



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

STRUMENTI DI ANALISI LCA ED APPLICAZIONE IN CAMPO MECCANICO

LCA ANALYSIS TOOLS AND MECHANICAL APPLICATION

Relatore: Chiar.mo
Prof. Michele Germani

Tesi di Laurea di:
Stefano Croci

Correlatore: Chiar.ma
Prof. Marta Rossi

A.A. 2019 / 2020

Indice

1.Introduzione

1.1 Packaging

1.2 Impatti ambientali

1.3 Simonelli Group

2.Aspetti teorici e strumenti operativi dell'analisi LCA

2.1 Come la sostenibilità ambientale risulta argomento cardine della produzione industriale dei nostri giorni

2.2 LCA (Life Cycle Assessment)

2.2.1 Cos'è l'LCA

2.2.2 Strategie di analisi della vita di un prodotto

2.3 SimaPro

2.3.1 Cos'è SimaPro

2.3.2 Come si organizza un progetto di analisi all'interno del programma

2.3.3 Conclusioni che si possono trarre dal software

3.Aalisi LCA in collaborazione con Nuova Simonelli

3.1 Quadro generale dei prodotti da analizzare e obiettivi principali

3.2 Discussione sostenibilità materiali coinvolti

3.2.1 Processo produzione, utilizzo e smaltimento pallet in legno

3.2.2 Processo produttivo involucro esterno in legno

3.2.3 Cartone

3.2.4 Impatto ambientale vernici per scatole

3.2.5 Materiali plastici

3.3 Fase operativa analisi LCA in Sima Pro

3.3.1 Appia life (2 e 3 gruppi di erogazione)

3.3.2 Appia Life Compact

3.3.3 Eagle One (2 e 3 gruppi di erogazione)

3.3.4 VA388 (2 e 3 gruppi di erogazione)

3.4 Confronto risultati ottenuti e focus sui materiali maggiormente impattanti

4. Conclusioni

4.1 Quadro finale sull'impatto del packaging

4.2 Importanza dello studio effettuato

4.3 Riflessioni sull'impatto ambientale del settore industriale a livello mondiale

5. Bibliografia

1 Introduzione

1.1 Packaging

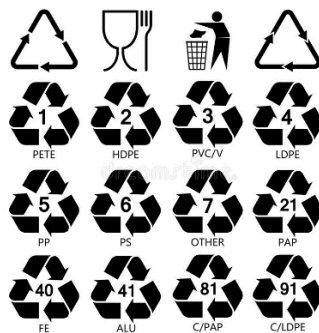
Per packaging si intende l'involucro, composto da diverse tipologie di materiali, che può contenere e proteggere materie prime o prodotti finiti e che serve anche a rendere maneggiabili quest'ultime e facilitarne il trasporto. Presenta geometrie appositamente progettate e realizzate con materiali adeguati per salvaguardare la merce da eventuali urti e da condizioni esterne avverse (si pensi, per esempio, ad un prodotto che deve affrontare un viaggio oltre oceano via nave). Altra finalità del packaging riguarda un fattore estetico in quanto esso risulta essere la componente più esterna e in vista di un prodotto in vendita; oltre a rendere noto il brand proprietario sulla superficie vengono collocati simboli e didascalie relative alle caratteristiche di ciò che è contenuto nell'imballo: il tutto decorato da uno sfondo più accattivante possibile per attirare l'attenzione del potenziale cliente. Coinvolgere il cliente può essere fondamentale come mettere nelle sue mani il fine vita dell'imballo e determinarne la sostenibilità attraverso il riciclo o il riuso. Proprio la percezione del packaging per il consumatore è uno dei motivi per cui è stato svolto il lavoro presentato in questa tesi.



Esempi di imballaggi alimentari, in legno, carta e cartone e metallici.

1.2 Impatti ambientali

Per poter soddisfare le caratteristiche prese in considerazione è necessario l'impiego di una vasta varietà di materiali più o meno ecologici. Se si pensa all'aspetto strutturale dell'imballaggio sono utilizzati materiali come legno, carta o cartone e in alcuni casi anche materiali metallici; solitamente la merce, prima di essere posta nell'involucro esterno, viene avvolta da fogli o sacchetti di materiale plastico (ad esempio il polistirene espanso meglio noto come EPS) oppure di polpa di cellulosa per evitare che avvengano sfregamenti tra superfici; infine il tutto viene verniciato con prodotti di diversa natura, da quelli eco-friendly a quelli fortemente tossici. Tali materiali hanno impatti ambientali che non devono essere trascurati come non deve essere trascurata la sostenibilità del packaging, argomento per molto tempo trattato con globale superficialità. Per poter gestire di pari passo la progettazione di un packaging e allo stesso tempo ottimizzare al meglio il suo impatto si utilizzano metodologie di analisi che riescono a mostrare la sostenibilità di ogni componente dell'imballo stesso; una di queste è proprio l'LCA, ovvero Lyfe Cycle Assessment.



1.3 Simonelli Group

La Simonelli Group è un'azienda italiana che opera nel settore della torrefazione o più precisamente nella produzione e fornitura di macchinari professionali per la preparazione del caffè. Con sede a Belforte del Chienti, in provincia di Macerata, esporta beni e servizi in tutto il mondo, forte del suo prestigio in questo settore. Sul mercato si divide in due brand distinti che differenziano la fascia di appartenenza dei macchinari. La Nuova Simonelli si occupa di macchine da caffè tradizionali, superautomatiche e macinacaffè mirate alla funzionalità, all'affidabilità e all'accessibilità per clienti con ogni esigenza. Victoria Arduino, invece, acquisita successivamente dal gruppo, mantiene le stesse qualità operative abbinando però una ricerca costruttiva sia nei materiali sia nel design, collocandosi in un contesto estremamente lussuoso. ^[1]

Una collaborazione tra l'Università Politecnica delle Marche e Simonelli Group ha permesso lo svolgimento di un'analisi LCA dettagliata su alcuni articoli dell'azienda come attività di tirocinio su cui si basa questa tesi.



Logo Simonelli Group e i suoi due brand “Nuova Simonelli” e “Victoria Arduino”



Macchina da caffè Nuova Simonelli in fase di erogazione



Sede principale Simonelli Group a Belfornte del Chienti, MC

2. Aspetti teorici e strumenti operativi dell'analisi LCA

2.1 Come la sostenibilità ambientale risulta argomento cardine della produzione industriale dei nostri giorni

Il mondo della produzione, esploso con la seconda rivoluzione industriale, è stato da sempre basato sullo sfruttamento massivo delle risorse a disposizione dell'uomo; foreste, corsi d'acqua, oceani, ecosistemi di ogni tipo hanno pesantemente risentito della corsa alla produzione di beni e servizi finalizzati alla crescita fino ai nostri giorni e in maniera totalmente incontrastata fino agli anni '70. Si deve aspettare, infatti, questo periodo storico per vedere i primi provvedimenti della classe dirigente a tutela dell'ambiente. Tra i campi di ricerca in cui si lavora ci sono quelli dell'ottimizzazione delle quantità di materiale impiegato e del riciclo, tappa fondamentale per la tutela dell'ambiente e che deve coinvolgere ognuno di noi. Passando nei pressi di uno stabilimento industriale o di un grande centro commerciale, non è difficile notare all'esterno montagne di scarti di imballaggi in attesa di essere smaltite; si tratta di una routine giornaliera che produce un flusso di rifiuti inimmaginabile; se finisse direttamente in discarica causerebbe in breve tempo danni talmente elevati a cui sarebbe impossibile porre rimedio. Fortunatamente oggi anche gli stabilimenti più grandi sono chiamati ad operare una coscienziosa raccolta differenziata in modo da poter indirizzare le varie categorie di rifiuti in impianti appositi allo smaltimento e al riciclaggio. La lotta per salvaguardare il pianeta si combatte anche in fase di progettazione, andando a valutare i futuri impatti ambientali, a partire dal prodotto stesso fino al suo imballaggio. Il 5 febbraio 2020 è andato in onda sul notiziario "Studio Aperto" un servizio di Caterina Ruggieri che mostra un ottimo esempio di gioco di squadra tra aziende e consumatori; in particolare la "Beiersdorf", multinazionale nel

campo della cosmetica di cui fa parte anche il brand “Nivea”, ha avviato diversi progetti “green” tra cui la creazione di due parchi boschivi totalmente sostenibili e anche un’iniziativa di pulizia del mare dai rifiuti plastici attraverso dispositivi studiati all’interno dell’azienda. Allo stesso tempo il servizio ha messo in evidenza come negli ultimi anni i compratori italiani prestino attenzione nel preferire imballi sostenibili certificati all’impiego massivo della plastica. L’impegno combinato di produttori e consumatori è quindi la chiave per aiutare l’ecosistema mondiale. Sono quindi necessarie tecniche di approccio ben precise, affiancate dall’utilizzo di avanzati programmi di calcolo. La metodologia più diffusa, per studiare il peso ambientale di ogni prodotto, è l’LCA insieme a software professionali come SimaPro o GaBi.

2.2 LCA (Lyfe Cycle Assessment)

2.2.1 Cos’è l’LCA^[2]

LCA è l’abbreviazione di Lyfe Cycle Assessment, un metodo di analisi internazionale standardizzato che considera l’intero ciclo di vita dell’oggetto a partire dall’acquisizione delle materie prime fino al suo fine vita e quindi il suo smaltimento, tenendo conto della fase di produzione ed utilizzo. Il fine di questo metodo è quantificare l’impatto ambientale e l’impatto sulla salute dell’uomo di un bene o servizio, integrando informazioni sul consumo di risorse e sulle emissioni e provvedendo dove possibile a proposte di linee guida affinché si migliorino prodotti e processi.

Come ogni altro metodo standardizzato è governato da normative internazionali; fino al 2006 erano quattro:

- ISO 14040:1997 → Principles and framework
- ISO 14041:1998 → Goal and scope definition and inventory analysis
- ISO 14042:2000 → Life cycle impact assessment

- ISO 14043:2000 → Lyfe cycle interpretation

Successivamente queste normative sono diventate due dopo il 2006:

- ISO 14040:2006 → Principles and framework
- ISO 14044:2006 → Requirements and guidelines

Per tutte le normative citate il valore dopo i due punti indica l'anno in cui sono state introdotte; la ISO 14040:2006 e la ISO 14044:2006 in particolare sono tutt'ora in vigore e presentano i concetti fondamentali dell'LCA e le fasi di svolgimento dell'analisi.

2.2.2 Strategie di analisi della vita di un prodotto e il proprio impatto

I concetti chiave espressi dalle normative sono quattro e costituiscono i passi da fare durante lo svolgimento di una corretta analisi LCA:

- Obiettivo
- Inventario
- Valutazione degli impatti
- Interpretazione dei risultati.

1. OBIETTIVO

Consiste nella prima fase di un'analisi LCA ed è qui che si fissano gli obiettivi principali come, per esempio, la valutazione del carico ambientale, delle emissioni di CO₂ o si definiscono nuove proposte di miglioramento dei processi e dei prodotti stessi; si prosegue con la scelta del campo di applicazione insieme al metodo di collezionamento dei dati ed eventuali aspetti critici da tenere in considerazione.

Un altro elemento importante è la scelta di un' UNITA' FUNZIONALE con la sua unità di misura, parametro che costituisce il punto di riferimento durante tutta l'analisi ed è fondamentale quando si vogliono confrontare due o più analisi LCA.

