:

- L'esistenza di una supply chain complessa.
- La presenza di aziende sprovviste di propri parchi pallet o che dispongono di parchi pallet non omogenei.
- La difficoltà a bilanciare i trasporti di ritorno.
- Una produzione stagionale che necessita di un elevato parco pallet per un periodo limitato.

Tra i vantaggi del sistema di noleggio pallet va sottolineata la presenza di una tariffa unitaria che include tutti i costi occulti del sistema di interscambio, senza il rischio di uscire dai parametri di budget e con la garanzia di avere un parco pallet efficiente e disponibile al momento del bisogno.

Tra le criticità vanno citate la scarsa propensione alla terziarizzazione delle aziende italiane, che reputano troppo sofisticato l'outsourcing del pallet oltre al rischio di dover gestire più tipologie di pallet all'interno della propria supply chain, nonché l'attività amministrativa legata al controllo delle fatture emesse dal noleggiatore.

### **2.3 EPAL e FEDERLEGNO<sup>14</sup>**

EPAL (European Pallet Association e.V.) è un'associazione europea, di diritto tedesco, senza fini di lucro che riunisce produttori, commercianti, riparatori, utilizzatori di pallet EUR e materiali associati, di qualità certificata.

Nasce nel 1991 a opera di Francia, Germania e Svizzera con lo scopo primario di garantire lo standard di qualità del pallet EUR 800 x 1.200 mm, di promuoverne la diffusione per consentire agli utilizzatori di effettuare scambi alla pari di questo importante strumento di movimentazione in tutto il territorio europeo e di rappresentare gli interessi commerciali dei suoi membri intervenendo ogniqualvolta le regole di qualità ed i diritti dei marchi non siano rispettati.

Il sistema EPAL, tramite la costituzione dei primi comitati nazionali, è divenuto operante dal 1° gennaio del 1995, il 1° marzo 1999 il marchio EPAL è stato introdotto anche in Italia. Questo marchio di certificazione apposto sui pallet garantisce il rispetto delle specifiche di qualità prescritte, mediante l'apposizione sui pallet a marchio EUR-EPAL di una graffa di controllo EPAL. In Italia EPAL ha designato la SGS Italia come società di controllo indipendente per il controllo della qualità.

La politica europea della qualità definita dall'EPAL è stata determinata partendo dai seguenti principi organizzativi:

- Accesso all'organizzazione EPAL aperto a tutti i paesi europei.
- Miglioramento, per quanto necessario, delle norme esistenti.
- Un unico criterio per i controlli qualità sia per quanto riguarda la fabbricazione che per la riparazione.
- Una politica unica ed uniforme relativa all'attribuzione ai professionisti del nulla osta per la fabbricazione, il commercio e la riparazione dei pallet a marchio EUR.

---

<sup>14</sup> [www.conlegno.org](http://www.conlegno.org), [www.federlegno.it](http://www.federlegno.it)

- Sostegno della politica di scambio grazie alla definizione di criteri di scambio chiari e largamente diffusi.
- Armonizzazione delle royalty pagate dai professionisti.
- Indipendenza finanziaria dell'EPAL garantita dal pagamento di una royalty da parte dei professionisti.

Tra le principali attività in cui è impegnata EPAL ricordiamo:

- Mantenimento di stretti legami con l'UIC (Unione Internazionale delle Ferrovie), con le ferrovie austriache proprietarie del marchio EUR e con le reti ferroviarie nazionali coinvolte in quest'ambito.
- Elaborazione di una serie di regole tecniche comprendenti le disposizioni relative all'autorizzazione di fabbricazione, commercio, o riparazione di prodotti di qualità certificata, come pure delle modalità di controllo.
- Determinazione dei criteri di scambio sulla base delle specifiche UIC.
- Scelta delle società di controllo responsabili della qualifica delle imprese, del rispetto delle specifiche e della regolamentazione.
- Realizzazione delle attività di controllo nella fase di fabbricazione, riparazione e commercializzazione, per imporre il rispetto delle specifiche UIC.
- Notifica delle decisioni di attribuzione delle autorizzazioni, delle sigle e delle aggraffature di controllo, nonché del sigillo di controllo EPAL.
- Avvio e proseguimento delle procedure giudiziarie relative alla tutela dei marchi depositati .
- Redazione e comunicazione dell'elenco delle società riconosciute EPAL.
- Elaborazione della politica di promozione della procedura EPAL.

FEDERLEGNO-ARREDO, fondata nel 1945, è la Federazione italiana delle industrie del legno, del sughero, del mobile e dell'arredamento. Con circa 2.340 aziende iscritte, è la portavoce dell'industria italiana del legno e dell'arredamento, che nel suo insieme fattura circa 38 miliardi di Euro, occupa oltre 410.000 addetti ed esporta oltre il 33% della produzione.



Rappresenta il settore legno-arredamento italiano in tutte le componenti della sua filiera da monte a valle, ovvero dalla materia prima al prodotto finito, in Italia e all'estero.

Al suo interno sono presenti undici Associazioni che rappresentano i singoli comparti: Assarredo (industrie del mobile e dell'arredamento), Assobagno (industrie dell'arredamento e articoli per il bagno), Assoimballaggi (industrie imballaggi di legno, pallet, sughero e servizi logistici), Assolegno (industrie prima lavorazione e costruzioni in legno), Assoluca (imprese degli apparecchi di illuminazione), Assopannelli (fabbricanti pannelli e semilavorati in legno), Assufficio (industrie dei mobili e degli elementi di arredo per l'ufficio), ASAL Assoallestimenti (aziende allestitrici di fiere e mostre), Edilegno (fabbricanti prodotti in legno per l'edilizia) e Fedecomlegno (commercianti del legno), più un'associazione aggregata Apil (professionisti dell'illuminazione).

FEDERLEGNO pianifica e realizza le strategie per sostenere lo sviluppo tecnologico, cercando di favorire la crescita dimensionale ed elevare il livello di competitività delle imprese, cerca di valorizzare le caratteristiche del sistema industriale italiano del settore fondato sull'elevato standard qualitativo dei prodotti e dei progetti, l'alto contenuto tecnologico delle lavorazioni, la tutela dell'ambiente, l'attenzione alla sicurezza del consumatore finale. Fornisce anche servizi, in via sussidiaria, per rendere più agevole la creazione di valore aggiunto da parte delle imprese.

# 3

## La caratterizzazione ambientale dei materiali e la metodologia LCA

*In questo capitolo si metterà in luce l'importanza della caratterizzazione ambientale dei materiali e si presenterà la metodologia LCA come strumento per la caratterizzazione.*

*Si procederà dapprima con la presentazione dell'inquadramento normativo poi si analizzerà questa metodologia descrivendone i vari step dell'analisi.*

*Successivamente verranno presentati gli ecoindicatori e le banche dati utilizzati presentandone pregi e difetti.*

*Da ultimo, si farà un'analisi della letteratura disponibile in materia di LCA degli imballaggi in legno e verranno presentate le metodologie per il computo della CO<sub>2</sub> biologica del legno.*

### **3.1 Caratterizzazione ambientale dei materiali**

Il mondo della progettazione e della logistica è sempre più attraversato e permeato da orientamenti rivolti alla sostenibilità dei materiali utilizzati, finalizzati ad una valutazione consapevole dei probabili effetti, positivi e negativi, che la realizzazione dei prodotti e il loro vivere nel tempo determinano sull'ambiente. Il divario esistente tra una progettazione sostenibile e la progettazione tradizionalmente intesa sta via via diminuendo, ed è sempre più evidente che questa distinzione non ha più significato; non deve più esistere un modo tradizionale e uno sostenibile ma piuttosto bisogna individuare l'indice di sostenibilità e quindi predisporre la caratterizzazione ambientale di ogni materiale, ogni prodotto, ogni processo produttivo.

In questo contesto assume particolare rilevanza il settore logistico.

Nel caso del pallet, un prodotto che possiamo definire insostituibile per la maggior parte delle imprese, la caratterizzazione ambientale diventerà, nei prossimi anni, un parametro di altissimo interesse per intero ciclo produttivo e di utilizzo. Infatti l'impatto ambientale connesso alla produzione e all'utilizzo del pallet potrebbe diventare una discriminante nel settore della logistica e dei trasporti.

È importante quindi, sia per il produttore che per l'utente, essere al corrente dell'impatto ambientale del materiale che si utilizza.

Una caratterizzazione attendibile è possibile soltanto dopo una valutazione attenta dell'intero ciclo di vita del materiale, dalla fase di estrazione delle materie prime a quella del processo produttivo, dal trasporto alla lavorazione e messa in opera, dal tempo di vita utile all'interno del sistema logistico alla fase di dismissione.

Pertanto, uno degli strumenti più adeguati alla caratterizzazione ambientale dei materiali è la LCA. Questa metodologia permette di ottenere una vera e propria certificazione dell'impatto in quanto prende in considerazione l'intero ciclo di

vita del prodotto e, oltre a mettere in luce gli impatti ambientali che ha generato in termini di inquinanti, gliene attribuisce i danni apportati all'ambiente, alla salute dell'uomo e alle risorse.

### **3.2 Origini e inquadramento normativo della LCA**

Lo strumento adottato per analizzare il pallet prodotto negli stabilimenti italiani è la LCA (Life Cycle Assessment). In italiano è generalmente tradotto come Valutazione del ciclo di vita ma, come faremo di seguito, di frequente si utilizza il solo acronimo LCA.

Le origini dell'approccio "ciclo di vita" nei confronti dei problemi ambientali risale agli anni '60. I primi tentativi di sviluppare questo tipo di analisi utilizzavano nomi diversi dall'attuale ("cradle to grave analysis", "energy and environmental analysis" ecc.) e hanno avuto il merito di affrontare per la prima volta il problema dell'impatto ambientale di un prodotto da un punto di vista che non fosse limitato settorialmente al campo di utilizzo dell'oggetto stesso, ma che comprendesse tutte le filiere produttive e di consumo che entravano in gioco durante la realizzazione, l'utilizzo e lo smaltimento del prodotto. Le prime concrete applicazioni risalgono agli anni '70 con l'analisi di alcune tipologie di contenitori ed imballaggi per alimenti, ma è solo con la crisi energetica di quegli anni che il metodo riceve un notevole impulso come possibile ausilio per individuare metodi di produzione più efficienti da un punto di vista del consumo delle materie prime e dell'energia.

Il termine LCA venne coniato durante un convegno della SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) nel 1990 a Smuggler Notch (USA); appare quindi naturale proporre di adottare la definizione che allora fu data di questa metodologia:

*La valutazione del ciclo di vita è il processo per identificare i carichi ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, identificando e quantificando energia e materiali utilizzati ed emissioni rilasciate nell'ambiente, per valutarne l'impatto e per identificare e valutare le opportunità di miglioramento. La valutazione comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, passando dalla estrazione e trasformazione delle materie prime, fabbricazione del prodotto, trasporto e distribuzione, utilizzo, riuso, stoccaggio, riciclaggio, fino alla dismissione.*

Secondo la normativa ISO-14040<sup>1</sup> la LCA può essere definita come calcolo e valutazione dei flussi in ingresso ed uscita da un "sistema prodotto" lungo la sua vita e degli impatti ambientali potenziali. La LCA, quindi, quantifica gli impatti sull'ambiente del ciclo di vita di un prodotto o servizio. Tale esercizio avviene attraverso la contabilizzazione di tutti i consumi di materie prime e fonti energetiche e tutte le emissioni in aria, acqua e solide della filiera considerata; inoltre, la LCA quantifica anche i "risparmi ambientali" dovuti alla produzione "evitata" di materiali ed energia grazie al riciclo o alla termovalorizzazione del prodotto considerato.

A livello legislativo, il Decreto Ronchi del 1997 indica l'analisi del ciclo di vita (LCA) come uno degli strumenti utili all'individuazione di azioni volte a ridurre la produzione dei rifiuti e a favorire ed incrementare le operazioni di riutilizzo, riciclaggio e recupero. Riferimenti all'utilità della LCA sono presenti anche nel Regolamento Europeo EMAS II e nella norma ISO 14001<sup>2</sup>. In particolare, la valutazione del ciclo di vita è codificata dalla serie 1404X delle norme ISO; la prima versione di queste norme è stata emessa tra il 1997 e il 2001 (Tab. 3.1).

---

<sup>1</sup> Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

<sup>2</sup> Environmental management systems - Requirements with guidance for use

Tabella 3.1: le norme ISO del gruppo 1404X.

<i>Norma ISO</i>	<i>Descrizione</i>
UNI EN 14040	<i>Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadri di riferimento (1998)</i>
UNI EN 14041	<i>Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Definizione obiettivo e campo di applicazione e analisi dell’inventario (1999)</i>
UNI EN 14042	<i>Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Valutazione dell’impatto del ciclo di vita (2001)</i>
UNI EN 14043	<i>Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Interpretazione del ciclo di vita (2001)</i>

Nel 2006 c'è stato un aggiornamento delle norme del gruppo ISO 1404X che ha previsto la nuova versione della ISO 14040<sup>3</sup> e la soppressione delle 14041, 14042, 14043 sostituite dalla nuova 14044 (Tab. 3.2).

Tabella 3.2: le norme ISO del gruppo 1404X dopo l'aggiornamento del 2006.

<i>Norma ISO</i>	<i>Descrizione</i>
EN 14040	<i>Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006)</i>
EN 14044	<i>Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006)</i>

<sup>3</sup> Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

La LCA può diventare un efficace strumento di valutazione degli impatti ambientali di un processo, se opportunamente inserita in un contesto più ampio.

Lo strumento può risultare particolarmente utile in quanto è in grado di offrire la possibilità, anche ai portatori di interesse con ridotte conoscenze scientifiche, di visualizzare immediatamente gli impatti ambientali delle alternative al fine di effettuare confronti tra di esse (si pensi al metodo grafico utilizzato dagli ecoindicatori). In questo modo i lettori possono unire considerazioni economiche e sociali a valutazioni di carattere ambientale, permettendo di scartare quelle alternative che risultino inefficienti da più punti di vista.

Si noti come risulta fondamentale, utilizzando la LCA per valutare strategie alternative di piano, analizzare lo scenario di riferimento attuale: questo perché la metodologia del ciclo di vita, che considera tutti i flussi di energia e materia entranti e uscenti dal sistema, porta ad individuare facilmente impatti “nascosti”, non facilmente identificabili dai tradizionali approcci utilizzati in una valutazione d’impatto ambientale.

### 3.3 Inquadramento teorico della LCA

La struttura di una LCA può essere semplicemente descritta, in prima approssimazione, secondo lo schema articolato in quattro fasi che viene proposto (Fig. 3.1):

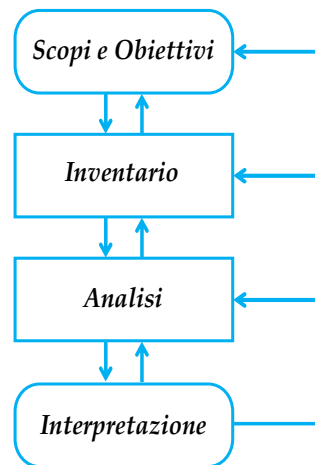


Figura 3.1: schematizzazione del processo LCA.

#### **3.3.1 Prima fase: definizione degli scopi e degli obiettivi (Goal Definition and Scoping)**

Durante la prima fase vengono definiti le finalità dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni ed i limiti.

Molti sono gli obiettivi possibili di una LCA e l'ambito di applicazione è di conseguenza vasto. In primo luogo è dunque necessario indicare chiaramente gli scopi per cui si effettua una LCA, poiché da questi dipende la scelta del procedimento di calcolo e del livello di approfondimento del lavoro. Anche delimitare i destinatari dello studio è importante per definire il grado di approfondimento della LCA.

La delimitazione dei confini ha implicazioni geografiche e tecnologiche e si riferiscono alla disponibilità dei dati, alla loro rilevanza e affidabilità. In molti



casi già a priori si escludono determinate fasi di un processo produttivo, in quanto non si prevede di poterle o di volerle cambiare. In ogni caso è essenziale che la scelta dei limiti dell'indagine sia sempre dichiarata e motivata in anticipo. Anche i limiti temporali dello studio devono essere dichiarati e possibilmente raccolti in un tempo definito, dato che alcuni parametri (soprattutto quelli tecnologici) hanno una validità piuttosto circoscritta nel tempo.

La raccolta dei dati è strettamente legata al sistema considerato e all'unità con cui verranno normalizzate le informazioni e a cui saranno riferiti i risultati. Tale parametro è definito "unità funzionale" (UF), cioè l'unità di misura di riferimento che costituisce la base di tutto lo studio. Essa consente il confronto tra diversi processi che assolvono la stessa funzione. Questa unità è stata creata perché le unità di misura normalmente utilizzate, come la massa, il numero di pezzi, il volume, ecc. non sono sempre adeguate a rappresentare il rendimento (energetico e ambientale) di un processo produttivo. Risultati uguali di uno studio espressi secondo unità funzionali diverse possono portare a conclusioni completamente differenti.

### ***3.3.2 Seconda fase: inventario (Life Cycle Inventory, LCI)***

Nell'LCI si studia in dettaglio il processo o l'attività al fine di ricostruire le modalità attraverso le quali, avvalendosi di energia e materie prime, il processo produttivo oggetto di studio opera gli stadi di trasformazione e trasporto.

Si crea quindi uno schema di flusso che, partendo dalle materie prime e arrivando alla fase di fine vita, evidenzia tutti gli scambi tra i vari stadi del processo (flussi interni) e tutti gli scambi con l'ambiente esterno ai confini del sistema (flussi entranti ed uscenti).

Lo schema di flusso deve poi essere completato con i valori riferiti all'unità funzionale: da essi deriva in buona parte la validità di tutto lo studio. Tali dati possono provenire da rilevamenti diretti (primari), da altri studi simili

(secondari) o, infine, da stime e valori medi (terziari). Nel loro utilizzo è sempre necessario usare molta cautela e soprattutto trasparenza, riportando sempre tutte le notizie ad essi connesse.

In particolare, quando in un processo si generano vari sottoprodotti, sorge il problema di allocare i dati dei consumi di risorse ed emissioni per ognuno di essi. Attualmente non esistono ancora indicazioni univoche in tal merito, anche se appare fondamentale conoscere in dettaglio tutto il processo produttivo così da poter effettivamente attribuire ad ogni prodotto finale da un lato la quota spettante di materia ed energia consumati e dall'altro la quota spettante di impatti in aria, acqua e rifiuti solidi.

Non sempre, però, tale schematizzazione è possibile. In tal caso si può procedere seguendo vari approcci:

- Ripartire per via ponderale i consumi e gli impatti relativi ai diversi prodotti assegnando un quantitativo in peso ad ogni prodotto.
- Ripartire consumi ed impatti in base al valore economico dei prodotti.
- Ripartire i consumi ed impatti in base all'importanza, intesa come somma di qualità, quantità, costo e rilevanza strategica dei prodotti.

Un altro aspetto rilevante di cui tener conto nella stesura del LCI è la presenza di fasi di riciclo, sia internamente al sistema considerato, sia esternamente. Si possono avere due casi:

- *Riciclo ad anello chiuso*: il materiale recuperato viene reinserito a monte del medesimo processo che lo ha generato, sostituendo i materiali vergini in ingresso secondo le modalità caratteristiche del processo stesso. La fase di raccolta, movimentazione e trattamento degli scarti produce delle emissioni e dei consumi di energia, ma parimenti si ottengono vantaggi dal mancato utilizzo di materie prime e dalla mancata dismissione dei prodotti riciclati. Il meccanismo di riciclo dovrà quindi essere valutato in base ai vantaggi ambientali che si ottengono effettuandolo, rispetto alla situazione in assenza di riciclo.

- *Riciclo ad anello aperto*: in questo caso il materiale scartato dalle linee di produzione, o quello giunto alla fine della propria vita utile, rientra in circolo in un processo diverso da quello originario. La valutazione energetico-ambientale del nuovo processo deve avvenire tenendo conto del fatto che i materiali da riciclare portano con sé una quota parte di energia e di impatto ambientale dovute al processo originario. A differenza del riciclo ad anello chiuso, per la valutazione del sistema è ora però necessario ottenere i dati relativi ad almeno due processi produttivi.

### 3.3.3 Terza fase: analisi degli impatti (*Life Cycle Impact Assessment, LCIA*)

Nella terza fase della LCA si valuta l'impatto ambientale provocato dal processo o attività, sulla base delle modifiche generate con il consumo delle risorse e i rilasci nell'ambiente calcolati nello stadio precedente. Un impatto è il risultato fisico immediato di una data operazione, consistente in particolare nell'emissione di certe sostanze, che è associato con uno o più effetti ambientali. Dato che non è possibile correlare inequivocabilmente uno specifico impatto con i suoi effetti ambientali, ci si deve limitare ad affermare che "l'impatto è ciò che prelude ad un effetto", senza pretendere di poter quantificare rigorosamente il secondo sulla base del primo. Dunque, mentre si può ottenere il valore numerico degli impatti dei risultati della fase d'inventario, i corrispondenti effetti ambientali si possono stimare soltanto sulla base di ipotesi e convenzioni da stabilire. Un punto accettato dagli esperti è che, per valutare in maniera appropriata l'inquinamento ambientale su diverse scale, devono essere tenuti in conto tre fattori essenziali:

- *Emissione*: emanazione di sostanze nocive.
- *Trasmissione*: diffusione ed eventuale trasformazione che le sostanze subiscono una volta emesse nell'ambiente.

- *Immissione*: concentrazione o deposizione dell'inquinante nel luogo d'azione.

L'obiettivo fondamentale della metodologia dell'analisi degli impatti consiste nell'assegnare i consumi e le emissioni ottenuti nella fase di inventario a specifiche categorie di impatto riferibili a effetti ambientali conosciuti, tentando di quantificare, con opportuni metodi di caratterizzazione, l'entità del contributo complessivo che il processo o il prodotto arrecano agli effetti considerati. In questo modo l'impatto risulta rappresentato da valori numerici ottenuti elaborando i risultati dell'LCI con operazioni di raggruppamento e classificazione.

La classificazione ha lo scopo di organizzare i dati e le informazioni in categorie di impatto caratterizzate dagli effetti notoriamente provocati dalla produzione. Attualmente per aggregare gli impatti si usano le categorie proposte dalla SETAC e riprese nelle norme ISO-14000:

- *CONSUMO DI RISORSE*:

- Rinnovabili.
- Non rinnovabili.

- *INQUINAMENTO*:

- Effetto serra.
- Danno alla fascia di ozono.
- Tossicità per l'uomo.
- Ecotossicità.
- Eutrofizzazione.
- Acidificazione.
- Formazione di composti ossidanti per processo fotochimico.

- *DEGRADAZIONE DELL'ECOSISTEMA*:

- Uso del territorio.

Gli impatti possono essere raggruppati anche in base alla scala di influenza (Tab. 3.3):

Tabella 3.3: classificazione degli impatti ambientali in base alla scala di influenza.

<i>Scala</i>	<i>Effetto</i>
<i>Globale</i>	<i>Effetto serra</i>
	<i>Assottigliamento della fascia d'ozono</i>
	<i>Consumo risorse non rinnovabili</i>
<i>Regionale</i>	<i>Acidificazione</i>
	<i>Eutrofizzazione</i>
	<i>Formazione smog fotochimico</i>
	<i>Tossicità cronica</i>
<i>Locale</i>	<i>Tossicità acuta</i>
	<i>Degradazione dell'area</i>
	<i>Disturbi di tipo fisico</i>

La fase successiva alla classificazione è quella della caratterizzazione: per far ciò sono stati proposti dei fattori che riflettono il contributo relativo di una data emissione o consumo rispetto al risultato finale di una categoria di impatto. Ad esempio, se si considera la categoria effetto serra, l'emissione di 1 kg di metano ha un peso ventuno volte superiore rispetto all'emissione di 1 kg di anidride carbonica; per questo, se si prende come riferimento l'emissione di CO<sub>2</sub>, il fattore per il metano sarà pari a 21. In questo modo si perviene a un valore unitario di impatto per ciascuna classe.

Si evidenzia che già in questa fase, utilizzando l'Eco-Indicator 99, si ottengono differenti risultati nelle undici categorie al variare dell'archetipo culturale; queste differenze possono assumere importanza rilevante e la scelta della visione della società influenza quindi i dati finali già a partire dalla fase di caratterizzazione.

Le fasi finali, opzionali nelle norme ISO 1404X, sono la normalizzazione e la pesatura.

Per normalizzare occorre dividere il valore della categoria di impatto per un valore di riferimento, scelto arbitrariamente. La procedura più comune per trovare tale valore è di determinare l'indicatore di una data categoria di impatto

per una regione, su un intervallo temporale definito (solitamente un anno), dividendo poi il risultato per gli abitanti interessati.

Gli scopi principali della normalizzazione sono due:

- Permette di comparare le varie categorie di impatto, tralasciando quelle che hanno un contributo molto piccolo rispetto alle altre.
- Permette di valutare l'ordine di grandezza del danno ambientale generato rispetto al carico totale annuo in Europa, per ogni categoria di impatto.

La fase finale, che non può essere utilizzata per studi comparativi pubblici, è la pesatura (weighting), in cui si va a stabilire l'importanza relativa delle varie categorie. In pratica, si assegnano dei pesi ai vari impatti rispecchianti l'importanza relativa degli impatti stessi, per poi compiere un'aggregazione (di solito una somma pesata) che consenta di ottenere un unico valore.

Il risultato finale di un'analisi degli impatti sarà un profilo ambientale del sistema o servizio oggetto dello studio, che può essere utilizzato per confrontare il comportamento di differenti scenari.

### ***3.3.4 Quarta fase: interpretazione e Miglioramento (Life Cycle Interpretation)***

Nell'ultima fase della LCA si elaborano i dati acquisiti e si propongono variazioni ripetute, simulando dei cambiamenti al processo o servizio considerati. Gli effetti delle modifiche sono valutati in modo da evitare un peggioramento della situazione esistente e, possibilmente, cercare la soluzione ottimale per ogni situazione territoriale.

Alla luce di quanto detto finora, lo schema relativo alla LCA fino ad ora utilizzato, può quindi essere sostituito dalla più esaustiva struttura (Fig. 3.2):

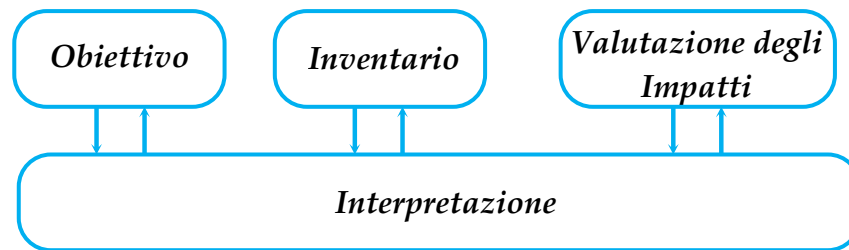


Figura 3.2: struttura di una LCA in base alla normativa ISO 14040.

I dati ottenuti dallo studio sono quindi interpretati in base agli obiettivi che hanno guidato la redazione del lavoro senza andare a proporre delle alternative al processo di produzione esistente, ma piuttosto facendo delle considerazioni sulle criticità del processo produttivo e di uso specifico e dell'analisi condotta.

### 3.4 Ecoindicatori

Nelle analisi LCA si utilizza un approccio che sfrutta i cosiddetti ecoindicatori. In generale si definisce ecoindicatore un metodo di pesatura e valutazione degli effetti ambientali che danneggiano gli ecosistemi o la salute umana, proponendosi come strumento di semplice utilizzo per la valutazione di un prodotto o processo.

Il tipo di approccio generalmente utilizzato è definito bottom-up, ossia si procede dal livello più basso, cioè l'inventario, con i dati disaggregati e senza la stessa unità di misura, e si cerca di aggregare in categorie e di valutarne le importanze relative per giungere a un valore finale che definisca l'impatto.

Vedremo ora di seguito i principali eco indicatori utilizzati per lo studio.

### 3.5 Eco-Indicator 99<sup>4</sup>

Il primo indicatore scelto per il presente studio è l'Eco-Indicator 99, sviluppato da Prè Consultant e disponibile nel software Simapro 7.1<sup>5</sup>.

L' Eco-Indicator 99 si autodefinisce un metodo di pesatura e valutazione degli effetti ambientali che danneggiano gli ecosistemi o la salute umana su scala europea.

L'importanza relativa dei diversi effetti deve essere stabilita tramite opportuni fattori di pesatura che consentano il confronto della gravità dei diversi impatti potenziali normalizzati su una stessa scala di riferimento (Eco-Indicator-Points); in pratica viene stabilita una correlazione di confronto che consente di determinare livelli di danno equivalente per i diversi effetti ambientali.

Per pervenire a un risultato totale e univoco dell'impatto ambientale del processo in esame non resta che definire l'Eco-Indicator come la somma degli Eco-Indicator-Points calcolati per i singoli impatti.

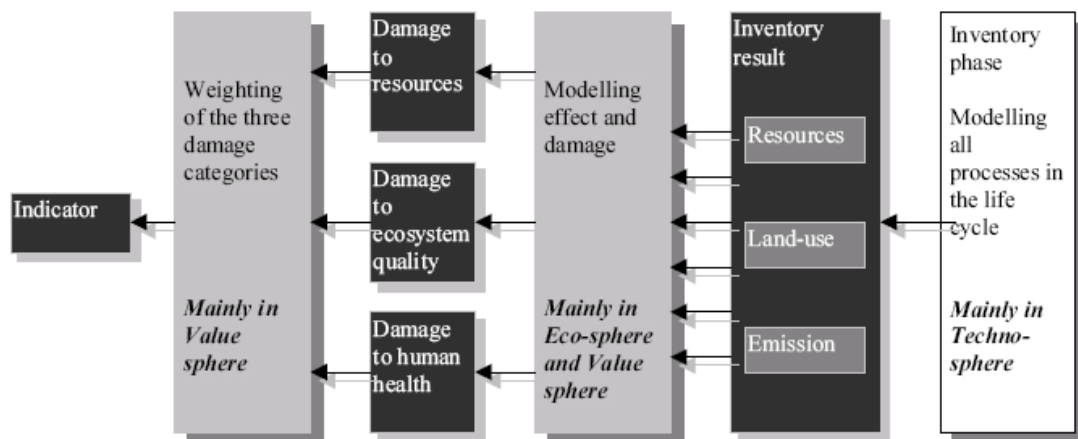


Figura 3.3: schema generale esplicativo dell'organizzazione di Eco-Indicator 99.

<sup>4</sup> <http://www.pre.nl/eco-indicator99/ei99-reports.htm>

<sup>5</sup> [http://www.pre.nl/simapro/simapro\\_lca\\_software.htm](http://www.pre.nl/simapro/simapro_lca_software.htm)



L'Eco-Indicator 99 si basa sull'utilizzo di tre macrocategorie di danno ambientale :

- 1 Salute umana (Human Health).
- 2 Qualità dell'ecosistema (Ecosystem Quality).
- 3 Risorse (Resources).

Vediamole ora in dettaglio.

### ***3.5.1 La macrocategoria "salute umana"***

La salute di un individuo e la sua normale vita possono essere ridotte o alterate da malattie o disfunzioni temporanee o permanenti. In particolare, l'Eco-Indicator 99 analizza i danni alla salute provocati dalle seguenti categorie d'impatto (per ognuna vengono anche indicati i principali effetti):

- Danni causati da sostanze cancerogene (HH Carcinogenic effects).
- Danni respiratori causati da sostanze organiche (HH Respiratory effects (organics)).
- Danni respiratori causati da sostanze inorganiche (HH Respiratory effects (inorganics)).
- Danni causati dai cambiamenti climatici (HH Climate change).
- Danni causati dalle radiazioni ionizzanti (HH Radiation).
- Danni causati dall'assottigliamento dello strato di ozono (HH Ozone depletion).

Per soppesare i diversi danni provocati da alterazioni ambientali Eco-Indicator 99 utilizza come unità di misura il DALY (Disabled Adjusted Life Years), una scala sviluppata da WHO e World Bank che racchiude molte disabilità e attribuisce un valore tra 0 (perfetta salute) e 1 (morte). Ad esempio, se un tipo di cancro riduce di 10 anni l'aspettativa di vita media, ogni caso ha un valore di 10 DALY (1 x 10 anni).

### 3.5.2 La macrocategoria “qualità dell’ecosistema”

La complessità degli ecosistemi, a tutt’oggi oggetto di studio in numerose discipline, non consente di determinare facilmente gli impatti determinati dal fattore di pressione oggetto d’analisi. Numerose sono infatti le interazioni che avvengono all’interno di un ecosistema, con la conseguente determinazione di feedback, effetti non previsti, non-linearità in processi all’apparenza semplici.

Eco-Indicator 99 esprime i danni potenziali per questa macrocategoria sotto forma di frazione di specie minacciate o scomparse in una certa area geografica, in un dato intervallo di tempo, per la mutazione di determinate condizioni. In pratica, la qualità dell’ecosistema analizzato diminuisce all’aumentare della percentuale di specie (animali o vegetali) in pericolo o scomparse. La qualità dell’ecosistema viene valutata mediante differenti criteri, a seconda della categoria d’impatto alla base della pressione generata:

- Danni causati dall'emissione di sostanze tossiche ( Ecotoxicity):  
per la valutazione del danno conseguente alla presenza di sostanze tossiche nell’ambiente si utilizza il metodo sviluppato dal RIVM<sup>6</sup>, che determina la frazione potenzialmente colpita o danneggiata (PAF, Potentially Affected Fraction) delle specie animali o vegetali in relazione alla concentrazione di elementi tossici. La PAF esprime la percentuale delle specie esposte ad una concentrazione superiore al NOEC (No Observed Effect Concentration), ossia la soglia sotto cui non si rilevano effetti osservabili.
- Danni causati dalla combinazione degli effetti di acidificazione ed eutrofizzazione (Acidification/eutrophication):  
i danni indotti da questi due fenomeni si manifestano con processi biochimici complessi; di conseguenza, non è possibile utilizzare la PAF per quantificarne i danni. Si considerano allora gli effetti

---

<sup>6</sup> Istituto nazionale per la salute pubblica e l’ambiente dell’Olanda, [www.rivm.nl/en](http://www.rivm.nl/en)

osservati direttamente sulle piante colpite, utilizzando la probabilità che una specie vegetale sopravviva in un'area colpita da acidificazione ed eutrofizzazione. Questa probabilità è definita POO (Probability Of Occurrence) e viene utilizzata per ricavare la frazione di specie potenzialmente scomparsa, o PDF (Potentially Disappeared Fraction) con la relazione:  $PDF = 1 - POO$ . Questo indicatore utilizza solamente specie obiettivo poiché non sempre acidificazione ed eutrofizzazione provocano una diminuzione di tutte le specie animali; inoltre, queste due categorie di impatto sono state combinate perché non è stato possibile separarne gli effetti. Un'ulteriore ipotesi sottende che la situazione ambientale olandese sia rappresentativa per l'Europa, visto che il modello informatico "Natuurplanner" utilizzato è disponibile solo per l'Olanda. Non sono considerate per questi fenomeni le emissioni in acqua per mancanza di dati in proposito e perché la superficie europea coperta dall'acqua è limitata (circa il 3%). Va aggiunto che nei danni prodotti da acidificazione ed eutrofizzazione viene considerata anche la scomparsa di specie riconducibile alle modalità di uso del territorio (e da eventuali cambiamenti di destinazione): in questo modo è possibile considerare gli effetti ambientali provocati, ad esempio, dalla scelta di destinare una parte del territorio a discarica.

