

ISTITUTO  
DI MANAGEMENT



Scuola Superiore  
Sant'Anna

**Analisi comparativa attraverso il metodo della  
Product Environmental Footprint di pallet derivanti  
dal recupero di polimeri dallo scarto di pulper e di  
pallet in legno tradizionali**

Prof. Fabio Iraldo  
Dr. Andrea Fontanella  
Dr.ssa Elena Baldereschi  
Dr.ssa Irene Bartolozzi





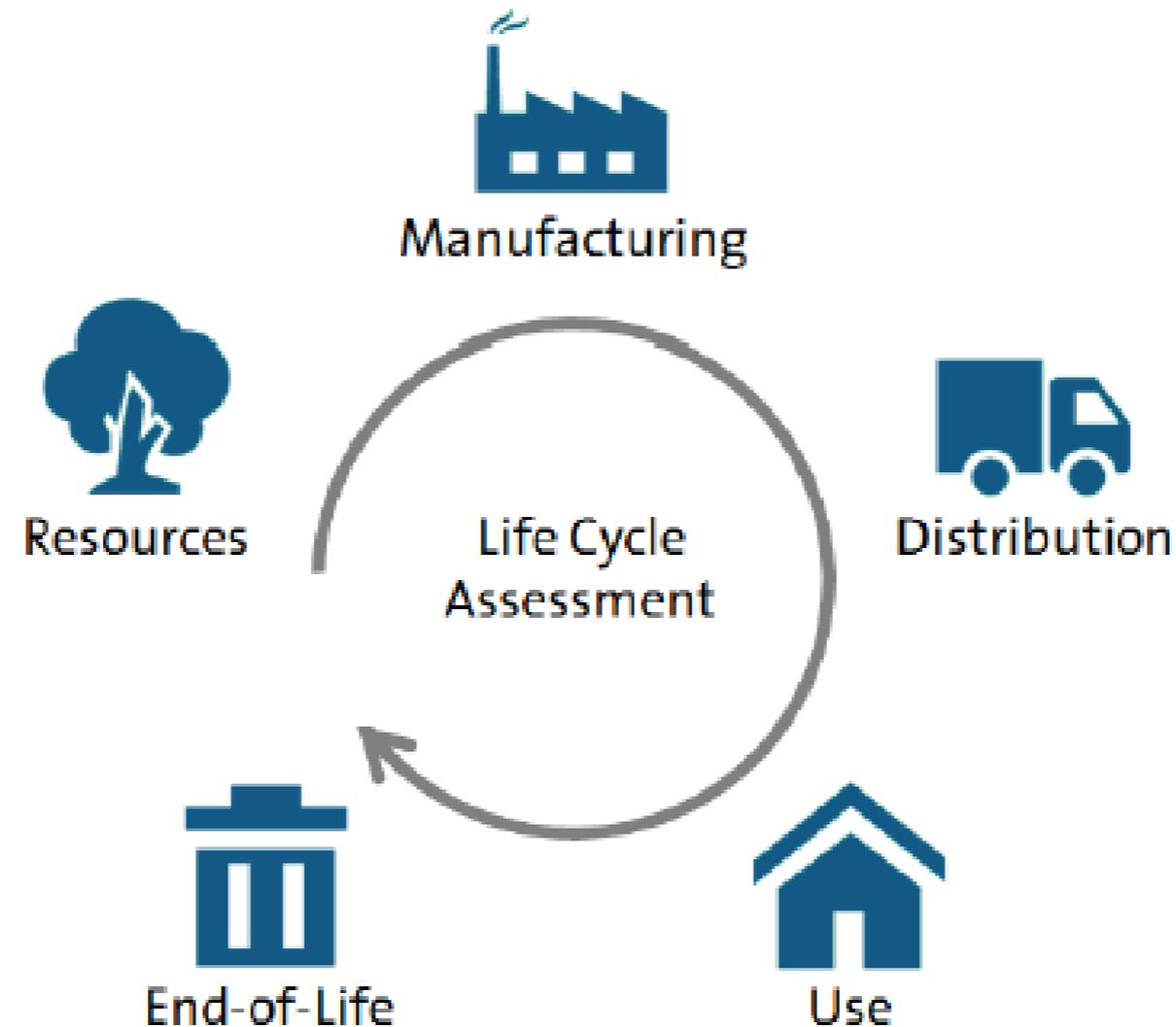
L'analisi del ciclo di vita (**LCA**) valuta gli aspetti ambientali e gli impatti potenziali durante l'intero ciclo vita del prodotto. Il ciclo è analizzato ripercorrendo gli impatti connessi con l'attività/prodotto/servizio in ogni fase della sua "vita utile", ovvero dalla progettazione all'acquisizione delle materie prime, dalla fabbricazione alla fruizione e consumo da parte del cliente, fino allo smaltimento, includendo per tutte le fasi la componente logistica.

L'analisi LCA è codificata dalle norme ISO 14040-14044, che specificano i requisiti e forniscono le linee guida.

La metodologia **PEF** (*Product Environmental Footprint*), è definita nella **Raccomandazione 2013/179/UE della Commissione del 9 aprile 2013**, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni, e consente di misurare le performance ambientali di un prodotto o servizio attraverso tutto il suo ciclo di vita.



Per valutare correttamente le performance di un prodotto dal punto di vista ambientale, occorre considerare **TUTTI** gli impatti che esso produce nell'arco dell'intero suo ciclo di vita.



Quindi non solo la produzione... ma **TUTTO IL CICLO DI VITA!**



## Perché la PEF..

La metodologia PEF è stata introdotta dalla Commissione

- per superare il proliferare di metodi per la misurazione della performance ambientale di prodotti
- per limitare l'utilizzo di scelte metodologiche differenti

..che comportano la generazione di messaggi ambientali confusi e l'impossibilità di confrontare le performance ambientali di due prodotti simili.

Attraverso l'introduzione di scelte metodologiche precise a livello generale di metodo e la possibilità di sviluppare Regole di categoria di prodotto con ulteriori specifiche regole di settore, con la PEF si vuole garantire un **approccio uniforme e la confrontabilità dei risultati finali.**