Infine vengono definiti anche:

- Categorie di impatto ambientale che si vogliono considerare
- Metodologie per il calcolo degli impatti
- Informazioni aggiuntive sui dati a disposizione, come per esempio la tipologia di misurazione effettuata
- Vengono chiarite tutte le semplificazioni eseguite per scaricare l'analisi da dettagli superflui che la renderebbero solamente più articolata

Sempre in questa fase si decide in quale arco di tempo della vita del prodotto effettuare l'analisi, ovvero si definiscono i "confini del sistema".

2. INVENTARIO

Si tratta della fase che richiede più tempo in quanto si recuperano tutti i dati e le informazioni necessarie per lo svolgimento dell'analisi; l'inventario avviene solitamente a stretto contatto con l'azienda che commissiona il lavoro.

Esso determina anche l'ottima riuscita dell'analisi, più la ricerca del materiale viene svolta in modo mirato e allo stesso tempo redditizio, più il risultato sarà

ricco di dettagli e in grado di essere valutato con grande precisione dall'osservatore. Anche in tale contesto ci sono dei punti da rispettare:

- Si considera l'obiettivo
- Si prepara la raccolta dei dati attraverso file multimediali, solitamente appoggiandosi al software Excel, che prendono il nome di BOM (abbreviazione del nome inglese della distinta componenti).
- Collezione dei dati e delle informazioni indispensabili per l'analisi provenienti direttamente dall'azienda, dai fornitori e dalla letteratura.
- I dati ottenuti vengono resi validi ed utilizzabili
- Si relazionano i dati con l'unità funzionale precedentemente imposta, per esempio partendo da un quadro generale per risalire a quelli di un singolo prodotto
- Si perfezionano i confini del sistema in base alla quantità e alla qualità dei dati reperiti
- Revisionare il lavoro svolto andando a correggere, dove serve, alcune informazioni con fine migliorativo

3. VALUTAZIONE IMPATTI

Nella valutazione si determinano gli impatti ambientali dell'oggetto in esame e si ricavano i dati relativi alle varie categorie d'impatto. Questa operazione viene solitamente svolta con un software di calcolo come SimaPro o GaBi e la fase prende il nome di LCIA (Lyfe Cycle Impacts Assessment).

Le categorie d'impatto che vengono prese in considerazione possono essere di diverso tipo: acidificazione, eutrofizzazione, occupazione di suolo agricolo, cambiamenti climatici o anche l'esaurimento dell'ozono (unità di misura Kg CFC-11 eq). L'LCIA converte i dati in un linguaggio numerico più facile da

interpretare e da mettere in relazione alle rispettive categorie sopra citate, anche grazie alla costruzione di grafici e tabelle in cui risaltano meglio i valori chiave.

4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Consiste nella fase conclusiva dell'analisi, in cui si osservano i risultati ottenuti; viene effettuata un'interpretazione in relazione agli obiettivi prefissati; per esempio si possono notare sostanziali differenze di impatto tra diverse categorie e pertanto indagare su cosa pesa maggiormente. Vengono inoltre sviluppate proposte di soluzioni volte a migliorare il prodotto e i suoi processi, generando benefici apprezzabili in seguito ad analisi successive.

2.3 SimaPro

2.3.1 Cos'è SimaPro

SimaPro è un software professionale utilizzato per eseguire analisi LCA, in cui è possibile modellare il ciclo di vita di un prodotto e analizzarlo in base alle categorie d'impatto desiderate; una volta ottenuti tutti i dati dalla fase dell'inventario, infatti, vengono inseriti all'interno del programma e l'elaborato può essere una tabella o un grafico più o meno intuitivi.

2.3.2 Come si organizza un progetto di analisi all'interno del programma

Una volta scelto l'oggetto da analizzare e raccolti i dati necessari, si procede con la modellazione del ciclo di vita; a questo punto si avranno diversi materiali, ognuno dei quali va analizzato a partire dal processo di estrazione della materia prima. Nel software ci sono diverse librerie, ognuna dedicata ad una categoria di appartenenza, all'interno delle quali andare a scegliere le opportune operazioni; facendo ciò, il programma tiene automaticamente conto degli impatti di ciascun macchinario o lavorazione coinvolti. In seguito è necessario indicare la quantità di materiale in questione; è molto importante mantenere la stessa scelta di database affinché l'analisi sia svolta in modo corretto.

Poi seguendo la stessa procedura si modellano tutti gli elementi di base per assemblarli in gruppi e sottogruppi.

Dopo aver quindi modellato le fasi di Material e Manufacturing del prodotto nel suo complesso si passa alle considerazioni per il suo fine vita e lo smaltimento; teoricamente andrebbe analizzata anche la fase d'uso che però nel caso del packaging non prevede né consumo di materiali né di energia; pertanto si passa direttamente al fine vita. Come per la prima fase ci possono essere operazioni più o meno impattanti e che vanno perciò analizzate. In particolare emergono aspetti molto importanti come il riciclo o il riuso di alcune componenti che va a modificare l'entità dell'impatto ambientale; si delineano due tipologie di scenario, uno ottimistico e uno pessimistico. Entrambi vanno modellati separatamente all'interno di SimaPro e anche in questo caso vanno inseriti i processi di smaltimento desiderati e coerentemente con i database scelti per il ciclo di vita, indicando sempre le quantità di materiale interessato; i due scenari si differenziano per le diverse percentuali di riciclo dei vari materiali.

Una volta modellato sia il ciclo di vita sia il fine vita, si passa al calcolo dei risultati; si sceglie un metodo tra quelli proposti dal software e successivamente si indica il gruppo

o sottogruppo destinato all'analisi. Il programma automaticamente genera dei grafici che mostrano quanto l'oggetto analizzato gravi su ciascuna categoria d'impatto; è possibile esportare tali grafici sotto forma di tabelle Excel e successivamente ricostruire i rispettivi diagrammi.

2.3.3 Conclusioni che si possono trarre dal software

Il risultato dell'analisi LCA tramite SimaPro viene presentato sotto forma di grafico a colonne e può essere esportato in forma tabellare in Excel per ricavare grafici ancora più mirati. I grafici possono essere relativi all'analisi del ciclo di vita, mostrando i vari impatti dell'oggetto sotto esame in base alle varie categorie, ma possono anche mettere a confronto oggetti diversi per evidenziarne differenze.

Per quanto riguarda il fine vita, nei grafici che si ottengono dall'analisi viene messa in risalto la differenza relativa alle varie categorie. Per quanto riguarda un determinato oggetto è possibile modellare scenari diversi per metterne a confronto uno ottimistico con uno pessimistico; nel caso si vogliano paragonare più di due articoli dal punto di vista del loro fine vita, il risultato che emergerà sarà caratterizzato da una minore chiarezza e immediatezza nell'interpretazione; è per questo motivo che analisi di tal genere vengano effettuate singolarmente.

Durante la modellazione, sia per il ciclo di vita sia per il fine vita, l'oggetto finale è il risultato di un assemblaggio di gruppi e sottogruppi disposti in modo gerarchico, dal singolo materiale all'insieme finale nella sua complessità; è quindi possibile, a partire dallo stadio finale, effettuare il processo inverso per valutare gli impatti dovuti a materiali ed energia spesi nelle singole operazioni (per esempio si vanno a quantificare gli impatti relativi al Diesel impiegato, dell'energia elettrica o della quantità d'acqua necessaria).

3. Analisi LCA in collaborazione con Nuova Simonelli

L'attività su cui si basa questa tesi di laurea è un'analisi LCA resa possibile dalla collaborazione dell'Università Politecnica delle Marche con la Simonelli Group. L'azienda ha commissionato il lavoro prendendo come oggetti in esame alcune macchine da caffè provenienti sia dalla produzione "Nuova Simonelli" sia "Victoria Arduino"; in particolare il protagonista dell'analisi è il packaging di questi prodotti. L'attività è stata svolta insieme al collega Luca Solazzi che, nella sua tesi di laurea magistrale, approfondirà il discorso proponendo delle soluzioni migliorative per i prodotti e per i processi produttivi.

3.1 Quadro generale dei prodotti da analizzare e obiettivi principali

Le macchine prese in considerazione sono state rispettivamente Appia Life (2 e 3 gruppi), Appia Life Compact, Eagle One (2 e 3 gruppi) e VA388 (2 e 3 gruppi). L'obiettivo dell'analisi era quantificare l'impatto ambientale del ciclo di vita di ogni packaging e le differenze nei casi di fine vita ottimistico e pessimistico. I materiali presenti negli imballi sono il legno del pallet e dell'involucro esterno delle VA388, in quanto macchine della lussuosa linea Victoria Arduino, il cartone delle scatole esterne sempre presenti, alcuni materiali plastici (di cui verrà fatta un'analisi più dettagliata) impiegati per sacchi protettivi, spessori e angolari, metallo sotto forma di lamierini nelle VA388 per rafforzare la struttura delle casse in legno.

3.2 Discussione sostenibilità materiali coinvolti

In questa fase della trattazione si andranno ad esporre tutti i materiali complessivamente coinvolti nella realizzazione dei vari imballi, mettendo in evidenza lavorazioni ed eventuali possibilità di riciclo.

3.2.1 Processo produzione, utilizzo e smaltimento pallet in legno

Dalla fase di inventario svolta a contatto con l'azienda è emerso che i pallet utilizzati per il trasporto delle macchine sono realizzati in legno di abete HT con certificazione normativa ISPM 15; quest'ultima certifica la decontaminazione del legno da batteri che potrebbero essere veicolati negli alimenti o direttamente verso altro legno, anche in piante ancora in vita. Per prevenire, quindi, soprattutto in caso di esportazione su scala internazionale eventuali infezioni della flora di altri paesi, i legni destinati a questo utilizzo devono rispettare tale normativa e devono essere marchiati con uno specifico timbro a fuoco che ne attesti l'autenticità. La lavorazione prevista dalla normativa ISPM 15 viene indicata con la sigla HT; trattamento termico che prevede l'innalzamento della temperatura al cuore del legno fino a circa 56°C e il mantenimento in tale condizione per un tempo di 30 minuti; complessivamente il processo di riscaldamento e successivo raffreddamento richiede dalle 2,5 alle 4,5 ore, a seconda della stagione e delle condizioni climatiche in cui viene effettuato. Il macchinario utilizzato per il trattamento HT è un classico forno industriale alimentato a gas e dotato di un sistema di ventilazione; inoltre l'operazione si può indifferentemente svolgere a pallet assemblato oppure preventivamente sul legno massello.^[3]

