



Report di analisi del ciclo di vita o LCA (per comunicazione esterna)

ANALISI LCA COMPARATIVA DEL TUBOLARE FFS (FORM FILL AND SEAL) PER SACCO INDUSTRIALE IN 100% PE VERGINE E AL 50% DI GRANULO PRP DA RECUPERO.

REV.1: FEBBRAIO 2023

Studio LCA conforme agli standard ISO 14040-14044

A cura di: **Ergo S.r.l.**

Impresa spin off della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa



**Energies and Resources
for Sustainability Governance**



Ergo Srl
Sede Legale e Operativa
Via Oberdan, 11
56127 Pisa
Tel. 050 543757

Sede Operativa
Piazza Bertarelli, 1
20122 Milano
www.ergosrl.net



Sommario

1. Introduzione	1
2. L’Azienda	1
3. Obiettivo dello studio LCA	1
4. Descrizione del prodotto e del processo produttivo	2
5. Metodo di valutazione degli impatti ambientali	5
6. Scopo dello studio	6
6.1 Unità funzionale	6
6.2 Criteri di cut-off	6
6.3 Confini del sistema	7
6.4 Tipologia e fonte di dati.....	8
6.5 Assunzioni e limitazioni	8
6.6 Regole di allocazione	9
7. Analisi dell’inventario del ciclo di vita	10
8. Valutazione e interpretazione degli impatti ambientali	10
10. Analisi di sensitività	17
11. Qualità dei dati	17
12. Analisi di incertezza	17
13. Conclusioni	18
14. Bibliografia	20
15. Rapporto di critical review	21

1. Introduzione

Questo documento rappresenta la sintesi del rapporto tecnico LCA (Life Cycle Assessment) dettagliato sui tubolari FFS standard e Nextbag prodotti da Selene nello stabilimento situato a Pontetetto (Lucca) in Italia. Lo studio è stato oggetto di verifica da parte di un panel di revisori critici indipendenti di parte terza, rispetto agli standard ISO 14040 e ISO 14044.

Questa sintesi è destinata alla comunicazione e dunque ad essere condivisa con clienti, fornitori, collaboratori e qualsiasi stakeholder interessato ad acquisire conoscenza del profilo ambientale dei prodotti Selene analizzati.

2. L'Azienda

Selene S.p.A opera nel settore imballaggi in polietilene dal 1959 ed ha una produzione caratterizzata da imballaggi flessibili in plastica destinati al mondo industriale. Negli ultimi anni Selene è cresciuta progressivamente e nel 2019 ha prodotto 26.000 ton di imballi flessibili destinati, per il 50%, a clienti esteri. Oggi grazie ai propri impianti ed a 159 persone impiegate, può coprire una produzione di 35.000 ton/anno coprendo il fabbisogno di numerosi settori: dall'agricoltura all'alimentare, dal petrolchimico al chimico, dal manifatturiero all'edilizia.

Selene impiega tre sedi operative: la sede principale dell'azienda in Italia è a Pontetetto (Lucca), il nuovo stabilimento produttivo per la logistica e l'implementazione dei progetti dedicati al riciclo di plastica da post consumo industriale a Capannori (LU) e lo stabilimento FFS e Sacchi a valvola sito in Marghera (VE).

Attualmente i prodotti Selene sono i seguenti:

- Tubolari e Film FFS (*Form Fill and Seal*)
- Sacchi preformati (sacchi a valvola e sacchi a bocca aperta)
- Cappuccio elastico tubolare (*Stretch Hood*)
- Film tecnici (per etichette adesive e per laminazione)

Selene è certificata dal 1994 secondo la norma UNI EN ISO 9001 e attenta alle procedure richieste dalla norma ISO 14001.

3. Obiettivo dello studio LCA

L'azienda Selene ha deciso di porre in analisi solo una parte dei prodotti che realizza all'interno dei suoi stabilimenti, ovvero i tubolari FFS. L'azienda infatti, in fase di sostituzione del tubolare FFS utilizzato per l'insacco nei diversi formati di diversi prodotti industriali sia in granulo che polveri e costituito da polietilene (PE) vergine, con un tubolare contenente il 50% di PE riciclato (a breve si

potrà arrivare fino all'80%), vuole evidenziare questo cambiamento supportando la scelta intrapresa con uno studio LCA dei potenziali impatti ambientali.

L'obiettivo del presente studio consiste nella valutazione comparativa del potenziale impatto ambientale del **tubolare FFS in PE**, fino ad ora costituito interamente da **materiale vergine**, con il **nuovo tubolare FFS Next Bag™** dalle stesse caratteristiche e che comprenderà una percentuale del **50% di materiale riciclato** dell'azienda Selene. I risultati di tale comparazione potranno essere utilizzati per effettuare asserzioni comparative intese tra il nuovo tubolare FFS Next Bag™ e quello in PE vergine, entrambi prodotti da Selene, e per la comunicazione dei risultati al pubblico.