**Pallet in plastica EPAL realizzato  
nell'ambito del progetto LIFE Eco-Pulplast**



**Dimensioni: 800 x 1.200 mm**

**Peso: 27 kg**

**Capacità di carico: 1.600 kg**

**Pallet EPAL in legno**



**Dimensioni: 800 x 1.200 mm**

**Peso: 25 kg**

**Capacità di carico: 1.600 kg**

**Unità funzionale: 1 pallet**



**Pallet CP-7 in plastica realizzato  
nell'ambito del progetto LIFE Eco-  
Pulplast**



**Dimensioni: 1.300 x 1.100 mm**

**Peso: 30 kg**

**Capacità di carico: 1.800 kg**

**Pallet CP-7 in legno**



**Dimensioni: 1.300 x 1.100 mm**

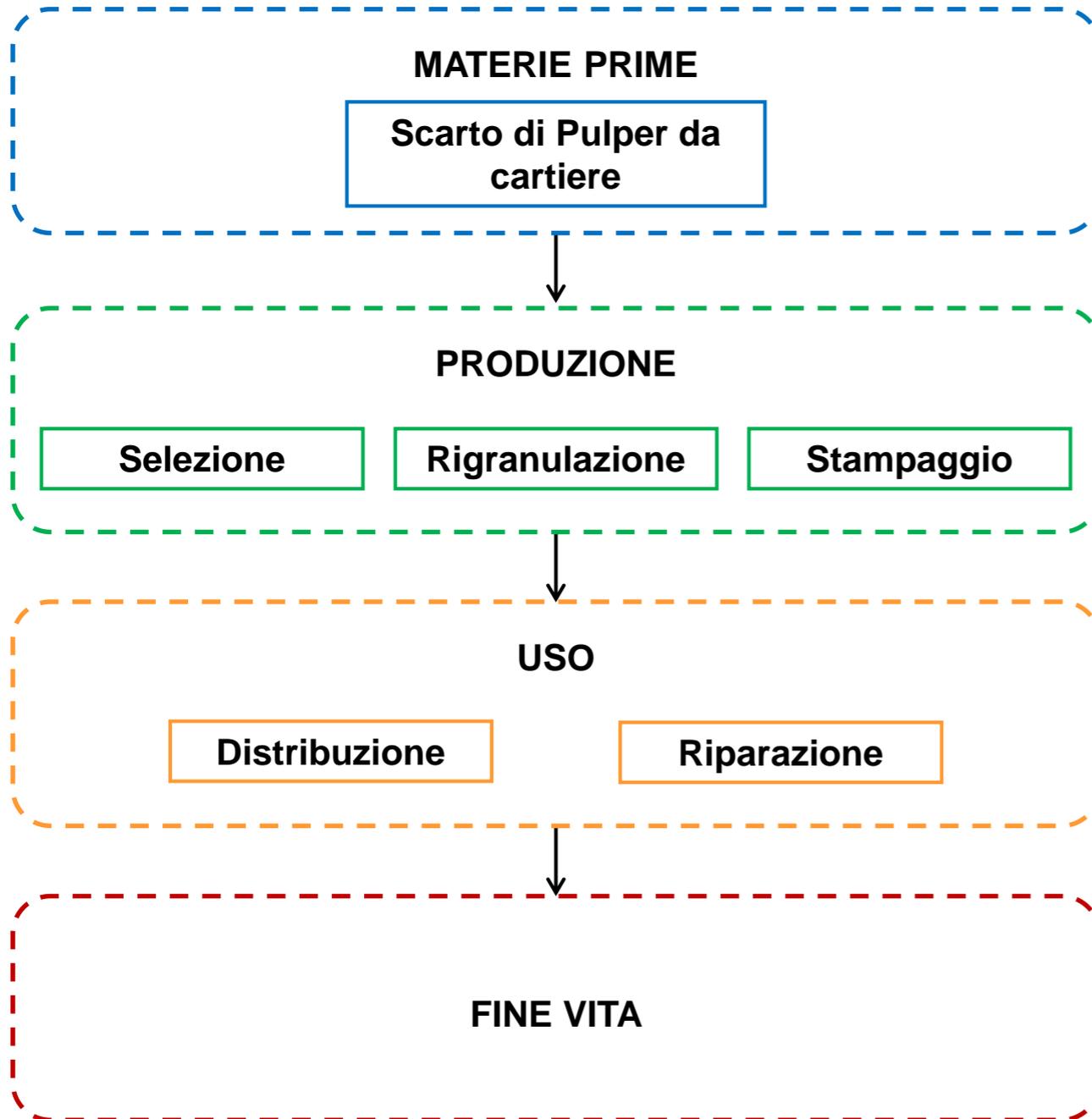