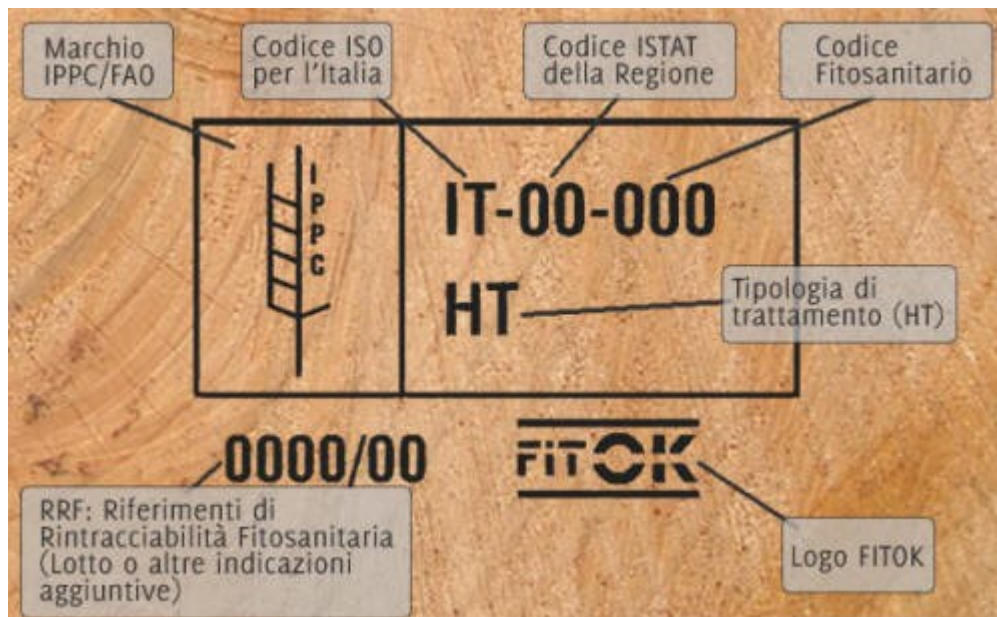


Immagine presa dal sito web www.lpmimballaggi.it

Una volta ottenuto il pallet assemblato, esso viene utilizzato per il trasporto; al termine del suo utilizzo, alcune ditte di recupero restituiscono una nuova vita alle tavole di legno; esse, dopo un'accurata selezione, risultano essere ancora idonee per assemblare nuovi pallet; questa operazione viene eseguita tramite un macchinario denominato "sega smontaimballaggi". Le tavole che non superano la selezione vengono invece destinate ad una serie di processi che le trasformeranno in materiale combustibile per uso domestico, come il pellet; la prima fase è la cippatura, ovvero la riduzione della tavola di massello in pezzi di dimensioni minori e irregolari; successivamente questi pezzi di legno vengono raffinate in appositi mulini e infine, attraverso il processo di pellettizzazione, vengono ridotti in frammenti lignei utilizzati per alimentare stufe o camini.^[3]

3.2.2 Processo produttivo involucro esterno in legno

L'involucro esterno di legno è un'esclusiva per le macchine "Victoria Arduino", le più lussuose della gamma; nel nostro caso sono le VA388 ad esserne equipaggiate. Il materiale con cui è realizzato è un compensato di pioppo dotato di certificazione KD (abbreviazione di "kiln dried"). Letteralmente il termine "kiln dried wood" indica un'essiccazione in forno del legno, alla base anche del trattamento HT. Il processo di lavorazione delle tavole di compensato si sviluppa in tre fasi; nella prima avviene il taglio delle tavole nella misura desiderata attraverso una troncatrice, successivamente, attraverso un apposito macchinario, sui fogli di compensato vengono applicati dei lamierini di acciaio (nel nostro caso semplice acciaio verniciato) mediante chioderia. Infine, nell'ultima fase di lavorazione, le casse ormai pronte vengono stoccate in magazzino in attesa di essere utilizzate.



Esempio di cassa di legno esterna assemblata e pronta alla spedizione

3.2.3 Cartone

Il cartone viene utilizzato per le scatole esterne sia per le macchine “Nuova Simonelli” sia per quelle “Victoria Arduino”; la lavorazione parte da fogli di cartone di tipologia EURO 1450/14 o EXPO 1550/14 i quali vengono inseriti in appositi macchinari che provvedono al taglio e alla stampa della grafica; successivamente una cucitrice si occupa del completamento delle scatole così stoccate in magazzino e pronte all’uso. Il livello di sostenibilità di questo componente del packaging è influenzato dalla qualità di vernice applicata.



Scatole esterne “Appia Life” e “Victoria Arduino”

3.2.4 Impatto ambientale vernici per scatole

Esistono categorie di vernici più o meno impattanti in base alla loro composizione chimica. In generale il composto è formato da un legante, un solvente e degli additivi; il solvente è la componente che, una volta asciugata la vernice, si volatilizza nell'atmosfera e può essere considerato l'elemento più impattante. Ci sono due tipologie di basi che possono essere utilizzate: acqua o solvente. Nel secondo caso ci si riferisce a sostanze come il noto diluente nitro o altri solventi sintetici; l'acqua, invece, risulta essere un'alternativa molto più ecologica in quanto riduce le emissioni dovute all'evaporazione. La "Simonelli Group" infatti, per gli imballi delle macchine analizzate, utilizza vernici a base di acqua e l'asciugatura avviene outdoor.

3.2.5 Materiali plastici

Fanno parte del packaging anche alcuni componenti realizzati in materiale plastico: gusci e angolari in EPS e PE e la coperta in TNT. L'EPS, meglio noto come polistirene espanso, insieme all'PE, ovvero il polietilene, hanno un processo di lavorazione molto simile; la loro materia prima consiste in granuli di polimero ed entrambi subiscono tre lavorazioni consecutive prima di assumere la forma finale. Partendo dall'EPS, la sua materia prima sono granuli di polistirene che vengono pre-espansi in un apposito macchinario ad una temperatura di 90°C con un tempo di ciclo di 180 sec; ogni ciclo ha un assorbimento di energia pari a 8kWh + 12 KgVapore per un totale di 35 kWh richiesti per tutto l'EPS coinvolto. Successivamente il lavorato viene fatto riposare per 12-48h in silos e successivamente una stampatrice si occupa di conferire al materiale le caratteristiche del prodotto finito; quest'ultima operazione avviene a 110-120°C con tempo di ciclo pari a 60 sec, assorbimento per ciclo di 10 kWh per un totale di 40 kWh.

Per quanto riguarda il polietilene, il materiale grezzo è costituito da granuli di polimero plastico che danno origine ad una lastra di PE 120x200cm attraverso uno stampaggio ad iniezione; le dimensioni richieste sono però di 40x100cm e si ottengono utilizzando una fustella. L'ultima operazione è una semplice pulizia dei semilavorati per renderli pronti all'uso.

Il sacchetto in TNT, invece, ha un processo di formazione molto più semplice; si tratta infatti di un'estrusione di un film plastico di TNT che servirà ad avvolgere la macchina all'interno dell'imballo.

3.3 Fase operativa analisi LCA in SimaPro

Durante l'analisi di inventario un lavoro molto importante è stato realizzare delle BOM dedicate per ogni tipologia di macchina da caffè; ad ogni materiale sono state assegnate le rispettive lavorazioni in SimaPro, oltre ai dati sulle dimensioni e sui pesi che, per motivi di privacy, non verranno mostrati esplicitamente. In questa fase, la quale richiede molto tempo e collaborazione, è importante individuare il giusto compromesso tra il livello di dettaglio che si vuole raggiungere e il tempo che si vuole dedicare.

In seguito saranno analizzate tutte le informazioni relative ad ogni macchina poi utilizzate nel software per la modellazione delle varie parti, integrate in corso d'opera tramite dei questionari consegnati all'azienda; le informazioni raccolte sono risultate

per lo più qualitative (come, per esempio, domande sull'asciugatura delle vernici o le modalità di assemblaggio delle casse esterne) e per questo non sono state utilizzate nella fase di calcolo vero e proprio, ma sono state importanti per definire in maniera più dettagliata i prodotti in esame.

3.3.1 Appia Life (2 e 3 gruppi di erogazione)



Descrizione	Qtà	Materiale	Materiale e lavorazione in SimaPro
Gusci	2	EPS	Polystyrene, expandable {GLO} market for Alloc Def, U Injection moulding {GLO} market for Alloc Def, U
Sacchetto nylon	1	Nylon	Nylon 6 {GLO} market for Alloc Def, U Extrusion, plastic film {GLO} market for Alloc Def, U
Scatola accessori	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Scatola esterna	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Pallet	1	Abete HT	1 kg di segato

	Steel nails	Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U
	Steel staples	Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U
	Natural gas	Natural gas, high pressure {IT} market for Alloc Def, U
	Diesel (for forklifts and internal trucks)	Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U
	Oil (for forklifts and internal trucks)	Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U
	Electricity power	Electricity, medium voltage {IT} market for Alloc Def, U
	Bark (as fuel)	Bark chips, wet, measured as dry mass {RoW} debarking, softwood Alloc Def, U
	Sawdust (as fuel)	Saw dust, wet, measured as dry mass {RoW} sawing, hardwood Alloc Def, U

In questa tabella emerge un dato insolito, ovvero il chilogrammo di segato come materiale selezionato all'interno di SimaPro. Questa particolarità sarà ricorrente anche nelle altre macchine analizzate poiché nel software non era presente nessuna categoria di materiale adatta per questa circostanza; il chilo di segato è stato infatti modellato da zero:

Materiale	Materiale in Sima Pro
Sawnwood	Sawnwood, board, hardwood, raw, kiln dried {GLO} market for Alloc Def, U

Wood chip	Wood chips, wet, measured as dry mass {RER} market for Alloc Def, U
Sawndust	Saw dust, wet, measured as dry mass {RoW} sawing, hardwood Alloc Def, U
Bark	Bark chips, wet, measured as dry mass {RoW} debarking, softwood Alloc Def, U
Water (for fungi treatment)	Tap water, at user {Europe without Switzerland} tap water production and supply Alloc Def, U
Mirecide (for fungi treatment)	Pesticide, unspecified {GLO} market for Alloc Def, U
Lubricants (for maintenance of the facility machinery and tools)	Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U
Polyethylene (Packaging tape)	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO} market for Alloc Def, U
Stickers (wooden package label)	Stickers Paper, woodfree, coated {RER} market for Alloc Def, U
Diesel (for forklifts and internal trucks)	Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U
Oil (for forklifts and internal trucks)	Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U
Electricity consumption	Electricity, medium voltage {IT} market for Alloc Def, U

3.3.2 Appia Life Compact



Descrizione	Qtà	Materiale	Materiale e lavorazione in SimaPro
Gusci	2	EPS	Polystyrene, expandable {GLO} market for Alloc Def, U Injection moulding {GLO} market for Alloc Def, U
Sacchetto	1	Nylon	Nylon 6 {GLO} market for Alloc Def, U Extrusion, plastic film {GLO} market for Alloc Def, U
Scatola accessori	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U

Scatola esterna	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Pallet	1	Abete HT	1 kg di segato
		Steel nails	Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U
		Steel staples	Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U
		Natural gas	Natural gas, high pressure {IT} market for Alloc Def, U
		Diesel (for forklifts and internal trucks)	Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U
		Oil (for forklifts and internal trucks)	Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U
		Electricity power	Electricity, medium voltage {IT} market for Alloc Def, U
		Bark (as fuel)	Bark chips, wet, measured as dry mass {RoW} debarking, softwood Alloc Def, U
		Sawdust (as fuel)	Saw dust, wet, measured as dry mass {RoW} sawing, hardwood Alloc Def, U

3.3.3 Eagle One (2 e 3 gruppi di erogazione)



Descrizione	Qtà	Materiale	Materiale e lavorazione in SimaPro
Gusci	2	EPS	Polystyrene, expandable {GLO} market for Alloc Def, U
Coperta TNT	1	100% polipropilene	
Scatola accessori	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Scatola esterna	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Pallet	1	Abete HT Steel nails Steel staples Natural gas	1 kg di segato Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U Natural gas, high pressure {IT} market for Alloc Def, U