- Danni causati dall'occupazione e riconversione del territorio (Land-use):

anche per questa categoria d'impatto si utilizza la PDF (Potentially Disappeared Fraction). Vengono considerate tutte le specie e non solo alcune utilizzate come obiettivo. In particolare, per l'uso del suolo vengono considerati quattro effetti: occupazione locale del territorio, conversione locale del territorio, occupazione regionale (cioè nelle zone adiacenti alle aree effettivamente occupate) del territorio,

conversione regionale del territorio. I dati sono ottenuti da osservazioni e non da modelli attraverso le due unità di misura PDF e PAF utilizzando la relazione  $PDF = PAF/10$ .

### *3.5.3 La macrocategoria "risorse"*

Viene qui considerato l'utilizzo di alcune risorse non rinnovabili:

- Danni causati dall'estrazione dei minerali (R Minerals)
- Danni causati dall'estrazione dei combustibili fossili (R Fossil fuels)

Gli effetti dell'utilizzo di aree agricole e dello sfruttamento delle miniere non vengono qui considerati: essi sono infatti analizzati all'interno degli effetti generati dalla categoria di impatto uso del suolo (land use), compresa nella macrocategoria qualità dell'ecosistema.

Data l'incertezza presente sui depositi naturali e sulle riserve di combustibili fossili e minerali, non è stata effettuata un'analisi quantitativa sul rapporto consumi/riserve ma è stata analizzata solo la qualità delle risorse disponibili. Si parte dal presupposto che le risorse vengano estratte innanzitutto dalle zone ad alta concentrazione, dai depositi ricchi, e a seguire in maniera decrescente dalle zone a bassa concentrazione. Il calo della concentrazione delle risorse fossili o minerali viene poi convertito nell'energia aggiuntiva necessaria per l'estrazione della stessa risorsa (MJ surplus). È stato utilizzato come valore di riferimento l'aumento di energia necessario per l'estrazione di un kg di sostanza a seguito di un'estrazione globale che è 5 volte la quantità totale estratta dall'inizio dell'estrazione fino al 1990. Questo valore non ha significato in termini assoluti, ma serve a uniformare le estrazioni di materiali diversi.

Va precisato che, al contrario delle due macrocategorie precedenti, il metodo utilizzato per determinare i danni potenziali arrecati alle risorse non è accettato a livello internazionale.

### 3.5.4 Il processo di normalizzazione

La normalizzazione dei risultati consiste nell'effettuare un rapporto tra i punteggi delle tre macrocategorie di danno e i rispettivi valori di riferimento. Questi ultimi sono definiti come il contributo medio annuo di un determinato impatto ambientale imputabile ad un abitante in Europa. Si può quindi affermare che la normalizzazione è una procedura necessaria a mostrare se un sottoprocesso (ad es. la composizione e il trasporto del vetro) ha un contributo rilevante rispetto ad un determinato problema ambientale (ad es. la qualità dell'ecosistema).

Operativamente, il procedimento consiste nel dividere il punteggio dell'indicatore d'impatto considerato per il valore di riferimento; quest'ultimo può essere ottenuto in vari modi, ad esempio utilizzando il seguente metodo:

- Trovare le emissioni totali e il consumo totale di risorse causate dal sistema di riferimento durante un periodo di riferimento (di solito pari ad un anno).
- Calcolare le categorie di impatto e, se possibile, i punteggi di danno, usando la caratterizzazione e i fattori di danno.
- Dividere il risultato ottenuto per il numero di abitanti dell'area considerata.

I dati di riferimento utilizzati per la normalizzazione sono costituiti dalla somma delle emissioni e delle estrazioni di materie prime per abitante calcolate sulla base di dati europei ed olandesi tra il 1990 ed il 1994.

Il principale vantaggio derivante dalla fase di normalizzazione è la possibilità di ottenere tutti i risultati nella medesima forma dimensionale, operazione preliminare alla successiva pesatura. In questo modo i risultati così ottenuti sono confrontabili tra di loro in termini di abitante equivalente, per cui è possibile valutare relativamente a ogni singolo effetto ambientale l'entità dell'impatto potenziale.

Un altro vantaggio è che le categorie d'impatto che contribuiscono in maniera poco rilevante al totale degli impatti possono essere facilmente individuate ed escluse dall'analisi, riducendo così il numero di fattori da valutare.

### *3.5.5 Il metodo di pesatura*

La pesatura è la fase successiva alla normalizzazione e consiste nello scalare l'importanza relativa dei diversi impatti potenziali normalizzati su una stessa scala di riferimento.

Come si può facilmente intuire, la pesatura è il passaggio che maggiormente si presta a critiche per il suo carattere di soggettività intrinseco nella scelta dei pesi, infatti con questo procedimento l'importanza e la gravità di determinati problemi ambientali rispetto ad altri non vengono determinati attraverso metodi scientifici, ma semplicemente riflettono il modo di pensare di una società o del gruppo di persone che ha codificato il set di pesi.

Secondo quanto viene dichiarato dagli studiosi che hanno implementato il metodo, la fase di pesatura delle macrocategorie dovrebbe rappresentare la visione della società europea nella maniera più fedele possibile.

Per ottenere questo dato si può procedere utilizzando due differenti approcci:

- attraverso le preferenze rivelate (revealed approach): i metodi basati su tale assunto valutano solitamente gli obiettivi che si prefiggono le organizzazioni governative oppure il costo che la società è disposta a pagare per evitare o limitare un certo impatto.
- Attraverso il panel approach: cioè fornendo questionari a un gruppo selezionato di persone che rappresentano l'intera società (panel).

Nel metodo Eco-Indicator 99 i creatori hanno scelto di studiare le preferenze attraverso un campione di 365 membri della piattaforma di discussione svizzera sugli LCA, adottando quindi il metodo del panel approach. Per evitare i problemi che si erano già manifestati in altri casi di uso di tale approccio

(grande dispersione nelle risposte, grande influenza del modo di porre le domande, astrattezza di molte richieste) gli estensori del metodo hanno deciso di limitare la scelta dei pesi a sole tre macrocategorie, facilitando il compito delle persone chiamate a esprimersi poiché non erano necessari esperti nei vari settori come nei casi in cui si pesano le categorie d'impatto invece che quelle di danno (Tab. 3.4).

In sintesi, i possibili modelli di attribuzione di peso sono:

- Individualistico (Individual perspective – I): questo approccio considera solo le sostanze i cui effetti dannosi, sul breve periodo (100 anni al massimo), sono dimostrati; assume inoltre che l'adozione di opportune tecnologie e lo sviluppo economico possano risolvere tutti i problemi ambientali. La differenza eclatante rispetto alle altre due prospettive è l'assunzione secondo cui i combustibili fossili non sono esauribili: la categoria di impatto relativa è, infatti, lasciata fuori dalla fase di attribuzione dei pesi. I pesi attribuiti alle categorie di danno per l'individuazione dell'indicatore sono: HH 55 % - EQ 25 % - R 20 %.
- Gerarchico (Hierarchical perspective – H): questo approccio considera tutte le sostanze sui cui effetti dannosi c'è consenso, anche se non sono dimostrati, e si esplicano sul medio periodo; assume inoltre che i problemi ambientali possano essere risolti attraverso adeguate scelte politiche. I pesi attribuiti alle categorie di danno per l'individuazione dell'indicatore sono: HH 30 % - EQ 40 % - R 30 %.
- Egalitario (Egalitarian perspective – E): questo approccio considera tutte le sostanze che possono provocare effetti dannosi, anche se su tali effetti non c'è consenso, e li considera sul lungo periodo. E' un approccio molto conservativo in quanto è basato sul presupposto che i problemi ambientali siano difficilmente risolvibili e possano portare a catastrofi. I pesi attribuiti alle categorie di danno per l'individuazione dell'indicatore sono: HH 30 % - EQ 50 % - R 20 %.

Tabella 3.4: Pesi relativi delle tre macrocategorie d'impatto nei tre metodi di attribuzione.

<i>Macrocategoria</i>	<i>Eco-Ind. 99 Individualist</i>	<i>Eco-Ind. 99 Hierarchist</i>	<i>Eco-Ind. 99 Hierarchist</i>
<i>Qualità dell'ecosistema</i>	25%	40%	50%
<i>Salute umana</i>	55%	30%	30%
<i>Risorse</i>	20%	30%	20%

Uno dei principali vantaggi di lavorare solo su tre categorie d'impatto consiste nel poter utilizzare il metodo del triangolo (triangle method) (Fig.3.4).

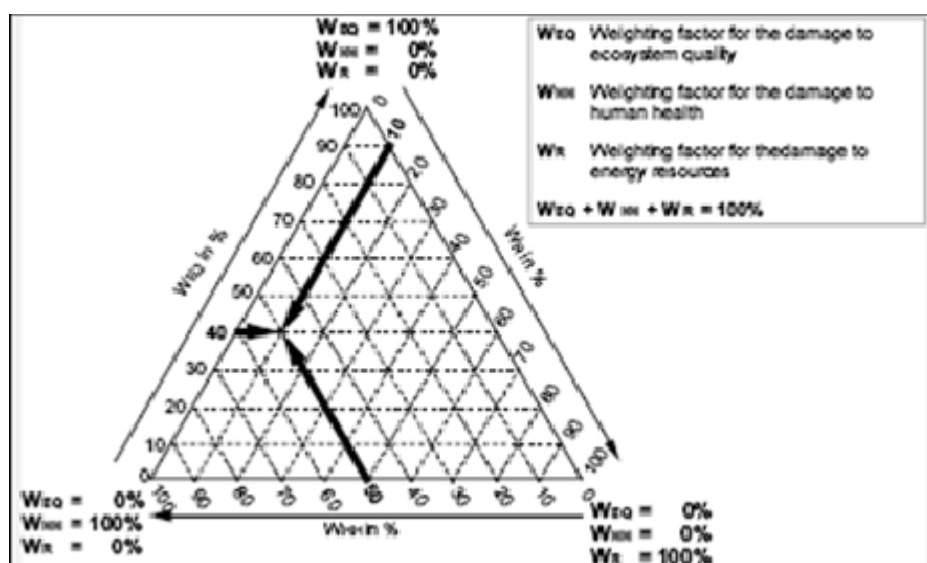


Figura 3.4: esempio di applicazione del metodo del triangolo.

Il funzionamento del metodo del triangolo è facilmente comprensibile: sui tre lati sono rappresentate le tre macrocategorie di impatto secondo una percentuale di importanza crescente in senso orario. Ciascun punto compreso nel triangolo rappresenterà quindi una somma pesata delle importanze relative delle tre macrocategorie e ai tre vertici si otterrà il peso massimo di ciascuna



macrocategoria e peso nullo per le altre due, mentre sui tre lati saranno presenti tutti i casi con peso nullo per una delle tre macrocategorie.

Ciascun punto all'interno o sui bordi del triangolo viene quindi individuato grazie alle linee di indifferenza tra i diversi effetti che indicano, in percentuale, il diverso peso dei tre effetti ritenuto soggettivamente indifferente dall'esperto che effettua la valutazione.

Scegliendo di collocarsi in un punto, l'esperto ritiene quindi che il livello di peso attribuito al danno della prima categoria sia equivalente al livello attribuito al danno sia della seconda che della terza categoria. Il totale dei pesi attribuiti darà, per definizione, il 100%.

### **3.6 IPCC2007: GWP 100<sup>7</sup>**

Questo metodo è stato creato nel 2007 dall'International Panel on Climate Change come upgrade dell'IPCC2001. Il global warming potential (GWP) è una misura di quanto una massa di gas contribuisce al "global warming". È una scala relativa che compara il gas in questione con la stessa massa di CO<sub>2</sub>. Un GWP è sempre calcolato in riferimento ad uno specifico intervallo temporale, nel caso del GWP 100 il periodo individuato è pari a 100 anni, ma potrebbe essere anche 20 o 500. Il metodo non necessita di normalizzazione o pesatura e si basa su alcune considerazioni:

- Non viene inclusa la formazione indiretta di monossido di diazoto dalle emissioni di azoto.
- Non vengono considerati gli effetti indiretti creati dall'IPCC.
- Non viene inclusa la formazione di CO<sub>2</sub> dalle emissioni di CO.
- La CO<sub>2</sub> biologica immagazzinata nel materiale ha un impatto negativo.

---

<sup>7</sup> [www.pre.nl](http://www.pre.nl), Database Manual Methods, pag. 41

### **3.7 SimaPro 7.1 ed Ecoinvent<sup>8</sup>**

Per costruire il nostro LCA abbiamo utilizzato il software SimaPro 7.1 edito da Prè. Il software ha al suo interno tutti gli eco indicatori necessari all'analisi degli impatti e tutte le banche dati necessarie per reperire i materiali.

Per il nostro studio ci siamo basati sulla banca dati Ecoinvent, database che comprende circa 4000 processi dei seguenti settori:

- Energy.
- Transport.
- Building materials.
- Chemicals.
- Washing agents.
- Paper & board.
- Agriculture.
- Waste management.

Tutti i processi sono provvisti di un'adeguata documentazione, dati sulle infrastrutture utilizzate e sono basati su dati raccolti in Svizzera o Europa dell'ovest.

### **3.8 Metodologie per il computo della CO<sub>2</sub> biologica<sup>9</sup>**

Il legno è un materiale particolare, grazie alla sua natura rinnovabile e alla sua importanza nel bilancio di assorbimento/remissione della CO<sub>2</sub> in atmosfera. Data la rilevanza e la delicatezza di questo aspetto la valutazione degli impatti ambientali si può effettuare tenendo conto di due diverse metodologie di calcolo che nascono da differenti approcci metodologici sul ciclo della CO<sub>2</sub>

---

<sup>8</sup> [www.pre.nl](http://www.pre.nl)

<sup>9</sup> AA VV, Ecobilancio, 2007, pag 10

biologica, ovvero la CO<sub>2</sub> che è stata immagazzinata nella pianta durante la fotosintesi clorofilliana, che si ritrova stoccata nel legno utilizzato e che viene liberata a fine vita.

*1° approccio:* la CO<sub>2</sub> biologica non viene conteggiata nel calcolo dell'effetto serra, quella rilasciata a fine vita equivale infatti esattamente a quella stoccata nel legno e il bilancio risulta nullo.

*2° approccio:* la CO<sub>2</sub> biologica viene conteggiata nel calcolo dell'effetto serra. Un contributo negativo (cioè un credito per l'ambiente) viene attribuito alla fase di crescita della pianta; un contributo positivo (cioè un impatto ambientale) viene invece conteggiato nella fase di smaltimento. La differenza sostanziale rispetto al 1° approccio è che qui si tiene conto del fatto che il ciclo della CO<sub>2</sub> biologica non è necessariamente chiuso, ma una parte potrebbe anche non essere rimessa in atmosfera con un conseguente beneficio per l'ambiente.

Per il nostro studio LCA utilizzeremo il secondo approccio.

La quantità di CO<sub>2</sub> biologica effettivamente stoccata in un m<sup>3</sup> di prodotto finito a base di legno variano in funzione della specie legnosa utilizzata e dei volumi di materia prima legnosa che lo compongono. Tuttavia si può assumere che 1 m<sup>3</sup> di legno anidro (umidità = 0%) corrisponde a 0,275 t di carbonio che equivalgono a 1,008 t di CO<sub>2</sub> stoccata.

### *3.9 Studi LCA di imballaggi in legno già presenti in letteratura*

In letteratura principale non esistono molti studi LCA di imballaggi in legno in quanto l'attenzione verso la metodologia LCA e verso gli imballaggi in legno è aumentata solo negli ultimi anni.

Il primo lavoro<sup>10</sup> che prendiamo in esame è uno studio LCA sul pallet EUR-EPAL edito da Rilegno nel 2007. Lo studio si propone di: fornire il profilo ambientale del pallet, identificare le migliori soluzioni per il fine vita, identificare le possibili ottimizzazioni del ciclo produttivo. Per i dati necessari è stata contattata un'azienda che ha fornito tutto il necessario per lo studio. La vita del pallet e i possibili scenari di fine vita sono stati anch'essi stimati sulla base dei dati forniti dall'azienda intervistata.

I risultati hanno messo in luce che i principali impatti ambientali legati al ciclo di vita del pallet riguardano principalmente 4 indicatori: effetto serra, eutrofizzazione, smog estivo e produzione di rifiuti solidi.

Le conclusioni dello studio mettono in luce che il fine vita incide molto pesantemente sul profilo ambientale, così come l'en. elettrica utilizzata nella fase di produzione e i trasporti via camion. Il riciclaggio è molto vantaggioso dal punto di vista ambientale e rappresenta la miglior possibile soluzione di fine vita. Per migliorare il processo produttivo è necessario diminuire la distanza dei trasporti per l'input di materie prime e degli output aziendali e cercare di utilizzare forme di elettricità provenienti da "fonti rinnovabili" per i consumi di elettricità dell'azienda.

Il secondo studio<sup>11</sup> è un lavoro di Gasol et al. del 2008 che si propone di indagare tramite un LCA i benefici del riciclaggio di differenti imballaggi in legno. I dati relativi allo studio sono stati reperiti dalle aziende spagnole del settore. Si è scelto di utilizzare due diverse unità funzionali, pallet in legno e bobine in legno. Sono stati stimati sulla base delle aziende intervistate il metodo di costruzione, lo scenario di uso e i possibili scenari di fine vita per entrambe le unità funzionali.

I risultati dello studio hanno evidenziato il vantaggio del riciclo dei materiali per ogni categoria di impatto analizzata. I trasporti dei materiali, dei rifiuti e del

---

<sup>10</sup> Ecobilancio, 2007, pp. 21-29

<sup>11</sup> Gasol, 2008

prodotto nel corso della sua vita costituiscono la parte più rilevante per le emissioni.

# 4

## Raccolta e organizzazione dei dati

*In questo capitolo si spiega come è stata effettuata la raccolta dei dati sensibili per la stesura del progetto e come sono state preparate le schede utilizzate per reperire i dati sensibili per le tre tipologie di azienda.*

*Viene successivamente presentata una breve descrizione delle aziende pilota da noi visitate e gli schemi di flusso utilizzati per schematizzare i processi produttivi.*

*Da ultimo viene fatta una breve analisi sui dati raccolti presentando diagrammi e istogrammi sull'energia elettrica in relazione ai pallet prodotti o riparati e sui mezzi di trasporto utilizzati.*

## 4.1 Raccolta dei dati

In questa fase del progetto abbiamo cercato il modo migliore per raccogliere i dati sensibili per eseguire l'analisi LCA.

Il panorama italiano del settore presenta circa 200 aziende certificate EPAL per la produzione e riparazione di pallet suddivise in tre tipologie: produttori integrati, assemblatori e riparatori.

Su queste tre categorie abbiamo incentrato il nostro lavoro preparando appositi questionari per la raccolta dei dati sensibili e andando a visitare in loco alcune aziende pilota per poter meglio comprendere lo schema di processo.

Abbiamo cercato di diversificare le tre categorie preparando per ognuna un diverso tipo di questionario, infatti sebbene producano (o riparino) tutte lo stesso oggetto, il pallet, sono molto diverse sia per gli input materiali ed energetici richiesti sia per gli scarti e gli output aziendali.

Per facilitare le aziende che non abbiamo visitato personalmente sono stati preparati dei Fac-simile dei questionari in modo che la compilazione del questionario ufficiale risultasse più semplice possibile.

Per la stesura dei questionari abbiamo preparato una scheda introduttiva sull'azienda uguale per tutte e tre le categorie, dove vengono richiesti alcuni dati introduttivi; come ragione sociale dell'azienda, pallet totali riparati o prodotti nell'anno, pallet EPAL riparati o prodotti sul totale nell'anno, linee di produzione o riparazione presenti nell'azienda e se esistono linee specifiche per la produzione o riparazione dei pallet EPAL.

Per ognuna delle tre categorie sopraelencate è stato preparato un apposito questionario diversificato per poter meglio descrivere e analizzare le tre tipologie di aziende. Tutti i dati raccolti sono da riferirsi all'anno solare 2008.

### 4.1.1 Produttori Integrati

I produttori integrati (Fig 4.1) sono aziende provviste di segheria interna, che acquistano legname in prevalenza dall'estero (Nord ed Est Europa) e che necessitano di grandi automezzi per il trasporto della materia prima all'azienda. Generalmente sono aziende molto grandi dotate di una linea di segheria e decortecciamento che produce grazie a un apposito sistema computerizzato il maggior numero di tavole possibili da ogni singolo tronco limitandone al minimo gli sprechi. Sono provviste di più linee di produzione di pallet e di forni per il fitotrattamento, spesso dispongono di impianti per lo smaltimento e per il recupero di energia grazie al riutilizzo della segatura e del cippato prodotti. La scheda per la raccolta dati di questa tipologia di azienda è stata preparata tenendo conto di queste caratteristiche, ovvero input di legname vergine, molte linee di produzione con maggiori consumi energetici, utilizzo di lame metalliche e output e scarti molto diversi tra loro.

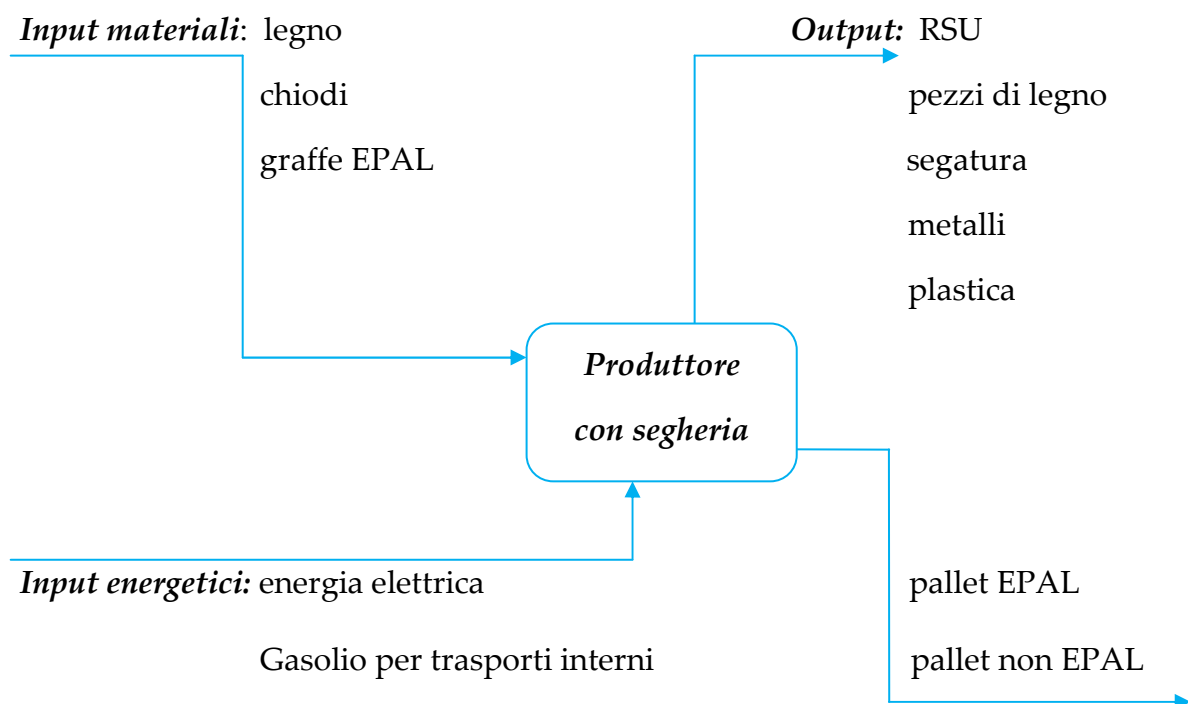


Figura 4.1: schema di processo dei produttori con segheria.



In appendice A vengono presentate le schede di raccolta dati utilizzate per i produttori integrati.

#### 4.1.2 Assemblatori

Gli assemblatori (Fig. 4.2) sono aziende che acquistano da segherie esterne travi e blocchetti che poi assemblano in loco per produrre i pallet. Hanno minor consumo di energia elettrica e minori scarti e output, generalmente anche esse presentano un forno per il fitotrattamento dei pallet. Spesso dispongono di impianti per lo smaltimento e per il recupero di energia grazie al riutilizzo della segatura e del cippato prodotti.

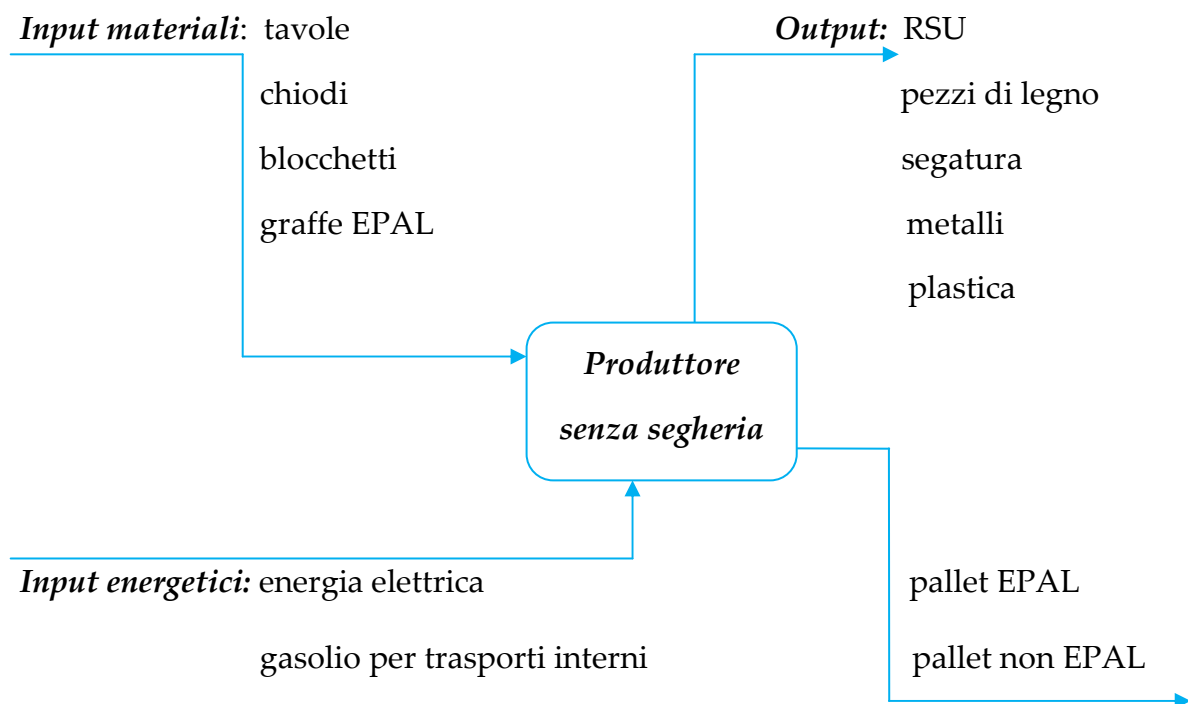


Figura 4.2: schema di processo dei produttori senza segheria.

In appendice B possiamo trovare i fac-simile delle schede raccolta dati utilizzate.

### 4.1.3 Riparatori

I riparatori (Fig. 4.3) sono una tipologia di azienda molto diversa dalle precedenti, infatti presenta notevoli differenze sia per gli input materiali sia per gli output.

Gli input sono solitamente pallet da riparare che vengono recapitati alle aziende dagli utilizzatori in grandi cassoni. Per prima cosa viene eseguita una divisione dei pallet in riparabili (che possono essere riparati con la sostituzione di alcune parti), recuperabili (da cui possono essere recuperate alcune parti per la riparazione di altri pallet) e irrecuperabili (destinati a produrre segatura e cippato). Successivamente i pallet riparabili vengono divisi in EPAL e non EPAL, in quanto per i pallet EPAL i pezzi di ricambio devono essere nuovi, mentre per tutti gli altri pallet si usano pezzi di recupero dai materiali in ingresso. Nelle aziende generalmente sono presenti una o più linee di riparazione dove manualmente vengono riparati i pallet e un forno per il fitotrattamento.

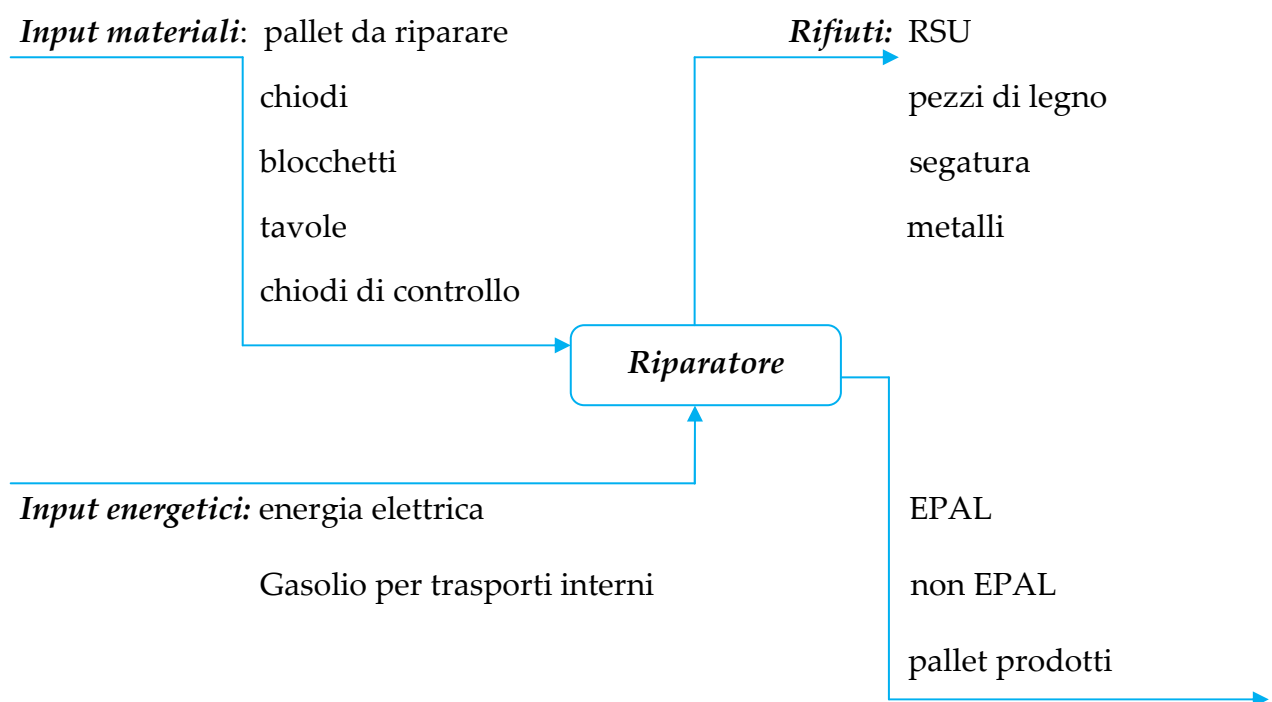


Figura 4.13: schema di processo dei riparatori

Generalmente è presente un macinatore per produrre segatura e cippato dai pallet giudicati non recuperabili e una caldaia per produrre energia o magazzini per stoccare le polveri in attesa di essere vendute.

In questa tipologia di aziende sono presenti numerosi tipi di scarti che variano da pezzi di legno, segatura e cippato a chiodi metallici, cartone, materie plastiche e rifiuti organici.

In appendice C vengono presentate le schede utilizzate per la raccolta dei dati degli utilizzatori.

## **4.2 Aziende pilota**

Per poter meglio comprendere le tre diverse tipologie di produzione e riparazione dei pallet e riuscire a raccogliere i migliori dati possibili dai questionari inviati, abbiamo visitato alcune aziende pilota: due produttori integrati, due assemblatori e quattro riparatori.

I produttori integrati presentano entrambi le stesse caratteristiche aziendali: spazi molto ampi per poter stoccare sia il legname in entrata, sia i pallet prodotti, sia i materiali da inviare a riciclo (segatura e pezzi di legno); una segheria interna con gestione computerizzata per minimizzare gli scarti di legno e massimizzare la resa in tavole e blocchetti; un reparto di manutenzione di lame e seghe circolari; più linee di produzione di pallet (sia EPAL che non EPAL), un forno per il fitotrattamento in grado di trattare circa 2000 pallet per volta e un bruciatore per recuperare energia dagli scarti materiali (cippato e segatura).

Gli assemblatori visitati presentano anche loro caratteristiche molto simili, differenziandosi solo per le linee di produzione presenti e per i pallet prodotti.

Non disponendo di una segheria interna entrambe le aziende dispongono di un'ampia superficie per lo stoccaggio delle tavole e dei blocchetti, oltre che per

i pallet prodotti. Presentano entrambe più linee di produzione, un forno per il fitotrattamento e un metodo per il recupero energetico dagli output materiali in eccesso (segatura).