**Peso: 30 kg**

**Capacità di carico: 1.800 kg**

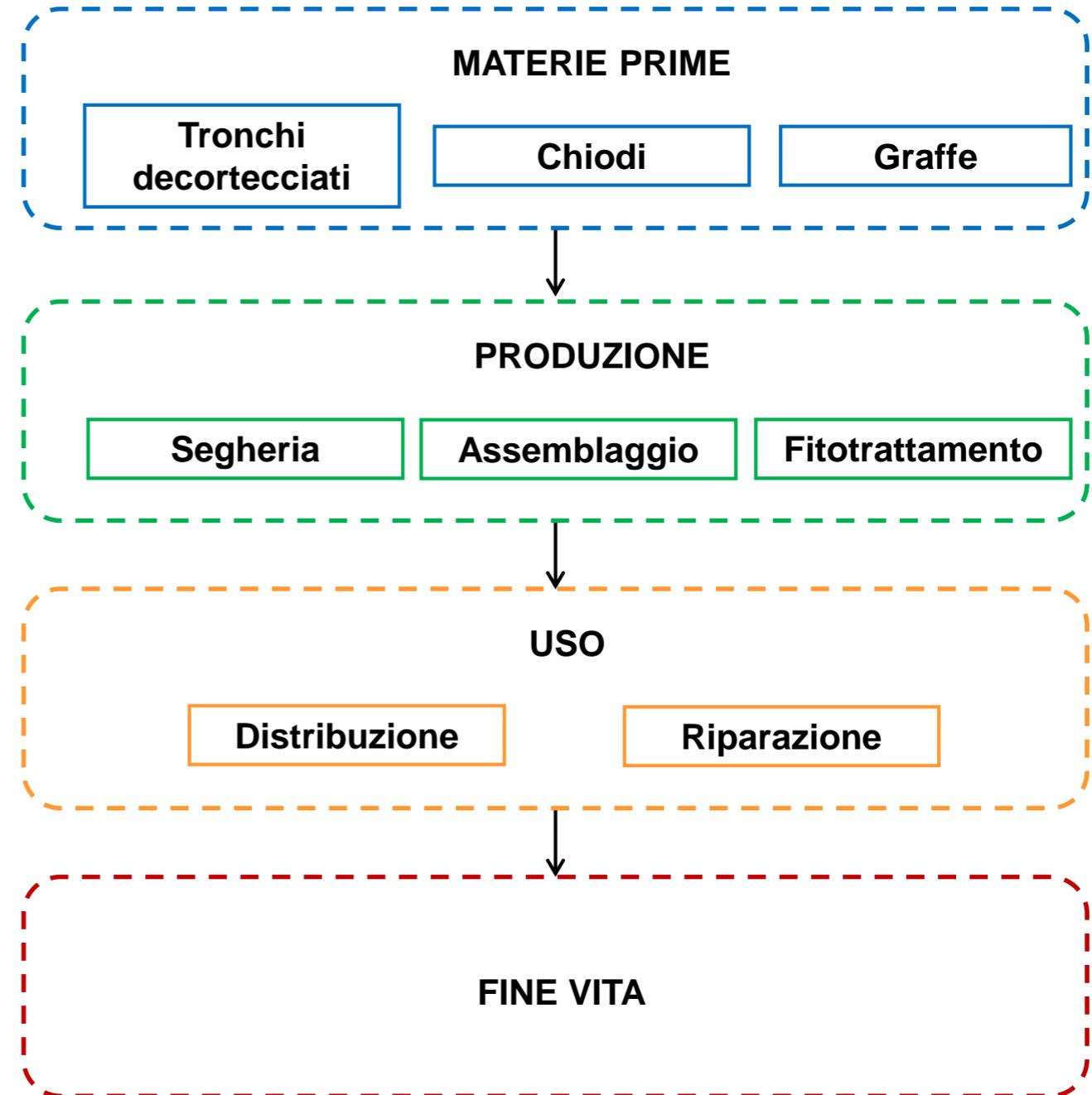
**Unità funzionale: 1 pallet**



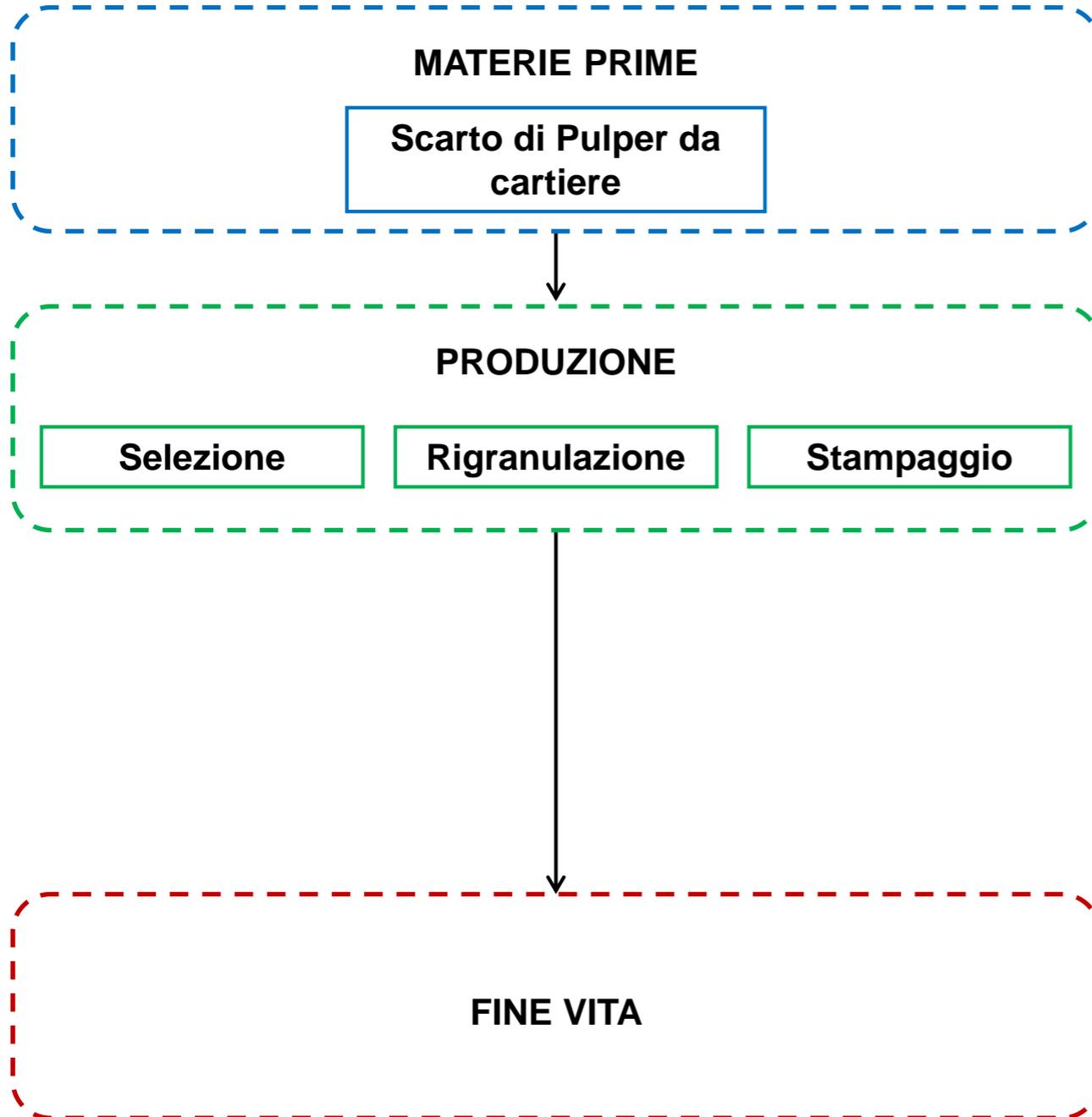
## Pallet Eco-Pulplast



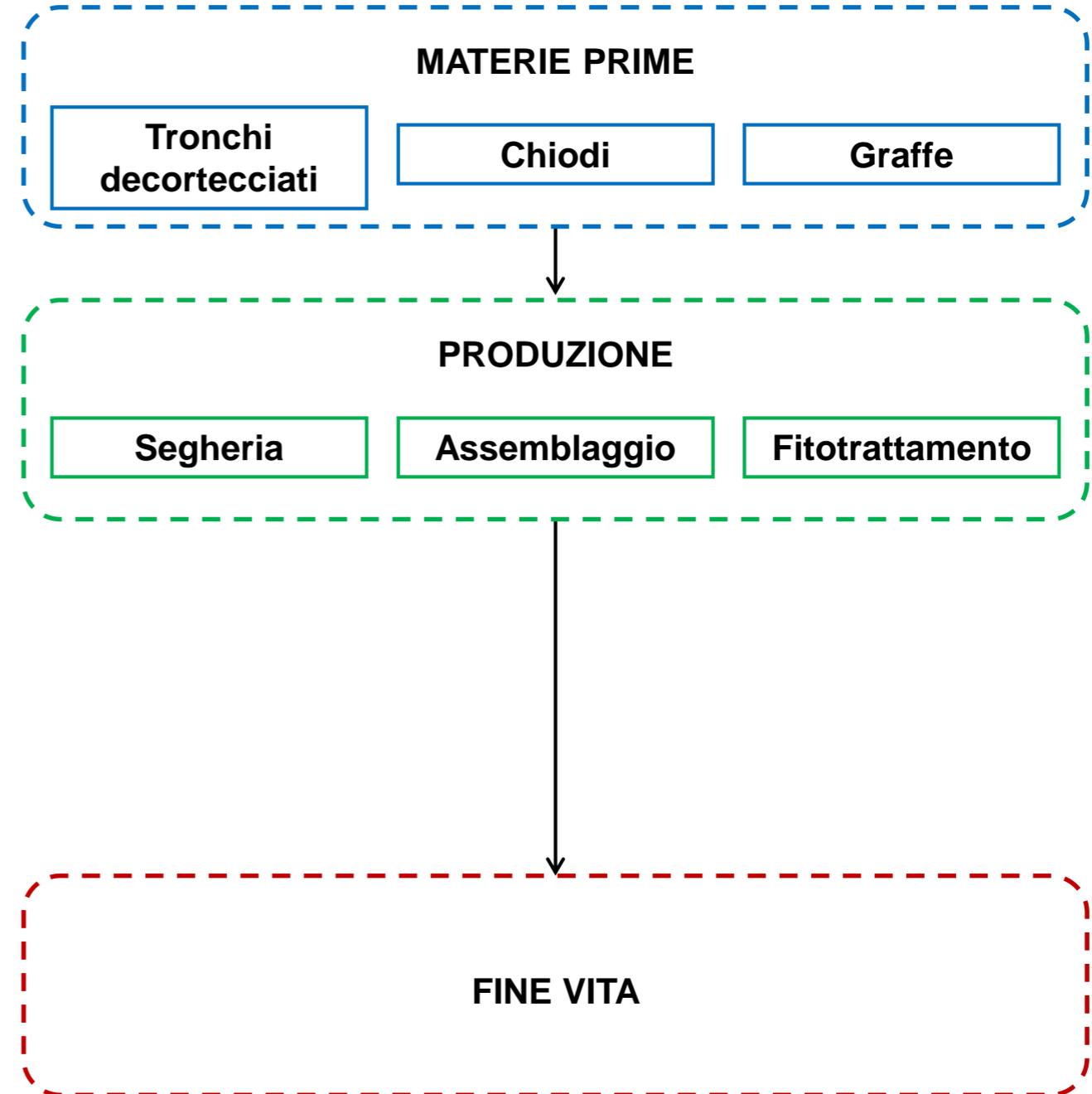
## Pallet in legno



## Pallet Eco-Pulplast



## Pallet in legno





# Produzione Pallet legno EPAL

I dati di inventario per la modellazione del ciclo di vita del pallet in legno sono stati ricavati da uno studio LCA sul pallet EPAL realizzato dal Politecnico di Milano, pubblicato nel 2011 e con dati riferiti alla produzione nazionale, al 2008.