		Diesel (for forklifts and internal trucks)	Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U
		Oil (for forklifts and internal trucks)	Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U
		Electricity power	Electricity, medium voltage {IT} market for Alloc Def,
		Bark (as fuel)	Bark chips, wet, measured as dry mass {RoW} debarking, softwood Alloc Def, U
		Sawdust (as fuel)	Saw dust, wet, measured as dry mass {RoW} sawing, hardwood Alloc Def, U

3.3.4 VA388 (2 e 3 gruppi di erogazione)



Descrizione	Qtà (2 GR)	Qtà (3 GR)	Materiale	Materiale e lavorazione in SimaPro
Spessori	4	6	EPS	Polystyrene, expandable {GLO} market for Alloc Def, U Injection moulding {GLO} market for Alloc Def, U
Angolari	12	14	PE	Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Alloc Def, U Injection moulding {GLO} market for Alloc Def, U
Coperta TNT	1	1	100% polipropilene	Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Def, U

				Extrusion, plastic film {GLO} market for Alloc Def, U
Cassa esterna	1	1	Pioppo	Plywood, for outdoor use {RER} market for Alloc Def, U
Lamierini	4	4	Acciaio verniciato	Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for Alloc Def, U
Coperchio	1	1	Pioppo	Plywood, for outdoor use {RER} market for Alloc Def, U
Scatola accessori	1	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Scatola esterna	1	1	Cartone	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Def, U
Pallet	1	1	Abete HT Steel nails Steel staples Natural gas Diesel (for forklifts and internal trucks)	1 kg di segato Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U Steel, unalloyed {GLO} market for Alloc Def, U Natural gas, high pressure {IT} market for Alloc Def, U Diesel {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U

			Oil (for forklifts and internal trucks)	Electricity, medium voltage {IT} market for Alloc Def,
			Electricity power	Bark chips, wet, measured as dry mass {RoW} debarking,
			Bark (as fuel)	softwood Alloc Def, U
			Sawdust (as fuel)	Saw dust, wet, measured as dry mass {RoW} sawing, hardwood Alloc Def, U

Nei paragrafi precedenti sono state riportate le informazioni per modellare il ciclo di vita delle varie macchine, mantenendo riservati i dati numerici; la modellazione del ciclo di vita è specifica per ogni macchina, poiché variano le componenti coinvolte e le loro quantità.

Per modellare il fine vita si vanno a delineare due scenari possibili, uno ottimistico e uno pessimistico. Quello che li distingue, come già detto all'inizio della trattazione, sono le percentuali di riciclo di ogni materiale che, nel caso di scenario pessimistico, saranno naturalmente più basse.

Di seguito saranno riportate le tabelle con le rispettive percentuali di riciclo di ogni materiale coinvolto sia nel caso pessimistico sia in quello ottimistico.

- SCENARIO OTTIMISTICO

Processo di smaltimento	Tipo di materiale	Percentuale
Riciclo legno	Wood	90%
PP (waste treatment) {GLO}, recycling of PP, Alloc Def, U	Polypropylene, granulate {GLO}, market for, Alloc Def, U	80%
PS (waste treatment) {GLO}, recycling of PS, Alloc Def, U	Polystyrene, expandable {GLO}, market for, Alloc Def, U	80%
Paper (waste treatment) {GLO}, recycling of paper, Alloc Def, U	Corrugated board box {GLO}, market for corrugated board box, Alloc Def, U	90%
Steel and iron (waste treatment) {GLO}, recycling of PE, Alloc Def, U	Steel	90%
PE (waste treatment) {GLO}, recycling of steel and iron, Alloc Def, U	Polyethylene, high density, granulate {GLO}, market for, Alloc Def, U	80%

Flusso di rifiuti rimasti dopo la separazione per il riciclo:

Processo di smaltimento	Percentuale
Inert waste, for final disposal {GLO}, market for, Alloc Def, U	100%

Una volta selezionata la quantità di materiale destinata il riciclo il 100% del rimanente viene gettata in discarica.

- SCENARIO PESSIMISTICO

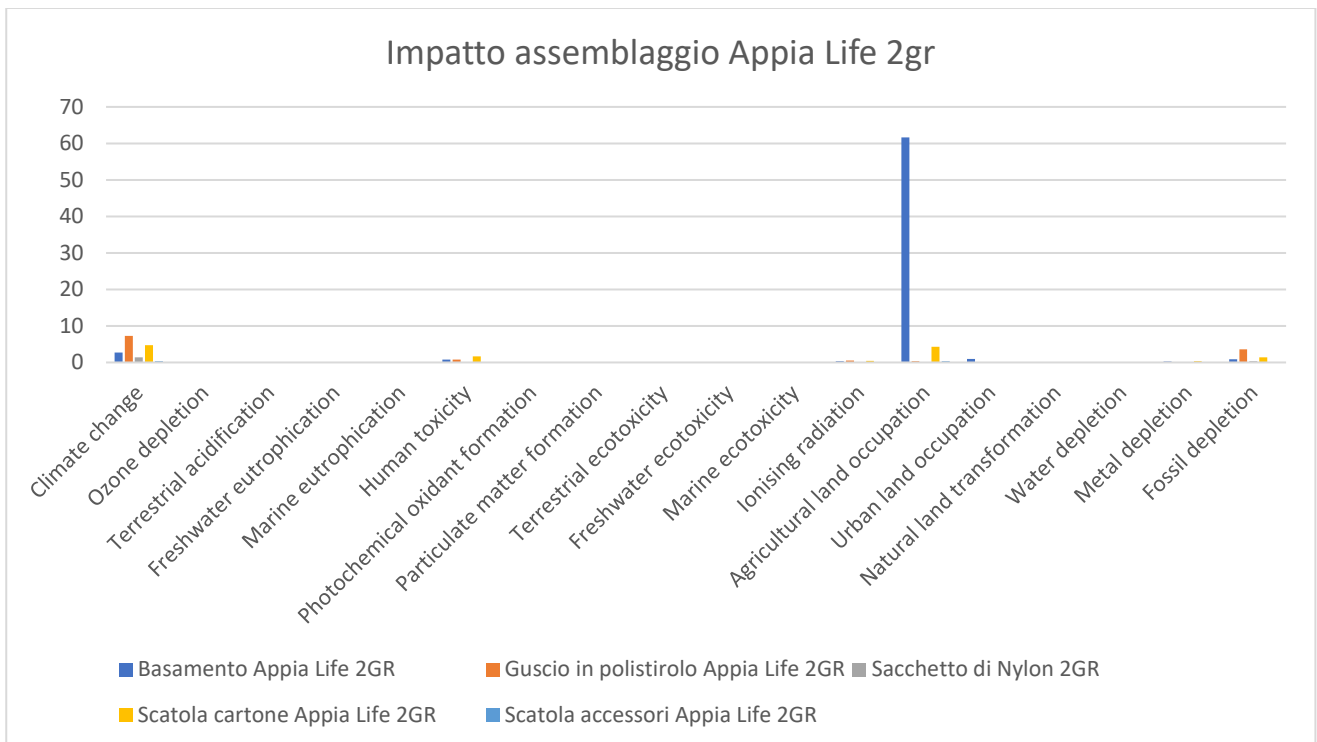
Processo di smaltimento	Tipo di materiale	Percentuale
Waste wood, untreated {GLO}, market for, Alloc Def, U	Wood	100%
PP (waste treatment) {GLO}, recycling of PP, Alloc Def, U	Polypropylene, granulate {GLO}, market for, Alloc Def, U	40%
PS (waste treatment) {GLO}, recycling of PS, Alloc Def, U	Polystyrene, expandable {GLO}, market for, Alloc Def, U	40%
Paper (waste treatment) {GLO}, recycling of paper, Alloc Def, U	Corrugated board box {GLO}, market for corrugated board box, Alloc Def, U	50%
Scrap steel {GLO}, market for, Alloc Def, U	Steel	100%
PE (waste treatment) {GLO}, recycling of steel and iron, Alloc Def, U	Polyethylene, high density, granulate {GLO}, market for, Alloc Def, U	40%

Flusso di rifiuti rimasti dopo la separazione per il riciclo:

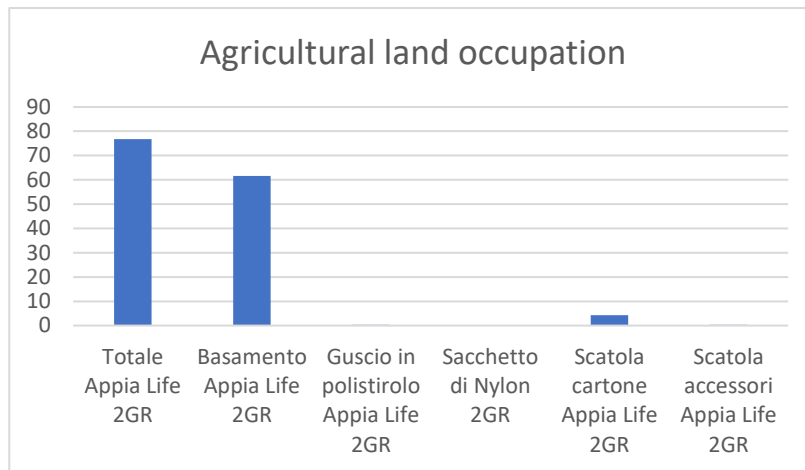
Processo di smaltimento	Percentuale
Inert waste, for final disposal {GLO}, market for, Alloc Def, U	100%

3.4 Confronto risultati ottenuti e focus sui materiali maggiormente impattanti

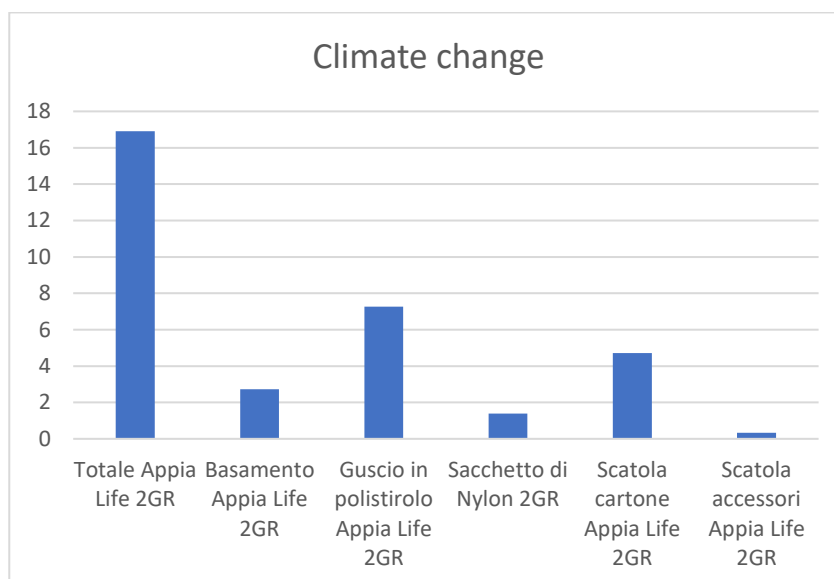
- Appia Life (2 e 3 gruppi di erogazione)