I riparatori visitati pur riparando tutti lo stesso oggetto, il pallet, presentano differenze sostanziali da azienda ad azienda sia per gli input materiali, sia per gli output che per i volumi di produzione. Molti riparatori non si limitano a riparare i pallet rotti che ricevono, ma parallelamente alle linee di riparazione presentano una linea di produzione di pallet non EPAL fatti interamente con materiali riciclati dai pallet rotti in ingresso, come nel caso di due aziende da noi visitate. Tutte le aziende sono provviste di un forno per il fitotrattamento, anche se con volumi di pallet trattati inferiori ai produttori. I riparatori visitati presentano output molto diversi rispetto ai produttori, infatti le aziende visitate dispongono di spazi per lo stoccaggio di diversi materiali, da inviare a riciclo o essere venduti, come plastica, rifiuti metallici, RSU, pezzi di legno, segatura carta e cartone.

Aver visitato queste otto aziende è stato molto utile per avere un'idea precisa dei tre processi produttivi e poter preparare meglio i questionari da spedire a tutte le aziende del settore. Per schematizzare meglio le tre diverse tipologie di azienda e organizzare nel miglior modo possibile i dati in ingresso sono stati preparati degli schemi di flusso per poter visualizzare più facilmente gli input e gli output di ogni azienda.

### **4.3 Consumi di energia elettrica**

Per poter fare delle prime considerazioni sulle aziende abbiamo impostato una piccola analisi statistica sui dati ricevuti. Abbiamo organizzato, per ognuna delle tre tipologie di processo, le aziende in base al n° crescente di pallet

prodotti in un anno ed abbiamo associato ad esso il quantitativo di energia elettrica utilizzato durante l'anno.

Per ogni categoria abbiamo creato un istogramma per poter visualizzare meglio i dati e un diagramma a dispersione per riuscire a trarre più facilmente le prime considerazioni. In ognuno di questi diagrammi è presente anche l'azienda media del settore per poter confrontare meglio i dati delle singole aziende.

Nei diagrammi a dispersione possiamo distinguere tre zone precise:

- La zona di ottimo situata in basso a destra nel diagramma, ovvero la zona con alte produzioni di pallet e bassi consumi energetici.
- La zona intermedia situata nel centro del diagramma dove si trova la maggioranza delle aziende, ovvero la zona con produzioni e consumi medi.
- La zona critica situata in alto nel diagramma, ovvero la zona dove sono presenti le aziende poco efficienti, che presentano alti consumi energetici al fronte di basse produzioni oppure alte produzioni con consumi energetici troppo elevati.

Per ogni azienda è stato calcolato il rapporto tra pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata riuscendo ad avere una stima sull'energia elettrica necessaria per produrre un singolo pallet. I valori variano da azienda ad azienda, ma sono molto importanti e significativi per ottenere una media e una varianza per ognuno dei tre settori e per capire quali aziende hanno consumi energetici troppo alti o troppo bassi per poter essere confrontati con le altre.

Entriamo ora nel dettaglio delle tre categorie.

#### ***4.3.1 Dati sui produttori integrati***

Nell'istogramma sottostante (Fig. 4.4) possiamo vedere la produzione di pallet e i consumi energetici delle aziende intervistate.

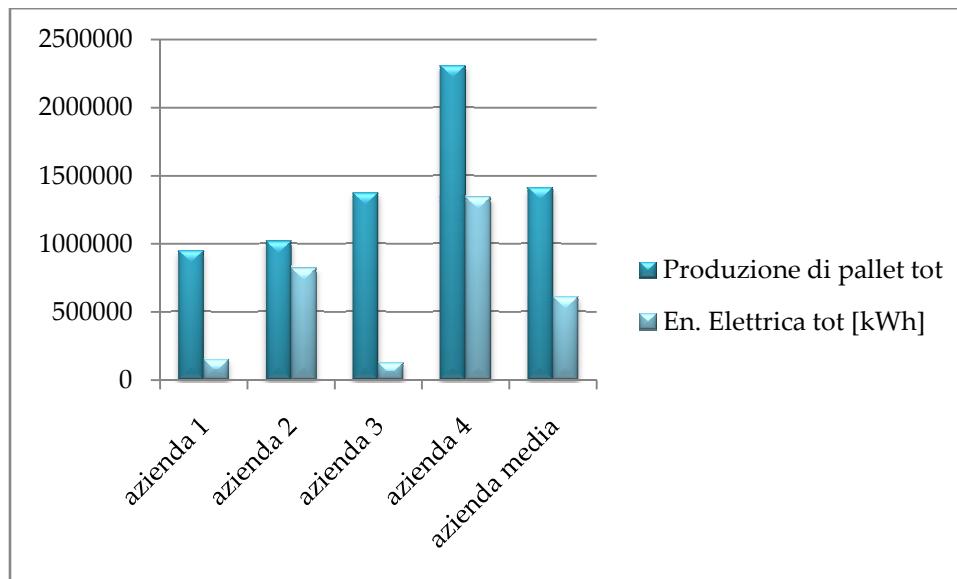


Figura 4.4: pallet prodotti ed en. elettrica utilizzata dai produttori con segheria.

Si nota subito come l'azienda 2 ha un consumo troppo alto di en. elettrica sia per il numero di pallet prodotti sia se rapportato al consumo energetico dell'azienda media. L'azienda 1 e l'azienda 3 hanno un buon rapporto tra i due valori. L'azienda 4 ha un elevato consumo di En. Elettrica, ma anche un'elevata produzione. Confrontando i dati delle aziende intervistate con l'azienda media di settore notiamo subito come i consumi energetici dell'azienda 1 e 3 siano notevolmente al di sotto della media al fronte però di una produzione anch'essa più bassa della media, mentre le altre due aziende hanno consumi superiori alla media e una produzione superiore nel caso dell'azienda 4 e più bassa nel caso dell'azienda 2.

Con il diagramma a dispersione seguente (Fig. 4.5) possiamo fare delle interessanti considerazioni sull'efficienza delle singole aziende. Il diagramma è in scala logaritmica. Possiamo vedere come le aziende 1 e 3 hanno una buona efficienza in quanto la produzione e i consumi energetici sono proporzionati tra loro, mentre l'azienda 2 è la meno efficiente di tutte perché presenta una produttività non molto elevata ma consumi energetici molto elevati. Anche l'efficienza dell'azienda 4 è bassa, ma è migliore di quella dell'azienda 2 perché presenta un volume di produzione annuo molto maggiore.

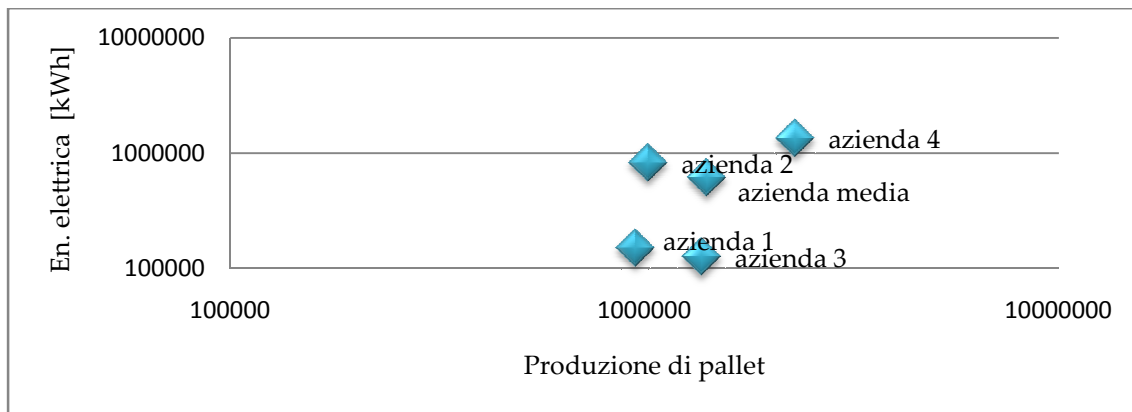


Figura 4.5: confronto tra pallet prodotti ed en. elettrica utilizzata.

Possiamo calcolare il rapporto tra energia elettrica consumata e pallet prodotti per avere il dato di energia elettrica necessaria per la produzione di un singolo pallet per ogni azienda (Tab. 4.1).

Tabella 4.1: dati dei produttori integrati.

	Produzione di pallet tot	En. Elettrica tot [kWh]	En. Elettrica /produzione pallet
azienda 1	949959	150000	0,158
azienda 2	1020000	822000	0,806
azienda 3	1372937	126000	0,092
azienda 4	2310000	1342535	0,581
azienda media	1413224	610133,75	0,409

Quest'ultima tabella di valori è molto importante perché ci permette di calcolare il valore medio di energia necessaria per produrre un singolo pallet nel processo dei produttori con segheria.

Media: 0,409      Varianza: 0,296

### 4.3.2 Dati sugli assemblatori

Nell'istogramma seguente (Fig. 4.6) possiamo vedere la produzione annuale e i relativi consumi energetici delle aziende del settore intervistate.

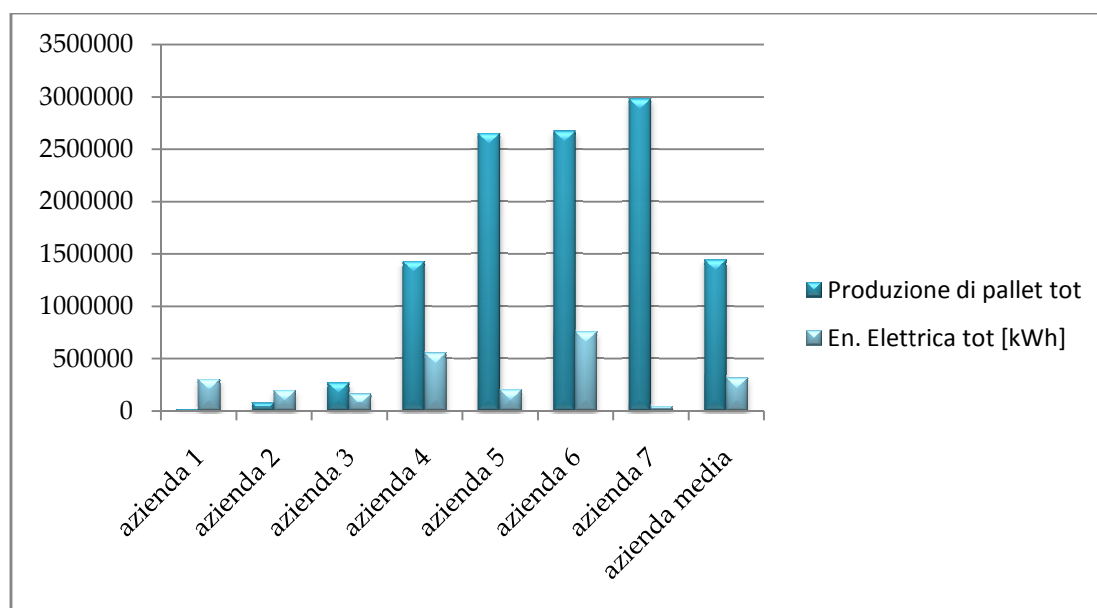


Figura 4.6: pallet prodotti ed en. elettrica utilizzata dai produttori con segheria.

Possiamo subito notare da questa tabella come le aziende 1 e 2 abbiano un consumo di energia elettrica molto alto rispetto alla produzione di pallet molto bassa. L'azienda 3 ha un consumo energetico anch'essa troppo elevato per il quantitativo di pallet prodotto, ma è comunque leggermente migliore delle prime due. Le restanti aziende producono un quantitativo di pallet molto elevato e consumano un quantitativo energetico appropriato alla produzione e addirittura nei casi dell'azienda 5 e 7 consumano un quantitativo energetico molto basso se paragonato alla produzione annua. Le aziende 1, 2 e 3 hanno una produzione molto al di sotto della media, mentre il consumo di en. elettrica delle aziende 1, 4 e 6 è molto superiore alla media, anche se le produzioni annue delle ultime due aziende giustificano il grande quantitativo di en. elettrica utilizzata.

Considerazioni molto interessanti sull'efficienza, o inefficienza, di tali aziende possono essere dedotte dal seguente grafico a dispersione (Fig. 4.7). Il grafico è in scala logaritmica. Possiamo subito notare come l'azienda 1 e l'azienda 2 siano totalmente inefficienti in quanto il loro volume di produzione è troppo ridotto rispetto a i loro consumi energetici, che sono troppo elevati.



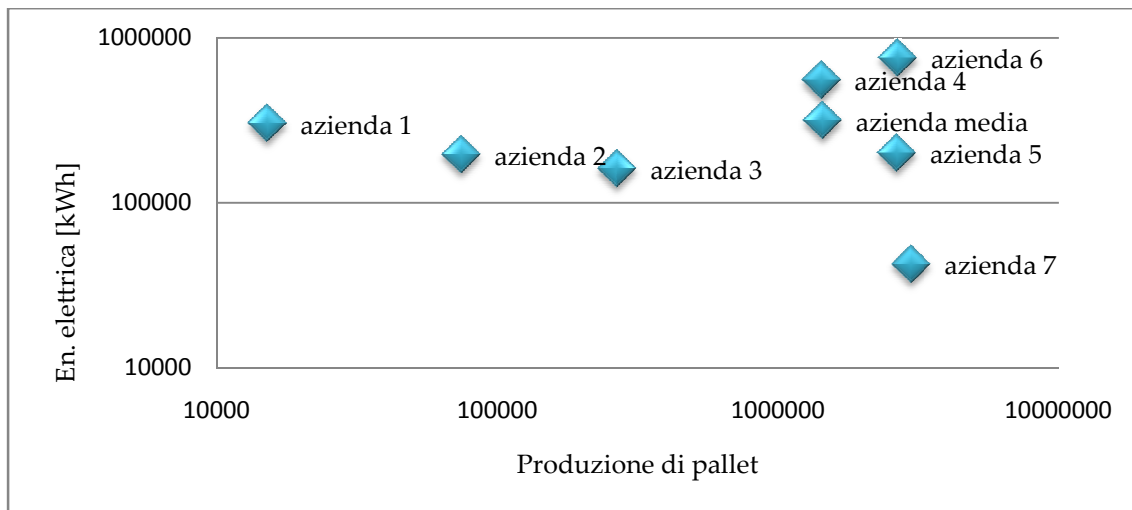


Figura 4.7: confronto tra pallet prodotti ed en. elettrica utilizzata.

Il grafico è in scala logaritmica. Possiamo subito notare come l'azienda 1 e l'azienda 2 siano totalmente inefficienti in quanto il loro volume di produzione è troppo ridotto rispetto ai loro consumi energetici, che sono troppo elevati.

L'azienda 3 è al limite tra la zona di inefficienza e la zona intermedia di cui fa parte l'azienda 5, in quanto ha un volume di produzione abbastanza elevato, ma non così elevato per giustificare i suoi consumi energetici.

L'azienda 7 è nella zona di ottimo in quanto ha elevati volumi produttivi e utilizza un quantitativo basso di energia.

Le aziende 4 e 6 sono nella zona di alta produzione, ma consumano troppa energia per essere nella zona intermedia o di ottimo, zona che potrebbero facilmente raggiungere limitando gli sprechi o ottimizzando il consumo energetico aziendale.

Anche per questo settore possiamo calcolare il rapporto tra pallet prodotti ed energia utilizzata, per ricavare il valore di energia necessaria per produrre un singolo pallet di ogni azienda (Tab. 4.2).

Come si può facilmente intuire il valore relativo all'azienda 1 è troppo fuori scala per poter essere confrontato con gli altri e quindi per il calcolo della media e della varianza è stato omissso. Il secondo valore relativo all'azienda 2 è anch'esso elevato ma è stato mantenuto nel calcolo di media e varianza.

Tabella 4.2: dati degli assemblatori.

	Produzione di pallet tot	En. Elettrica tot [kWh]	En. Elettrica /produzione pallet
azienda 1	15154	302979	19,993
azienda 2	74424	195520	2,627
azienda 3	267019	160450	0,601
azienda 4	1427841	552404	0,387
azienda 5	2650000	200000	0,075
azienda 6	2672139	753176	0,282
azienda 7	2980691	42350	0,014
azienda media	1441038,29	315268,43	0,664

Per questa tipologia di aziende i risultati ottenuti sono stati:

Media: 0,664      Varianza: 0,899

#### 4.3.3 Dati sui riparatori

Nell' istogramma sottostante possiamo vedere i consumi energetici e la relativa produzione delle aziende del settore intervistate (Fig. 4.8).

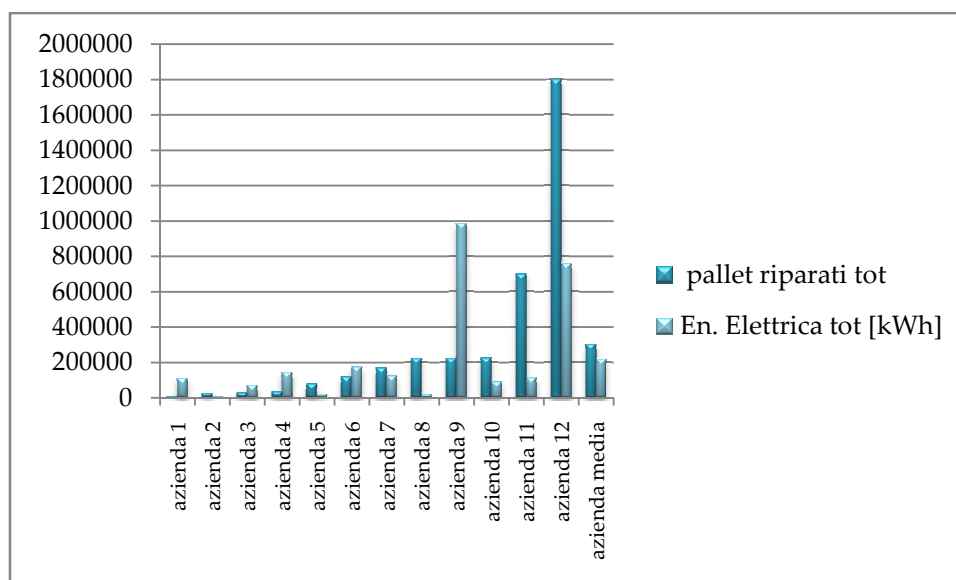


Figura 4.8: pallet riparati ed en. elettrica utilizzata dai riparatori.

Possiamo subito notare come le aziende del settore sono molto diverse tra di loro sia per i volumi di riparazione e per i consumi di energia elettrica. Abbiamo infatti una produzione annua che va dai 6000 pallet riparati per

l'azienda 1 fino a 1800000 pallet riparati per l'azienda 12. Si nota subito che i consumi energetici delle aziende 1, 3, 4, 6 e 9 sono totalmente sproporzionati rispetto ai loro volumi di riparazione e anche come il consumo dell'azienda 12 è molto alto ma giustificato dall'elevato numero di pallet riparati.

Le aziende 5, 8, 10 e 11 hanno consumi energetici bassi se paragonati ai loro volumi di riparazione, mentre le aziende 2 e 7 hanno consumi energetici sì alti se paragonati ai loro volumi di riparazione, ma rimangono nella zona intermedia e quindi accettabili.

Solo con questi dati e con questo grafico ci risulta impossibile confrontare realtà così diverse tra loro per questo si deve fare riferimento al seguente diagramma a dispersione (Fig. 4.9).

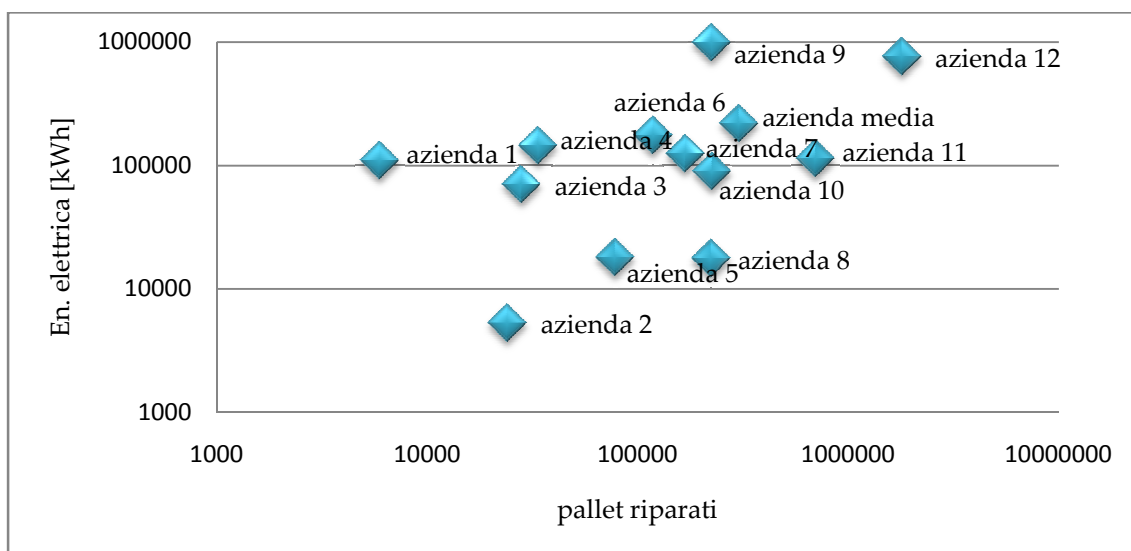


Figura 4.9: confronto tra pallet riparati ed en. elettrica utilizzata.

Notiamo subito come non ci siano aziende posizionate nella zona di ottimo e come tutte le aziende, a parte la 2, 5 e 8 che sono situate nella zona intermedia, siano tutte inefficienti in quanto hanno consumi troppo elevati.

Le aziende 1, 3 e 4 hanno un'efficienza molto bassa in quanto presentano bassi volumi di riparazione e consumi energetici molto alti. Le aziende 9 e 12 sono le due aziende che consuma nodi più, ma che con qualche accorgimento

potrebbero migliorare notevolmente la loro efficienza e risultare facilmente nella fascia di ottimo grazie ai loro alti volumi di riparazione.

L'azienda 11 ha un volume di riparazione molto alto, ma allo stesso tempo consuma troppo per risultare sia nella fascia intermedia che in quella di ottimo, infatti è posizionata appena al di sopra della fascia intermedia, con qualche piccolo accorgimento potrebbe facilmente migliorare la sua efficienza.

Le restanti aziende hanno tutte un consumo energetico troppo elevato se paragonato ai propri volumi di riparazione, infatti la loro efficienza risulta bassa, ma sono aziende che con piccoli accorgimenti potrebbero facilmente rientrare nella zona intermedia.

Possiamo calcolare il rapporto tra pallet riparati ed en. elettrica utilizzata per trovare il dato di en elettrica utilizzata per singolo pallet riparato (Tab. 4.3).

Tabella 4.3: dati sui riparatori.

	pallet riparati tot	En. Elettrica tot [kWh]	En. Elettrica /riparazione pallet
azienda 1	5945	109308	18,387
azienda 2	24000	5274	0,220
azienda 3	28000	70000	2,500
azienda 4	33600	144000	4,286
azienda 5	78133	18000	0,230
azienda 6	118356	175000	1,479
azienda 7	168500	124000	0,736
azienda 8	223300	17600	0,079
azienda 9	224157	985000	4,394
azienda 10	225000	89502	0,398
azienda 11	700000	113720	0,162
azienda 12	1800000	759652	0,422
azienda media	302415,9167	217588	1,355

I risultati ottenuti sono molto vari tra loro dovuti alla notevole differenze di volumi di produzione e di energia consumata tra tutte le diverse aziende. Possiamo calcolare media e varianza anche di questo settore omettendo il primo dato in quanto è troppo fuori scala.

Media: 1,355      Varianza: 1,565

#### 4.4 Analisi dei trasporti

Il calcolo delle emissioni, dovute ai trasporti di materiale in ingresso e in uscita al sistema in esame, ricopre un ruolo fondamentale nell'analisi LCA.

In SimaPro le emissioni dovute al trasporto vengono calcolate in tkm, ovvero le tonnellate di materiale trasportato per i km percorsi dal mezzo. Esistono quindi tre variabili che fanno cambiare notevolmente la quantità di CO<sub>2</sub> emessa :

- quantità trasportata
- km percorsi dal mezzo
- mezzo utilizzato

Ogni mezzo presente nella banca dati del programma ha una sua tkm equivalente calcolata sulla base dei km mediamente percorsi dal mezzo e del carico medio trasportato nella sua vita. Moltiplicando questi due valori otteniamo il valore di tkm della vita del mezzo.

Per ogni mezzo il programma assegna un valore di CO<sub>2</sub> emessa per ogni tkm trasportata. Il valore viene facilmente calcolato tramite una semplice proporzione. Vediamo un esempio.

Un automezzo EURO 4 da 16 t nella sua vita percorre mediamente  $5,4 * 10^5$  km trasportando un carico medio di 2,93 t. Le tkm equivalenti del mezzo risulteranno pertanto  $1,58 * 10^6$  tkm. Applicando ora una proporzione tra i km percorsi e le tkm equivalenti possiamo ricavare i km percorsi dal camion per 1 tkm equivalente:

$$1,58 * 10^6 : 5,4 * 10^5 = 1 : x$$

Otteniamo come risultato  $x = 0,35$  km, ovvero i km percorsi dal mezzo per 1 tkm. Il valore trovato si riferisce alla somma dei km percorsi dal mezzo per il viaggio di andata e per il viaggio di ritorno, se vogliamo trovare i km percorsi dal mezzo per 1 tkm su singolo viaggio dobbiamo dividere questo valore per due e otteniamo 0,17346 km.

Questo valore è molto importante perché ci fornisce i km percorsi dal nostro mezzo, in questo caso EURO 4 da 16 t, senza carico equivalenti a 1 tkm trasportata. Grazie a questo procedimento applicato a qualsiasi mezzo il programma è in grado di calcolare le emissioni di 1tkm calcolando semplicemente le emissioni del mezzo utilizzato prodotte nei km equivalenti percorsi.

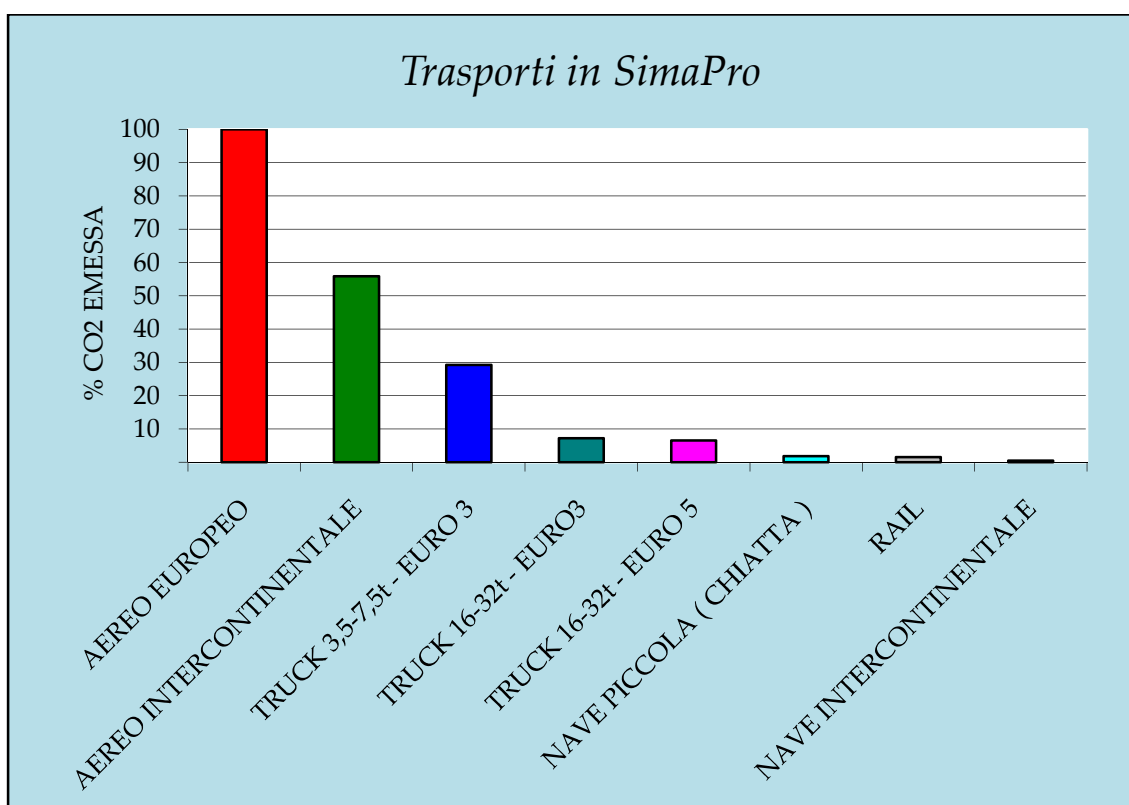


Figura 4.10: emissioni % di CO<sub>2</sub> per i diversi mezzi di trasporto utilizzati in SimaPro.

Il grafico soprastante è molto importante perché ci fornisce un'idea chiara delle emissioni % dei vari mezzi di trasporto mettendo a confronto tra loro aerei, camion, treno e navi.

Navi e treni sono i mezzi che inquinano di meno perché sono in grado di trasportare molto carico in un solo viaggio riducendo quindi i viaggi necessari per il trasporto. Anche gli aerei hanno grande capacità di carico, ma vengono penalizzati per le grandissime quantità di inquinanti dovute al combustibile utilizzato. I camion variano molto le loro emissioni rispetto al carico trasportato

piuttosto che alla tipologia, infatti tra EURO 3 ed EURO 5 dello stesso modello la differenza è minima, mentre tra un camion da 7,5 t e uno da 32 t la differenza in termini di CO<sub>2</sub> emessa è molto significativa.

I trasporti risultano molto importanti nello studio LCA ed è importante sapere con precisione per ogni materiale in input o output il mezzo utilizzato per il trasporto, i km percorsi e le t trasportate.

L'organizzazione dei trasporti di materiale alle aziende non è stata banale e ha richiesto oltre alla raccolta dei dati dalle aziende intervistate ulteriori ipotesi per schematizzare il modello.

Per le tre tipologie di aziende analizzate abbiamo creato delle apposite tabelle sui trasporti per ogni materiale in ingresso e abbiamo creato degli appositi grafici sul trasporto di ogni materiale.

#### ***4.4.1 Trasporti dei produttori con segheria***

Questa tipologia di aziende ha in ingresso tre diversi tipi di materiale: legna, chiodi e graffe EPAL. Ognuno di questi trasporti differisce da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato, sia per i km percorsi dal mezzo. Il carico trasportato risulta essere lo stesso in quanto è stato usato come peso trasportato quello dell'unità funzionale; in questo caso 21,8 kg di legna, 0,7 kg di chiodi e 13,15 g di graffa EPAL.

I dati ricevuti hanno subito alcune operazioni per poter essere facilmente modellizzati. Come esempio vediamo il caso del trasporto di legno per l'azienda con segheria 2. Tutti i dati sono da riferirsi a una ton di materiale in ingresso.

Dallo schema creato (Fig. 4.11) sulla base dei dati ricevuti notiamo come il legno in ingresso proviene da quattro differenti posti. Sul totale di legno in arrivo: il 15% percorre 500 km in automezzo EURO3, il 30% percorre 100 km in

automezzo EURO3, il 27,5% percorre 560 Km in automezzo EURO3 e il restante 27,5% percorre 114 km in automezzo EURO3 + 650 km in treno.

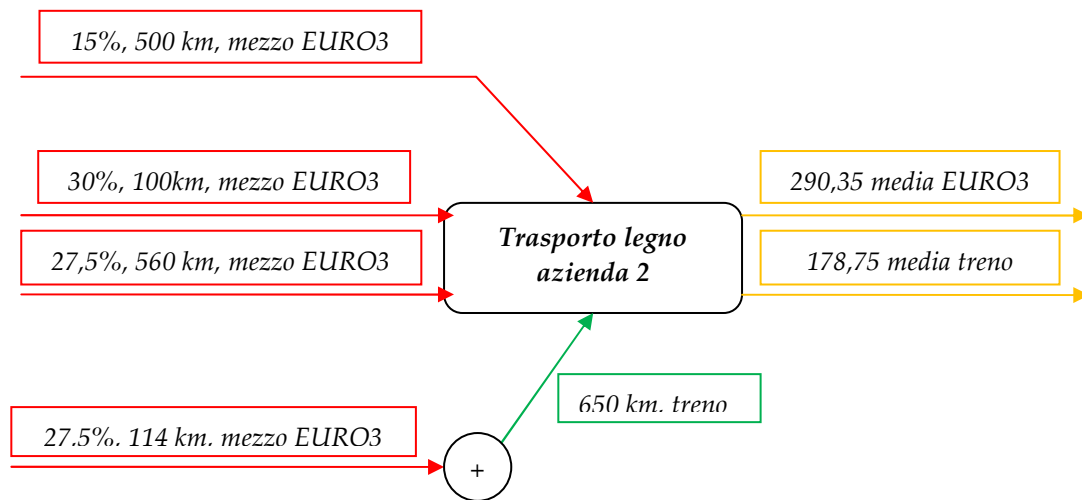


Figura 4.11: schema dei trasporti di legno per l'azienda con segheria 2.

Per creare un trasporto medio di legno, da inserire in SimaPro, riferito all'azienda 2 abbiamo eseguito una media pesata. Per prima cosa abbiamo controllato quanti mezzi differenti vengono usati per il trasporto, nel nostro caso sono due: automezzo EURO3 e treno. Successivamente abbiamo eseguito una media pesata sui km percorsi dal mezzo per ottenere un trasporto medio con i due differenti tipi di automezzo.

Media EURO 3 =  $500 * 0,15 + 100 * 0,3 + 560 * 0,275 + 114 * 0,275 = 290,35$  km

Media treno =  $650 * 0,275 = 178,75$  km

Questo procedimento è stato eseguito per tutte le aziende intervistate e per tutte e tre le tipologie di materiali in ingresso. In appendice D verranno presentate le tabelle dei trasporti create per tutte le aziende del settore e per i relativi input materiali.

Per il calcolo dei trasporti dell'azienda media del settore abbiamo eseguito un procedimento analogo. Per prima cosa abbiamo controllato quanti mezzi diversi vengono utilizzati dalle aziende del settore per il trasporto dei materiali in ingresso; nel nostro caso sono tre: automezzo EURO3, automezzo EURO4 e treno.



Per ognuno di essi abbiamo sommato i km percorsi dai mezzi per trasportare ogni diverso materiale all'azienda e abbiamo diviso il totale per quattro (aziende del settore intervistate).