PRODUZIONE e RIPARAZIONE			
Allocazione flussi di energia, combustibili e materiali in base alla produttività su media annuale dove non è stato possibile scorporare le linee di produzione di pallet EUR/EPAL da pallet non standard l'allocazione è stata fatta sulla pr			
Produzione pallet EPAL nuovi in Italia nel 2008	8.500.000	unità	
Pallet riparati in Italia nel 2008	3.000.000	4% del parco pallet italiano	
Vita Utile Pallet in interscambio (fase di uso)	2,5	anni	
<b>Materiali Pallet EUR/EPAL</b>			
legno	21,8	kg	<b>Unità Funzionale</b>
chiodi	0,7	kg	
metallo per la graffa EPAL	0,01315	kg	
<b>1. PRODUTTORE CON SEGHERIA (Pallet EPAL, Pallet non EPAL)</b>			
<b>Input materiali</b>	<b>Rifiuti</b>	<b>Input energetici</b>	<b>E.E. (kWh/pallet in 1 anno)</b>
legno	RSU	energia elettrica	0,409
chiodi	pezzi di legno	gas	
graffe EPAL	segatura	H2O	
	materiali metallici	gasolio per trasporti interni	
	plastica		
	oli esausti		
<b>2. PRODUTTORE SENZA SEGHERIA o ASSEMBLATORE (Pallet EPAL, Pallet non EPAL)</b>			
<b>Input materiali</b>	<b>Rifiuti</b>	<b>Input energetici</b>	<b>E.E. (kWh/pallet assemblati in 1 anno)</b>
tavole	RSU	energia elettrica	0,664
chiodi	pezzi di legno	gas	
blocchetti	segatura	gasolio per trasporti interni	
graffe EPAL			
<b>Dati di produzione NAZIONALE</b>			
EPAL	27%	21% da aziende con segheria; 79% da assemblatori	
CP	6%		
NON STANDARD	67%		
<b>3. RIPARATORI (Pallet EPAL riparati, Pallet non EPAL riparati, pallet prodotti)</b>			
<b>Input materiali</b>	<b>Rifiuti</b>	<b>Input energetici</b>	<b>E.E. (kWh/pallet riparati in 1 anno)</b>
pallet da riparare	RSU	energia elettrica	1,355
chiodi	pezzi di legno	gas	
blocchetti	segatura	gasolio per trasporti interni	
tavole	materiali metallici		
chiodi di controllo			



Politecnico di Milano  
Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica  
"Giulio Natta"

Comitato Nazionale EPAL del Consorzio Servizi Legno Sughero  
EPAL European Pallet Association  
In collaborazione con  
Assoimballaggi/Federiegno Arredo

**LIFE CYCLE ASSESSMENT DEL PALLET EUR/EPAL**



Prof. Giovanni Dotelli  
Milano, settembre 2011



# Scenari di fine vita per i pallet

## Pallet in plastica realizzato nell'ambito del progetto LIFE Eco-Pulplast

FINE VITA PALLET Eco-Pulplast	
Scenario	Quota %
Riciclo	80,0%
Smaltimento in discarica	20,0%

(fonte Selene)

## Pallet in legno EPAL

FINE VITA LEGNO	
Scenario	Quota %
Smaltimento in discarica	35,81%
Recupero Energetico (TMV)	3,08%
Produzione pannelli truciolari (riciclo)	60,10%
Compostaggio	1,01 %

FINE VITA MATERIALI METALLICI	
Scenario	Quota %
Riciclo	80,0%
Smaltimento in discarica	20,0%

(fonte Rilegno 2015, Ricrea 2015)



## Le categorie d'impatto analizzate

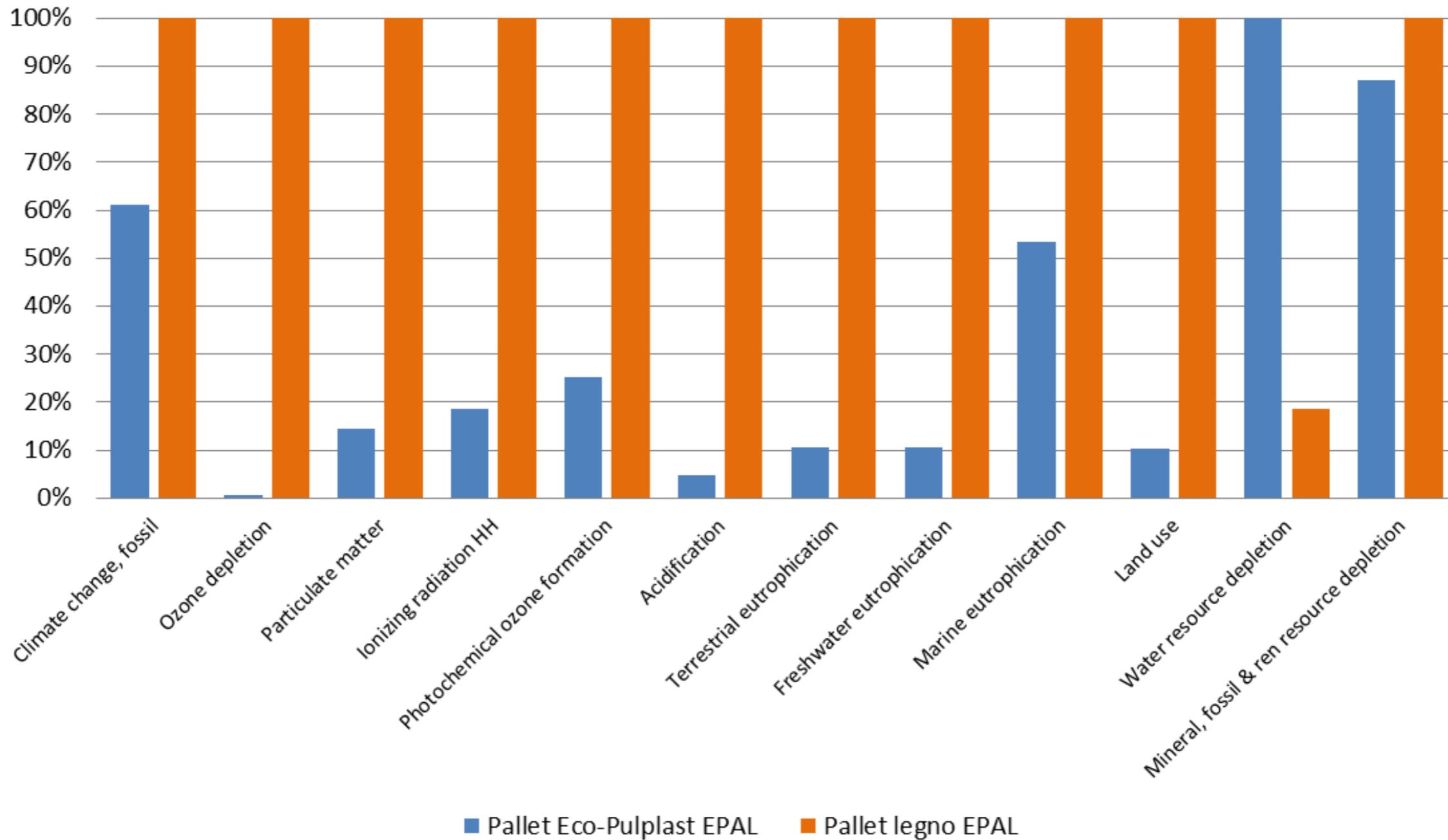
Le categorie d'impatto rappresentano i problemi ambientali di interesse ai quali sono assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita