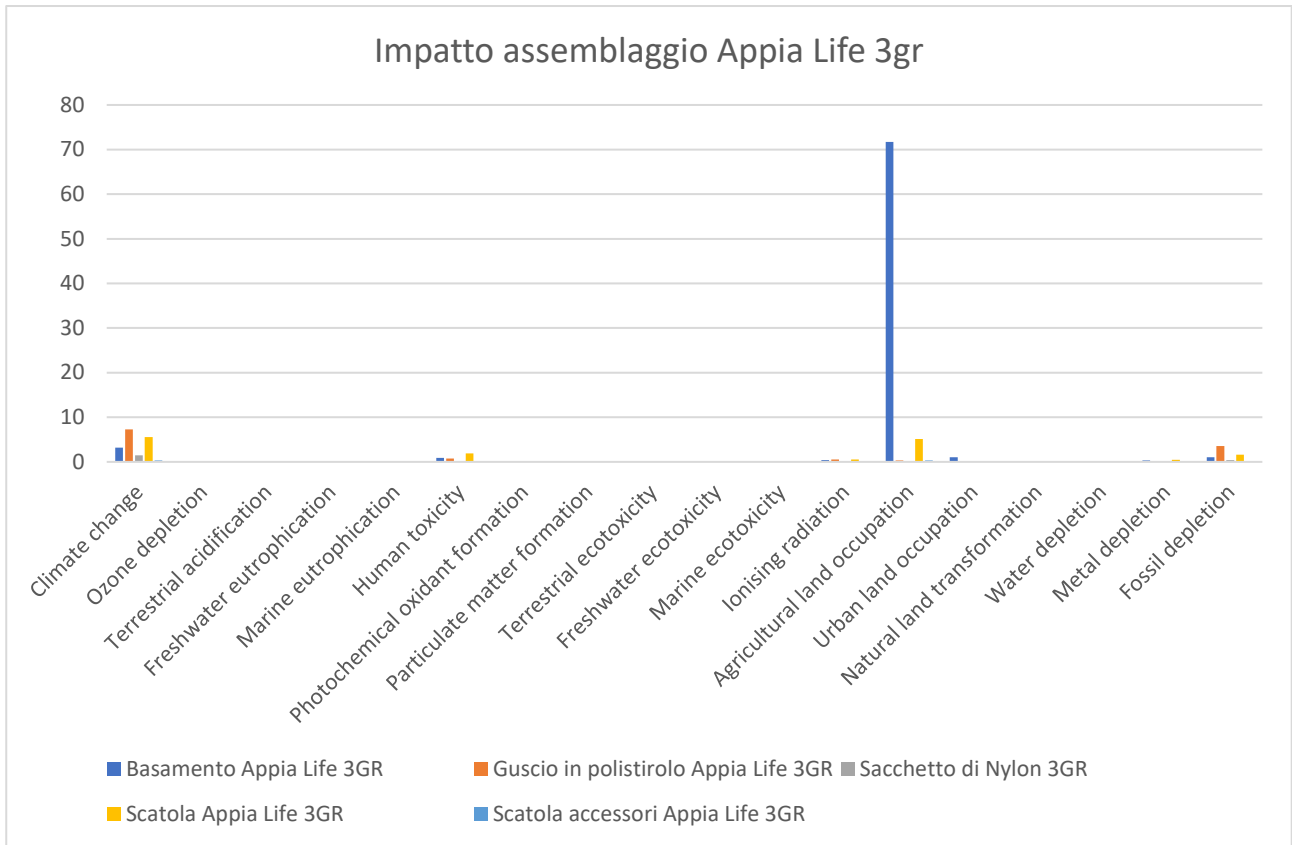
Dal grafico dell’impatto relativo all’asseblaggio dell’Appia Life 2gr si può subito notare come la categoria d’impatto maggiormente interessata sia “Agricultural land occupation” e da un primo colpo d’occhio si nota facilmente che è il basamento a gravare moltissimo sull’impatto. Un altro parametro che merita attenzione è la categoria del “Climate change”, in cui però non c’è un componente drasticamente influente. Analizziamo meglio nel dettaglio le due categorie d’impatto:



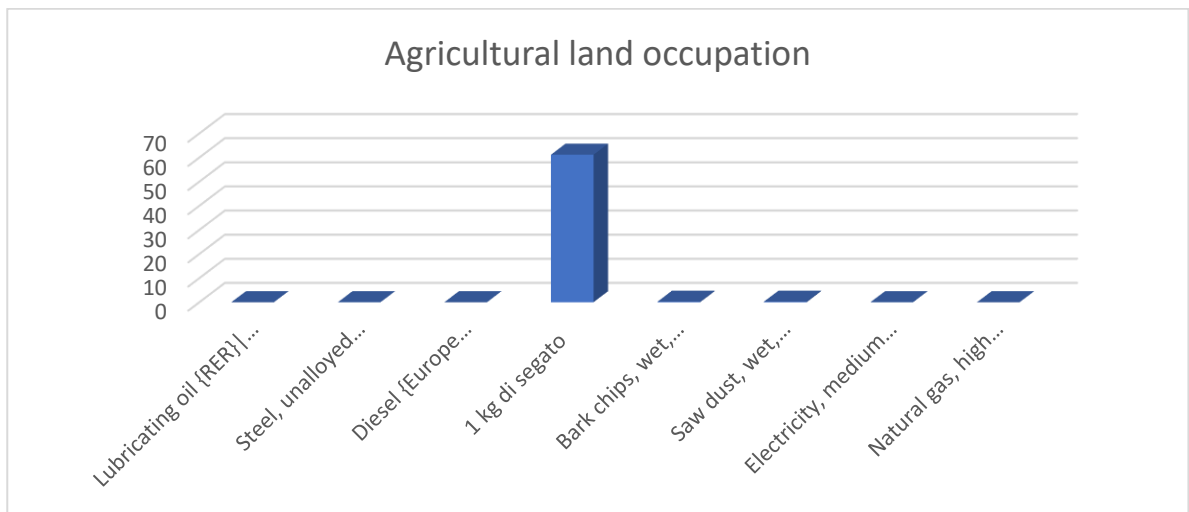
Il grafico dimostra che il basamento è il componente più impattante in questa categoria, accompagnato in minima parte anche dalla scatola esterna di cartone.



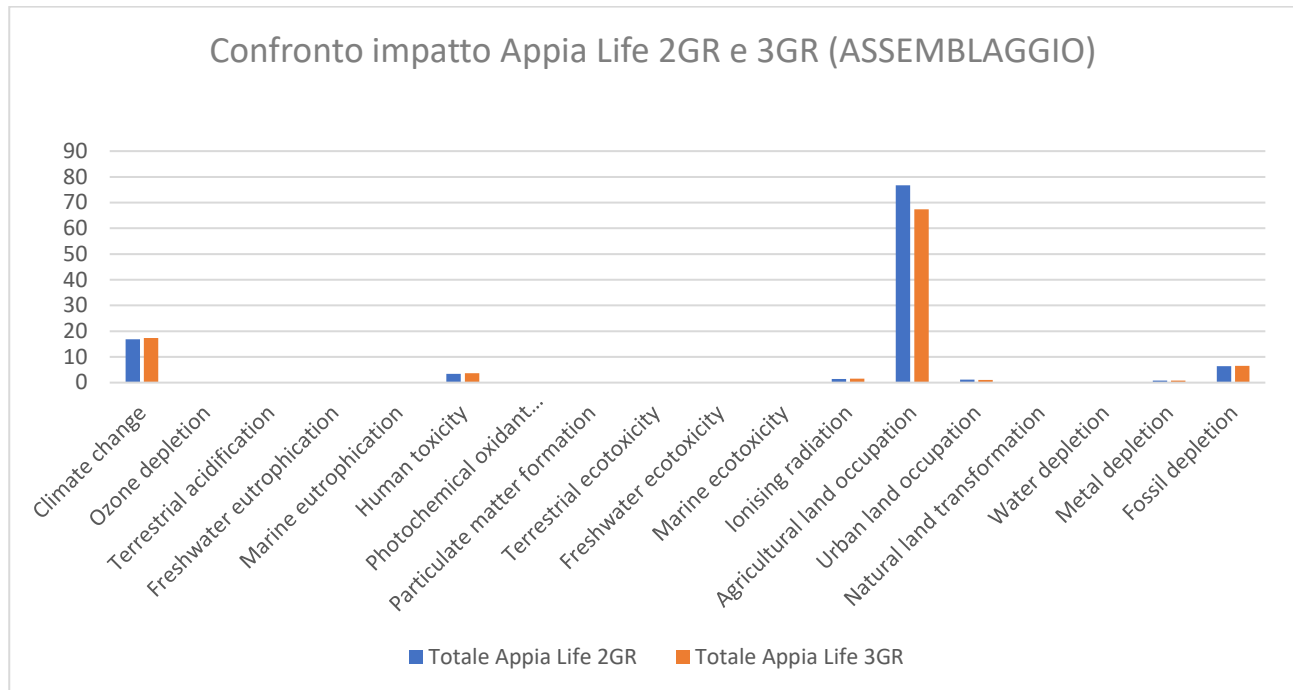
Nel “Climate change” tutti i materiali coinvolti sono responsabili sebbene ognuno in maniera più marcata; guscio in polistirolo e scatola in cartone prevalgono sugli altri.



Si può vedere che l'entità dell'impatto non cambia passando al modello di Appia Life con tre gruppi di erogazione; in particolare, però, è possibile focalizzare l'attenzione sul componente che nella due gruppi era il quasi totale responsabile dei valori riportati nella categoria d'impatto "Agricultural land occupation":

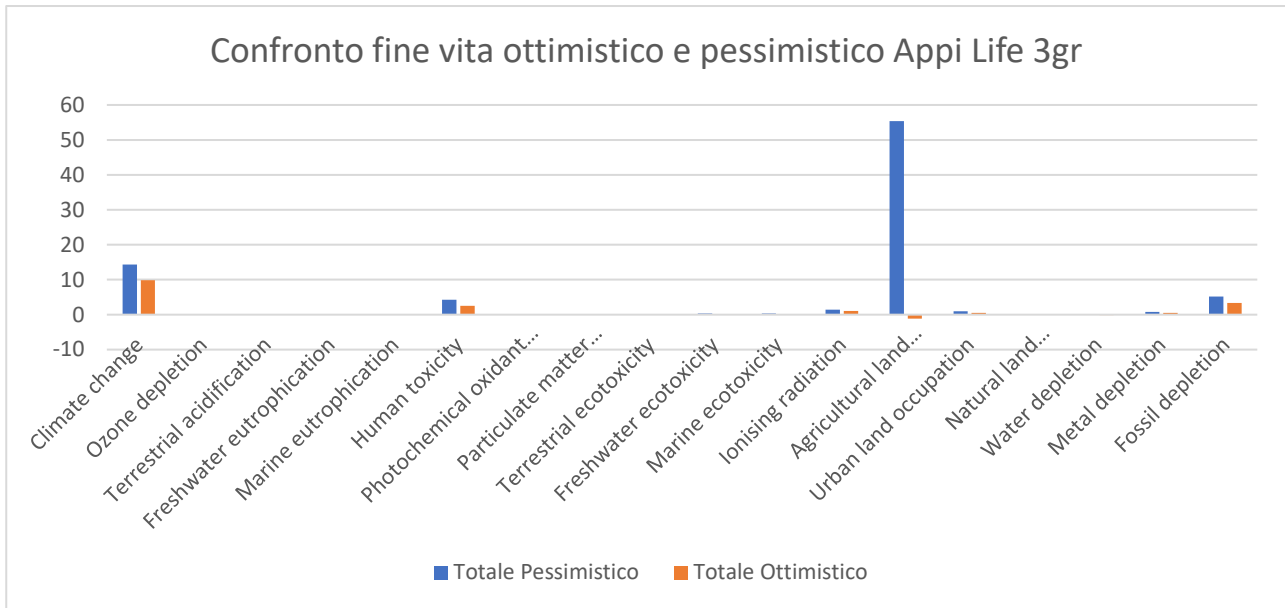


Come si evince dal grafico è il legno impiegato, in questo caso un chilogrammo di segato, che grava pesantemente mentre tutti gli altri fattori in giocano un ruolo marginale in questa specifica categoria d'impatto.