Ad es. per il trasporto del legno abbiamo:

Automezzo EURO3: 290,35 km azienda 2 + 603,55 km azienda 3 = 893,88 km tot

Automezzo EURO4: 700 km azienda 1 + 1202,5 azienda 4 = 1902,5 km tot

Treno: 178,75 km azienda 2 = 178,75 km tot

Media EURO3 =  $893,88 / 4 = 223,475$  km

Media EURO4 =  $1902,5 / 4 = 475,625$  km

Media treno =  $178,75 / 4 = 44,687$  km

Quindi il legno in ingresso all'azienda con segheria media percorre: 223,475 km in EURO3 + 475,625 km in EURO4 + 44,687 km in treno.

Questo procedimento è stato seguito per ottenere i trasporti di tutti i materiali in ingresso. I dati relativi al trasporto dell'azienda media saranno presentati anch'essi nell'appendice D.

Di seguito verranno presentati i grafici dei trasporti degli input materiali per la aziende con segheria (Figg. 4.12, 4.13 e 4.14). I dati sono espressi in ton\*km ovvero i km percorsi dal mezzo per trasportare 1 tonnellata di materiale all'azienda.

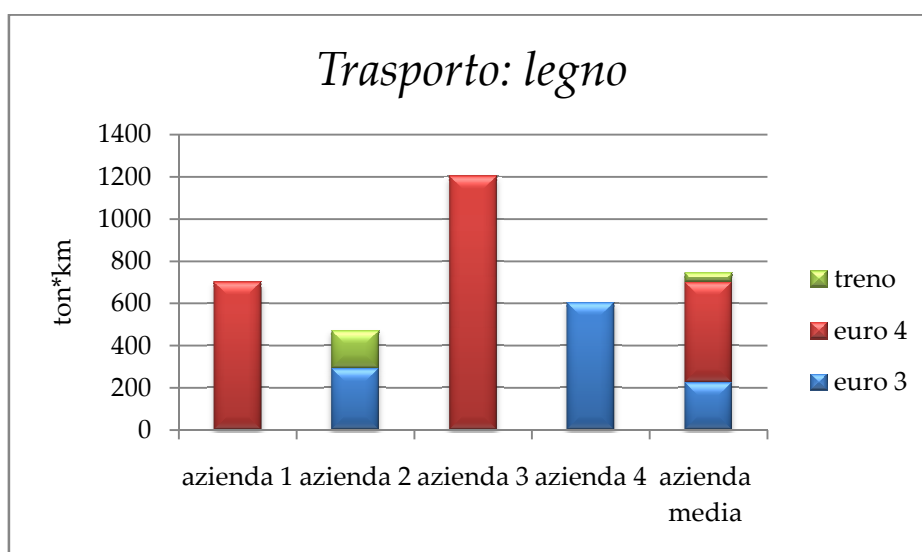


Figura 4.12: trasporto del legname per i produttori con segheria

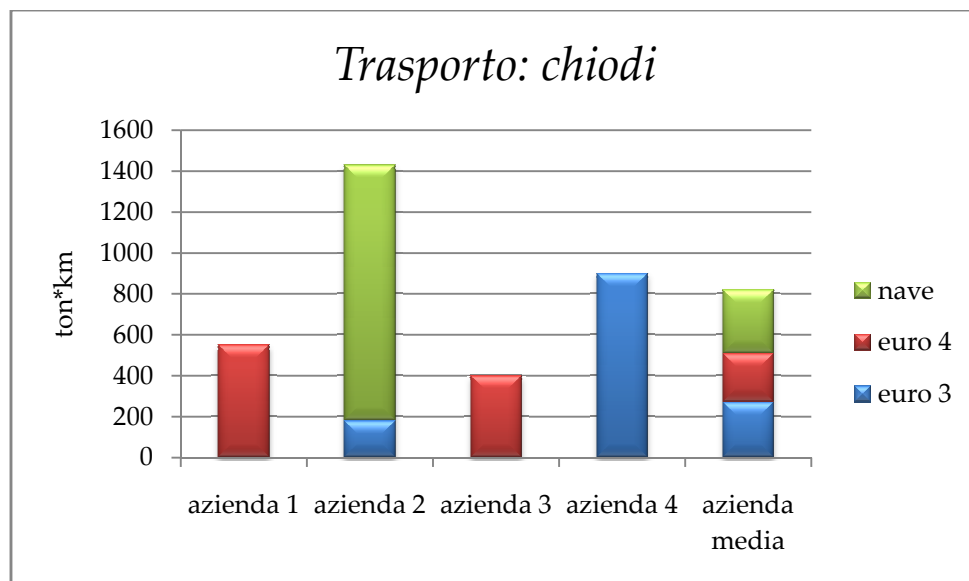


Figura 4.13: trasporto dei chiodi per i produttori con segheria.

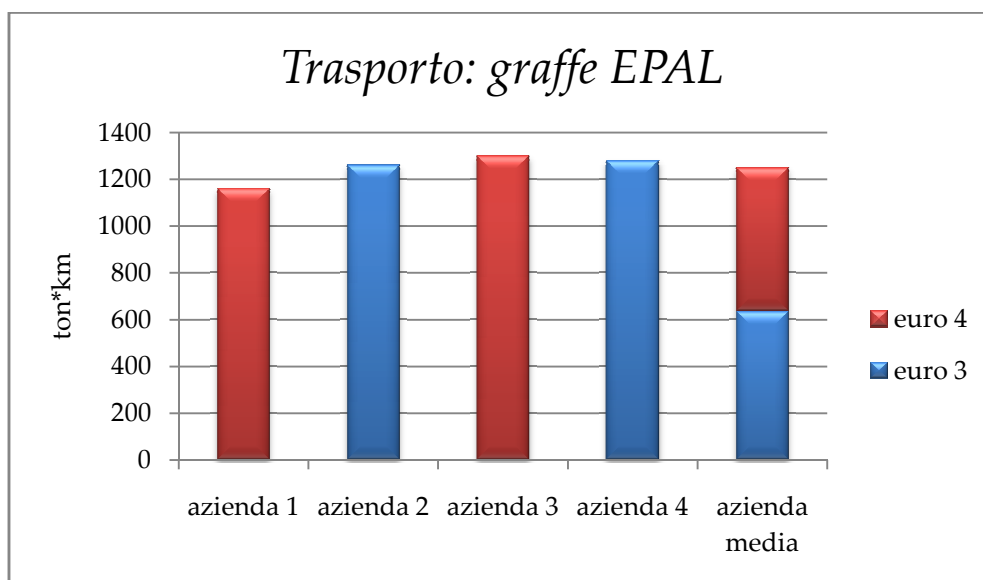


Figura 4.13: trasporto delle graffe EPAL per i produttori con segheria.

Possiamo notare come i mezzi di trasporto più utilizzati siano il camion EURO3 e il camion EURO4, anche se alcune aziende utilizzano il treno o la nave per il trasporto dei materiali. Queste aziende otterranno un sicuro beneficio in termini di impatto ambientale in quanto gli ultimi due mezzi emettono molta meno CO<sub>2</sub> equivalente rispetto agli altri.

#### 4.4.2 Trasporti degli assemblatori

Per gli assemblatori gli input aziendali sono quattro: tavole, blocchetti, chiodi e graffe EPAL. Ognuno di questi trasporti differisce da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato, sia per i km percorsi dal mezzo. Il carico trasportato risulta essere lo stesso in quanto è stato usato come peso trasportato quello dell'unità funzionale; in questo caso 15,05 kg di tavole, 6,75 kg di blocchetti, 0,7 kg di chiodi e 13,15 g di graffa EPAL.

I dati ricevuti dalle sette aziende intervistate sono stati trattati come nell'esempio precedente dell'azienda con segheria 2 per ottenere i dati medi di ciascuna azienda e i dati relativi all'azienda media. Le tabelle con i dati relativi a ciascun materiale delle aziende intervistate e dell'azienda media sono riportati in appendice E.

Di seguito verranno presentati i grafici dei trasporti degli input materiali per la aziende con segheria (Figg. 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18). I dati sono espressi in ton\*km ovvero i km percorsi dal mezzo per trasportare 1 tonnellata di materiale all'azienda.

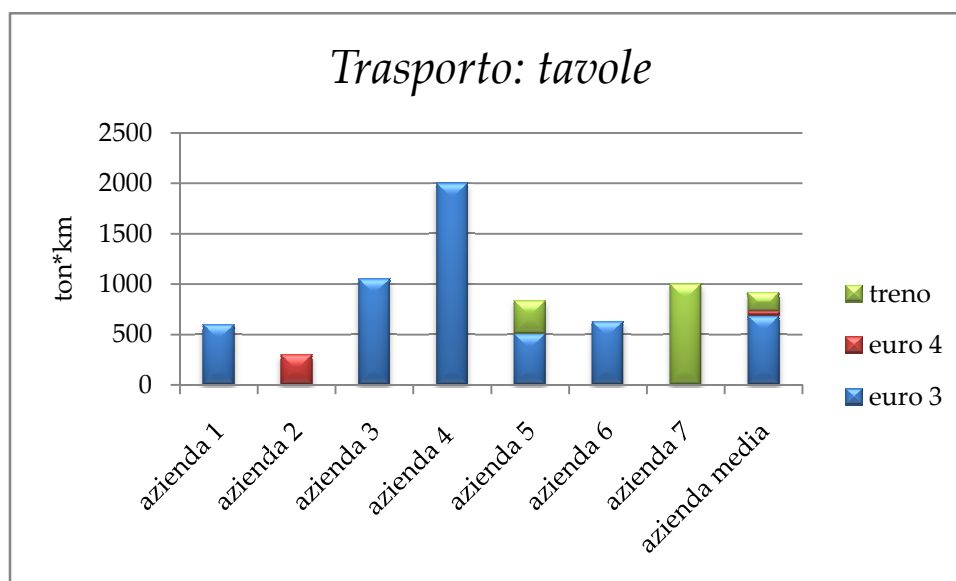


Figura 4.15: trasporto di tavole per gli assemblatori.

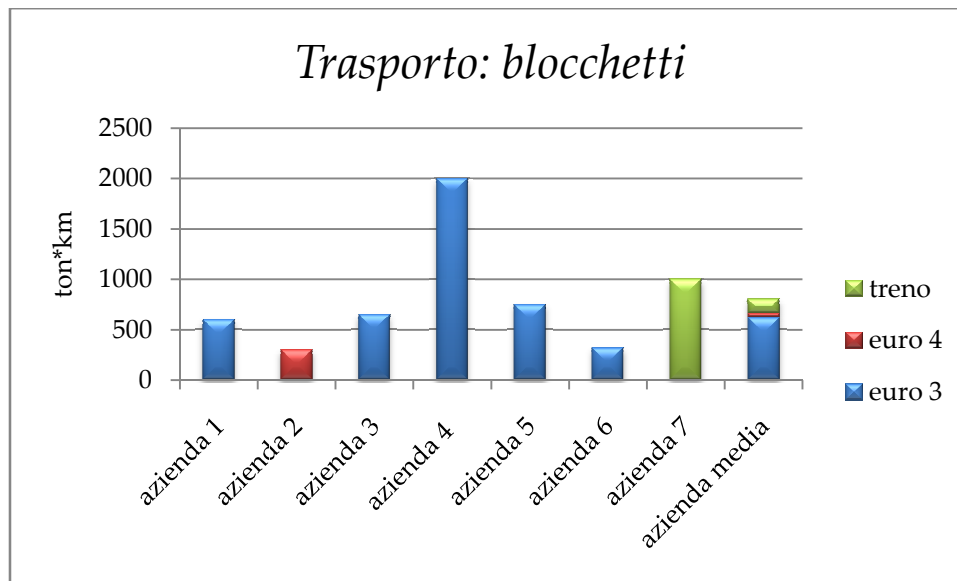


Figura 4.16: trasporto dei blocchetti per gli assemblatori.

Possiamo subito notare come l'utilizzo del treno per il trasporto di tavole e blocchetti favorisca l'azienda 7 che avrà emissioni minori rispetto a tutte le altre. L'azienda 4 avrà emissioni molto alte perché oltre a percorrere la distanza maggiore vengono utilizzati come mezzi di trasporto i camion EURO 3. L'azienda 2 oltre a percorrere poca distanza utilizza mezzi EURO 4 producendo quindi poca CO<sub>2</sub> equivalente.

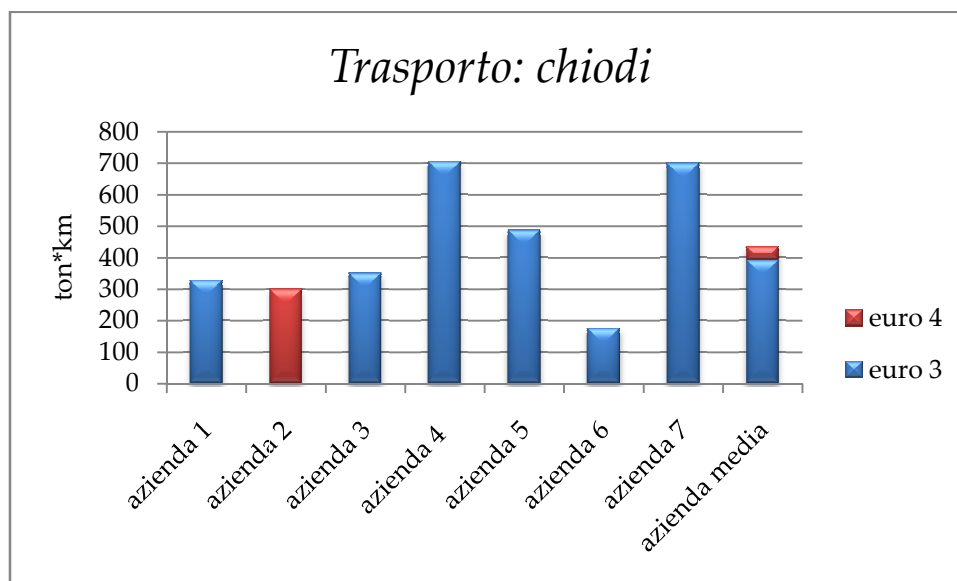


Tabella 4.12: trasporto dei chiodi per gli assemblatori.

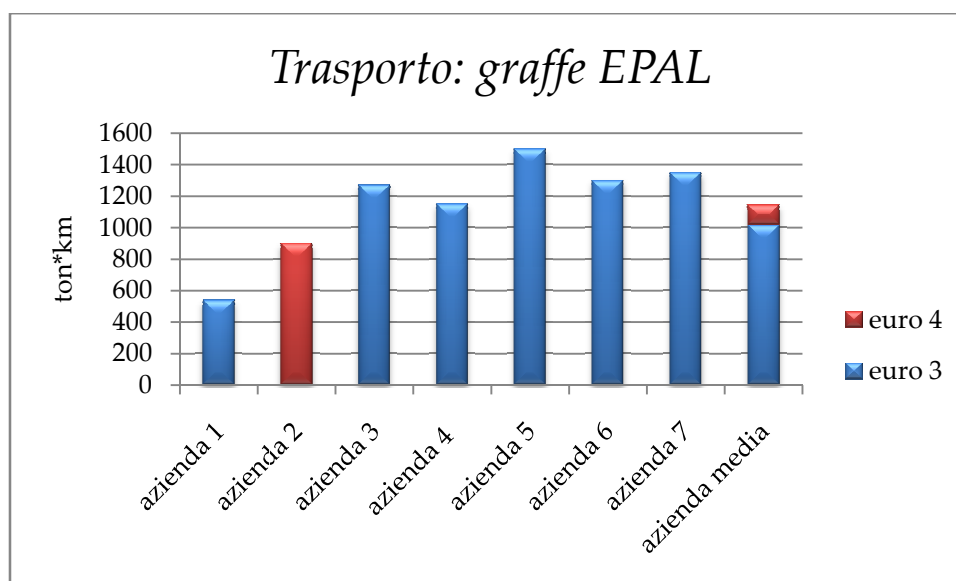


Tabella 4.13: trasporto delle graffe EPAL per gli assemblatori.

Dalle ultime due tabelle possiamo facilmente intuire come l'azienda 2 essendo l'unica che utilizza mezzi EURO 4 avrà emissioni minori rispetto alle altre aziende.

#### **4.4.3 Trasporti dei riparatori**

I riparatori hanno cinque input aziendali: pallet da riparare, tavole, blocchetti, chiodi e chiodi di controllo. Ognuno di questi trasporti differisce da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato, sia per i km percorsi dal mezzo. Il carico trasportato risulta essere lo stesso in quanto è stato usato come peso trasportato quello dell'unità funzionale; in questo caso 1 pallet da riparare, 1,023 kg di tavole, 0,8 kg di blocchetti, 0,09 kg di chiodi e 3 g di chiodo di controllo.

I dati ricevuti dalle dodici aziende intervistate sono stati trattati come nell'esempio precedente dell'azienda con segheria 2 per ottenere i dati medi di ciascuna azienda e i dati relativi all'azienda media. Le tabelle con i dati relativi a ciascun materiale delle aziende intervistate e dell'azienda media sono riportati in appendice F.

Di seguito verranno presentati i grafici dei trasporti degli input materiali per la aziende con segheria (Figg. 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 e 4,23). I dati sono espressi in ton\*km ovvero i km percorsi dal mezzo per trasportare 1 tonnellata di materiale all'azienda.

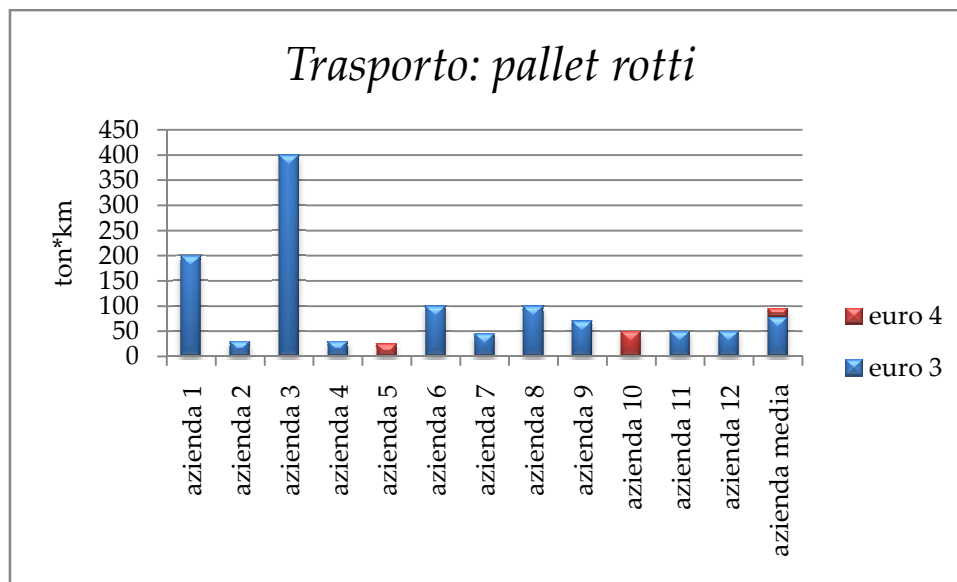


Figura 4.19: trasporto dei pallet rotti per gli assemblatori.

Possiamo notare come i pallet da riparare provengano per quasi tutte la aziende da zone limitrofe percorrendo in media meno di 50 km, quindi le emissioni saranno ridotte rispetto agli altri materiali in ingresso.

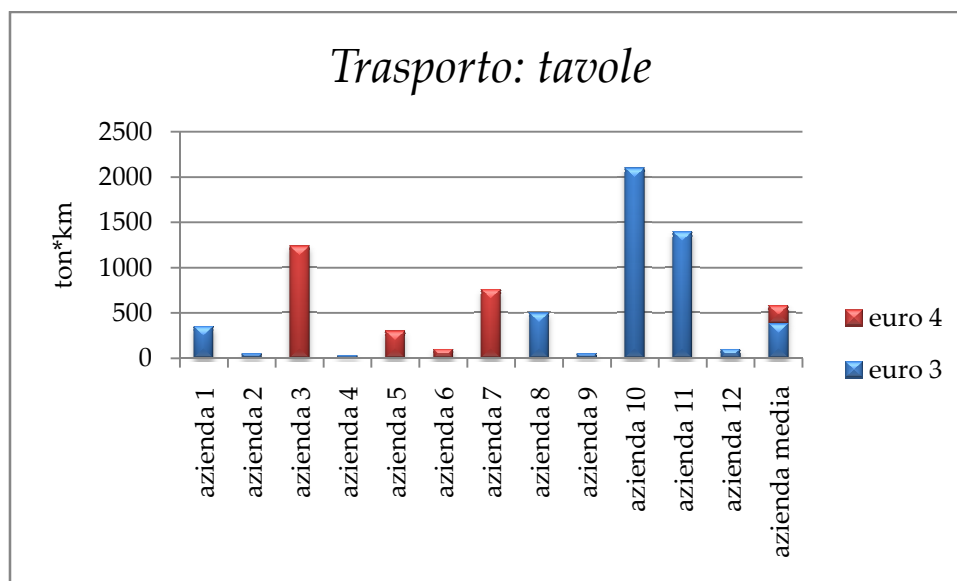


Figura 4.20: trasporto delle tavole per i riparatori.

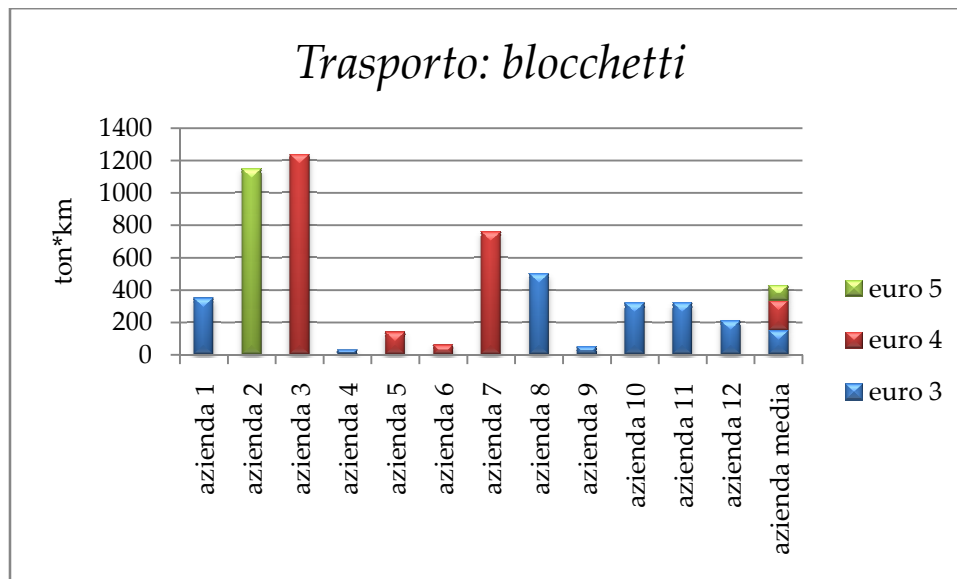


Figura 4.21: trasporto dei blocchetti per i riparatori.

Possiamo subito notare come i trasporti di tavole e blocchetti differiscano notevolmente da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato sia per i km percorsi. Le aziende 2, 4, 9 e 12 emetteranno poca CO<sub>2</sub> in quanto hanno distanze percorse molto ridotte rispetto alle altre.

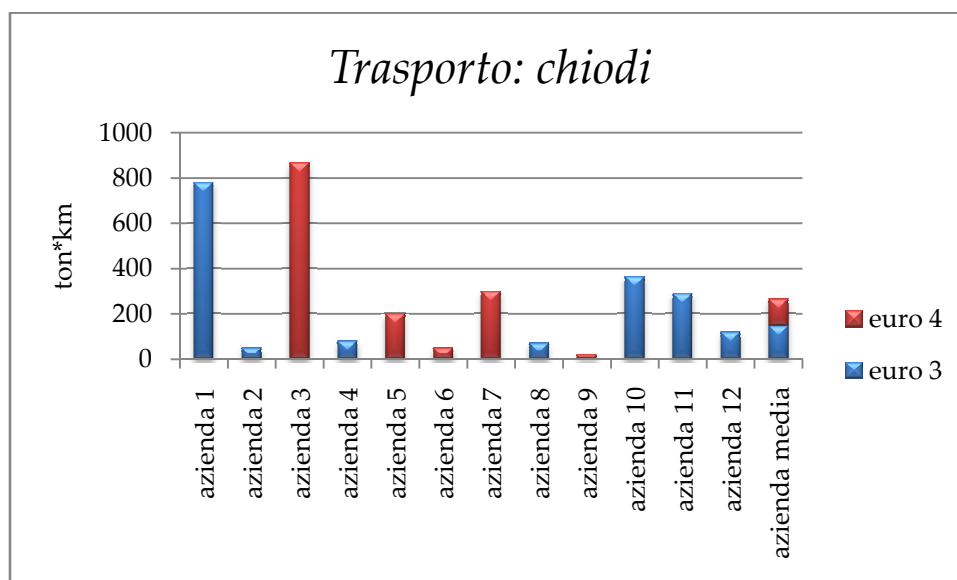


Figura 4.22: trasporto dei chiodi per gli assemblatori.

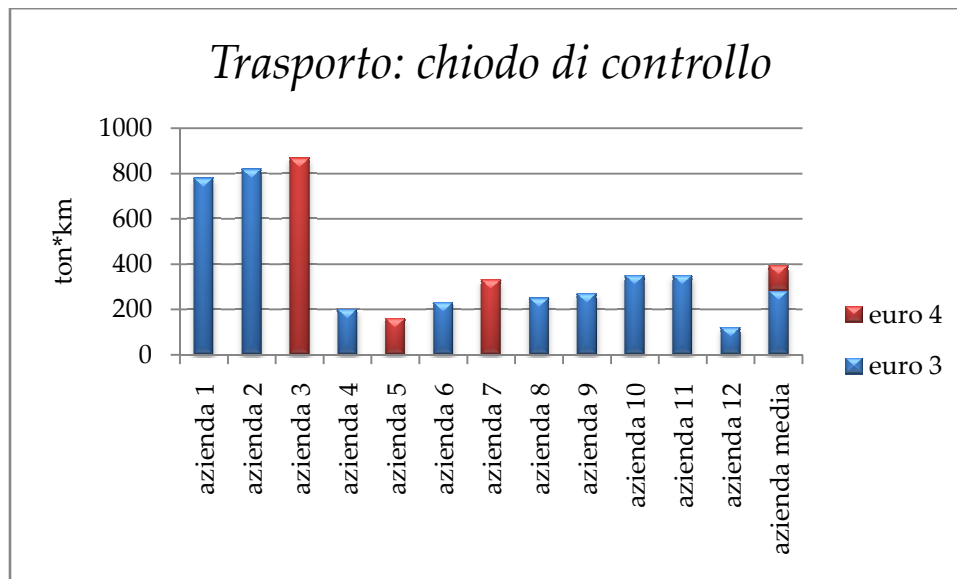


Figura 4.22: trasporto dei chiodi di controllo per i riparatori.

Possiamo vedere come i trasporti differiscano molto sia per i km percorsi sia per i mezzi utilizzati, con aziende come la 1 e la 2 che presumibilmente avranno emissioni più alte delle altre.



# 5

## Definizione di scopi, obiettivi, confini e qualità dei dati

*Nella UNI EN ISO 14040<sup>1</sup> si legge che: “Gli obiettivi e gli scopi dello studio di una LCA devono essere definiti con chiarezza ed essere coerenti con l’applicazione prevista. L’obiettivo di una LCA deve stabilire senza ambiguità quali siano l’applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio”.*

*Nei successivi paragrafi di questo capitolo si procederà con la descrizione di scopi e obiettivi dello studio, confini del sistema, qualità dei dati e assunzioni.*

---

<sup>1</sup> Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

### **5.1 Scopi e obiettivi dello studio**

Lo scopo di questa LCA è analizzare in maniera approfondita il processo di produzione, riparazione e uso dei pallet EPAL in legno con il sistema di interscambio. In particolare, attraverso l'applicazione della metodologia LCA lo studio si propone di mettere in luce i valori di impatto che potranno essere utilizzati come punteggi assoluti di danno nei confronti dell'ambiente.

### **5.2 Definizione del sistema**

Il sistema è coincidente con tutto quanto è connesso al processo di produzione, riparazione e vita del pallet EPAL. Nello studio vengono analizzati complessivamente tutti gli aspetti legati al processo trascurando le risorse umane e gli impatti legati alla costruzione e al fine vita di impianti, macchinari e manutenzioni delle aziende.

Pertanto lo studio guarderà a tutti i flussi di massa ed energia ed alle emissioni in ambiente connesse al processo produttivo e alla vita del prodotto.

Per necessità il sistema complessivo (Fig. 5.1) verrà suddiviso in sistemi virtuali detti unità di processo e per ciascuna di queste verranno messi in luce input e output.

Possiamo notare come il sistema non è propriamente chiuso al solo territorio nazionale, in quanto nel processo di produzione e di riparazione alcune materie prime possono arrivare dall'estero.

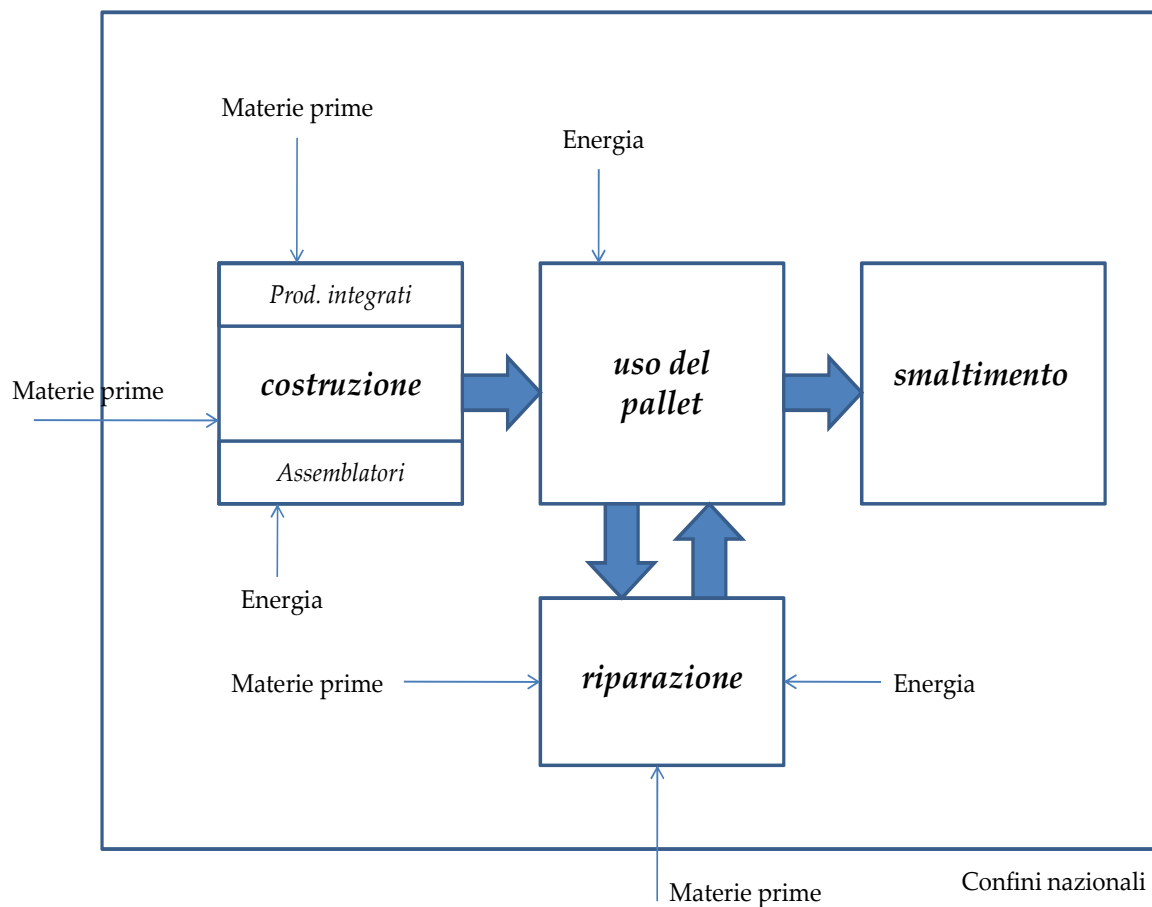


Figura 5.1: modello del sistema complessivo del pallet.

### 5.3 Unità funzionale

Lo scopo principale dell'unità funzionale è quello di fornire un riferimento a cui legare i flussi in entrata e in uscita. Si è scelto di utilizzare la stessa unità funzionale sia per i processi produttivi (produzione con segheria, produzione senza segheria e riparazione) sia per la vita del prodotto, ovvero un pallet EPAL, ma con alcune differenze sostanziali.

I produttori con segheria producono i pallet tagliando direttamente travi e blocchetti dai tronchi in ingresso all'azienda e successivamente assemblandoli

con chiodi e graffa EPAL. Pertanto per il primo processo il pallet EPAL, che ricordiamo pesa complessivamente 22,5 Kg, è stato scorporato in:

- 21,8 Kg di legname
- 0,7 Kg di chiodi
- 1 graffa EPAL

I produttori senza segheria sono considerati degli assemblatori perché producono i pallet assemblando travi e blocchetti acquistati da segherie esterne.

Per questo processo il pallet EPAL è stato scorporato in:

- 15,05 Kg di tavole
- 6,75 Kg di blocchetti
- 0,7 Kg di chiodi
- 1 graffa EPAL

I riparatori si occupano di riparare i pallet rotti per poi reimmetterli sul mercato. Esiste un numero massimo di parti che si possono sostituire ad un pallet EPAL per poi riutilizzarlo una volta riparato; abbiamo stimato che le riparazioni medie effettuate su un pallet EPAL siano una tavola, un blocchetto e nove chiodi più il chiodo di controllo EPAL che attesta la riparazione del pallet secondo i criteri forniti dalla normativa EPAL. Per questo processo il pallet EPAL in input è stato così scorporato:

- 1 pallet EPAL rotto
- 1,023 Kg di tavole (corrispondente al peso di una tavola)
- 0,8 Kg di blocchetti (corrispondente al peso di un blocchetto)
- 0,09 Kg di chiodi (corrispondente al peso di nove chiodi)
- 1 chiodo di controllo EPAL

Per la vita del pallet abbiamo utilizzato come unità funzionale il pallet EPAL prodotto dall'azienda media e riparato dal riparatore medio. Questi dati medi sono stati calcolati dai dati raccolti dalle aziende intervistate.