Il metodo di calcolo degli impatti indicato dalla PEF è ILCD 2011 Midpoint v. 1.07

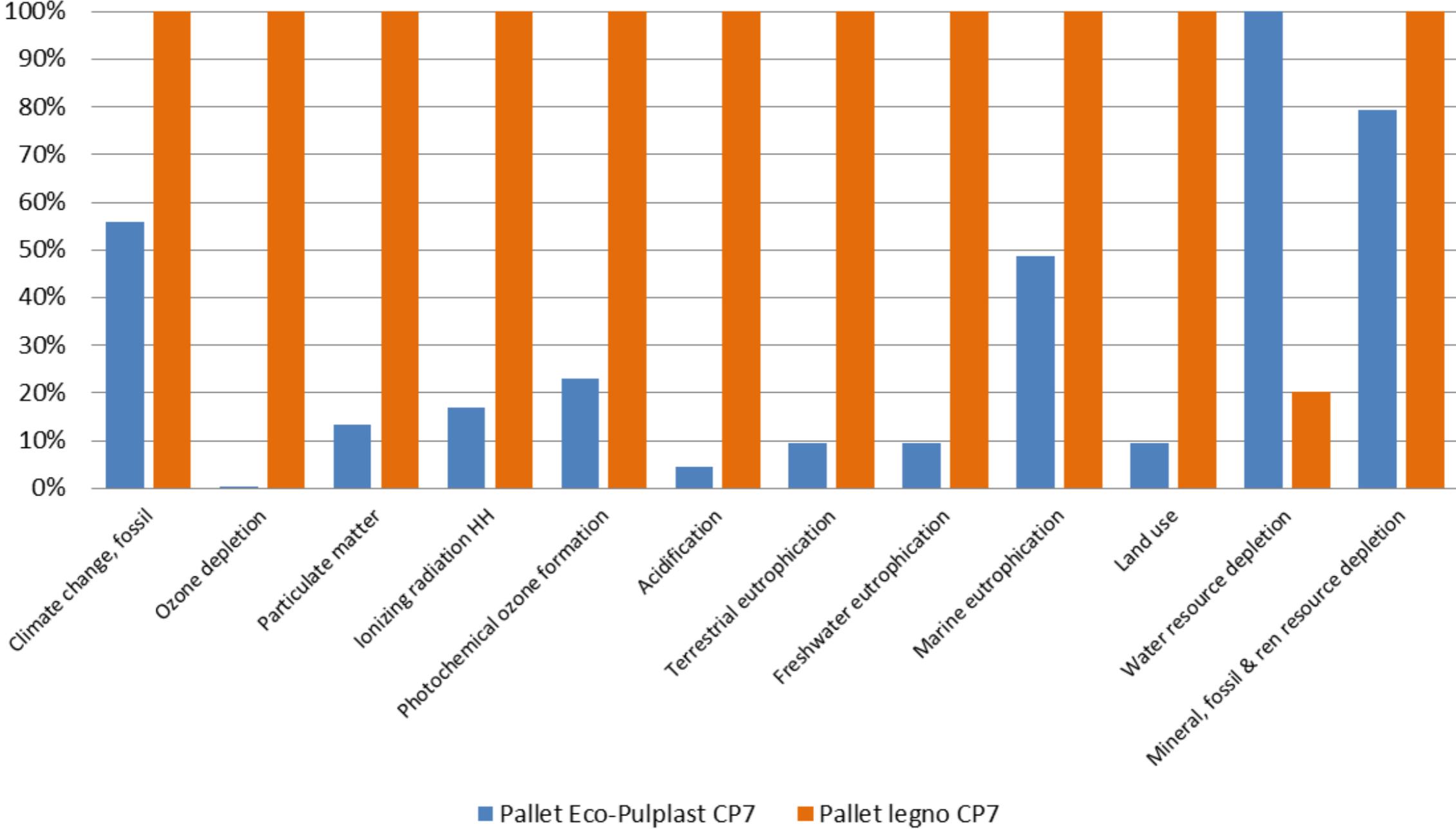
Categorie di impatto	Indicatore	Livello di Qualità
Cambiamenti climatici (GWP 100)	kg CO2 eq	I
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq <sup>1</sup>	I
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	II/III
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	II/III
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	kg PM2.5 eq	I
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg U235 eq	II
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq <sup>2</sup>	II
Acidificazione	molc H+ eq	II
Eutrofizzazione – Terrestre	mol N eq	II
Eutrofizzazione – Acquatica	kg P eq	II
Eutrofizzazione – Marina	kg N eq	II
Ecotossicità – ambiente acquatico acqua dolce	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)	II/III
Trasformazione del terreno	kg C deficit	III
Impoverimento delle risorse – acqua	m3 water eq	III
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg Sb eq	II



# Confronto Pallet EPAL Eco-Pulplast - legno



# Confronto Pallet CP7 Eco-Pulplast-legno



# Confronto

## Pallet EPAL Eco-Pulplast-Pallet EPAL legno

Categoria d'impatto	Unità	Pallet Eco-Pulplast EPAL	Pallet legno EPAL	Delta EPAL Legno vs EPAL Eco-Pulplast
Climate change, fossil	kg CO2 eq	1,23E+01	2,01E+01	+ 39%
Climate change, biogenic	kg CO2 eq	7,39E-01	2,77E-01	- 62%
Climate change, land use & transf	kg CO2 eq	5,05E-03	2,68E-02	+ 81%
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	6,82E-09	1,30E-06	+ 99%
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	3,26E-06	4,04E-06	+ 19%
Human toxicity, cancer effects	CTUh	2,32E-07	1,65E-06	+ 86%
Particulate matter	kg PM2.5 eq	3,46E-03	2,38E-02	+ 85%
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	1,84E-01	9,98E-01	+ 82%
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	3,83E-06	4,55E-06	+ 16%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,10E-02	8,35E-02	+ 75%
Acidification	molc H+ eq	3,42E-03	7,09E-02	+ 95%
Terrestrial eutrophication	molc N eq	2,59E-02	2,47E-01	+ 90%
Freshwater eutrophication	kg P eq	3,13E-04	2,97E-03	+ 89%
Marine eutrophication	kg N eq	1,23E-02	2,31E-02	+ 46%
Freshwater ecotoxicity	CTUe	2,52E+02	9,71E+01	- 61%
Land use	kg C deficit	3,02E+01	2,94E+02	+ 90%
Water resource depletion	m3 water eq	4,50E-02	8,35E-03	- 81%
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	4,17E-04	4,79E-04	+ 13%