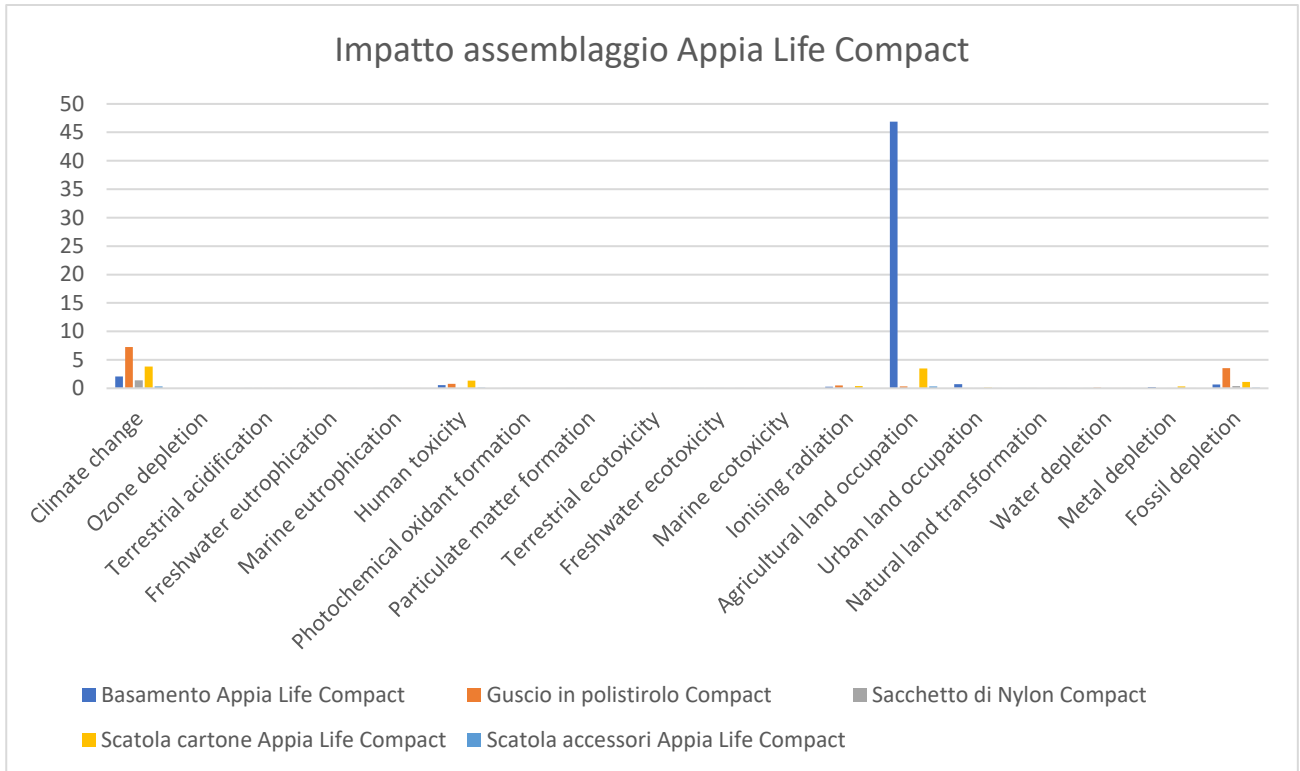
Il confronto degli impatti dell'Appia Life 2 e 3 gr nel complesso mostra come la tre gruppi sia leggermente più impattante specialmente nell' "Agricultural land occupation" (nel grafico è presente un errore in quanto nella categoria appena citata i valori delle due colonne risultano invertiti).

Terminata l'analisi dei risultati dell'assemblaggio rimane da analizzare il loro fine vita. Avendo però visto che gli impatti delle due macchine variano in modo proporzionale, si andrà a prendere in considerazione scenario ottimistico e pessimistico solo di una delle due per comodità. Nello specifico si analizza il fine vita dell'Appia Life 3 gr:



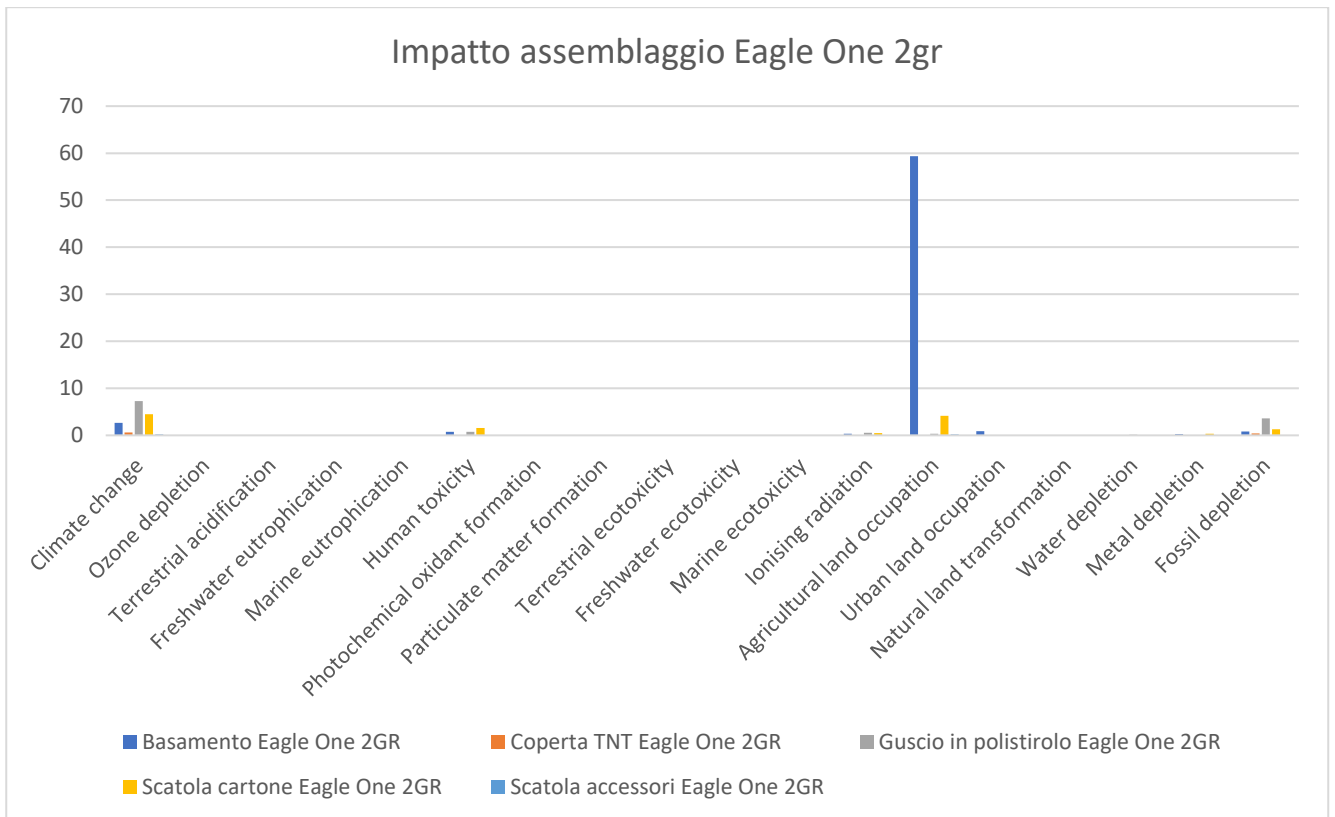
La categoria d’impatto “Agricultural land occupation” si conferma ancora quella con i risultati più evidenti; in particolare si può osservare un valore negativo nel caso dello scenario ottimistico, indice di uno scenario non solo privo di impatti, ma anche di un miglioramento.

- Appia Life Compact

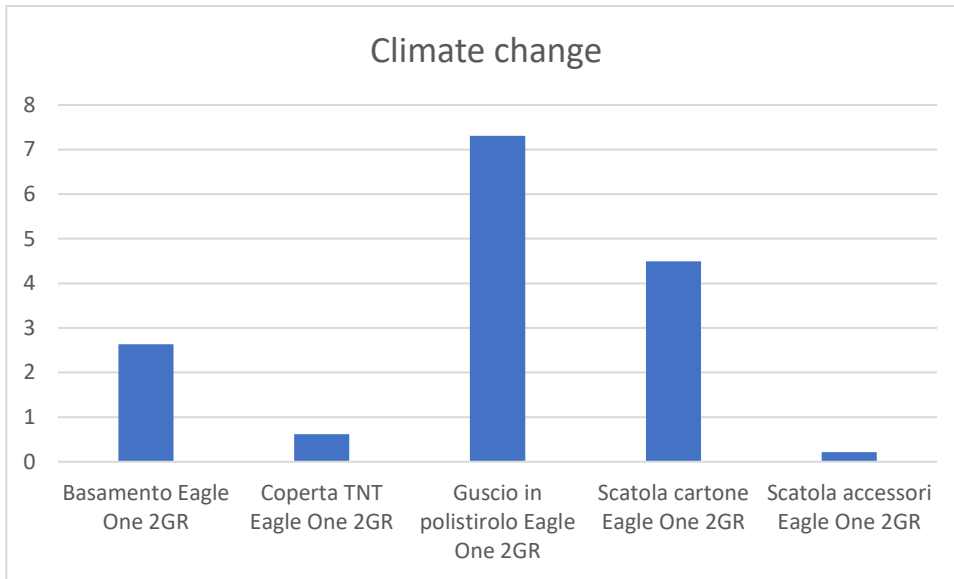


L'impatto dell'assemblaggio di questa macchina si conferma in linea con quanto visto per le precedenti Appia Life; solamente i valori sono leggermente inferiori per via delle minori dimensioni e per la minor quantità di materiale impiegato per l'imballaggio.