### **5.4 Confini del sistema**

I confini temporali dell'analisi sono limitati all'anno solare 2008; i confini geografici sono riferiti alle imprese italiane che ci hanno gentilmente compilato il questionario, agli input materiali ed energetici che arrivano ad esse dall'Italia e dall'Europa e agli spostamenti tra questi dei mezzi di trasporto.

L'analisi comprenderà tutte le materie prime e i combustibili entranti nelle aziende in una logica dalla culla al cancello (from cradle to gate).

### **5.5 Qualità dei dati**

Tutti i dati riguardanti gli input energetici, input materiali, output materiali e trasporti sono dati primari estratti dai questionari ricevuti dalle aziende intervistate. Sul software Simapro 7.1, della Prè Consultant, è stata utilizzata prevalentemente la banca dati Ecoinvent 2.0 per tutti gli altri dati.

# 6

## Analisi d’inventario (LCI): costruzione e riparazione del pallet

*In questo capitolo si affronta la seconda fase LCA: l’analisi d’inventario LCI.*

*Questa fase è stata suddivisa in sottofasi dette unità di processo. Tutte le unità hanno richiesto approfondimenti ed ipotesi prima di poter essere trasferite all’interno del modello creato in SimaPro.*

*Di seguito verranno analizzate le diverse unità di processo mettendo in luce le assunzioni e le impostazioni rilevanti in fase di immissione dei dati e verranno presentate le tre aziende “medie”, una per ogni processo, create per poter meglio confrontare tra loro i dati.*

## 6.1 Unità di processo dei produttori con segheria

Per le aziende con segheria al fine di comporre il sistema nei suoi diversi scenari sono state create tre diverse unità di processo: segheria, assemblaggio e forno di fitotrattamento (Fig. 6.1).

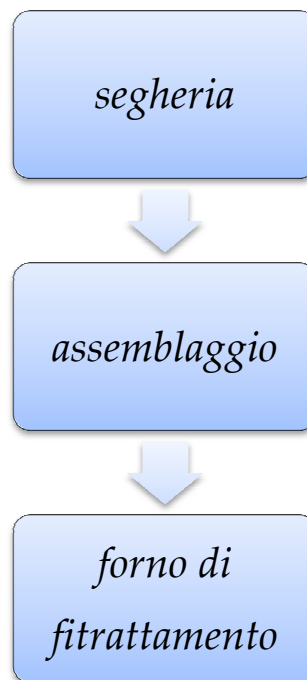


Figura 6.1: unità di processo dei produttori con segheria.

### 6.1.1 Segheria

Questa unità di processo schematizza il taglio dei tronchi in ingresso all'azienda per produrre blocchetti e tavole da utilizzarsi nell'unità successiva per l'assemblaggio dei pallet. Gli input di questa unità di processo sono i tronchi decortecciati, la costruzione e utilizzo della segheria, i trasporti espressi in tkm (tonnellate per chilometro) per portare i materiali all'azienda e l'energia elettrica utilizzata.

Per inserire l'unità in SimaPro è stata presa la scheda: "sawn timber, softwood, raw, forest-debarked, u=70%, at plant/RER U"; già esistente nel programma e successivamente modificata per inserire i nostri dati specifici.

Per questioni di comodità abbiamo deciso di allocare in questa unità tutta l'energia elettrica utilizzata dall'azienda rendendo nulli tutti gli altri input energetici nelle successive unità.

L'unità produce 1 m<sup>3</sup> di tavole e blocchetti, quindi assumendo come densità del legno 750 kg/m<sup>3</sup> è immediato passare dal volume ai kg prodotti. Per ognuna delle quattro aziende è stato calcolato il rapporto en. elettrica/input legno ovvero l'energia elettrica utilizzata per ogni tonnellata di legno in ingresso .

Tabella 6.1: confronto tra energia elettrica totale [kWh] e input totali di legno [ton].

	En. Elettrica tot [kWh]	input legno [ton]	En. elettrica/ input legno
azienda 1	150000	1125	133,33
azienda 2	822000	9375	87,68
azienda 3	126000	52500	2,40
azienda 4	1342535	18337,5	73,21
azienda media	610133,75	20334,375	74,16

I dati riportati in tabella (Tab. 6.1) sono riferiti a 1 tonnellata di legno in ingresso, quindi per ottenere i dati relativi a 750 kg di legno in ingresso basta moltiplicare i dati in tabella per 0,75 e otteniamo l'en. elettrica utilizzata dall'azienda in un anno riferita a 750 kg di legno in input.

Come legno in ingresso è stato scelto di usare il materiale "round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U" già presente nella banca dati di SimaPro.

Il trasporto è stato espresso in tkm; per ogni azienda è stato selezionato il mezzo di trasporto appropriato dalla banca dati del programma e come valore è stato inserito i km percorsi dal mezzo moltiplicati per le tonnellate trasportate, nel nostro caso 750 kg di legna in ingresso.



Tabella 6.2: unità di processo “segheria” per azienda media.

segheria			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tronchi	round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U	1,6416	m <sup>3</sup>
costruzione della segheria	sawmill/RER/U	3,84E(-7)	p
fattore correttivo del legno	softwood, allocation correction, 1/RER/U	-0,642	m <sup>3</sup>
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/TT U	55,6	kWh
trasporto tronchi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	168	tkm
trasporto tronchi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	357	tkm
trasporto tronchi in treno	transport, freight, rail/RER U	33,5	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	750	kg
calore rilasciato in aria	heat, waste	113,28	MJ

Nella tabella soprastante (Tab. 6.2) vediamo rappresentata l'unità di processo "segheria" per l'azienda con segheria media, ovvero l'azienda fittizia creata dalla media pesata delle quattro aziende intervistate.

### 6.1.2 Assemblaggio

Questa unità rappresenta l'assemblaggio del pallet. Gli input sono tavole e blocchetti provenienti dall'unità precedente, chiodi e relativo trasporto, graffa EPAL e relativo trasporto e il combustibile usato per i mezzi interni dell'azienda. Gli output sono, oltre ai pallet EPAL prodotti, segatura, cippato, RSU, pezzi di legno, plastica e materiali metallici.

L'unità produce un pallet EPAL che pesa 22,5 kg quindi tutti i dati in ingresso e uscita saranno riferiti a questa quantità.

Per i chiodi in input si è usato il materiale "steel, low-alloyed, at plant RER/U" già presente nella banca dati di SimaPro mettendo come quantità in ingresso 0,7 kg ovvero il peso dei chiodi in un pallet EPAL; per il loro trasporto, dopo aver scelto l'appropriato mezzo dalla banca dati, è stato sufficiente moltiplicare la quantità in ingresso per i km percorsi dal mezzo per ottenere le tkm equivalenti.

Lo stesso materiale è stato usato per la graffa EPAL, inserendo però 13,15 g come quantità in ingresso (il peso di una graffa), discorso analogo al precedente per calcolarne il trasporto.

Per le tavole e blocchetti è stato usato come materiale in ingresso l'output dell'unità di processo "segheria" usando come quantità 21,8 kg ovvero il peso di tavole e blocchetti in un pallet EPAL.

Per calcolare il combustibile utilizzato dai mezzi interni è stato scelto di utilizzare come mezzo "transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U" già presente nella banca dati di SimaPro. Avendo il consumo totale di combustibile aziendale e la produzione di pallet aziendale abbiamo calcolato il rapporto tra i

due dati ottenendo il combustibile utilizzato per la produzione di un pallet (Tab. 6.3).

Tabella 6.3: litri di combustibile utilizzato per pallet prodotto.

	gasolio (l)
azienda 1	5,45E-02
azienda 2	9,80E-03
azienda 3	6,90E-02
azienda 4	3,00E-02
azienda media	4,44E-02

Assumendo come densità del gasolio  $845 \text{ kg/m}^3$  si possono calcolare i kg di gasolio utilizzati. Sapendo che  $0,143 \text{ kg}$  di gasolio muovono il macchinario per  $1 \text{ km}$  con una semplice proporzione possiamo calcolare quanti km percorre il macchinario con i kg di gasolio dell'azienda. Moltiplicando poi il risultato per il peso di un singolo pallet,  $22,5 \text{ kg}$ , otteniamo i  $\text{kgkm}$ . La misura ottenuta è la distanza percorsa dal nostro mezzo, che trasporta un pallet, assumendo come input i litri di combustibile utilizzati per singolo pallet.

Per la segatura è stato usato il materiale "industrial residue wood, from planing, softwood, air dried,  $u=20\%$ , at plant/RER U", mentre per il cippato "wood chips, softwood, from industry,  $u=40\%$ , at plant/RER U", materiali già presenti nella banca dati di Sima Pro. Come quantità anche per essi è stata calcolata la produzione di cippato e segatura riferita a un singolo pallet prodotto e per il loro trasporto le  $\text{tkm}$  sono state calcolate analogamente ai casi precedenti. Questi due materiali sono da considerarsi prodotti evitati, cioè prodotti che verranno utilizzati come materie prime in altri processi costituendo quindi un guadagno in termini di  $\text{CO}_2$  emessa sia per l'ambiente che per l'azienda in esame.

Tabella 6.4: unità di processo “assemblaggio” per azienda media.

assemblaggio			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	21,8	kg
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffia EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	3,98	kgkm
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,189	tkm
trasporto chiodi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	0,166	tkm
trasporto chiodi in nave	transport, barge tanker/RER U	0,219	tkm
trasporto graffia EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	8,35	kgkm
trasporto graffia EPAL con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	8,09	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,063	tkm
trasporto cippato prodotto	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,144	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,029	tkm
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0287	kgkm
trasporto plastica	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0163	tkm
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0154	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet EPAL	pallet EPAL	1	P
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,00252	m <sup>3</sup>
cippato	wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,00576	m <sup>3</sup>
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U	2,87	g
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	0,29	kg
plastica	riciclo plastica	1,63	g
materiali metallici	scarto materiali metallici	1,54	g

Per gli RSU è stato usato “disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U”, per i pezzi di legno “disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U”, per la plastica “riciclo plastica” e per i materiali metallici “scarto materiali metallici”.

L’output riferito ai materiali metallici è stato creato modificando il materiale “steel, electric,un-and low-alloyed, at plant/RER/U” già presente nella banca dati di SimaPro, togliendo gli input materiali e rinominando l’unità “produzione acciaio da riciclo”. Questa unità produce 0,905 Kg di acciaio riciclato a partire da 1 kg di “scarto materiali metallici”, che è il nostro output di metalli dell’azienda.

Per l’output relativo alle materie plastiche da inviare a riciclo si è usata l’unità “riciclo plastica” modellata da noi. L’unità è formata dall’unità “impianto riciclaggio plastica”<sup>1</sup> che a partire da 1 kg di plastica da riciclare produce 0,236 kg di “polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER U” e 0,551 kg di “polypropylene, granulate, at plant/RER U” utilizzando 0,69 kWh di en. elettrica.

Per i calcolo delle tkm si è proceduto come nei casi precedenti.Nella tabella soprastante (Tab. 6.4) viene rappresentata l’unità di processo “assemblaggio” per l’azienda media.

### **6.1.3 Forno fitotrattamento**

Questa unità rappresenta il fitotrattamento dei pallet negli appositi forni (Tab. 6.5).

L’unità fornisce un pallet EPAL fitotrattato e ha come input un pallet EPAL non trattato, che è l’output dell’unità precedente, e i MJ necessari per il trattamento in forno.

---

<sup>1</sup> Locatelli, 2008

Tabella 6.5. unità di processo “forno fitotrattamento”

forno fitotrattamento				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet non trattati	assemblaggio pallet azienda con segheria media	1	P	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda con segheria media	1	P	

Questa unità rimane identica per tutte le aziende e per tutte e tre le diverse tipologie di produzione o riparazione, cambia solo il pallet in ingresso all'unità che sarà quello specifico di ogni azienda. Le specifiche del forno sono: 1000 kW, alimentazione a cippato.

I trattamenti durano in media 7 ore e devono portare la temperatura del centro del pallet a 57,5°C. Per calcolare i MJ necessari si è scelto di utilizzare come materiale di alimentazione del forno "cippato wood chips, from industry, softwood, burned in furnace 1000 kW/CH U" già presente nella banca dati di SimaPro, modificandolo togliendo sia il trasporto del materiale, sia l'en. elettrica necessaria in quanto già allocate nelle precedenti unità.

I MJ necessari al trattamento di un pallet sono stati facilmente calcolati e sono risultati pari a 0,81 MJ. Tutti i dati riportati nelle tabelle per l'azienda media sono la media pesata dei dati delle aziende intervistate del settore.

## 6.2 Unità di processo degli assemblatori

Per le aziende senza segheria, sono state create due unità di processo interconnesse tra loro: assemblaggio e forno di fitotrattamento (Fig. 6.2).

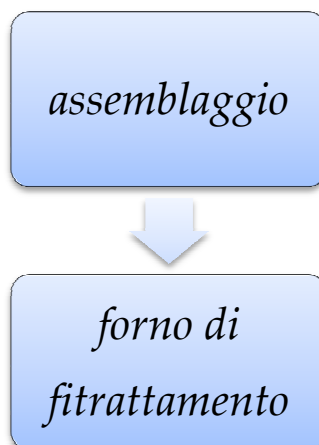


Figura 6.2: unità di processo degli assemblatori.

### 6.2.1 Assemblaggio

Questa unità di processo schematizza l'assemblaggio dei pallet fornendo come output un pallet EPAL, quindi tutti gli input e output saranno riferiti a un pallet EPAL di peso 22,5 kg.

Gli input materiali sono tavole, blocchetti, chiodi e graffa EPAL; come input energetici abbiamo l'en. elettrica consumata dall'azienda e il gasolio utilizzato per i mezzi interni aziendali; mentre per i trasporti sono considerati tutti i mezzi utilizzati per trasportare i materiali per l'assemblaggio all'azienda e tutti i mezzi per il trasporto degli output aziendali.

Come altri output oltre a un pallet EPAL l'unità produce segatura, pezzi di legno, plastica, RSU e materiali metallici.

Per le tavole in ingresso è stata utilizzato il materiale "sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U" già presente nella banca dati di SimaPro con quantità in ingresso di 0,2 m<sup>3</sup>. Questo valore è stato facilmente ricavato sapendo la densità del legno pari a 750 kg/m<sup>3</sup> e il peso delle tavole in un pallet EPAL pari a 15,05 kg. Per il trasporto dopo aver scelto il mezzo appropriato abbiamo calcolato le tkm moltiplicando la distanza percorsa per il carico trasportato, ovvero 15,05 kg di tavole.

Per i blocchetti è stato utilizzato il materiale "particle board,outdoor use, at plant/RER U" con quantità in ingresso 0,012 m<sup>3</sup>. Il valore è stato facilmente calcolato conoscendo il peso dei blocchetti in un pallet EPAL, pari a 6,75 kg e la densità dei blocchetti pari a 570 kg/m<sup>3</sup>. Per il calcolo delle tkm equivalenti abbiamo moltiplicato la distanza percorsa per il carico trasportato di 6,75 kg, dopo aver scelto l'apposito mezzo.

Per i chiodi è stato usato come materiale "steel, low-alloyed, at plant RER/U" utilizzando 0,7 kg come quantità, ovvero il peso dei chiodi in un pallet EPAL. Per il trasporto all'azienda abbiamo calcolato le tkm equivalenti moltiplicando i km percorsi dal mezzo per il carico trasportato di 0,7 k



Tabella 6.6: unità di processo “assemblaggio” per l’azienda media.

assemblaggio				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U	0,02	m <sup>3</sup>	
blocchetti	particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,012	m <sup>3</sup>	
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg	
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g	
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	4,92	kgkm	
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,66	kWh	
trasporto tavole con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	10,3	tkm	
trasporto tavole con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	0,645	tkm	
trasporto tavole in treno	transport, freight, rail/RER U	2,86	tkm	
trasporto blocchetti con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	4,17	tkm	
trasporto blocchetti con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	0,289	tkm	
trasporto blocchetti in treno	transport, freight, rail/RER U	0,964	tkm	
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,275	tkm	
trasporto chiodi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	0,03	tkm	
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	13,4	kgkm	
trasporto graffa EPAL con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	1,69	kgkm	
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0062	tkm	
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0355	tkm	
trasporto plastica	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,056	kgkm	
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,072	tkm	
	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0005	tkm	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p	
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,00256	m <sup>3</sup>	
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U	5,6	g	
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	0,71	kg	
plastica	riciclo plastica	3,6	g	
materiali metallici	scarto materiali metallici	0,01	g	

Per la graffa EPAL abbiamo usato “steel, low-alloyed, at plant RER/U” utilizzando come quantità 13,15 g, ovvero il peso di una graffa EPAL. Per il calcolo dei kgkm equivalenti abbiamo moltiplicato i km percorsi del mezzo per il carico trasportato.

Per l'en. elettrica abbiamo utilizzato “electricity, medium voltage, at grid/IT U” inserendo come quantità il rapporto fra l'energia totale utilizzata dall'azienda e i pallet totali prodotti trovando il valore di en. elettrica utilizzata per la produzione di un singolo pallet.

Per il calcolo del combustibile utilizzato dai mezzi interni all'azienda abbiamo seguito la stessa procedura delle aziende con segheria, utilizzando però i dati delle aziende senza segheria.

Per gli output abbiamo utilizzato “industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U” per la segatura, “disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U” per gli RSU, “disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U” per i pezzi di legno, “riciclo plastica” per la plastica e “scarto materiali metallici” per i metalli. Per il calcolo delle quantità inserite e delle tkm equivalenti trasportate abbiamo eseguito lo stesso procedimento delle aziende con segheria.

La tabella soprastante (Tab. 6.6) rappresenta l'unità di processo “assemblaggio” per l'azienda media.

L'unità di processo “forno fitotrattamento” è la stessa utilizzata per le aziende con segheria.

### 6.3 Unità di processo dei riparatori

Per i riparatori sono state utilizzate due unità di processo schematizzate nella figura sottostante (Fig. 6.3). L'unità di processo forno di fitotrattamento è identica a quella utilizzata per le aziende con segheria.

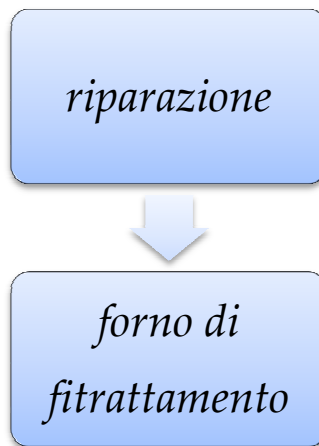


Figura 6.3: schema di processo dei riparatori.

#### 6.3.1 Riparazione

Questa unità fornisce un pallet EPAL riparato. Tra gli input abbiamo deciso di omettere il pallet da riparare in ingresso all'azienda per non calcolare ulteriormente gli impatti dovuti alla produzione del pallet e per calcolare gli impatti relativi solo al processo di riparazione. Il trasporto del pallet da riparare è però stato preso in considerazione.

Per questo processo abbiamo preso in considerazione come riparazione media effettuata su un pallet la sostituzione di una tavola, tre blocchetti e 0,09 kg di chiodi.

Tabella 6.7: unità di processo “riparazione” per l’azienda media.

riparazione			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	1,35	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	61,48	kgkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	1,55	tkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,367	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,390	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,204	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,119	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,147	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U	0,077	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,013	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,0108	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,842	kgkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,339	kgkm
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,070	tkm
trasporto pezzi di legno	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,135	tkm
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,72	kgkm
trasporto materiali metallici	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,69	kgkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,0028	m <sup>3</sup>
materiali metallici	scarto materiali metallici	69	g
RSU	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	72	g
pezzi di legno	Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	0,18	kg

Per le tavole in ingresso è stato usato il materiale "Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U" utilizzando come quantità 0,00136 m<sup>3</sup>. Questo valore è stato calcolato facilmente conoscendo il peso di una tavola, 1,023 kg, e la sua densità pari a 750 kg/m<sup>3</sup>.

Per i blocchetti è stato usato il materiale "Particle board, outdoor use, at plant/RER U", utilizzando come quantità 0,0039 m<sup>3</sup>. Questo valore è stato calcolato conoscendo il peso di tre blocchetti, 2,25 kg, e la loro densità pari a 570 kg/m<sup>3</sup>.

Per i chiodi è stato usato come materiale "steel, low-alloyed, at plant RER/U" utilizzando 0,09 kg come quantità, ovvero il peso dei chiodi utilizzati per riparare un pallet.

Per il chiodo di controllo, ovvero il chiodo che autentica la riparazione avvenuta seguendo la normativa EPAL, è stato usato come materiale "steel, low-alloyed, at plant RER/U" utilizzando 3 g come quantità, ovvero il peso del chiodo.

Per l'en. elettrica utilizzata abbiamo utilizzato lo stesso criterio delle unità precedenti dividendo il totale utilizzato dall'azienda per i pallet riparati ottenendo il valore di en. elettrica utilizzata per la riparazione di un singolo pallet.

Per il calcolo del combustibile utilizzato dai mezzi interni all'azienda abbiamo seguito la stessa procedura delle aziende con segheria.

Per gli output abbiamo utilizzato "Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U" per il cippato prodotto, "scarto materiali metallici" per i materiali metallici, "Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U" per gli RSU e "Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U" per i pezzi di legno. Per il calcolo delle tkm equivalenti trasportate e per le quantità inserite abbiamo seguito la stessa procedure delle unità precedenti. Nella tabella soprastante (Tab. 6.7) vediamo rappresentata l'unità di processo "riparazione" per l'azienda media.

# 7

## Analisi d’inventario (LCI): scenari di uso e fine vita

*In questo capitolo verranno presentati gli scenari adottati per l’uso e il fine vita del prodotto. Verranno presentate le ipotesi fatte per modellare il sistema in interscambio e il sistema senza interscambio, le problematiche riscontrate e i dati del settore.*

*Per lo scenario di fine vita sono state costruite 4 possibili ipotesi per il legno (recupero energetico, produzione di pannelli truciolari, produzione di pellet e smaltimento in discarica) e 2 possibili ipotesi per il ferro (riciclo e smaltimento in discarica).*

*Per ognuna di queste possibili ipotesi verranno presentate le problematiche riscontrate nella modellazione e i dati relativi al settore.*

## 7.1 Uso del pallet

Il pallet immesso sul mercato italiano prima di arrivare al suo fine vita compie una serie di movimentazioni e riparazioni che nel loro insieme vengono denominate vita del prodotto.

Secondo i dati forniti da Federlegno sul totale dei pallet immessi sul mercato italiano il 21% viene prodotto dalle aziende con segheria e il 79% viene prodotto dagli assemblatori.

Il pallet uscito dalle aziende produttrici viene comprato dalle grandi industrie di marca, esse inviano il pallet carico di prodotto alla grande distribuzione organizzata che a sua volta provvederà a smistarlo in tutti i punti vendita. Mentre il prodotto trasportato ferma il suo percorso al punto vendita, perché da lì poi verrà venduto ai consumatori e utilizzato da essi, il pallet non esaurisce la sua vita qui ma percorre a ritroso il percorso fino all'industria di marca dove verrà di nuovo utilizzato per trasportare altri prodotti.

Ogni pallet EPAL nella sua vita (Fig. 7.1) compie in media 6 movimentazioni, ovvero un viaggio tra gli utenti della filiera, poi viene riparato un prima volta, successivamente compie in media altre 6 movimentazioni e viene riparato una seconda volta e dopo le ultime 6 movimentazioni viene mandato a fine vita.

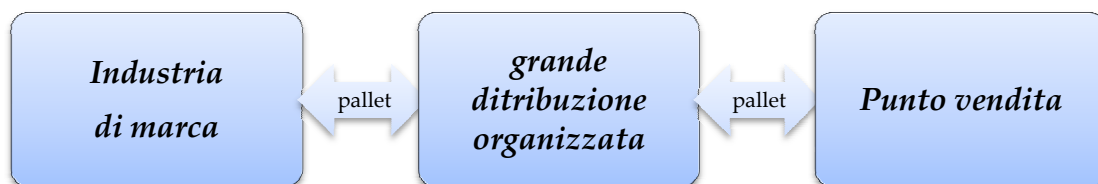


Figura 7.1: movimentazioni del pallet tra gli attori della filiera.

I due scenari di vita possibili del prodotto sono: sistema in interscambio e sistema senza interscambio; vediamoli ora in dettaglio.

### ***7.1.1 Sistema in interscambio***

Come già discusso nel capitolo 2 il sistema si propone di ottimizzare la gestione del parco pallet utilizzato cercando di minimizzare i viaggi a vuoto dei mezzi di trasporto e dei pallet stessi.

Per ogni pallet che viene consegnato verrà riconsegnato immediatamente al trasportatore un pallet dello stesso tipo preso tra quelli in giacenza all'azienda. In questo modo i viaggi di ritorno dei mezzi sono sempre a pieno carico e la gestione dei pallet risulta molto più semplice. Dal punto di vista ambientale, ottimizzando sia i trasporti che la gestione dei pallet, la CO<sub>2</sub> emessa dovrebbe risultare minore che con l'altro sistema ipotizzato.

Per schematizzare la vita del pallet con il sistema in interscambio in SimaPro abbiamo inserito delle distanze medie tra gli attori della filiera. Abbiamo stimato in 100 km la distanza media tra l'azienda produttrice e l'industria di marca; in 200 km la distanza media tra l'industria di marca e la grande distribuzione organizzata e in 50 km la distanza tra la grande distribuzione organizzata e il punto vendita.

Abbiamo stimato in due riparazioni e sei giri completi tra industria di marca e punto vendita la vita media di un pallet prima di essere inviato al fine vita.

Un pallet EPAL che viene utilizzato con il sistema in interscambio quindi percorre: 100 km dall'azienda produttrice all'industria di marca + 200 km \* 6 dall'azienda di marca alla grande distribuzione organizzata + 50 km \* 6 dalla grande distribuzione organizzata al punto vendita + 50 km \* 6 dal punto vendita alla grande distribuzione organizzata + 200 km \* 6 dalla grande distribuzione organizzata all'industria di marca.

Per schematizzare queste movimentazioni e calcolarne le relative emissioni abbiamo utilizzato l'unità "trasporto pallet" da noi creata. L'unità è stata creata in modo da trasportare con il mezzo "transport, lorry, 16-32 t, EURO 4/RER U" un pallet EPAL per i km che percorre mediamente un pallet nella sua vita.



In questa unità il pallet trasportato viene diviso in due parti: 0,21 è il pallet EPAL prodotto dall'azienda con segheria media e 0,79 è il pallet EPAL prodotto dall'azienda senza segheria media utilizzando blocchetti in agglomerato, unità di processo di cui abbiamo parlato nel capitolo precedente, in questo modo teniamo conto nel nostro modello di vita della fase di produzione del pallet.

Questi dati relativi al trasporto sono stati divisi in tre trasporti diversi: il primo da azienda produttrice a IDM, il secondo da IDM a GDO e il terzo da GDO a punto vendita; e successivamente racchiusi in un'unica unità di processo chiamata "pallet uso interscambio" (Tab. 7.1).

Tabella 7.1: schema del modello in interscambio in SimaPro.

pallet uso no interscambio			
material/fuels	quantità	unità di misura	
trasporto pallet	100	km	trasporto da produttore a IDM
trasporto pallet	2400	km	trasporto da IDM a GDO, andata e rit per 6 viaggi
trasporto pallet	600	km	trasporto da GDO a punto vendita, andata e rit per 6 viaggi

Per completare il modello di vita del pallet oltre alla movimentazione abbiamo tenuto conto anche delle due riparazioni che mediamente un pallet EPAL subisce nel corso della sua vita. Abbiamo quindi inserito due volte l'unità di processo "riparazione azienda media" e due volte l'unità "forno fitotrattamento pallet" e inserito tutto nell'unità "vita pallet EPAL interscambio" (Tab. 7.2).

Tabella 7.2: modello in SimaPro del pallet in interscambio.

vita pallet epal interscambio		
Materials/Assemblies	quantità	unità di misura
riparazione azienda media	1	p
riparazione azienda media	1	p
legno da pallet	21,8	kg
ferro da pallet	0,7	kg
Processes	quantità	unità di misura
pallet uso interscambio	1	p
forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ

### **7.1.2 Sistema senza interscambio**

Il sistema senza interscambio differisce dal precedente per la gestione dei pallet. In questo caso il trasportatore consegnato il pallet non riceve nessun pallet in cambio, ma è costretto a tornare alla sua azienda a vuoto; il trasportatore tornerà poi in seguito per riprendere il pallet compiendo così due viaggi a vuoto creando un danno notevole all'ambiente per le emissioni prodotte.

Per modellare questo sistema abbiamo ipotizzato come prima soluzione di aggiungere al modello precedente descritto i km percorsi dal mezzo di trasporto "a vuoto". Quindi le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta si sarebbero sommate a quelle normalmente prodotte dalle movimentazioni del pallet.

I risultati ottenuti seppur giusti nella logica non sono confrontabili con la nostra unità funzionale, un pallet EPAL. Questo perché un mezzo di trasporto produce sempre le stesse emissioni "a vuoto" e qualunque sia l'unità funzionale utilizzata lui produrrà sempre "a vuoto" lo stesso quantitativo di CO<sub>2</sub> equivalente. Le emissioni del mezzo "carico" variano in funzione dell'unità funzionale scelta, nel nostro caso un pallet EPAL, e sono quindi quote molto basse di CO<sub>2</sub> equivalente. I due valori seppur giusti nella logica risultano non confrontabili tra di loro perché troppo diversi.

Abbiamo quindi pensato, come seconda soluzione, di aggiungere ai viaggi "a vuoto" del mezzo un carico trasportato fittizio del valore di 22,5 kg per poter rendere confrontabili fra loro i risultati. In questo modo le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente dei viaggi "carico" e "a vuoto" risultano tra loro confrontabili. Per la modellizzazione dell'unità "pallet uso no interscambio" abbiamo eseguito gli stessi passaggi del modello precedente aggiungendo però i viaggi "a vuoto" percorsi dal camion tra gli utenti della filiera. Nella tabella sottostante (Tab. 7.3) possiamo notare i viaggi "carico" e "a vuoto" schematizzati.

Tabella 7.3: schema del modello senza interscambio in SimaPro.

pallet uso no interscambio			
material/fuels	quantità	unità di misura	
trasporto pallet	100	km	trasporto da produttore a IDM
trasporto pallet	2400	km	trasporto da IDM a GDO, andata e rit per 2 viaggi
trasporto pallet	600	km	trasporto da GDO a punto vendita, andata e rit per 2 viaggi
trasporto pallet	2400	km	percorso effettuato dal camion con unità fittizia tra IDM e GDO
trasporto pallet	600	km	percorso effettuato dal camion con unità fittizia tra GDO e punto vendita

La modellazione del sistema è proseguita come nel caso precedente aggiungendo anche in questo caso le due riparazioni e i due trattamenti fitosanitari in forno, inseriti nell'unità "vita pallet EPAL no interscambio" (Tab. 7.4).

Tabella 7.4: modello in SimaPro del pallet non in interscambio.

vita pallet epal no interscambio		
Materials/Assemblies	quantità	unità di misura
riparazione azienda media	1	P
riparazione azienda media	1	P
legno da pallet	21,8	kg
ferro da pallet	0,7	kg
Processes	quantità	unità di misura
pallet uso no interscambio	1	P
forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ

## 7.2 Fine vita del pallet

Lo scenario di fine vita è molto importante nella logica LCA perché spiega come viene smaltito il prodotto una volta che non è più utilizzabile o riparabile.

Il pallet EPAL è composto per il 97% da legno e per il restante 3% da materiali metallici. Per entrambi questi materiali abbiamo modellato i diversi possibili scenari di fine vita sulla base dei dati fornitici da Rilegno.

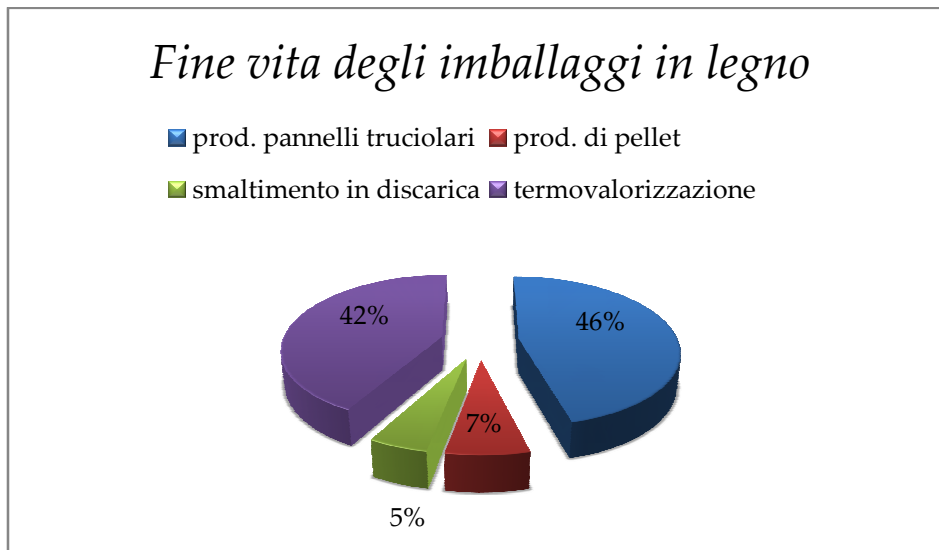


Figura 7.2: fine vita degli imballaggi in legno in Italia.

Come si può vedere dal grafico (Fig. 7.2) il 53% degli imballaggi in legno viene riciclata, di essi la stragrande maggioranza, il 46% sul totale viene inviata a produrre pannelli truciolati. Degli imballaggi non riciclati il 42% viene inviato a recupero energetico tramite termovalorizzatore e solo il 5% è portato a smaltire in discarica.

In SimaPro non è possibile gestire separatamente il fine vita del legno e dei materiali metallici perché il programma supporta un solo scenario di fine vita. Per ovviare a questo problema negli scenari di vita precedenti abbiamo suddiviso il pallet nei suoi quantitativi di legno (21,8 kg) e materiali metallici (0,7 kg) e lo scenario di fine vita chiamato "pallet" in due scenari secondari uno per il legno e uno per i materiali metallici.