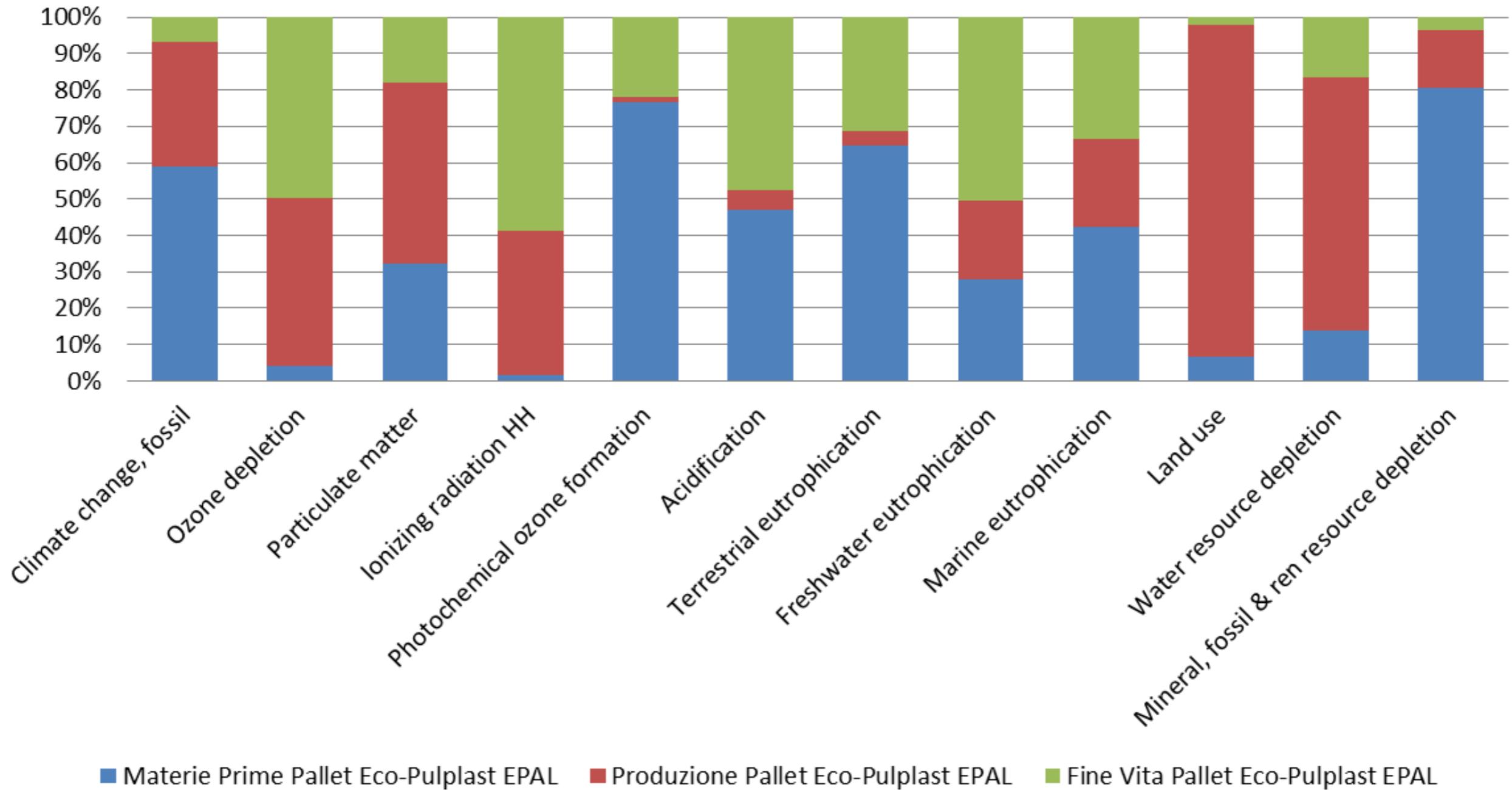
# Confronto

## Pallet CP7 Eco-Pulplast-Pallet CP7 legno

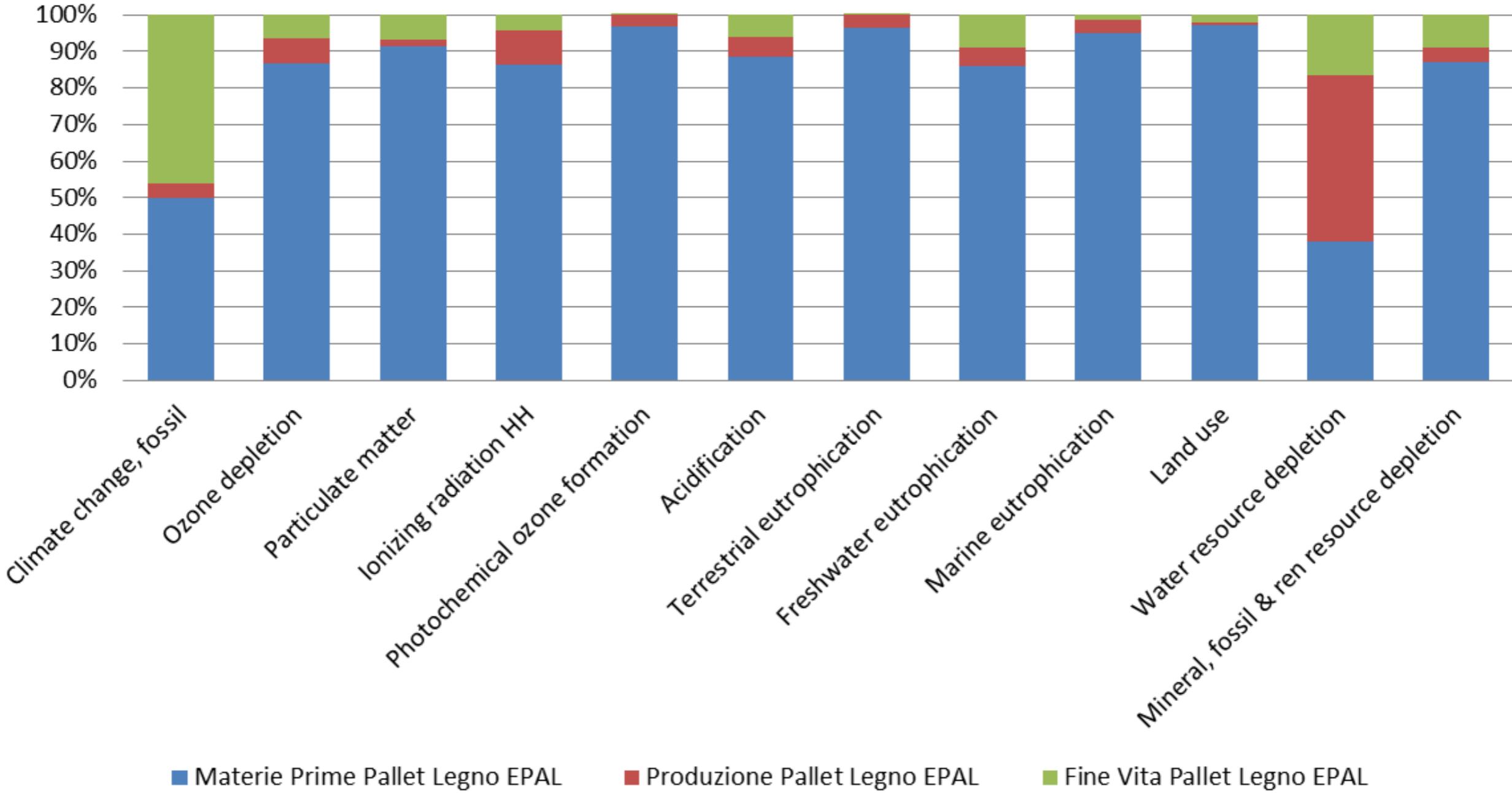
Categoria d'impatto	Unità	Pallet Eco-Pulplast CP - 7	Pallet legno CP - 7	Delta CP-7 Legno vs CP-7 Eco-Pulplast
Climate change, fossil	kg CO2 eq	1,48E+01	2,64E+01	+ 44%
Climate change, biogenic	kg CO2 eq	8,86E-01	3,65E-01	- 59%
Climate change, land use & transf	kg CO2 eq	6,06E-03	3,53E-02	+ 83%
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	8,18E-09	1,71E-06	+ 100%
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	3,91E-06	5,32E-06	+ 26%
Human toxicity, cancer effects	CTUh	2,79E-07	2,18E-06	+ 87%
Particulate matter	kg PM2.5 eq	4,16E-03	3,13E-02	+ 87%
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	2,21E-01	1,31E+00	+ 83%
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	4,59E-06	5,98E-06	+ 23%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,52E-02	1,10E-01	+ 77%
Acidification	molc H+ eq	4,10E-03	9,32E-02	+ 96%
Terrestrial eutrophication	molc N eq	3,11E-02	3,25E-01	+ 90%
Freshwater eutrophication	kg P eq	3,75E-04	3,90E-03	+ 90%
Marine eutrophication	kg N eq	1,48E-02	3,04E-02	+ 51%
Freshwater ecotoxicity	CTUe	3,02E+02	1,28E+02	- 58%
Land use	kg C deficit	3,63E+01	3,87E+02	+ 91%
Water resource depletion	m3 water eq	5,40E-02	1,10E-02	- 80%
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	5,00E-04	6,30E-04	+ 21%