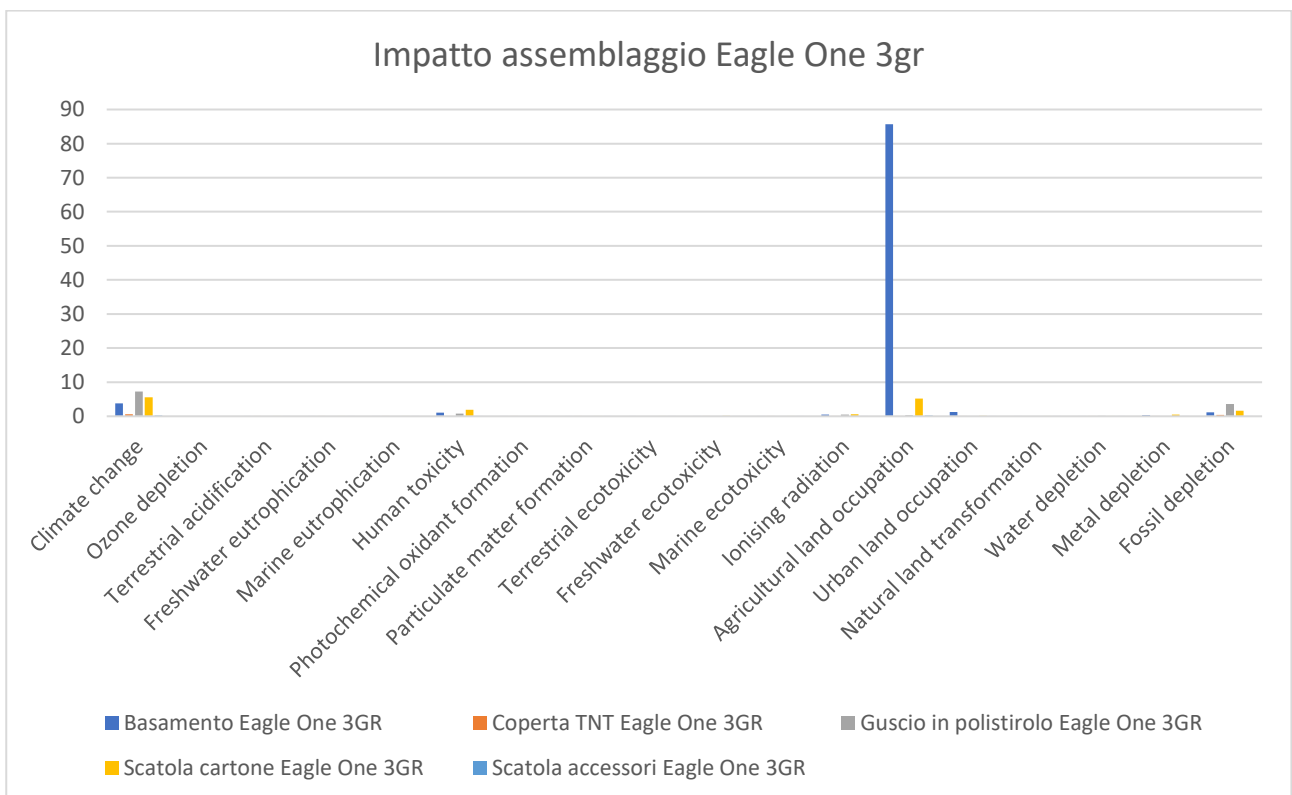
- Eagle One (2 e 3 gruppi di erogazione)

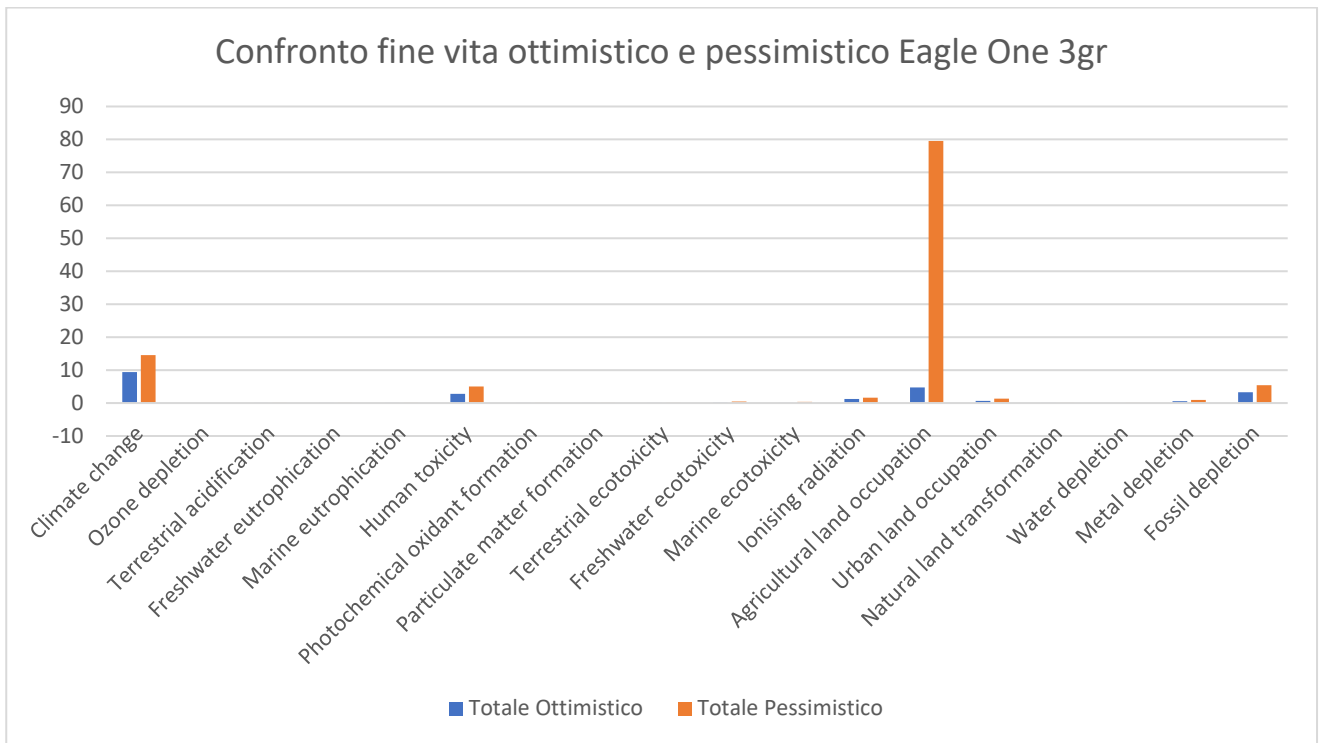


Per la Eagle One a due gruppi di erogazione “Agricultural land occupation” è sempre la categoria con l’impatto maggiore e il basamento è quello che influisce in maniera decisiva; tuttavia in quest’analisi è interessante osservare di nuovo il “Climate change” poiché sono cambiati i valori di impatto dei rispettivi componenti rispetto ai casi precedentemente trattati.



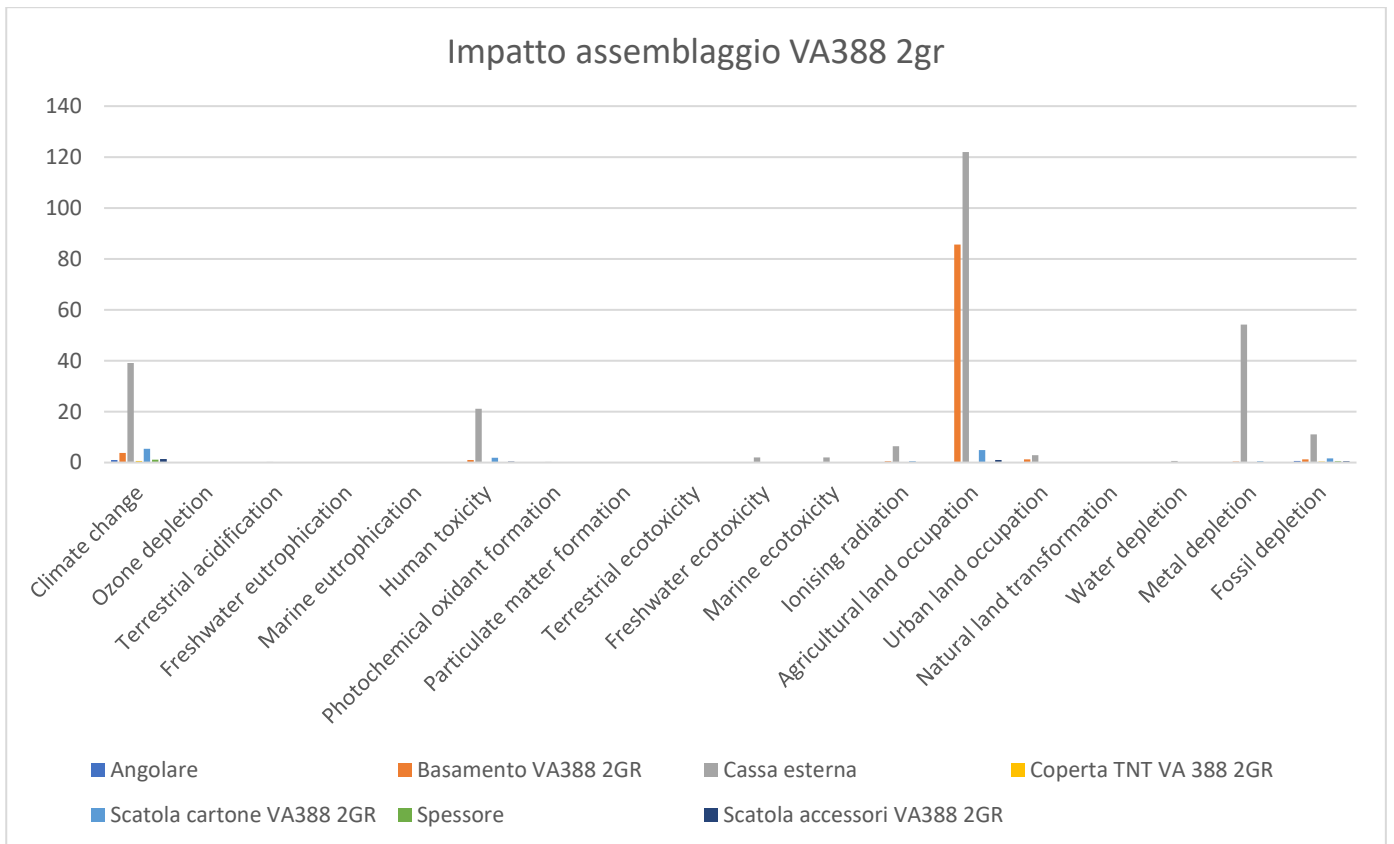
In questo caso è il guscio di polistirolo ad essere il più impattante seguito al secondo posto dalla scatola di cartone, che anche nelle Appia Life aveva un ruolo significativo rispetto alle altre componenti.