Vediamoli ora in dettaglio.

### 7.2.1 Fine vita del legno

Il legno arrivato a fine vita ha quattro possibili scenari:

- Smaltimento in discarica
- Recupero energetico tramite termovalorizzatore

- Produzione di pannelli truciolati
- Produzione di pellet

Il primo è sicuramente quello meno probabile, anche se una piccola parte verrà sicuramente inviata in discarica. Il primo scenario è stato simulato con il materiale “Disposal, wood untreated, 20% water, to sanitary landfill/CH U” già presente nella banca dati di SimaPro.

Per il secondo scenario abbiamo utilizzato “Inceneritore legno” da noi modellato per valorizzare il pallet bruciato. Il nostro modello è un inceneritore che ha come prodotti evitati per 1 kg di legno bruciato: 0,67 kWh di en. elettrica e 2 kWh di calore.

Per il terzo scenario abbiamo utilizzato “produzione di pannelli truciolati” creato utilizzando il materiale “particle board, outdoor use, at plant/RER U”, già presente nella banca dati del programma, modificato togliendo i materiali legnosi presenti nell’unità perché nel nostro caso è il pallet arrivato a fine vita a costituire l’input materiale per formare i pannelli truciolati.

Per l’ultimo scenario abbiamo utilizzato “produzione di pellet” creato utilizzando “Wood pellets, u=10%, at storehouse/RER U”, modificato come nello scenario precedente.

Per inserire la giusta percentuale del pallet destinato a ogni diverso scenario ci siamo basati sui dati del fine vita degli imballaggi in legno fornitoci da Rilegno.

Nella tabella sottostante (Tab. 7.5) possiamo vedere la schematizzazione del fine vita del legno utilizzata in SimaPro.

Tabella 7.5: fine vita del legno in SimaPro.

Waste scenario			
legno pallet	1	kg	
Separated waste	categoria	%	
Disposal, wood untreated, 20% water, to sanitary landfill/CH U	Wood	5	discarica
inceneritore legno	Wood	42	termovalorizzazione
produzione di pellet	Wood	7	prod. di pellet
produzione di pannelli truciolari	Wood	46	prod. di pannelli truciolari

### 7.2.2 Fine vita dei materiali metallici

Gli scenari di fine vita possibili per i materiali metallici sono:

- Riciclo
- Smaltimento in discarica

Per il primo scenario è stata utilizzata l'unità "riciclo materiali metallici", da noi creata modificando "steel, electric, un-and-low-alloyed, at plant/RER U ", togliendo i materiali in ingresso perché nel nostro caso è il ferro del pallet arrivato a fine vita a costituire l'input per la produzione di materiali metallici riciclati.

Per il secondo scenario invece è stato utilizzato il materiale " Disposal, steel, 0% water, to inert material landfill/CH U" già presente nella banca dati del programma.

Nella tabella sottostante (Tab. 7.6) possiamo vedere la schematizzazione del fine vita per i materiali metallici utilizzata in SimaPro.

Tabella 7.6: fine vita dei materiali metallici in SimaPro.

Waste scenario		
ferro pallet	1	kg
Separated waste	categoria	%
riciclo materiali metallici	Ferro metals	60
Disposal, steel, 0% water, to inert material landfill/CH U	Ferro metals	40

# 8

## Analisi degli impatti (LCIA)

*Questo capitolo affronta la terza parte della LCA, l'analisi degli impatti (LCIA).*

*I risultati verranno analizzati dapprima sulla fase di produzione e riparazione del pallet proponendo un confronto fra le aziende del settore. Verranno proposte le emissioni delle tre aziende medie e un confronto fra i due metodi di produzione ovvero azienda con segheria media e assemblatore medio.*

*Successivamente verranno confrontati i due sistemi di uso del pallet, in interscambio e senza interscambio, e verrà proposto un confronto sulla vita del pallet nei due diversi scenari.*

*Come seconda analisi verranno proposti gli impatti ambientali secondo le 11 categorie di impatto e le 3 macrocategorie di danno della vita del pallet in interscambio e della vita del pallet non in interscambio.*

*Come ultima analisi calcoleremo l'impatto ambientale del processo produttivo confrontando tra loro l'azienda con segheria media e l'assemblatore medio.*

## **8.1 Metodologia utilizzata**

I risultati sono presentati con l'ausilio dei dati ricavati dal programma SimaPro, in particolare verranno presentati grafici e tabelle relativi agli impatti dei singoli processi o dei processi aggregati.

Come prima analisi verrà proposto un confronto fra le aziende intervistate di ogni settore in relazione all'azienda media. Con il metodo IPCC2007:GWP 100 verranno confrontate le emissioni delle aziende con segheria, degli assemblatori e dei riparatori rispetto alle emissioni dell'azienda media del settore.

Per ogni settore verranno presentate le emissioni delle unità di processo riferite all'azienda media.

Sempre utilizzando lo stesso indicatore verrà presentato un confronto tra i metodi di produzione, ovvero l'azienda con segheria media e l'assemblatore medio e successivamente dopo aver presentato e analizzato gli scenari di uso e fine vita verrà proposto un confronto tra la vita del pallet in interscambio e la vita del pallet non in interscambio.

Visto che il materiale del nostro LCA è il legno ridurre l'analisi degli impatti ambientali alle sole emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente è riduttivo, quindi verranno analizzate la vita del pallet in interscambio e la vita del pallet non in interscambio con l'indicatore Eco-Indicator 99 H.

I risultati verranno presentati secondo le 11 categorie di impatto e con le 3 macrocategorie di danno e successivamente verrà presentato un confronto tra i due diversi scenari di vita e tra i due diversi metodi di produzione: azienda con segheria media e assemblatore medio.



## 8.2 Produzione di pallet da aziende con segheria

Il processo di produzione del pallet da aziende con segheria è già stato discusso nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutti i dati si riferiscono ad un pallet prodotto e a blocchetti in legno massello. Gli impatti ambientali sono ricavati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

### 8.2.1 Confronto fra aziende del settore

Abbiamo ottenuto i valori puntuali di CO<sub>2</sub> equivalente emessi, per la produzione di un singolo pallet, da ogni azienda del settore intervistata (Tab. 8.1).

Tabella 8.1: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. delle aziende con segheria.

	azienda media	azienda 1	azienda 2	azienda 3	azienda 4
kg CO <sub>2</sub> eq	-13,94	-17,15	-14,50	-17,27	-11,55

Possiamo subito notare come i valori trovati siano tutti negativi. Questo è dovuto al metodo utilizzato per il computo della CO<sub>2</sub> biologica del legno, che assegna al legno e ai suoi prodotti un credito (valore negativo) di CO<sub>2</sub>. Il metodo assegna un valore negativo alla CO<sub>2</sub> che la pianta immagazzina al suo interno nella fase di crescita e che verrà rilasciata solo quando il prodotto arriverà al suo fine vita; questo valore verrà sommato alle emissioni prodotte dalle successive fasi di lavorazione, trasporto e uso. Tutte le emissioni negative di CO<sub>2</sub> eq. sono da considerare un vantaggio dal punto di vista ambientale.

Come vediamo dal grafico sottostante (Fig. 8.1) tutte le aziende del settore hanno emissioni molto simili. L'azienda 4 è l'unica che ha un'emissione al di

sotto della media e quindi è la peggiore dal punto di vista dell’impatto ambientale.

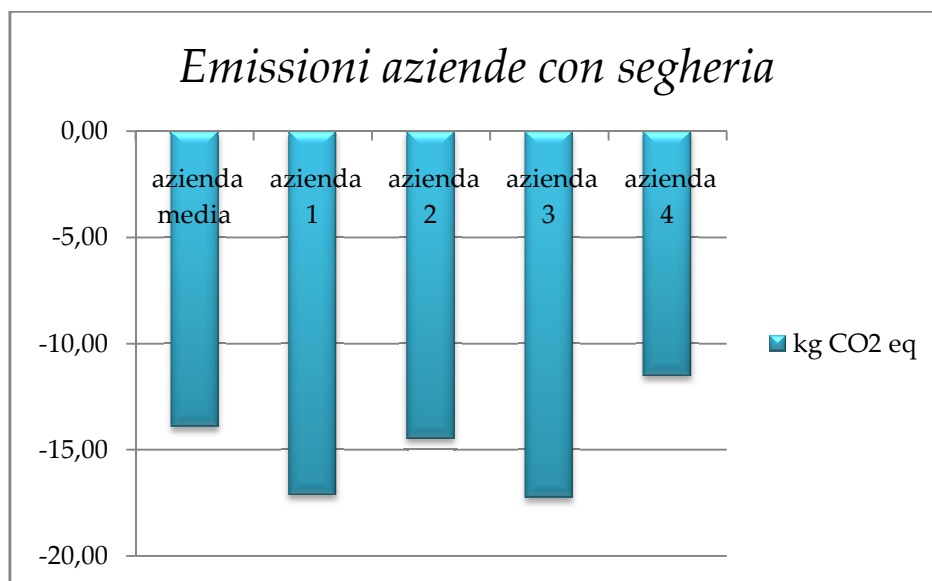


Figura 8.1: kg di CO<sub>2</sub> eq. emessi dalle aziende con segheria.

Questi valori puntuali sono ottenuti sommando le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente delle diverse unità di processo delle singole aziende. In questo calcolo è stata omessa l’unità di processo “forno fitotrattamento” in quanto è identica per tutte le aziende e produce solamente 97,6 g di CO<sub>2</sub> eq. per pallet trattato.

Vediamo ora in dettaglio l’incidenza delle unità di processo “segheria” e “assemblaggio” per l’azienda media.

### 8.2.2 “Segheria”

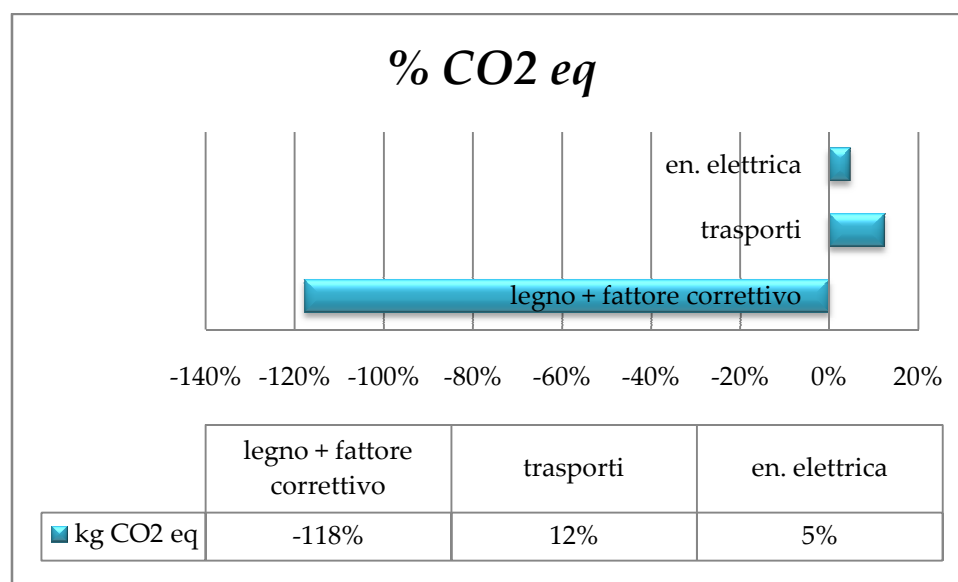
L’emissione complessiva di kg di CO<sub>2</sub> eq. dell’unità è causata da tre diverse categorie (Tab.8.2):

- Legno + fattore correttivo.
- Trasporti.
- En. elettrica.

Tabella 8.2: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. per l'unità di processo "segheria".

	Total	legno + fattore correttivo	trasporti	en. elettrica
kg CO <sub>2</sub> eq	-19,51	-22,98	2,44	0,94

Le emissioni presenti nella tabella soprastante (Tab. 8.2) sono calcolate per una produzione di tavole e blocchetti di 21,8 kg, ovvero la quantità di legno presente in un pallet. Possiamo subito notare come il credito di CO<sub>2</sub> del legno sia mitigato leggermente dalle emissioni prodotte dai trasporti e dall'utilizzo di energia elettrica.

Figura 8.2: ripartizione dei kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'unità "segheria".

Dal grafico soprastante (Fig. 8.2) possiamo notare come il -118% dei kg di CO<sub>2</sub> "prodotta" siano dovuti alla CO<sub>2</sub> biologica intrappolata nel legno; il numero è maggiore del 100% perché è CO<sub>2</sub> biologica intrappolata nel legno e quindi tolta all'ambiente e negativo perché è un vantaggio per l'ambiente. I trasporti e l'energia elettrica incidono solo per il 17% del totale e rispettivamente per il 12% i trasporti e per il 5% l'utilizzo di energia elettrica. I numeri sono positivi in quanto dannosi per l'ambiente.

### 8.2.3 “assemblaggio”

L'emissione complessiva di kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'unità è causata dalle seguenti categorie:

- Materiali.
- Trasporto dei materiali.
- Trasporto dei rifiuti.
- Utilizzo dei mezzi interni aziendali.
- Sottoprodotti.
- Rifiuti.

Tabella 8.3: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. per l'unità di processo “assemblaggio”.

			kg CO <sub>2</sub> eq			
<b>Total</b>	<b>materiali</b>	<b>trasporto materiali</b>	<b>trasporto rifiuti</b>	<b>utilizzo mezzi inetrni</b>	<b>sottoprodotti</b>	<b>rifiuti</b>
-13,94	-18,254	0,069	0,040	0,003	3,777	0,430

Nella tabella soprastante (Tab. 8.3) sono rappresentate le emissioni puntuali per singolo pallet prodotto. Le emissioni prodotte dai materiali comprendono le emissioni prodotte dalle tavole + blocchetti in entrata prodotti dall'unità segheria, dai chiodi e dalla graffa EPAL; le emissioni di trasporto materiali è la somma di tutti i trasporti per portare i materiali all'azienda; le emissioni dei rifiuti sono la somma delle emissioni di RSU, materiali metallici, plastica e pezzi di legno; le emissioni dei sottoprodotti sono la somma dei valori emessi da segatura e cippato; le emissioni di trasporto rifiuti sono la somma delle emissioni dei trasporti dei rifiuti e dei sottoprodotti.

Il valore di emissione negativo dei materiali è dovuto alla CO<sub>2</sub> immagazzinata del legno -19,51 + 1,25 che è il valore di CO<sub>2</sub> equivalente emesso dalla produzione dei chiodi e della graffa EPAL.

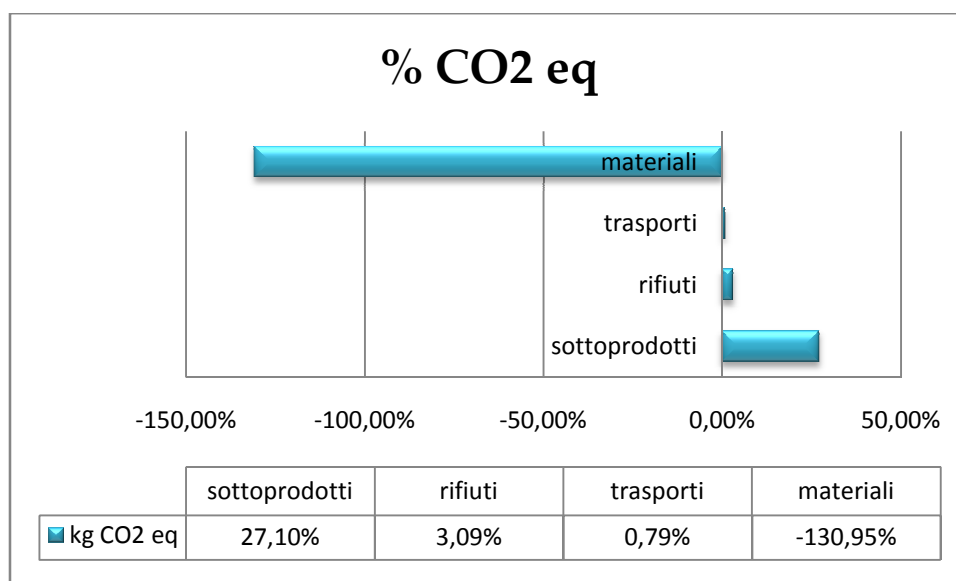


Figura 8.3: ripartizione dei kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'unità "assemblaggio".

Dalla figura soprastante (Fig. 8.3) notiamo subito come il -130,95% delle emissioni derivi dai materiali, il 27,10% delle emissioni è causa dei sottoprodotti, mentre solo il 3,09% dai rifiuti e lo 0,79% dai trasporti che comprende sia il trasporto dei rifiuti e dei sottoprodotti che quello relativo ai mezzi interni aziendali.

L'incidenza molto bassa dei trasporti è dovuta al fatto che in questa unità sono allocati solo i trasporti relativi ai rifiuti e ai chiodi, mentre la maggior parte delle emissioni relative ai trasporti, quelle relative al legno, sono allocate nell'unità precedente. L'en. elettrica non è presente in questa unità in quanto è allocata tutta nella precedente unità.

Per poter meglio verificare l'incidenza di ogni categoria sulle emissioni totali dell'azienda media dobbiamo unire le due unità di processo e calcolare nuovamente le % di CO<sub>2</sub> eq.

Nella figura sottostante (Fig. 8.4) possiamo vedere le % di CO<sub>2</sub> eq. prodotta dalle diverse categorie dell'azienda con segheria media.

I dati sono sempre riferiti ad un pallet prodotto.

Com'era facilmente prevedibile i materiali "producono" la maggior parte delle emissioni, addirittura il -155,93% del totale, e di queste la maggior parte è la CO<sub>2</sub> biologica del legno che è la responsabile del valore negativo totale.

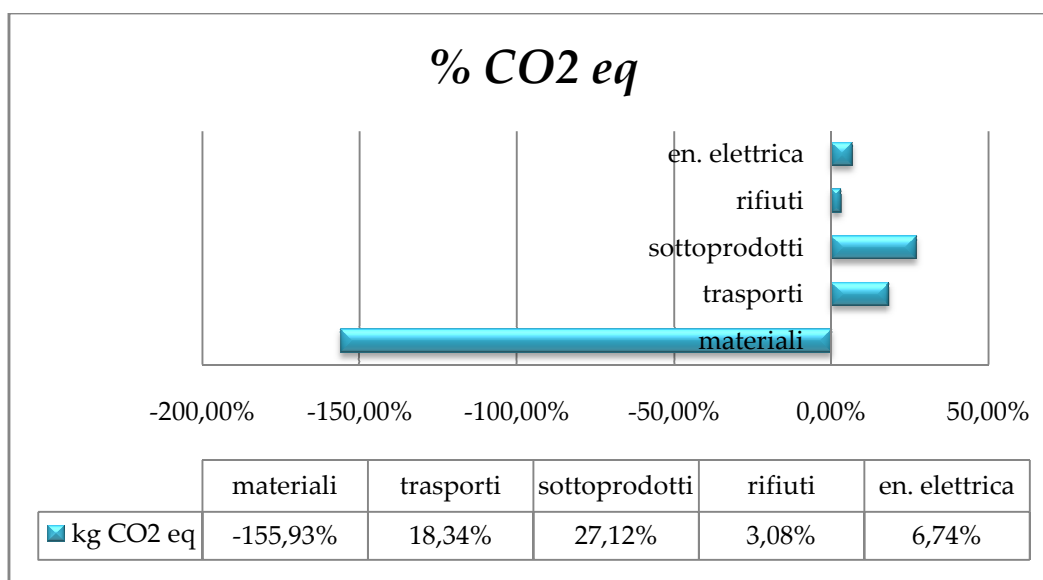


Figura 8.4: ripartizione dei kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'azienda con segheria media.

L'energia elettrica incide molto poco sulle emissioni aziendali, solo il 6,74% del totale, e i rifiuti incidono ancora meno, solo il 3,08%.

Un dato importante è il 27,12% di emissioni dovute ai sottoprodotti del processo, ovvero segatura e cippato.

I trasporti contribuiscono alle emissioni totali con il 18,34%, un dato da tenere in considerazione in quanto la scelta di un opportuno mezzo e di un percorso più breve porterebbe sicuramente a emissioni minori e quindi a un beneficio sia per l'ambiente che per l'azienda.

Nella tabella sottostante riportiamo i valori delle emissioni di CO<sub>2</sub> per l'azienda con segheria media.

Tabella 8.4: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. dell'azienda con segheria media.

kg CO <sub>2</sub> eq					
Total	materiali	trasporti	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica
-13,94	-21,73	2,56	3,78	0,43	0,94

### 8.3 Produzione di pallet da aziende senza segheria

Il processo di produzione del pallet da aziende con segheria è già stato discusso nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutti i dati si riferiscono ad un pallet prodotto. Gli impatti ambientali sono calcolati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

#### 8.3.1 Confronto fra aziende del settore

Usando l'indicatore IPCC2007: GWP 100 abbiamo ottenuto i valori puntuali di CO<sub>2</sub> equivalente emessi, per la produzione di un singolo pallet, da ogni azienda del settore intervistata (Tab. 8.5).

Tabella 8.5: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. degli assemblatori.

kg CO <sub>2</sub> eq							
	azienda 1	azienda 2	azienda 3	azienda 4	azienda 5	azienda 6	azienda 7
azienda media	-6,13	-19,54	-19,64	-4,49	-21,25	-22,18	-22,96

Anche i valori trovati per queste aziende sono tutti negativi, merito della CO<sub>2</sub> biologica del legno. La media del settore è fortemente influenzata dai valori dell'azienda 1 e 4. Tutte le altre aziende hanno valori molto simili e tutti appena superiori alla media del settore.

Dal grafico sottostante (Fig. 8.4) notiamo subito come l'azienda media abbia emissioni paragonabili alle emissioni di tutte le aziende tranne quelle dell'azienda 1 e dell'azienda 4.

Queste aziende sono le peggiori dal punto di vista ambientale. Questo risultato di CO<sub>2</sub> emessa così diverso dalla media è dovuto all'utilizzo di quantitativi

energetici di molto superiori a quelli necessari per il processo di produzione e ai trasporti che utilizzano mezzi troppo inquinanti e percorrono troppa distanza.

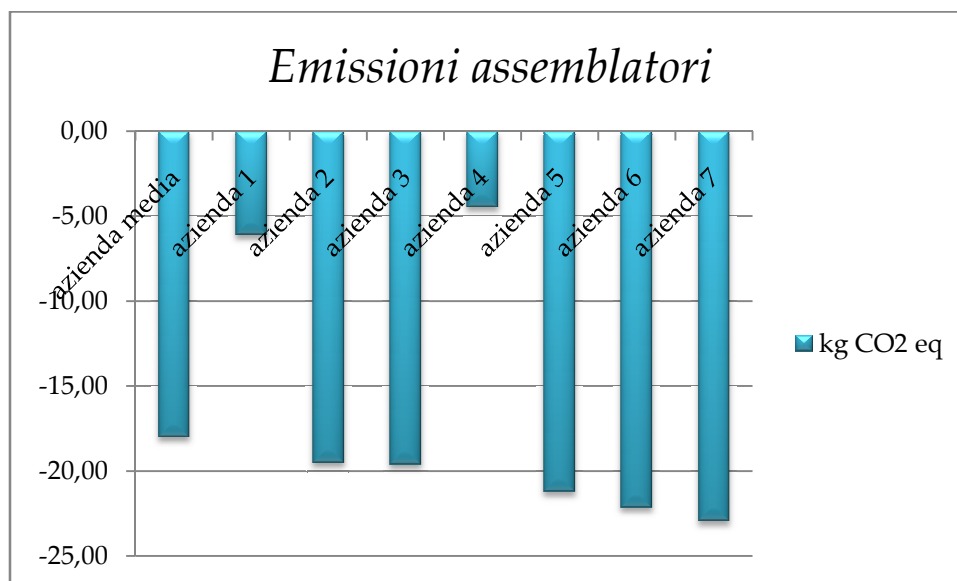


Figura 8.5: kg di CO<sub>2</sub> eq. emessi dagli assemblatori.

Questi valori puntuali sono ottenuti sommando le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente delle diverse unità di processo delle singole aziende. In questo calcolo è stata omessa l'unità di processo "forno fitotrattamento" in quanto è identica per tutte le aziende e produce solamente 97,6 g di CO<sub>2</sub> eq. per pallet trattato.

Come vedremo in seguito l'utilizzo di blocchetti in agglomerato o in legno massello per la costruzione del pallet assume una certa rilevanza ai fini dell'impatto ambientale. Le aziende del settore preferiscono utilizzare, per motivi economici, blocchetti in agglomerato per la costruzione dei pallet, ma per poter meglio confrontare le differenti emissioni abbiamo suddiviso l'azienda con segheria media in due tipologie: tipologia A che utilizza blocchetti in agglomerato (la quasi totalità delle aziende del settore) e tipologia B che utilizza blocchetti in legno massello.

Vediamo ora in dettaglio l'unità di processo "assemblaggio" per l'azienda senza segheria media nelle due diverse tipologie.



### 8.3.2 Tipologia A: blocchetti in agglomerato

L'emissione complessiva di kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'unità è causata dalle seguenti categorie:

- Materiali.
- Trasporto dei materiali.
- Trasporto dei rifiuti.
- Utilizzo dei mezzi interni aziendali.
- Sottoprodotti.
- Rifiuti.

Tabella 8.6: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. per la tipologia A.

kg CO <sub>2</sub> eq	Total						
	-18,03						
materiali	trasporto materiali	trasporto rifiuti	utilizzo mezzi inetrni	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica	
-24,31	2,59	0,19	0,0032	2,07	1,05	0,38	

Nella tabella soprastante (Tab. 8.6) sono rappresentate le emissioni puntuali delle diverse categoria per singolo pallet prodotto.

Le emissioni prodotte dai materiali comprendono le emissioni prodotte dalle tavole, dai blocchetti, dai chiodi e dalla graffa EPAL; le emissioni di trasporto materiali è la somma di tutti i trasporti per portare i materiali all'azienda; le emissioni dei rifiuti sono la somma delle emissioni di RSU, materiali metallici, plastica e pezzi di legno; le emissioni dei sottoprodotti la somma dei valori emessi da segatura e cippato e le emissioni di trasporto rifiuti sono la somma delle emissioni dei trasporti dei rifiuti e dei sottoprodotti.

Il valore di emissione negativo dei materiali è dovuto alla CO<sub>2</sub> immagazzinata nel legno di tavole e blocchetti, rispettivamente -15,35 e -10,21, che sommati danno -25,36, più 1,25 che è il valore di CO<sub>2</sub> equivalente emesso dalla produzione dei chiodi e della graffa EPAL.

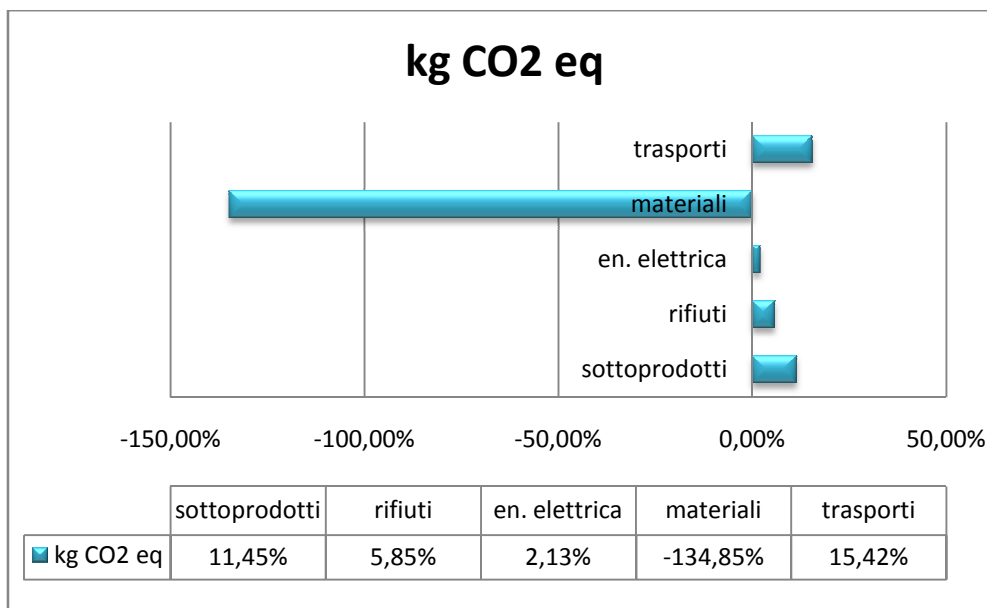


Figura 8.6: ripartizione dei kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'azienda senza segheria media tipologia A.

Dal grafico soprastante (Fig. 8.6) notiamo come i materiali “producano” il -134,85% delle emissioni del processo, questo valore è dovuto per la maggior parte alla CO<sub>2</sub> biologica immagazzinata in tavole e blocchetti ed è quindi un valore negativo e un guadagno per l'ambiente. I trasporti hanno una fase consistente di emissioni nel processo arrivando al 15,42% del totale. I sottoprodotti contribuiscono per il 11,45% e i rifiuti solo per il 5,85%.

Notiamo come l'en. elettrica produca un contributo quasi del tutto trascurabile, solo il 2,13% sul totale prodotto dall'azienda.

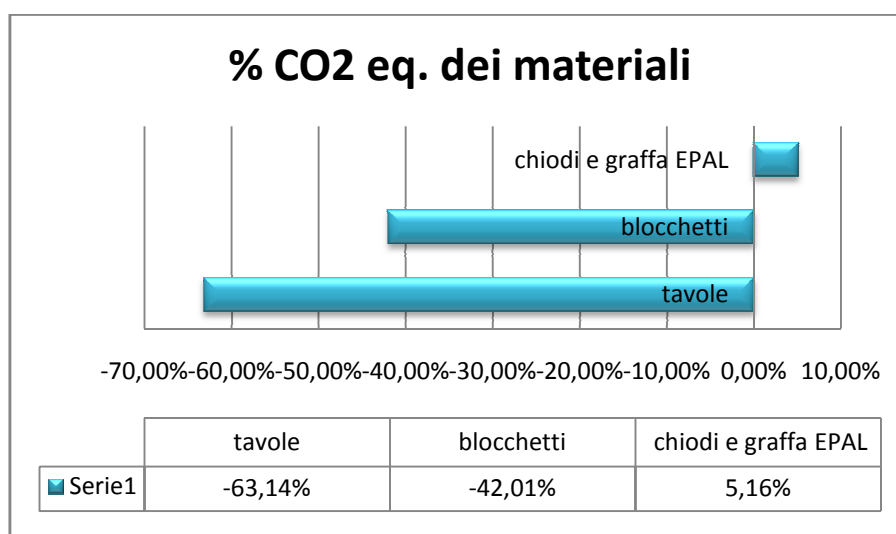


Figura 8.7: ripartizione delle emissioni di CO<sub>2</sub> eq. per i materiali.

Come possiamo vedere dalla figura soprastante (Fig. 8.7) il -63,14% della CO<sub>2</sub> prodotta dai materiali è quella immagazzinata nelle tavole, mentre il -42,01% è immagazzinata nei blocchetti, solo il 5,16% è quella prodotta da chiodi e graffa EPAL.

### 8.3.3 Tipologia B: blocchetti in legno massello

Dalla tipologia precedente cambia solamente il dato di emissione legato ai materiali; in questo caso tavole e blocchetti sono fatti dello stesso materiale, il legno.

In questa tipologia le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente dei materiali sono: -21,01 kg ottenute dalla somma delle emissioni dei singoli materiali. Per le tavole abbiamo lo stesso valore dei casi precedenti di -15,35 kg, per i blocchetti abbiamo -6,91 kg, per chiodi e graffa EPAL 1,25 kg.

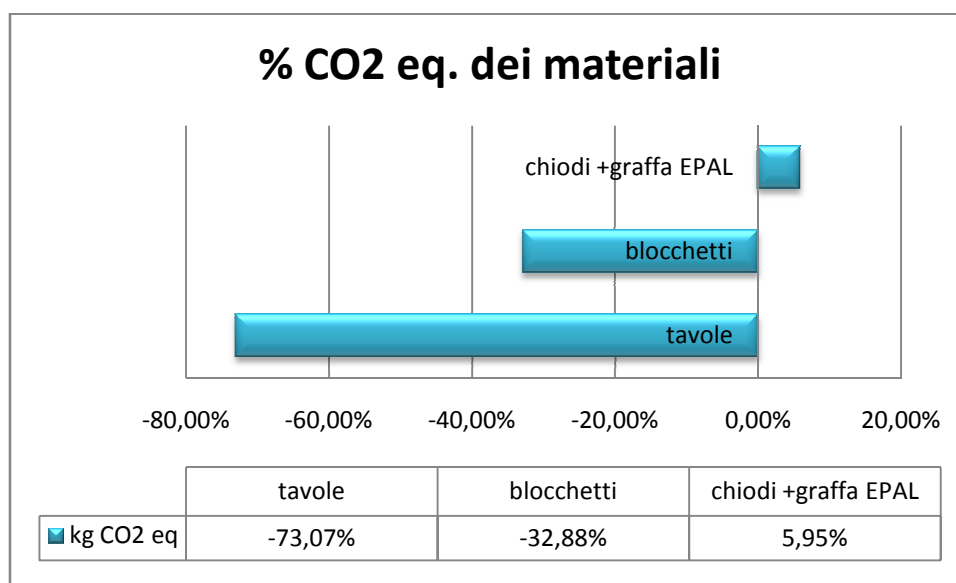


Figura 8.8: ripartizione delle emissioni di CO<sub>2</sub> eq. per i materiali.

Dal grafico soprastante (Fig. 8.8) possiamo notare come in questa tipologia la percentuale di CO<sub>2</sub> emessa dalle tavole sia maggiore di dieci punti percentuali rispetto alla tipologia precedente, e conseguentemente la percentuale di CO<sub>2</sub>

emessa dai blocchetti è scesa di dieci punti percentuali. Questa differenza è molto importante ed è facilmente visualizzabile dalla tabella sottostante (Tab. 8.7).