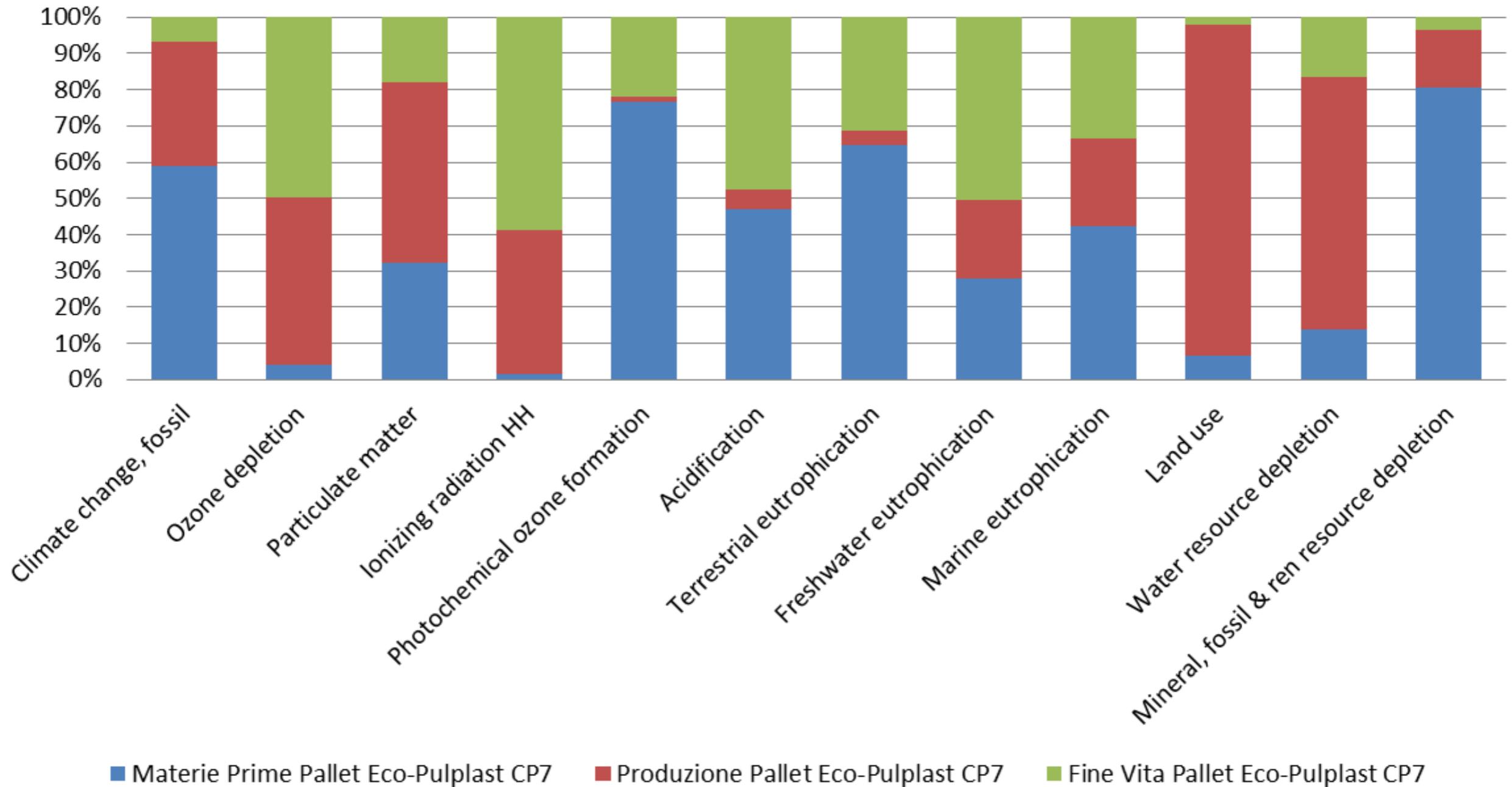
## Analisi dei contributi Pallet EPAL - Eco-Pulplast