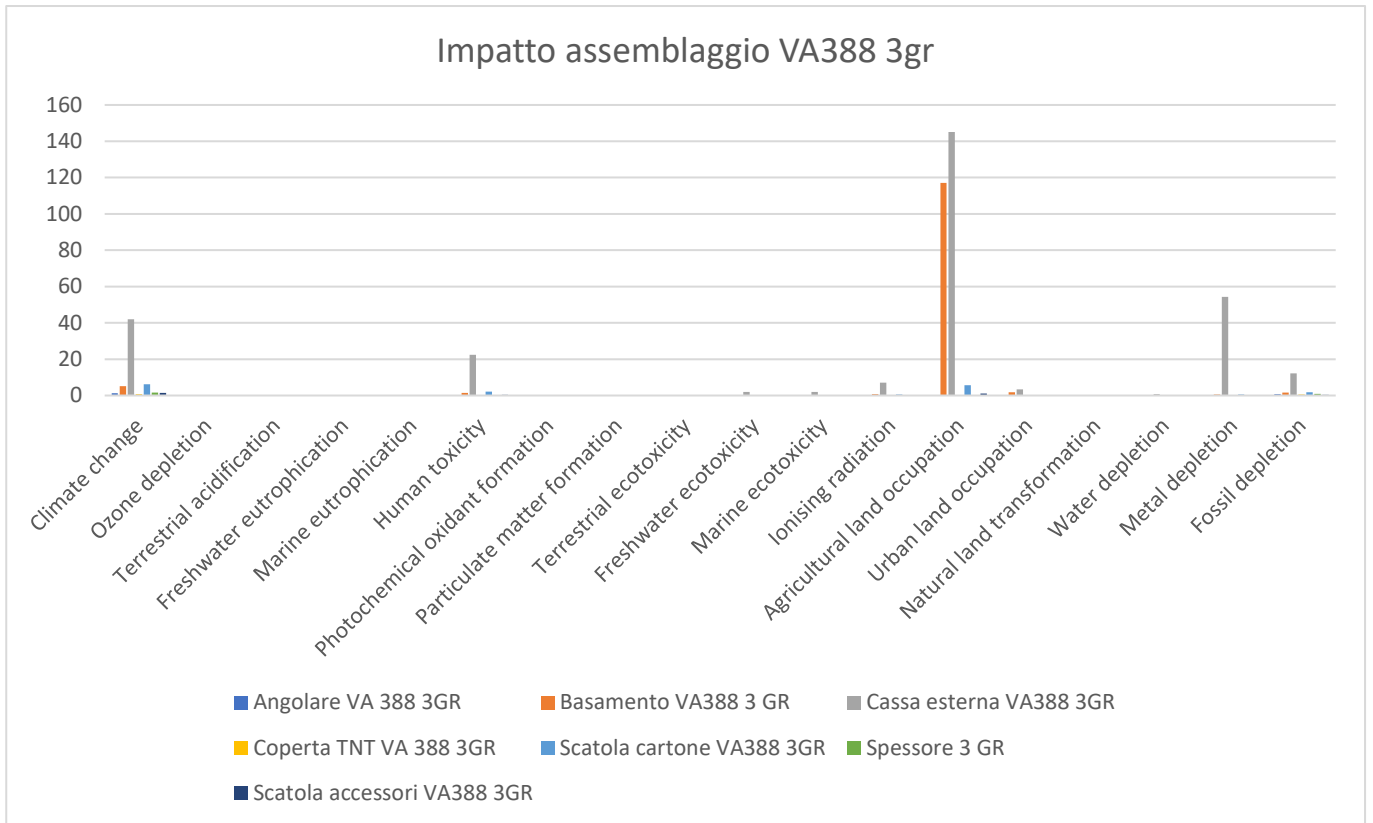


Dal confronto dei due scenari di fine vita emerge un risultato prevedibile; la categoria dove si registra una differenza importante è sempre la stessa, “Agricultural land occupation”, anche se in questo caso il valore d’impatto dello scenario ottimistico è positivo e ciò vuol dire che anche nello scenario con le percentuali di riciclo più alte un minimo il packaging influisce in modo negativo.

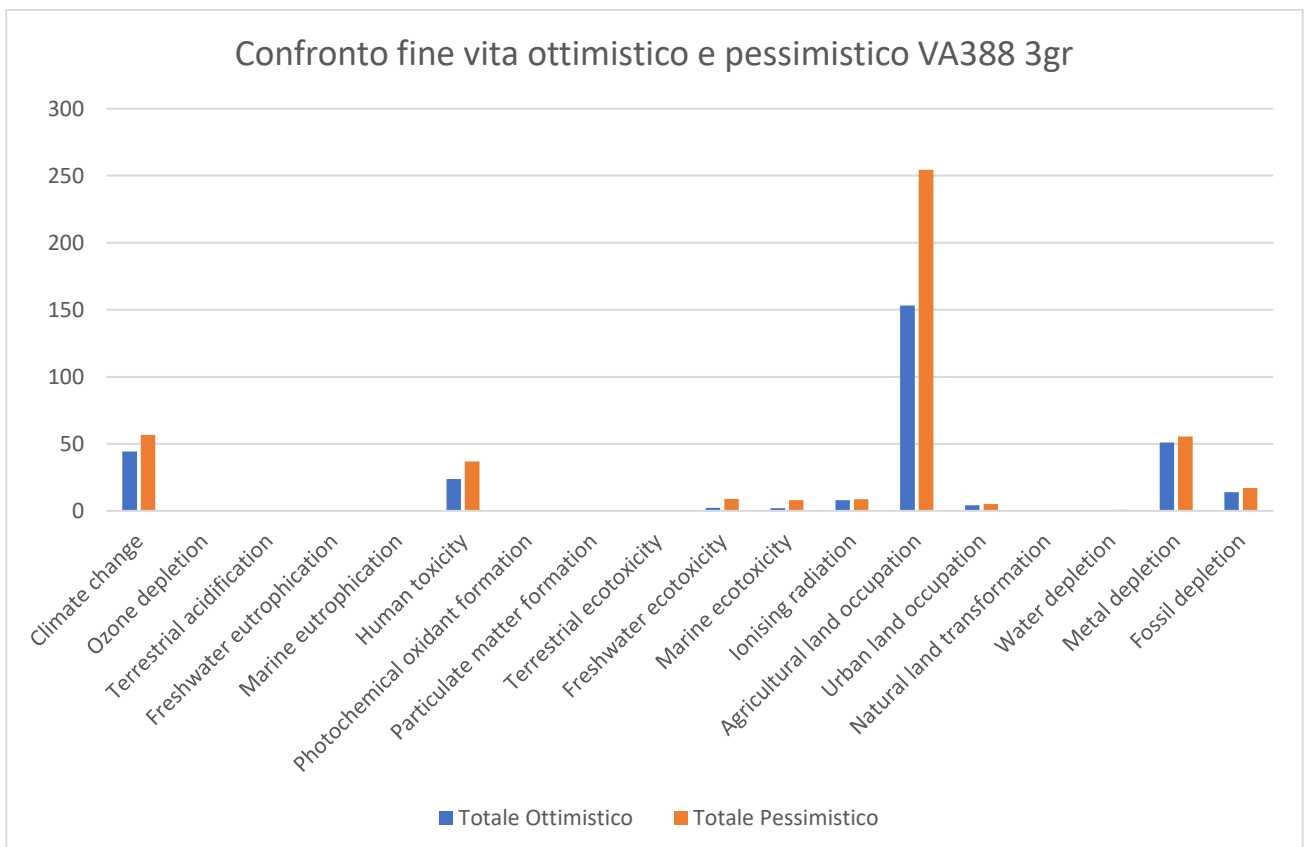
- VA388 (2 e 3 gruppi di erogazione)



Nella produzione Victoria Arduino di cui fa parte la VA388, entrano in gioco due componenti aggiuntive del packaging ovvero la cassa esterna in compensato di pioppo nella quale sono integrati i lamierini in acciaio verniciato; la loro presenza fa innalzare i valori di alcune categorie d’impatto finora non significative. Nell’”Agricultural land occupation”, sempre la più interessata, emerge l’impatto della cassa esterna addirittura superiore a quello del basamento; anche nel “Climate change” la cassa esterna si dimostra l’elemento più influente. Emergono però “Human toxicity”, “Metal depletion” in modo specifico per la presenza di elementi metallici e “Fossil depletion”; è quindi l’assieme cassa esterna con i lamierini che determinano la sostanziale differenza di impatti tra queste VA388 e le macchine precedenti.



L'analisi della versione a tre gruppi di erogazione rimane sulla stessa linea della precedente.



Anche nei due scenari possibili di fine vita gli elementi aggiuntivi dell'imballo mostrano la loro influenza; infatti rispetto ai fine vita analizzati in precedenza, in questo caso lo scenario ottimistico ha un impatto ambientale comunque importante e in alcuni casi quasi paragonabile a quello pessimistico, come nel caso del "Metal depletion", "Fossil depletion" e, anche se con una maggiore differenza, anche nel "Climate change" e "Human toxicity".

4. Conclusioni

4.1 Quadro finale sull'impatto del packaging

L'analisi dei risultati emersi dall'LCA in SimaPro ha messo in evidenza diversi aspetti molto interessanti. Primo fra tutti il grande peso della produzione e smaltimento del packaging sull'occupazione del suolo agricolo e anche sul cambiamento climatico, fortemente tangibile negli ultimi anni. Materiale decisivo è il legno nelle sue varie lavorazioni; sia il pallet sia la cassa in compensato (nei modelli in cui è prevista) sono responsabili per la maggior parte dell'impatto totale, più dei polimeri plastici, come si potrebbe pensare. Un ultimo aspetto emerso dai risultati, questa volta molto prevedibile, è la crescita dell'impatto con il crescere dei materiali impiegati nell'imballo. Nei casi di modelli uguali ma di diversi gruppi di erogazione, l'esito dei grafici è sostanzialmente identico con l'unica differenza che, nel caso delle "3 gruppi", i valori sono proporzionalmente amplificati.

4.2 Importanza dello studio effettuato

Una volta conclusa l'analisi LCA dei packaging, è possibile riprendere il discorso già fatto nell'introduzione in merito a quanto sia importante un'indagine di questo tipo in una produzione industriale che mira ad essere sempre più sostenibile e meno dannosa per l'ambiente. Anche agli occhi del consumatore, un prodotto realizzato in funzione della sostenibilità ambientale, risulta un valore aggiunto e sicuramente una fonte di

interesse rispetto ad altre alternative. Con SimaPro è stato possibile andare a quantificare l'influenza di ogni singolo materiale coinvolto negli imballi in modo da individuare dove agire per migliorarne la sostenibilità; il confronto tra lo scenario ottimistico e quello pessimistico è stato estremamente utile per capire quanto possa essere significativo riuscire a riciclare alte percentuali di rifiuti e soprattutto quale categoria d'impatto ne tragga beneficio. Come la "Simonelli Group" ha dimostrato non solo di essere un'azienda all'avanguardia e già proiettata nel futuro investendo tempo e capitale nello sviluppo dei propri prodotti e dei propri processi a favore dell'ambiente, così anche altre realtà dovrebbero seguire la stessa filosofia e impegnarsi nella riduzione degli impatti per il bene comune.

4.3 Riflessioni sull'impatto ambientale del settore industriale a livello mondiale

Il paragrafo precedente apre uno spunto di riflessione importante, ovvero l'impegno comune nella lotta all'inquinamento dovuto alla produzione industriale. Si tratta di un atteggiamento propositivo a partire dalle aziende fino ad arrivare al consumatore; infatti tramite metodi di calcolo e software moderni le industrie hanno la possibilità di ottimizzare i propri processi e i propri prodotti attraverso la ricerca di alternative sostenibili a materiali particolarmente impattanti. Un ruolo da protagonista è anche riservato al cliente che, come anello finale della catena, si occupa personalmente della selezione dei rifiuti provenienti da prodotti e imballi

5. Bibliografia

[1] : <https://simonelli-group.com/>

[2] : Slide corso di Gestione del ciclo di vita del prodotto, Michele Germani, UNIVPM

[3] : Picena Imballaggi s.r.l.

[4] : La.Pla.Fer.Cart. s.r.l.