Tabella 8.7: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. per la tipologia B.

kg CO2 eq	Total						
	-14,72						
materiali	trasporto materiali	trasporto rifiuti	utilizzo mezzi inetrni	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica	
-21,01	2,59	0,19	0,0032	2,07	1,05	0,38	

Notiamo subito come il dato di emissioni totali del processo della tipologia B sia diverso dalla precedente tipologia. Questo è dovuto alle diverse emissioni dei materiali, e nello specifico dei blocchetti utilizzati, perché tutte le altre emissioni non variano se viene cambiata la tipologia utilizzata.

#### 8.4 Confronto fra i metodi di produzione

Risulta molto utile confrontare i tre diversi metodi di produzione per mettere in risalto le analogie e le differenze in termini di impatto ambientale.

I dati puntuali di impatto dell'azienda con segheria media e dell'assemblatore medio con le sue due diverse tipologie sono riassunti nella seguente tabella (Tab. 8.8).

Tabella 8.8: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. dei tre differenti processi produttivi.

kg CO2 eq		
azienda con segheria media	assemblatore medio tipologia A	assemblatore medio tipologia B
-13,94	-18,03	-14,72

Confrontando il dato puntuale dell'azienda con segheria media con quello dell'assemblatore medio tipologia B notiamo che sono quasi identici. La discrepanza fra i due valori si trova confrontando i valori riportati in tabella 8.4 e 8.7.

Le emissioni relative ai materiali sono le stesse in entrambe le tipologie, anche le emissioni relative ai trasporti sono pressoché identiche nelle due tipologie.

La differenza è spiegabile dai valori più alti di emissione che ha l'azienda con segheria media per l'utilizzo di en. elettrica, infatti la discrepanza tra i valori è tale da favorire, dal punto di vista ambientale, la produzione di pallet degli assemblatori. L'unità "segheria" fa uso di en. elettrica proveniente dal mix energetico italiano, che è sfavorevole dal punto di vista ambientale rispetto al mix energetico europeo utilizzato da SimaPro 7.1 per il taglio di tavole e blocchetti che verranno successivamente utilizzati per l'assemblaggio dei pallet nelle aziende senza segheria.

La differenza tra i valori delle due tipologie di assemblatori invece è da ricercare nei valori riportati nelle tabelle 8.6 e 8.7. I valori sono identici tranne il dato di emissione relativo ai materiali, e nello specifico è tutto identico tranne che la voce relativa alle emissioni dei blocchetti. Nel caso della tipologia A abbiamo -10,21 kg di CO<sub>2</sub> eq. emessa dai blocchetti e nel caso della tipologia B -6,91 kg di CO<sub>2</sub> emessa dai blocchetti.

Il motivo di questa discrepanza è il materiale di cui è fatto il blocchetto. Nel primo caso sono utilizzati i blocchetti in agglomerato, ovvero di legno pressato, che presentano una densità di circa 570 kg/m<sup>3</sup>, minore della densità dei blocchetti in legno massello utilizzati nel secondo caso che è di circa 750 kg/m<sup>3</sup>.

Essendo le densità diverse quindi un blocchetto in agglomerato conterrà un maggior volume di legno rispetto a un blocchetto in legno massello. Sapendo che in un m<sup>3</sup> di legno è immagazzinata una quantità fissa di CO<sub>2</sub> biologica, se un blocchetto contiene più volume di legno avrà immagazzinata al suo interno

una quantità maggiore di CO<sub>2</sub> biologica. Questo è il caso del blocchetto in agglomerato rispetto al blocchetto in legno massello.

Per questo motivo dal punto di vista ambientale un pallet costruito secondo la tipologia A è vantaggioso rispetto alle altre tipologie possibili, perché ha immagazzinato al suo interno un contributo maggiore di CO<sub>2</sub> biologica.

Le stesse considerazioni possono essere estrapolate dal confronto tra l'azienda con segheria media e l'assemblatore medio di tipologia A. In questo caso oltre alle considerazioni sui blocchetti usate in precedenza rimangono vere anche le considerazioni del maggior utilizzo di energia della "segheria" e della diversa emissione dei rifiuti.

## **8.5 Riparazione del pallet**

Il processo di riparazione del pallet è già stato discusso nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutte i dati si riferiscono ad un pallet riparato e all'utilizzo di blocchetti in agglomerato. Gli impatti ambientali sono calcolati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

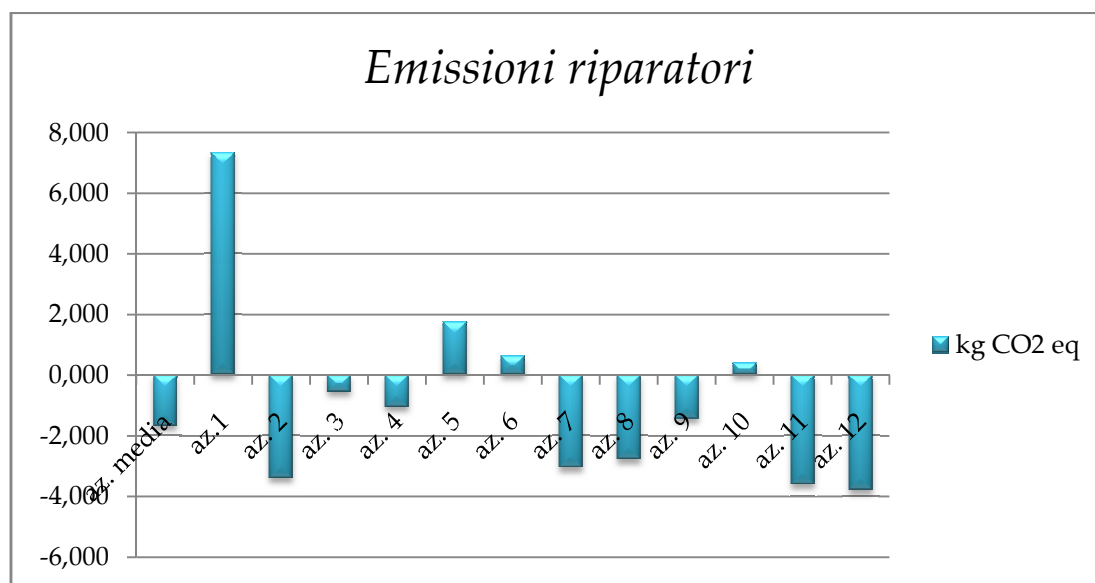
### ***8.5.1 Confronto fra aziende del settore***

Usando l'indicatore IPCC2007: GWP 100 abbiamo ottenuto i valori puntuali di CO<sub>2</sub> equivalente emessi, per la riparazione di un singolo pallet, da ogni azienda del settore intervistata (Tab. 8.9). I valori riportati in tabella sono molto diversi tra loro e sebbene la media sia negativa, quindi un credito di CO<sub>2</sub> per l'ambiente, abbiamo dei valori positivi, ciò significa un processo che emette CO<sub>2</sub> nell'ambiente.

Tabella 8.9: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. dei riparatori.

kg CO <sub>2</sub> eq												
az. media	az.1	az.2	az.3	az.4	az.5	az.6	az.7	az.8	az.9	az.10	az.11	az.12
-1,688	7,342	-3,410	-0,563	-1,069	1,761	0,638	-3,057	-2,785	-1,449	0,401	-3,613	-3,796

Questa diversità tra le emissioni puntuali delle varie aziende è facilmente visualizzabile dal grafico sottostante (Fig. 8.9).

Figura 8.9: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. dei riparatori.

Notiamo subito come le aziende 1, 5, 6 e 10 presentino emissioni positive di CO<sub>2</sub>. L'azienda 1 ha un valore puntuale di 7,342 kg di CO<sub>2</sub> eq. per singolo pallet riparato, questo valore è troppo elevato e deriva da una cattiva gestione dell'azienda sui trasporti di materiale e sull'utilizzo di en. elettrica.

Gli altri valori positivi sono più bassi e tutti sotto i 2 kg di CO<sub>2</sub> eq. per singolo pallet prodotto; anche in questo caso i valori positivi derivano da una cattiva gestione aziendale dei trasporti e dell'en. elettrica, sono valori negativi per l'ambiente e l'azienda, ma con una maggior attenzione delle politiche aziendali è possibile migliorare questo dato.

I restanti valori sono tutti negativi, quindi un vantaggio per l'ambiente in termini di CO<sub>2</sub> emessa.

Vediamo ora l'incidenza delle singole categorie sul processo di riparazione dell'azienda media. L'unità di processo "forno fitotrattamento" produce 97,6 g di CO<sub>2</sub> eq. per pallet riparato ed è stata omessa dal calcolo perché identica per tutte le aziende.

### 8.5.2 "Riparazione"

L'emissione complessiva di kg di CO<sub>2</sub> eq. dell'unità è causata dalle seguenti categorie:

- Materiali.
- Trasporto dei materiali.
- Trasporto dei rifiuti.
- Utilizzo dei mezzi interni aziendali.
- Sottoprodotti.
- Rifiuti.

Tabella 8.10: emissione di CO<sub>2</sub> eq. per la "riparazione".

kg CO <sub>2</sub> eq	Total						
	-1,688						
materiali	trasporto materiali	trasporto rifiuti	utilizzo mezzi interni	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica	
-4,203	0,471	0,035	0,040	0,845	0,339	0,785	

Come possiamo vedere dalla tabella soprastante (Tab. 8.10) le uniche emissioni negative del processo di riparazione provengono dai materiali ed è la CO<sub>2</sub> biologica immagazzinata in tavole e blocchetti per la riparazione, rispettivamente -1,047 nelle tavole e -3,320 nei blocchetti. Questo valore viene ridotto dalle emissioni prodotte dai trasporti, dai sottoprodotti, dai rifiuti e dall'en. elettrica utilizzata per la riparazione.



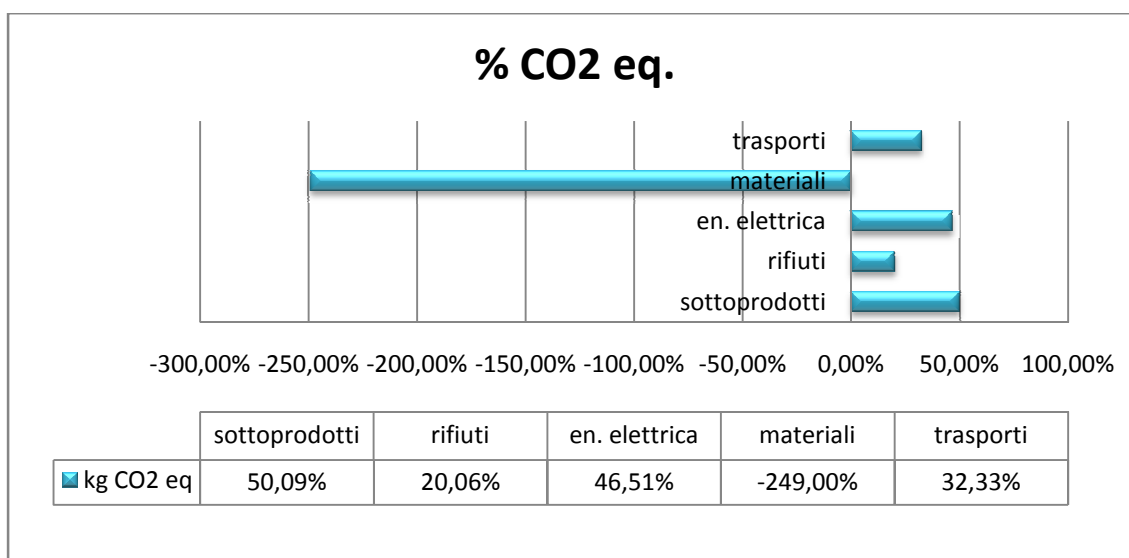


Figura 8.10: ripartizione delle emissioni di CO<sub>2</sub> eq. della “riparazione”.

Possiamo vedere dal grafico soprastante (Fig. 8.10) come il -249% delle “emissioni” provenga dai materiali e dalla CO<sub>2</sub> biologica in essi immagazzinata, quindi un vantaggio ambientale, mentre i sottoprodotti contribuiscono per il 50,09% e i rifiuti per il 20,06%.

Rispetto alla produzione di pallet, l’incidenza di trasporti ed en. elettrica risulta molto maggiore, addirittura il 32,33% per i trasporti e il 46,51% per l’utilizzo di en. elettrica, quindi è molto importante per le aziende prestare attenzione sia ai consumi elettrici sia ai trasporti di materiale per evitare impatti ambientali troppo elevati.

Risulta utile confrontare l’incidenza di una riparazione sul processo di produzione del pallet. Confrontando i kg di CO<sub>2</sub> prodotta da una riparazione con i dati riportati in tabella 8.8 troviamo che:

- Riparare un pallet prodotto dall’azienda con segheria porta un aumento del 12% della CO<sub>2</sub> biologica del pallet .
- Riparare un pallet prodotto dall’azienda senza segheria di tipologia A porta un aumento del 9% della CO<sub>2</sub> biologica del pallet .
- Riparare un pallet prodotto dall’azienda senza segheria di tipologia B porta un aumento del 11% della CO<sub>2</sub> biologica del pallet .

La riparazione di un pallet è quindi un vantaggio ambientale dal punto di vista delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente.

## **8.6 Confronto fra gli scenari d'uso del pallet**

Gli scenari d'uso del pallet sono già stati discussi nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutti i dati si riferiscono ad un pallet e gli impatti ambientali sono ricavati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

### **8.6.1 Sistema in interscambio**

Utilizzando il modello proposto e discusso nel capitolo precedente le movimentazioni di un pallet usato in interscambio sono 10,364 kg di CO<sub>2</sub> eq. L'uso di un pallet in interscambio comprende, le movimentazioni, il processo di produzione e le riparazioni.

Tabella 8.11: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. di un pallet in interscambio.

kg CO <sub>2</sub> eq	Total		
	-9,772		
costruzione pallet	riparazioni	uso interscambio	forno fitotrattamento
-17,102	-3,463	10,634	0,158

Come si vede dalla tabella soprastante (Tab. 8.11) le emissioni totali di un pallet utilizzato in interscambio sono negative, merito della CO<sub>2</sub> biologica immagazzinata nel legno. La costruzione del pallet è un valore pesato sulla percentuale di pallet prodotta dalle aziende con segheria e dalle aziende senza segheria, ovvero il 21% le prime e il 79 % le seconde.

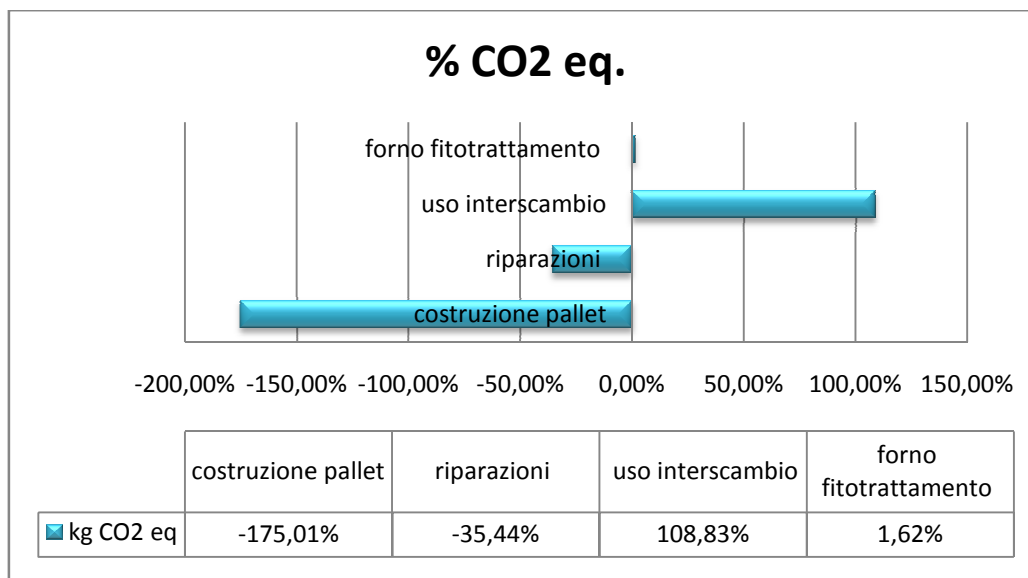


Figura 8.11: % di CO<sub>2</sub> eq. emessa dalle fasi di vita del pallet.

Dal grafico soprastante (Fig. 8.11) possiamo vedere che la fase di costruzione influisce per il -175,01% sulle emissioni di CO<sub>2</sub> nella vita di un pallet. Le riparazioni apportano un ulteriore -35,44% di guadagno sulle emissioni, mentre l'apporto del forno per il fitotrattamento è quasi del tutto trascurabile e pari all'1,62%.

È importante vedere come l'uso in interscambio incida per il 108,83% sulla vita del pallet provocando una notevole perdita di vantaggi ambientali dovuta alle emissioni di CO<sub>2</sub> eq di questa fase.

### 8.6.2 Sistema non in interscambio

Utilizzando il modello proposto e discusso nel capitolo precedente le movimentazioni di un pallet usato non in interscambio sono 20,926 kg di CO<sub>2</sub> equivalente. L'uso di un pallet non in interscambio comprende, le movimentazioni, il processo di produzione e le riparazioni.

Tabella 8.12: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. di un pallet non in interscambio.

kg CO <sub>2</sub> eq	Total		
	0,519		
costruzione pallet	riparazioni	uso NO interscambio	forno fitotrattamento
-17,102	-3,463	20,926	0,158

Come si nota facilmente dal totale questa volta il valore è positivo, ovvero il pallet usato non in interscambio emette CO<sub>2</sub> eq. nell'ambiente.

Tutti i valori sono uguali all'uso precedente tranne che l'uso che in questo caso è non in interscambio.

Confrontando i due scenari di uso è evidente che l'uso in interscambio è da preferirsi perché un pallet usato in questo modo ha ancora un credito di CO<sub>2</sub> verso l'ambiente. Se usato non in interscambio le emissioni sono maggiori e sono causate dai maggiori km percorsi dai mezzi per il trasporto e il recupero del pallet. L'incidenza dell'uso nella vita del pallet è facilmente intuibile dalle due tabelle precedenti, dove si nota che un uso in interscambio provoca la metà circa delle emissioni rispetto all'uso non in interscambio.

### 8.7 Vita del pallet con fine vita

La modellazione dello scenario di fine vita è stata spiegata nel capitolo precedente, qui verrà presentato il valore puntuale di CO<sub>2</sub> eq. emessa calcolato con il metodo IPCC2007:GWP 100.

Lo scenario di fine vita da noi modellato emette per singolo pallet 5,67 kg di CO<sub>2</sub> equivalente.

Sommando questo valore a quelli trovati per l'uso del pallet in interscambio e non in interscambio, otteniamo i valori puntuali di emissione di CO<sub>2</sub> equivalente nella vita del pallet (Tab. 8.13 e 8.14).

Tabella 8.13: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. della vita di un pallet in interscambio.

	Total	vita interscambio	fine vita
kg CO <sub>2</sub> eq	-4,103	-9,772	5,670

Tabella 8.14: emissioni di CO<sub>2</sub> eq. della vita di un pallet non in interscambio.

	Total	vita NO interscambio	fine vita
kg CO <sub>2</sub> eq	6,189	0,519	5,670

Notiamo il vantaggio ambientale di utilizzare il pallet in interscambio rispetto a un uso non in interscambio. Le emissioni totali di un pallet in interscambio sono negative, ciò vuol dire un vantaggio ambientale perché non vengono emessi kg di CO<sub>2</sub> equivalente.

Nel caso di un pallet usato non in interscambio invece abbiamo un valore positivo e cioè un impatto ambientale negativo legato all'emissione nell'ambiente di CO<sub>2</sub> equivalente.

## **8.8 Analisi con Eco-Indicator 99 H**

Nel caso di prodotti in legno, come è il pallet, è riduttivo compiere un'analisi dei risultati utilizzando solo il metodo IPCC2007:GWP 100 perché questo indicatore calcola solo le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente. Il legno è un materiale che ha al suo interno immagazzinata della CO<sub>2</sub> biologica che viene rilasciata solo al fine vita del prodotto, se usassimo solo questo metodo molte considerazioni legate a tutti gli altri fattori ambientali risulterebbero impossibili.

Per questo usiamo il metodo Eco-Indicator 99 H, che come è stato spiegato nel capitolo 3 utilizza 3 macrocategorie di danno e 11 categorie di impatto per fornire un valore puntuale di impatto ambientale. Più il valore è alto più il

processo è dannoso per l'ambiente, più il valore è basso più è vantaggioso dal punto di vista ambientale.

### 8.8.1 Vita del pallet con fine vita

Confrontando i dati del sistema con uso in interscambio e del sistema con uso non in interscambio (Tab. 8.15) notiamo subito come il fine vita del prodotto sia uguale per entrambi i sistemi e abbia un impatto negativo, quindi un vantaggio per il nostro modello. Questo è dovuto al vantaggio ambientale di utilizzare il legno come materiale, che provoca un impatto negativo e quindi un vantaggio per la macrocategoria risorse.

Tabella 8.15: valori di impatto secondo le 3 macrocategorie di danno.

	interscambio			NO interscambio		
	Total	vita interscambio	fine vita	Total	vita NO interscambio	fine vita
Total	2,956	2,961	-0,006	3,953	3,958	-0,006
Human Health	0,433	0,375	0,058	0,624	0,565	0,058
Ecosystem Quality	0,715	0,689	0,025	0,776	0,751	0,025
Resources	1,808	1,897	-0,089	2,553	2,642	-0,089

Il valore totale in ecopunti è però diverso: più basso, e quindi migliore dal punto di vista ambientale, per il pallet in interscambio e più alto, e quindi peggiore, per il pallet non in interscambio.

La differenza tra i due sistemi è tutta racchiusa nei valori di impatto delle 3 macrocategorie.

Nella tabella sottostante (Tab. 8.16) vediamo rappresentati gli ecopunti attribuiti ai due sistemi secondo le 11 categorie di impatto. Possiamo vedere che "climate change" per il sistema in interscambio è negativo e quindi è un vantaggio ambientale, mentre per il sistema non in interscambio è positivo e quindi uno svantaggio ambientale. Questa categoria è fondamentale per capire la differenza di ecopunti dei 2 processi.

Tabella 8.16: valori di impatto secondo le 11 categorie di impatto misurati in ecopunti.

	interscambio			NO interscambio		
	Total	vita interscambio	fine vita	Total	vita NO interscambio	fine vita
Total	2,956	2,961	-0,006	3,953	3,958	-0,006
Carcinogens	0,031	0,022	0,009	0,035	0,027	0,009
Resp. organics	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000
Resp. inorganics	0,416	0,390	0,026	0,559	0,533	0,026
Climate change	-0,017	-0,040	0,023	0,025	0,002	0,023
Radiation	0,002	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000
Ozone layer	4,8E-05	6,0E-05	-1,2E-05	8,1E-05	9,3450E-05	-1,2E-05
Ecotoxicity	0,075	0,070	0,004	0,099	0,095	0,004
Acidification/ Eutrophication	0,054	0,052	0,002	0,078	0,076	0,002
Land use	0,586	0,567	0,019	0,599	0,580	0,019
Minerals	0,079	0,074	0,005	0,085	0,080	0,005
Fossil fuels	1,729	1,823	-0,094	2,468	2,562	-0,094

Un altro valore molto importante per la differenza di ecopunti è “fossil fuels” che è molto maggiore nel caso di uso non in interscambio. Infatti nel primo caso i trasportatori compiono meno viaggi fra gli utenti della filiera per recuperare e trasportare il pallet risparmiando notevolmente sulle emissioni prodotte dai combustibili e sull’utilizzo dei mezzi. Tutte le altre categorie hanno valori simili anche se sempre maggiori nel caso di uso non in interscambio.

La vita di un pallet in interscambio è quindi da preferirsi dal punto di vista degli impatti ambientali rispetto alla vita di un pallet non in interscambio.

### 8.8.2 Confronto fra i metodi di produzione

Confrontando i valori puntuali di impatto in termini di ecopunti tra i due diversi metodi di produzione (Tab. 8.17), notiamo come il valore trovato sia minore per l’azienda con segheria media. Questo risultato è diverso rispetto a quello trovato misurando solo i kg di CO<sub>2</sub> eq. emessa, che preferiva l’assemblatore medio rispetto all’azienda con segheria media.

Tabella 8.17: confronto tra i due diversi metodi di produzione con le 3 macrocategorie.

	azienda con segheria media	assemblatore medio
Total	1,050	1,361
Human Health	0,069	0,110
Ecosystem Quality	0,615	0,495
Resources	0,367	0,755

Le 3 macrocategorie di danno sono molto diverse tra loro. Notiamo come “human health” sia minore per l’azienda con segheria così come la categoria “resources” che è circa la metà di quella dell’assemblatore medio.

La categoria “ecosystem quality” è invece minore per l’assemblatore medio.

Tabella 8.18: confronto tra i metodi di produzione con le 11 categorie d’impatto.

	assemblaggio pallet azienda con segheria media	assemblaggio no segheria azienda media
Total	1,050	1,361
Carcinogens	0,006	0,012
Resp. organics	0,0004	0,0005
Resp. inorganics	0,118	0,171
Climate change	-0,057	-0,074
Radiation	0,0003	0,0008
Ozone layer	0,000013	0,000017
Ecotoxicity	0,024	0,032
Acidification/ Eutrophication	0,013	0,019
Land use	0,578	0,444
Minerals	0,047	0,052
Fossil fuels	0,320	0,703

Confrontando le due produzioni con i dati puntuali ricavati con le 11 categorie d’impatto otteniamo i valori della tabella soprastante (Tab. 8.18).

Possiamo notare come la produzione di pallet in aziende con segheria sia migliore della produzione in aziende assemblatrici per tutte le categorie di impatto tranne che per la categoria “land use”. Questo è dovuto al maggior utilizzo di terreno per la costruzione della segheria aziendale rispetto alle aziende assemblatrici.

La categoria “Climate change” ha un impatto negativo e rispecchia i risultati ottenuti con l’indicatore IPCC2007: GWP 100. Infatti il processo di produzione degli assemblatori risulta migliore del processo di produzione delle aziende con

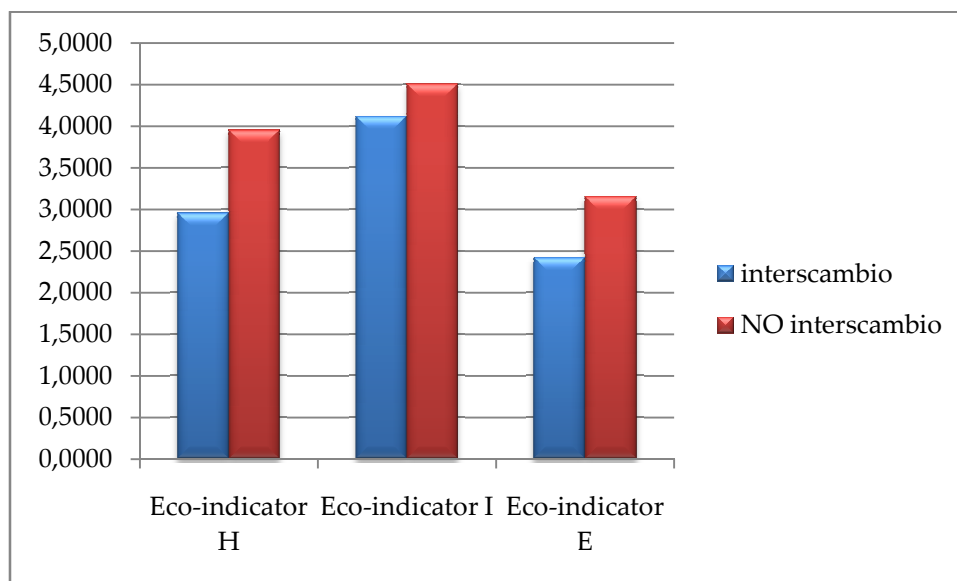


segheria, anche in questo caso producendo pallet in aziende assemblatrici si ottiene il 29% di CO<sub>2</sub> eq. emessa in meno rispetto alle aziende con segheria.

## **8.9 Confronto tra i modelli di attribuzione peso di Eco-Indicator 99**

Come spiegato nel capitolo 3 esistono tre diversi modelli di attribuzione di peso per l'Eco-Indicator 99. Risulta utile confrontare i risultati puntuali, in termini di ecopunti, della vita del pallet in interscambio e non in interscambio (Tab. 8.19).

Tab 8.19: ecopunti totali della vita del pallet con i tre diversi metodi di attribuzione peso.



Notiamo subito come i punteggi degli ecopunti della vita in interscambio siano sempre minori della vita non in interscambio. Il divario tra i due punteggi risulta più marcato per il metodo H ed è di circa 1, mentre per il metodo I ed E è circa 0,5 punti. Il metodo I fornisce i valori più elevati mentre il metodo E i più bassi.

Confrontando ora i punteggi totali dei due modelli di vita secondo le 11 categorie d'impatto possiamo capire quali categorie influenzano di più il punteggio finale.

Tabella 8.20: confronto della vita in interscambio con i tre metodi di pesatura.

	Eco-indicator H	Eco-indicator I	Eco-indicator E
Total	2,9559	4,1185	2,4229
Carcinogens	0,0311	0,0194	0,0414
Resp. organics	0,0013	0,0029	0,0017
Resp. inorganics	0,4162	0,4086	0,5542
Climate change	-0,0172	-0,0399	-0,0228
Radiation	0,0019	0,0002	0,0025
Ozone layer	0,00005	0,0001	0,0001
Ecotoxicity	0,0746	0,0125	0,0746
Acidification/ Eutrophication	0,0537	0,0611	0,0537
Land use	0,5863	0,6675	0,5863
Minerals	0,0787	2,9862	0,0741
Fossil fuels	1,7292		1,0570

Come possiamo vedere dalla tabella soprastante (Tab. 8.20) i valori attribuiti alle categorie d'impatto dai tre diversi metodi di pesatura sono molto diversi tra di loro. Per ogni categoria abbiamo evidenziato in rosso il punteggio più elevato e quindi peggiore dal punto di vista degli impatti ambientali e in verde il valore più basso, ovvero quello migliore per l'ambiente.

Notiamo come il metodo E presenti il valore totale più basso, circa due punti inferiore del valore più alto trovato col metodo I.

Il metodo E nonostante abbia il punteggio più basso ha i valori più elevati per le categorie rilascio di ozono, cancerogeni, inorganici, ecotossicità e radiazioni, ma presenta il valore più basso nelle categorie uso di terreno, acidificazione, uso di minerali e combustibili fossili. Proprio queste ultime due categorie sono quelle che comportano la maggior differenza sul punteggio finale, infatti il metodo I, il peggiore, presenta in queste ultime due categorie i valori più elevati.

Tabella 8.21: confronto della vita in interscambio con i tre metodi di pesatura.

	Eco-indicator H	Eco-indicator I	Eco-indicator E
Total	3,9526	4,5048	3,1520
Carcinogens	0,0354	0,0315	0,0353
Resp. organics	0,0015	0,0049	0,0015
Resp. inorganics	0,5593	0,6974	0,5585
Climate change	0,0249	0,0820	0,0248
Radiation	0,0023	0,0003	0,0023
Ozone layer	0,0001	0,0002	0,0001
Ecotoxicity	0,0988	0,0117	0,1235
Acidification/ Eutrophication	0,0779	0,0554	0,0973
Land use	0,5994	0,4265	0,7493
Minerals	0,0854	3,1949	0,0803
Fossil fuels	2,4676		1,4790

Come possiamo vedere dalla tabella soprastante (Tab. 8.21) anche per la vita non in interscambio abbiamo valori molti diversi a seconda del metodo utilizzato. Per ogni categoria abbiamo evidenziato in rosso il punteggio più elevato e quindi peggiore dal punto di vista degli impatti ambientali e in verde il valore più basso, ovvero quello migliore per l'ambiente.

Il metodo E anche in questo caso presenta il punteggio più basso, ma comunque maggiore che nel caso precedente; anche questa volta il valore più alto è quello del metodo I, ma in questo caso il divario è di solo 1,5 punti contro i 2 del caso precedente.

In questo caso il metodo E ha i valori più alti per le categorie radiazioni, acidificazione, ecotossicità e uso di terreni, ma presenta i valori più bassi in tutte le restanti categorie.

Anche in questo caso come nello scenario precedente la diversità sul valore finale d'impatto è data dai valori delle categorie minerali e combustibili fossili, categorie nelle quali il metodo I, il peggiore per il punteggio finale, presenta i valori più elevati.

## Conclusioni

Lo studio LCA sul pallet EPAL e sul suo uso in interscambio ha portato a 2 risultati significativi:

- Il pallet EPAL utilizzato in interscambio ha dei notevoli vantaggi ambientali rispetto a un pallet EPAL utilizzato non in interscambio. Questo vantaggio è stato dimostrato sia dal valore in ecopunti: 2,956 per il pallet in interscambio e 3,953 per il pallet non in interscambio; sia dai kg di CO<sub>2</sub> eq. emessi: -4,103 per il pallet in interscambio e 6,189 per il pallet non in interscambio.
- La produzione di pallet EPAL risulta vantaggiosa dal punto di vista ambientale per le aziende con segheria rispetto alle aziende assemblatrici in termini di ecopunti, 1,050 contro 1,361. Dal punto di vista dei kg di CO<sub>2</sub> eq. emessa invece risulta vantaggiosa la produzione di pallet EPAL in aziende assemblatrici rispetto alle aziende con segheria, -18,03 kg di CO<sub>2</sub> eq. emessi contro -13,94. Questo ultimo dato è da attribuirsi al vantaggio, in termini di CO<sub>2</sub> biologica immagazzinata, dei blocchetti in agglomerato rispetto ai blocchetti in legno massello. Questo dato è molto significativo e potrebbe essere il punto di partenza per ulteriori studi e sviluppi futuri.

Volendo individuare limiti, criticità e aspetti rilevanti dello studio bisogna evidenziare che:

- Per questo studio LCA, come in tutti i lavori di questo tipo, sono state necessarie alcune assunzioni e approssimazioni. Il dettaglio di quanto è stato fatto è ben visibile all'interno dei capitoli d'inventario (Cap. 7 e Cap. 8). Si è cercato però di rimanere sempre fedeli al processo reale di

produzione del pallet valutando in maniera oculata ogni passo effettuato nella costruzione del sistema sul software Simapro.