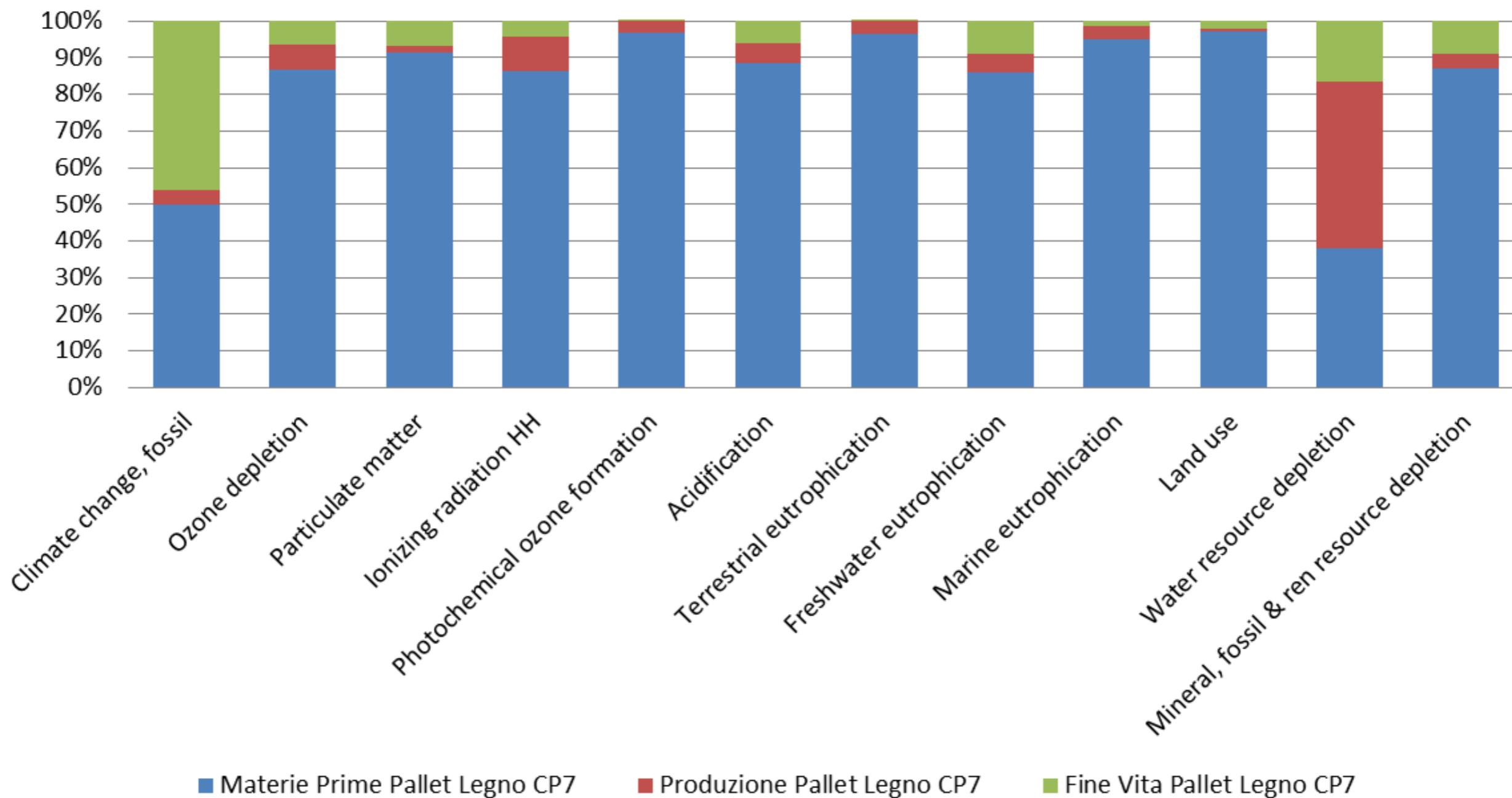
# Analisi dei contributi Pallet EPAL legno



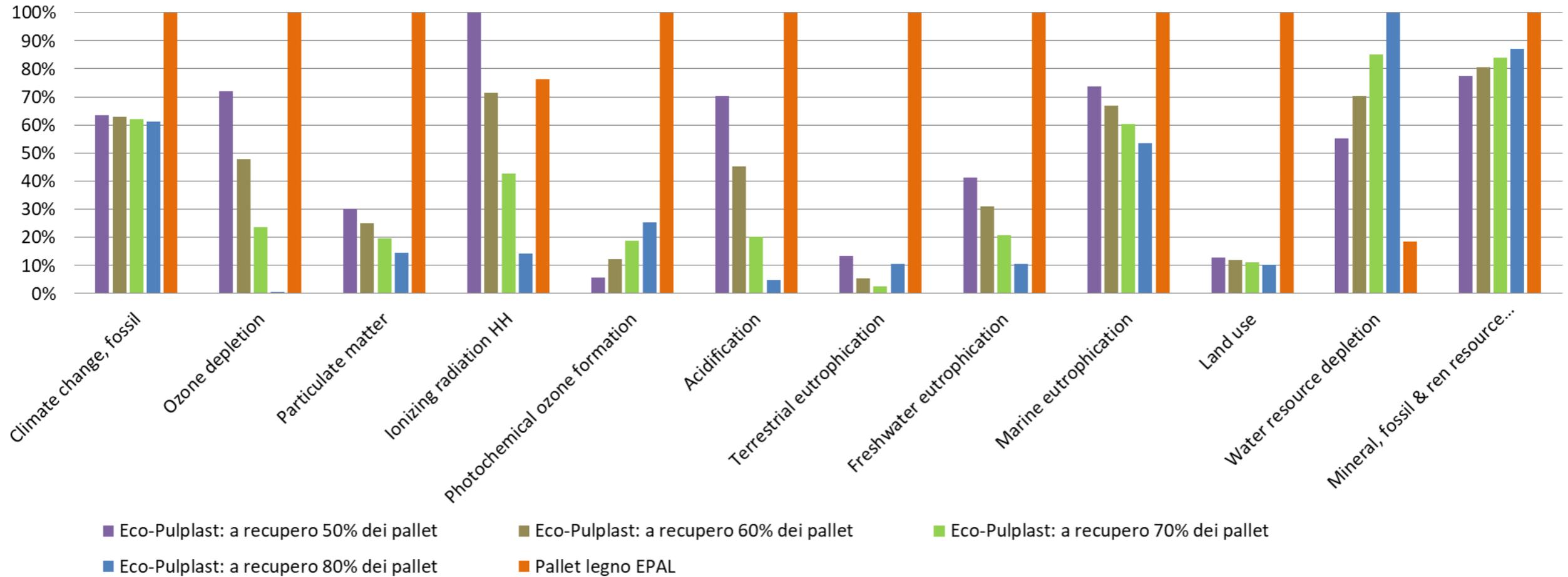
# Analisi dei contributi Pallet CP7 - Eco-Pulplast



## Analisi dei contributi Pallet CP7 legno



# Analisi di sensitività: % di recupero a fine vita Per il pallet Eco-pulplast



## Fase d'uso: ipotesi da letteratura

Le informazioni chiave utili per condurre l'analisi includendo la fase d'uso sono:

- N° di utilizzi durante la vita utile
- N° di riparazioni durante la vita utile

	Fonte	N° utilizzi nella vita utile	N° di riparazioni
<b>Pallet Legno</b>	Studio EPAL, 2011	22	2
	Bengtsson, 2015	83	28
	PEF Guidance v6.2/ Studio Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, 2014	25	1,875
<b>Pallet Plastica</b>			
	Bengtsson, 2015	62	0
	PEF Guidance v6.2/Studio Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, 2014	50	0



## Conclusioni e sviluppi futuri

- I risultati preliminari relativi alle sole fasi di produzione e fine vita dei pallet indicano migliori performance ambientali, anche in maniera significativa, per i pallet ECO-PULPLAST rispetto agli analoghi pallet in legno per la quasi totalità delle categorie di impatto ambientale.
- La sperimentazione prevista presso Versalis consentirà di:
  - integrare lo studio con i dati relativi alla fase d'uso dei pallet;
  - aggiornare i dati relativi agli scenari di fine vita.
- A valle della fase di produzione pilota i dati relativi alla produzione dei pallet ECO-PULPLAST saranno validati ed eventualmente integrati



Nuovo calcolo della PEF 'dalla culla alla tomba' e confronto tra i due pallet su tutto il loro ciclo di vita.