- Per modellare il sistema in interscambio e non in interscambio sono state necessarie alcune assunzioni ed approssimazioni. Il modello può essere sicuramente migliorato mediante interviste di settore e dati più specifici rendendo lo studio LCA complessivo migliore. Questo è un punto su cui basare possibili studi e sviluppi futuri.
- Per modellare il fine vita sono state necessarie alcune assunzioni ed approssimazioni, soprattutto per il riciclo del legno della plastica e dei materiali metallici. Si è cercato però di rimanere il più possibile fedeli al reale processo di riciclo di tali materiali e ai dati fornitici da Rilegno.

# *Appendice A*

*Schede raccolta dati aziende con  
segheria*

**NOME AZIENDA**

*N° di pallet prodotti  
(totale) nel 2008*

*N° di pallet EPAL  
prodotti nel 2008*

*N° di pallet non EPAL  
prodotti nel 2008*

*N° di linee di produzione  
presenti nell' azienda  
Esistono linee di  
produzione specifiche per i  
pallet EPAL?*

<b>Input materiali</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Da dove provengono?</b>	<b>Mezzo utilizzato?</b>
----------------------------	-----------------	----------------------------	--------------------------------	------------------------------

<i>Legno</i>				
<i>Chiodi</i>				
<i>Graffa EPAL</i>				

<b>Input materiali</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Da dove provengono?</b>
<i>Gasolio per trasporti interni (es. muletti)</i>			
<i>Energia elettrica</i>			

<b>Rifiuti</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Metodo di smaltimento</b>	<b>Dove vengono trasportati ?</b>
<i>Pezzi di legno</i>				
<i>Segatura</i>				
<i>Plastica</i>				
<i>Rifiuti metallici</i>				
<i>RSU</i>				



# *Appendice B*

*Schede raccolta dati aziende senza  
segheria*

<b>NOME AZIENDA</b>	
<i>N° di pallet prodotti (totale) nel 2008</i>	
<i>N° di pallet EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di pallet non EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di linee di produzione presenti nell'azienda</i>	
<i>Esistono linee di produzione specifiche per i pallet EPAL?</i>	

<b>Input materiali</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Da dove provengono?</b>	<b>Mezzo utilizzato?</b>
----------------------------	-----------------	----------------------------	--------------------------------	------------------------------

<i>Tavole</i>				
<i>Chiodi</i>				
<i>Blocchetti</i>				
<i>Graffe EPAL</i>				

<b>Input materiali</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Da dove provengono?</b>
<i>Gasolio per trasporti interni (es. muletti)</i>			
<i>Energia elettrica</i>			

<b>Rifiuti</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Metodo di smaltimento</b>	<b>Dove vengono trasportati ?</b>
<i>Pezzi di legno</i>				
<i>Segatura</i>				
<i>Plastica</i>				
<i>Rifiuti metallici</i>				
<i>RSU</i>				

# *Appendice C*

*Schede raccolta dati riparatori*

<p><b>NOME AZIENDA</b></p> <p><i>N° di pallet riparati (totale) nel 2008</i></p> <p><i>N° di pallet EPAL riparati nel 2008</i></p> <p><i>N° di pallet non EPAL prodotti nel 2008</i></p> <p><i>N° di linee di riparazione presenti nell'azienda</i> <i>Esistono linee di riparazione specifiche per i pallet EPAL?</i></p>	
--	--

Input materiali	Quantità	Unità di misura	Da dove provengono e con che mezzo?	Altre caratteristiche
<i>Pallet da riparare</i>				
<i>Chiodi</i>				
<i>blocchetti</i>				
<i>Tavole</i>				
<i>Chiodi di controllo EPAL</i>				

<b>Input energetici</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Altre caratteristiche</b>
<i>Gasolio per trasporti interni (es. muletti)</i>			
<i>Energia elettrica</i>			

<b>Rifiuti</b>	<b>Quantità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Metodo di smaltimento</b>	<b>Dove vengono trasportati ?</b>
<i>Pezzi di legno</i>				
<i>Segatura</i>				
<i>Plastica</i>				
<i>Rifiuti metallici</i>				
<i>RSU</i>				

# *Appendice D*

*Tabelle trasporti dei produttori con  
segheria*

LEGNO				
AZIENDA	provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		700	1	euro 4 32 ton
	media euro 4	700		
azienda 2	appennino	100	0,3	euro 3 32 ton
	svizzera (zurigo)	500	0,15	euro 3 32 ton
	lione	560	0,275	euro 3 32 ton
	bologna	114	0,275	euro 3 32 ton
	lione	650	0,275	treno
	media euro 3	290,35		
	media treno	178,75		
azienda 3	austria (vienna)	1150	0,25	euro 4 32 ton
	germania (monaco)	760	0,25	euro 4 32 ton
	francia (lione)	400	0,25	euro 4 32 ton
	ucraina (kiev)	2500	0,25	euro 4 32 ton
	media euro 4	1202,5		
azienda 4	svizzera (zurigo)	520	0,33	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	495	0,33	euro 3 32 ton
	austria (vienna)	790	0,34	euro 3 32 ton
	media euro 3	603,55		
azienda media	euro 3	223,475		
	euro 4	475,625		
	treno	44,6875		



CHIODI				
AZIENDA	provenienza	ton*Km	%	mezzo
azienda 1		550	1	euro 4 32 ton
	media euro 4	550		
azienda 2	trentino (trento)	180	0,5	euro 3 32 ton
	turchia (istanbul)	2500	0,5	nave
	ravenna	180	0,5	euro 3 32 ton
	media nave	1250		
	media euro 3	180		
azienda 3	trentino (trento)	400	1	euro 4 32 ton
	media euro 4	400		
azienda 4	trentino (trento)	150	0,5	euro 3 32 ton
	polonia (varsavia)	1650	0,5	euro 3 32 ton
	media euro 3	900		
azienda media	euro 3	270		0
	euro 4	237,5		
	nave	312,5		

GRAFFE EPAL				
AZIENDA	provenienza	ton*Km	%	mezzo
azienda 1	Ahrensburg	1160	1	euro 4 32 ton
azienda 2	Ahrensburg	1260	1	euro 3 32 ton
azienda 3	Ahrensburg	1300	1	euro 4 32 ton
azienda 4	Ahrensburg	1280	1	euro 3 32 ton
azienda media	euro 3	635		
	euro 4	615		

# *Appendice E*

*Tablelle trasporti dei produttori senza  
segheria*

TAVOLE				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		600	1	euro 3 32 ton
azienda 2	svizzera	300	1	euro 4 40 ton
azienda 3	slovacchia (bratislava)	1050	1	euro 3 32 ton
azienda 4	ucraina (kiev)	2000	1	euro 3 32 ton
azienda 5	austria (vienna)	900	0,3	euro 3 32 ton
	austria (vienna)	900	0,2	treno
	pisa	25	0,2	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	750	0,3	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	750	0,2	treno
	pisa	25	0,2	euro 3 32 ton
	media euro 3	505		
	media treno	330		
azienda 6	austria (vienna)	800	0,33	euro 3 32 ton
	rep. ceca (praga)	900	0,34	euro 3 32 ton
	trentino (trento)	175	0,33	euro 3 32 ton
	media euro 3	627,75		
azienda 7		1000	1	treno
azienda media	media euro 3	683,25		
	media euro 4	42,86		
	media treno	190		

BLOCCHETTI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		600	1	euro 3 32 ton
azienda 2	svizzera	300	1	euro 4 40 ton
azienda 3	germania (monaco)	650	1	euro 3 32 ton
azienda 4	ucraina (kiev)	2000	1	euro 3 32 ton
azienda 5	germania (monaco)	750	1	euro 3 32 ton
azienda 6	pavia	140	0,5	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	500	0,5	euro 3 32 ton
	media euro 3	320		
azienda 7		1000	1	treno
azienda media	media euro 3	617,14		
	media euro 4	42,86		
	media treno	142,86		

CHIODI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		328	1	euro 3 32 ton
azienda 2	svizzera	300	1	euro 4 32 ton
azienda 3	trento	350	1	euro 3 32 ton
azienda 4	turchia (balikesir)	2800	0,24	euro 3 32 ton
	oppeano	120	0,04	euro 3 32 ton
	trento	40	0,72	euro 3 32 ton
	media euro 3	705,6		
azienda 5	trento	400	0,75	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	750	0,25	euro 3 32 ton
	media euro 3	487,5		
azienda 6	trento	175	1	euro 3 32 ton
azienda 7		700	1	euro 3 24 ton
azienda media	media euro 3	392,3		
	media euro 4	42,86		

GRAFFE EPAL				
AZIENDA	provenienza	ton*Km	%	mezzo
azienda 1		538	1	euro 3 32 ton
azienda 2	Ahrensburg	900	1	euro 4 32 ton
azienda 3	Ahrensburg	1270	1	euro 3 32 ton
azienda 4	Ahrensburg	1150	1	euro 3 32 ton
azienda 5	Ahrensburg	1500	1	euro 3 32 ton
azienda 6	Ahrensburg	1300	1	euro 3 32 ton
azienda 7	Ahrensburg	1350	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	1015,43		
	media euro 4	128,57		

# *Appendice F*

## *Tabelle trasporti dei riparatori*

PALLET ROTTI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		200	1	euro 3 32 ton
azienda 2		30	1	euro 3 7,5 ton
azienda 3		400	1	euro 3 32 ton
azienda 4		30	1	euro 3 32 ton
azienda 5		25	1	euro 4 32 ton
azienda 6		100	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7		45	1	euro 4 32 ton
azienda 8		100	1	euro 3 32 ton
azienda 9		70	1	euro 3 44 ton
azienda 10		50	1	euro 4 32 ton
azienda 11		50	1	euro 3 32 ton
azienda 12		50	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	77,5		
	media euro 4	18,33		



TAVOLE				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		350	1	euro 3 32 ton
azienda 2		50	1	euro 3 32 ton
azienda 3		1238	1	euro 4 32 ton
azienda 4		30	1	euro 3 32 ton
azienda 5	cesena	300	1	euro 4 32 ton
azienda 6		100	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7	germania (monaco)	660	0,5	euro 4 32 ton
	austria (vienna)	860	0,5	euro 4 32 ton
	media euro 4	760		
azienda 8		500	1	euro 3 32 ton
azienda 9	cologno monzese	50	1	euro 3 44 ton
azienda 10	ucraina (kiev)	2100	1	euro 3 32 ton
azienda 11	austria (vienna)	880	0,25	euro 3 32 ton
	ucraina (kiev)	2100	0,25	euro 3 32 ton
	rep. ceca (praga)	1050	0,25	euro 3 32 ton
	polonia (varsavia)	1550	0,25	euro 3 32 ton
	media euro 3	1395		
azienda 12		100	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	381,25		
	media euro 4	199,83		

BLOCCHETTI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		350	1	euro 3 32 ton
azienda 2	germania (monaco)	1150	1	euro 5 32 ton
azienda 3		1238	1	euro 4 32 ton
azienda 4		30	1	euro 3 32 ton
azienda 5	pavia	140	1	euro 4 32 ton
azienda 6	pavia	60	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7	germania (monaco)	660	0,5	euro 4 32 ton
	austria (vienna)	860	0,5	euro 4 32 ton
	media euro 4	760		
azienda 8		500	1	euro 3 32 ton
azienda 9	cologno monzese	50	1	euro 3 44 ton
azienda 10	pavia	320	1	euro 3 32 ton
azienda 11	pavia	320	1	euro 3 32 ton
azienda 12	pavia	210	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	148,33		
	media euro 4	183,17		
	media euro 5	95,83		

CHIODI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		780	1	euro 3 32 ton
azienda 2		50	1	euro 3 32 ton
azienda 3		867	1	euro 4 32 ton
azienda 4		80	1	euro 3 32 ton
azienda 5		200	1	euro 4 32 ton
azienda 6		50	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7		300	1	euro 4 32 ton
azienda 8		70	1	euro 3 32 ton
azienda 9	garlasco	20	1	euro 4 3,5 ton
azienda 10	binasco	340	0,5	euro 3 32 ton
	laives	390	0,5	euro 3 32 ton
	media euro 3	365		
azienda 11	pesaro	290	1	euro 3 32 ton
azienda 12	trento	120	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	146,25		
	media euro 4	119,75		

CHIODI DI CONTROLLO				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1	trento	780	1	euro 3 32 ton
azienda 2	trento	820	1	euro 3 32 ton
azienda 3	trento	867	1	euro 4 32 ton
azienda 4	trento	200	1	euro 3 32 ton
azienda 5	trento	160	1	euro 4 32 ton
azienda 6	trento	230	1	euro 3 3,5 ton
azienda 7	trento	330	1	euro 4 32 ton
azienda 8	trento	250	1	euro 3 32 ton
azienda 9	trento	270	1	euro 3 32 ton
azienda 10	trento	350	1	euro 3 32 ton
azienda 11	trento	350	1	euro 3 32 ton
azienda 12	trento	120	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	280,83		
	media euro 4	113,08		

# *Appendice G*

*Schede delle aziende con segheria*

**Azienda 1**

segheria			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tronchi	round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U	1,6416	m <sup>3</sup>
costruzione della segheria	sawmill/RER/U	3,84E(-7)	p
fattore correttivo del legno	softwood, allocation correction, 1/RER/U	-0,642	m <sup>3</sup>
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	99,9975	kWh
trasporto tronchi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	525	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	750	kg
calore rilasciato in aria	heat, waste	113,28	MJ
assemblaggio			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	21,8	kg
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	7,254	kgkm
trasporto chiodi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	0,385	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	15,254	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0121	tkm
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0126	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,000484	m <sup>3</sup>
materiali metallici	scarto materiali metallici	0,84	g
forno fitotrattamento			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
pallet non trattati	assemblaggio pallet azienda con segheria 1	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda con segheria 1	1	p

Azienda 2

segheria			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tronchi	round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U	1,6416	m <sup>3</sup>
costruzione della segheria	sawmill/RER/U	3,84E(-7)	p
fattore correttivo del legno	softwood, allocation correction, 1/RER/U	-0,642	m <sup>3</sup>
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	65,76	kWh
trasporto tronchi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	217,7625	tkm
trasporto tronchi in treno	transport, freight, rail/RER U	134,0625	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	750	kg
calore rilasciato in aria	heat, waste	113,28	MJ
assemblaggio			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	21,8	kg
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	1,303	kgkm
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,126	tkm
trasporto chiodi in nave	transport, barge tanker/RER U	0,875	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	16,569	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,063725	tkm
trasporto cippato prodotto	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,441	tkm
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,588	kgkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	5098	cm <sup>3</sup>
cippato	wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,001765	m <sup>3</sup>
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U	9,8	g
forno fitotrattamento			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
pallet non trattati	assemblaggio pallet azienda con segheria 2	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda con segheria 2	1	p

**Azienda 3**

segheria			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tronchi	round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U	1,6416	m <sup>3</sup>
costruzione della segheria	sawmill/RER/U	3,84E(-7)	p
fattore correttivo del legno	softwood, allocation correction, 1/RER/U	-0,642	m <sup>3</sup>
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	1,8	kWh
trasporto tronchi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	901,875	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	750	kg
calore rilasciato in aria	heat, waste	113,28	MJ
assemblaggio			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	21,8	kg
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	9,17	kgkm
trasporto chiodi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U	0,28	tkm
trasporto chiodi in nave	transport, barge tanker/RER U	0,219	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	17,095	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0005475	tkm
trasporto cippato prodotto	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,144	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,027	tkm
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,00364	kgkm
trasporto plastica	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0437	kgkm
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,00117	kgkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,0000146	m <sup>3</sup>
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U	0,364	g
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	0,18	kg
plastica	riciclo plastica	4,37	g
materiali metallici	scarto materiali metallici	0,117	g
forno fitotrattamento			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
pallet non trattati	assemblaggio pallet azienda con segheria 3	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda con segheria 3	1	p



Azienda 4

segheria			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tronchi	round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U	1,6416	m <sup>3</sup>
costruzione della segheria	sawmill/RER/U	3,84E(-7)	p
fattore correttivo del legno	softwood, allocation correction, 1/RER/U	-0,642	m <sup>3</sup>
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	54,9075	kWh
trasporto tronchi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	452,6625	tkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	750	kg
calore rilasciato in aria	heat, waste	113,28	MJ
assemblaggio			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole + blocchetti	tavole + blocchetti azienda con segheria media	21,8	kg
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	3,98	kgkm
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,63	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	16,832	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,226	tkm
trasporto cippato prodotto	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,27	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,1479	tkm
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,013	kgkm
trasporto plastica	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0216	kgkm
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0519	kgkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,00452	m <sup>3</sup>
cippato	wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,0054	m <sup>3</sup>
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CH U	1,3	g
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	0,986	kg
plastica	riciclo plastica	2,16	g
materiali metallici	scarto materiali metallici	5,19	g
forno fitotrattamento			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
pallet non trattati	assemblaggio pallet azienda con segheria 4	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda con segheria 4	1	p

# *Appendice H*

## *Schede degli assemblatori*

Azienda 1

<b>assemblaggio</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U		0,02	m <sup>3</sup>
blocchetti	particle board, outdoor use, at plant/RER U		0,012	m <sup>3</sup>
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U		0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U		13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U		605,6	kgkm
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U		19,93	kWh
trasporto tavole con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		9,03	tkm
trasporto blocchetti con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		4,05	tkm
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,2296	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		7,0747	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,00626	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,0126	tkm
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,00252	tkm
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet EPAL	pallet EPAL		1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U		0,0025	m <sup>3</sup>
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U		1,26	kg
materiali metallici	scarto materiali metallici		1,26	kg
<b>forno fitotrattamento</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 1		1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet		0,81	MJ
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda no segheria 1		1	p

Azienda 2

assemblaggio				
input reale	input SimaPro		quantità	unità di misura
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U		0,02	m <sup>3</sup>
blocchetti	particle board,outdoor use, at plant/RER U		0,012	m <sup>3</sup>
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U		0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U		13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U		21,4	kgkm
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U		2,63	kWh
trasporto tavole con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U		4,515	tkm
trasporto blocchetti con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U		2,025	tkm
trasporto blocchetti in treno	transport, freight, rail/RER U		0,964	tkm
trasporto chiodi con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U		0,21	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 4	transport, lorry 16-32 t, EURO 4/RER U		11,835	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,0062	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,0194	tkm
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,00538	kgkm
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U		0,0000538	tkm
output reale	output SimaPro		quantità	unità di misura
pallet EPAL	pallet EPAL		1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U		0,00124	m <sup>3</sup>
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CHU		2,69	g
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CHU		0,97	kg
materiali metallici	scarto materiali metallici		0,0269	kg
forno fitotrattamento	input SimaPro		quantità	unità di misura
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 2		1	p
forno fitotrattamento	forno fitratmento pallet		0,81	MJ
output reale	output SimaPro		quantità	unità di misura
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda no segheria 2		1	p

**Azienda 3**

<b>assemblaggio</b>					
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U	0,02	m <sup>3</sup>		
blocchetti	particle board,outdoor use, at plant/RER U	0,012	m <sup>3</sup>		
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg		
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g		
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,601	kWh		
trasporto tavole con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	15,8025	tkm		
trasporto blocchetti con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	4,3875	tkm		
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,245	tkm		
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	16,7005	kgkm		
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,09558	tkm		
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,00108	tkm		
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,00048	tkm		
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p		
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CHU	0,03	g		
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CHU	0,59	kg		
materiali metallici	scarto materiali metallici	0,03	kg		
<b>forno fitotratamento</b>					
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 3	1	p		
forno fitotratamento	forno fitratamento pallet	0,81	MJ		
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
pallet fitottrattati	pallet EPAL con fitotratamento azienda no segheria 3	1	p		

Azienda 4

<b>assemblaggio</b>			
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U	0,02	m <sup>3</sup>
blocchetti	particle board,outdoor use, at plant/RER U	0,012	m <sup>3</sup>
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	605,6	kgkm
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,387	kWh
trasporto tavole con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	30,1	tkm
trasporto blocchetti con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	13,5	tkm
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,49392	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	15,1225	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,175	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0295	tkm
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet EPAL	pallet EPAL	1	P
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,014	m <sup>3</sup>
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CHU	0,59	kg
<b>forno fitotrattamento</b>			
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 4	1	P
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda no segheria 4	1	P

**Azienda 5**

<b>assemblaggio</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U	0,02	m <sup>3</sup>	
blocchetti	particle board,outdoor use, at plant/RER U	0,012	m <sup>3</sup>	
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg	
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g	
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	2,925	kgkm	
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,0755	kWh	
trasporto tavole con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	7,60025	tkm	
trasporto tavole in treno	transport, freight, rail/RER U	4,9665	tkm	
trasporto blocchetti con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	5,0625	tkm	
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,34125	tkm	
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	19,725	kgkm	
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,11205	tkm	
trasporto plastica	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,2068	kgkm	
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0005	kgkm	
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet EPAL	pallet EPAL	1	P	
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	0,415	kg	
plastica	riciclo plastica	9,4	g	
materiali metallici	scarto materiali metallici	1,13	g	
<b>forno fitotrattamento</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 5	1	P	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ	
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda no segheria 5	1	P	

**Azienda 6**

<b>assemblaggio</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U	0,02	m <sup>3</sup>	
blocchetti	particle board,outdoor use, at plant/RER U	0,012	m <sup>3</sup>	
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg	
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g	
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	2,83	kgkm	
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,28	kWh	
trasporto tavole con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	9,447638	tkm	
trasporto blocchetti con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	2,16	tkm	
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,1225	tkm	
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	17,095	kgkm	
trasporto plastica	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0428	kgkm	
trasporto materiali metallici	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0156	kgkm	
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p	
plastica	riciclo plastica	2,14	g	
materiali metallici	scarto materiali metallici	0,78	g	
<b>forno fitotrattamento</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 6	1	p	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ	
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda no segheria 6	1	p	



**Azienda 7**

<b>assemblaggio</b>			
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
tavole	sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U	0,02	m <sup>3</sup>
blocchetti	particle board,outdoor use, at plant/RER U	0,012	m <sup>3</sup>
chiodi	steel, low-alloyed, at plant RER/U	0,7	kg
graffa EPAL	steel, low-alloyed, at plant RER/U	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U	2,46	kgkm
energia elettrica	electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,0142	kWh
trasporto tavole in treno	transport, freight, rail/RER U	15,05	tkm
trasporto blocchetti in treno	transport, freight, rail/RER U	6,75	tkm
trasporto chiodi con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,49	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	17,7525	kgkm
trasporto segatura prodotta	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0062	tkm
trasporto pezzi di legno	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0412	tkm
trasporto RSU	transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER U	0,0067	kgkm
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet EPAL	pallet EPAL	1	p
segatura	industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U	0,00011	m <sup>3</sup>
RSU	disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill/CHU	0,67	g
pezzi di legno	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CHU	0,206	kg
<b>forno fitotrattamento</b>			
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet non trattati	assemblaggio no segheria azienda 7	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento azienda no segheria 7	1	p

# *Appendice I*

## *Schede dei riparatori*

Azienda 1

riparazione					
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>		
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>		
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg		
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g		
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	18,37	kWh		
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	40,15	kgkm		
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	4	tkm		
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,35805	tkm		
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,28	tkm		
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,0702	tkm		
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	2,34	kgkm		
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,00296	tkm		
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	P		
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,000148	m <sup>3</sup>		
<b>forno fitotrattamento</b>					
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 1	1	P		
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ		
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>		
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 1	1	P		

Azienda 2

riparazione				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>	
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>	
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg	
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g	
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,22	kWh	
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	83,1	kgkm	
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,6	tkm	
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,05115	tkm	
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U	0,92	tkm	
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,0045	tkm	
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	2,46	kgkm	
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,000834	tkm	
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,21	kgkm	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	p	
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,000167	m <sup>3</sup>	
RSU	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CHU	21	g	
forno fitotrattamento				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 2	1	p	
forno fitotrattamento	forno fitrattamento pallet	0,81	MJ	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 2	1	p	

Azienda 3

riparazione				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>	
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>	
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg	
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g	
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	2,5	kWh	
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	80,7	kgkm	
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	8	tkm	
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	1,266474	tkm	
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,9904	tkm	
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,07803	tkm	
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	2,601	kgkm	
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,012495	tkm	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	P	
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,001428	m <sup>3</sup>	
forno fitotrattamento				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 3	1	P	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 3	1	P	

Azienda 4

riparazione			
<b>input reale</b>			
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	quantità	unità di misura
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	3	g
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	4,26	kWh
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	138,27	kgkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,6	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,03069	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,024	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,0072	tkm
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,6	kgkm
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,00654	tkm
trasporto materiali metallici	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	1,59	kgkm
	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	2,4	kgkm
<b>output reale</b>			
pallet EPAL riparato	output SimaPro	quantità	unità di misura
cippato	pallet EPAL riparato	1	P
materiali metallici	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,001308	m <sup>3</sup>
RSU	scarto materiali metallici	60	g
	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CHU	53	g
<b>forno fitotrattamento</b>			
<b>input reale</b>			
pallet non trattati	input SimaPro	quantità	unità di misura
forno fitotrattamento	riparazione pallet riparatore 4	1	P
	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
<b>output reale</b>			
pallet fitotrattati	output SimaPro	quantità	unità di misura
	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 4	1	P

Azienda 5

<b>riparazione</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U		0,00136	m <sup>3</sup>
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U		0,0039	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U		0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U		3	g
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U		0,23	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U		127,1	kgkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U		0,5	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U		0,3069	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U		0,112	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U		0,018	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U		0,48	kgkm
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,585	tkm
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,0114	kgkm
trasporto materiali metallici	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,00304	kgkm
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato		1	p
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U		0,0156	m <sup>3</sup>
materiali metallici	scarto materiali metallici		0,76	g
RSU	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U		0,76	g
<b>forno fitotrattamento</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 5		1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet		0,81	MJ
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>		<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 5		1	p

Azienda 6

riparazione				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>	
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>	
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg	
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g	
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	1,48	kWh	
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	91,74	kgkm	
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	2	tkm	
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,1023	tkm	
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,048	tkm	
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,0045	tkm	
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,69	kgkm	
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,022	tkm	
trasporto pezzi di legno	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	1,076	tkm	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	p	
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,00088	m <sup>3</sup>	
pezzi di legno	Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CHU	10,76	kg	
forno fitotrattamento				
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 6	1	p	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ	
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 6	1	p	



Azienda 7

riparazione			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,736	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	10,77	kgkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,9	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,77748	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,608	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,027	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,99	kgkm
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,0285	tkm
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,059	kgkm
trasporto materiali metallici	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	1,2	kgkm
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	P
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,00114	m <sup>3</sup>
materiali metallici	scarto materiali metallici	12	g
RSU	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	5,9	g
forno fitotrattamento			
input reale	input SimaPro	quantità	unità di misura
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 7	1	P
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
output reale	output SimaPro	quantità	unità di misura
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 7	1	P

Azienda 8

riparazione		quantità	unità di misura
<b>input reale</b>			
<b>input SimaPro</b>			
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,079	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	50,52	kgkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	2	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,5115	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,4	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,0063	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,75	kgkm
trasporto pezzi di legno	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,273	tkm
<b>output reale</b>			
<b>output SimaPro</b>			
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	p
pezzi di legno	Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CHU	5,46	kg
<b>forno fitotrattamento</b>			
<b>input reale</b>			
<b>input SimaPro</b>			
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 8	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
<b>output reale</b>			
<b>output SimaPro</b>			
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 8	1	p

**Azienda 9**

<b>riparazione</b>			
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	4,4	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	19,94	kgkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	1,4	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,05115	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,04	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	0,0018	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,81	kgkm
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,000239	tkm
trasporto materiali metallici	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,0129	kgkm
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	p
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,000018	m <sup>3</sup>
materiali metallici	scarto materiali metallici	4,3	g
<b>forno fitotrattamento</b>			
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 9	1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 9	1	p

Azienda 10

<b>riparazione</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U	0,00136	m <sup>3</sup>	
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U	0,0039	m <sup>3</sup>	
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	0,09	kg	
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3	g	
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,398	kWh	
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	47,33	kgkm	
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER U	1	tkm	
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	2,1483	tkm	
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,256	tkm	
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,03285	tkm	
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	1,05	kgkm	
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U	0,07775	tkm	
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato	1	P	
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U	0,01244	m <sup>3</sup>	
<b>forno fitotrattamento</b>				
<b>input reale</b>	<b>input SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 10	1	P	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet	0,81	MJ	
<b>output reale</b>	<b>output SimaPro</b>	<b>quantità</b>	<b>unità di misura</b>	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 10	1	P	

Azienda 11

riparazione					
input reale	input SimaPro		quantità	unità di misura	
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U		0,00136	m <sup>3</sup>	
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U		0,0039	m <sup>3</sup>	
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U		0,09	kg	
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U		3	g	
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U		0,16	kWh	
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U		22,8	kgkm	
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		1	tkm	
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		1,427085	tkm	
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U		0,256	tkm	
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,0261	tkm	
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		1,05	kgkm	
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,00055	tkm	
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,0014	kgkm	
output reale	output SimaPro		quantità	unità di misura	
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato		1	p	
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U		0,0001	m <sup>3</sup>	
RSU	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CHU		0,14	g	
forno fitotrattamento					
input reale	input SimaPro		quantità	unità di misura	
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 11		1	p	
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet		0,81	MJ	
output reale	output SimaPro		quantità	unità di misura	
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 11		1	p	

**Azienda 12**

riparazione			quantità	unità di misura
input reale	input SimaPro			
tavole	Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U		0,00136	m <sup>3</sup>
blocchetti	Particle board, outdoor use, at plant/RER U		0,0039	m <sup>3</sup>
chiodi	Steel, low-alloyed, at plant/RER U		0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	Steel, low-alloyed, at plant/RER U		3	g
energia elettrica	Electricity, medium voltage, at grid/IT U		0,16	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U		4,05	kgkm
trasporto pallet da riparare	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		1	tkm
trasporto tavole	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,1023	tkm
trasporto blocchetti	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U		0,168	tkm
trasporto chiodi	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,0108	tkm
trasporto chiodo di controllo	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,36	kgkm
trasporto cippato	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,00201	tkm
trasporto rsu	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER U		0,75	kgkm
output reale	output SimaPro			
pallet EPAL riparato	pallet EPAL riparato		1	p
cippato	Wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U		0,000268	m <sup>3</sup>
RSU	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CHU		25	g
forno fitotrattamento				
input reale	input SimaPro			
pallet non trattati	riparazione pallet riparatore 12		1	p
forno fitotrattamento	forno fitotrattamento pallet		0,81	MJ
output reale	output SimaPro			
pallet fitotrattati	pallet EPAL con fitotrattamento riparatore 12		1	p



## Acronimi

CEN: Comitato Europeo di Normazione

CHEP: Commonwealth Handling Equipment Pooling

CP: Chemical Pallet

ECR: Efficient Consumer Response

EPAL: European Pallet Association e.v.

EPD: Environmental product Declaration

FEFPEB: Federazione Europea dei Fabbricanti di Pallet e Imballaggi in Legno

GDO: Grande Distribuzione Organizzata

GWP: Global warming potential

IDM: Industria di Marca

IPPC: International Panel of Climate Change

ISO: International Organization for Standardization

LCA: Life Cycle Assessment

LCI: Life Cycle Inventory

LCIA: Life Cycle Impact Assesment

LPR: Logistic Packaging Return

PEP: Pool di Pallet Europei

PRS: Pallet Repair System

RIVM: National Institute for Public Health and the Environment

RSU: Rifiuti Solidi Urbani

SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SGS: Société Générale de Surveillance

UIC: Union Internationale des Chemins de fer

UNI: Ente Nazionale di Unificazione



## Bibliografia

- ✓ AA VV, 2007, Ecobilancio, Consorzio nazionale Rilegno, [www.federlegno.it](http://www.federlegno.it)
- ✓ AA VV, 2007, Linee guida sul recupero e sulla riparazione di pallet usati, FEDERLEGNO-ARREDO SRL, Milano
- ✓ Cerullo S., 2001, Il pallet in legno, Il Sole 24 ORE, Milano
- ✓ Dallari F. et Marchet G., 2007, Il ruolo dei pallet nei moderni sistemi distributivi, FEDERLEGNO-ARREDO SRL, Milano
- ✓ Dallari F. et Marchet G., 2008, L'outsourcing logistico nel settore del largo consumo, Il Sole 24 ORE, Milano
- ✓ Gasol C., Farreny R., Gabarrel X., Rieradevall J., 2008, Life cycle assessment comparison among different reuse intensities for industrial wooden containers, Life cycle assess, pp. 421 - 431
- ✓ Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana, n. 38, 15 febbraio 1997, Supplemento Ordinario n. 33, Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, "Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio"
- ✓ ISO 6780, 2003, Flat pallets for intercontinental materials handling - Principal dimensions and tolerances
- ✓ ISO 12777, 2004, Methods of test for pallet joints
- ✓ ISO 14001, 2004, Environmental management systems - Requirements with guidance for use
- ✓ ISO 8611, 2005, Pallets for materials handling - Flat pallets

- ✓ ISO 14040, 2006, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework
- ✓ Locatelli O., "Analisi del ciclo di vita di un impianto di riciclaggio di materiale polimerico: applicazione ad un caso reale", Tesi di Laurea Specialistica, A.A. 2007-2008, Politecnico di Milano
- ✓ UNI EN 12246, 2000, Classificazione qualitativa del legno utilizzato nei pallet e negli imballaggi
- ✓ UNI EN 12249, 2000, Segati di legno utilizzati nei pallet - Scarti ammissibili e guida per le dimensioni
- ✓ UNI EN 11066, 2003, Pallet di legno riutilizzabile personalizzato - Requisiti di progettazione, costruzione, prestazione e metodi di prova
- ✓ UNI EN ISO 18613, 2003, Riparazione dei pallet piatti di legno
- ✓ UNI EN 13382, 2004, Pallet piatti per la movimentazione i merci - Dimensioni principali
- ✓ UNI EN 13698-1, 2004, Specifica di prodotto per pallet - Parte 1: Specifica di fabbricazione per pallet piatti di legno 800 mm x 1 200 mm
- ✓ UNI EN Iso 445, 2008, Pallets for materials handling - vocabulary
- ✓ UNI EN 13698-2, 2009, Specifica di prodotto per pallet - Parte 2: Specifica di fabbricazione per pallet piatti di legno 1 000 mm x 1 200 mm