Lo studio è stato condotto secondo i principi e i requisiti dei seguenti Standard internazionali:

-ISO 14040:2006/Amd 1:2020 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework Amendment 1 (ISO 2020)

-ISO 14044:2006/Amd 2:2020 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines Amendment 2 (ISO 2020)

Il software utilizzato per l'analisi LCA è il SimaPro v. 9.4.02 e il database è Ecoinvent v. 3.8.

4. Descrizione del prodotto e del processo produttivo

I tubolari FFS (FORM FILL and SEAL), prodotti da Selene con un quantitativo di circa 12.000 ton/anno e venduti in bobine o rotoli, sono destinati all'insacco di granuli polimerici, prodotti chimici e fertilizzanti. Le diverse macrocategorie di tubolare realizzate sono elencate di seguito:

- Tubolare FFS (standard)
- Tubolare FFS Next Bag
- Tubolare FFS Ventilene - prodotti polverosi
- Tubolare FFS Accoppiato - elevata barriera

I prodotti oggetto dello studio LCA comparativo appartengono alle categorie **tubolare FFS standard** e **Next Bag** realizzati a partire da materia prima 100% polietilene vergine, nel caso della versione standard e dal 50% di polietilene riciclato nella versione Next Bag.

La tabella 1 riassume le principali caratteristiche dei due prodotti investigati.

Tabella 1. Caratteristiche del prodotto tubolare FFS nella versione standard e Next Bag.

Caratteristiche	Unità di misura	FFS Standard	FFS Next Bag
		Valori (tolleranze)	Valori (tolleranze)
Spessori	µm	140 (±8%)	140 (±8%)
Dimensioni (fascia-soffietti)	mm	400+65+65 (± 5%)	400+65+65 (± 5%)
Peso Specifico	gr/cm ³	1,030	0,976
Trattamento corona ^a	dynes/cm	>38	>38
C.O.F.(film NT-Film NT)	-	0,40	0,38
Carico di rottura	N/mm ²	32/26	32/32
Allungamento a rottura MD/TD	%	800/950	900/1050
Resistenza propagazione MD/TD	g/µm	11/32	12/32
Dart Test	g	670	740
Creep resistance MD/TD (1.0 kg/50° C/5h)	%	7/12	4/8

a) Il Trattamento Corona avviene per mezzo di attrezzature che modificano il campo ionico influenzando la tensione superficiale di una o entrambe le superfici del packaging, per risolvere problemi di adesione, adattarli ad accogliere nel migliore dei modi stampe di inchiostri, adesivi o altri prodotti a contatto.

Il processo di Film Blowing (filmatura in bolla) illustrato in figura 2, è un importante processo industriale che viene utilizzato per la produzione di sottili film polimerici orientati bi-assialmente. Il polimero viene trasportato e fuso in un estrusore. Da qui, con una velocità costante di flusso della massa, viene forzato ad entrare all'interno di uno stampo circolare per formare un "tubo" continuo; una pressione interna e un tiraggio assiale concorrono, invece, all'estensione bi-assiale del film.

Il semilavorato di Selene per la preparazione dei sacchi è principalmente un film tubolare che viene aperto riempito e saldato, in inglese Form Fill Seal (FFS). I tubolari sono soffiati per la maggior parte ottenuti in coestrusione di tre strati con alte percentuali di polietilene a basse densità (LLDPE C6 o mLLDPE), medie e alte densità. I sacchi industriali di Selene sono venduti in bobine o rotoli e sono utilizzati da altre aziende per riempirli con i loro prodotti. I processi su cui l'organizzazione non esercita alcun controllo sono taglio, riempimento e saldatura. Di questi ultimi se ne riporta di seguito una breve descrizione: il tubolare viene trascinato da rulli pressori, saldato e tagliato alla misura desiderata, portato nella posizione di carico, aperto da ventose caricato ed infine saldato.

Nel presente studio si prendono in considerazione i tubolari FFS ottenuti attraverso le fasi di estrusione, stampa e saldatura.

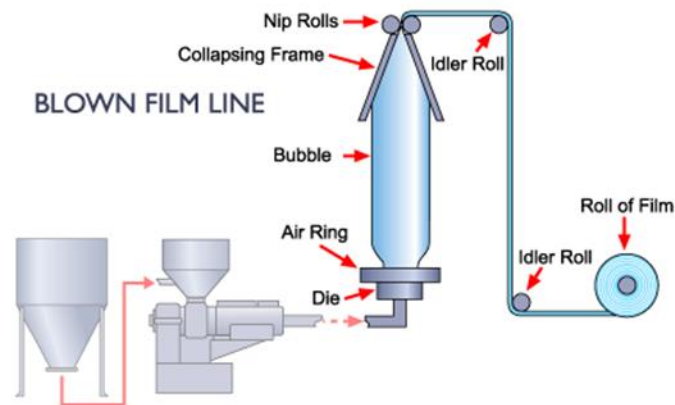


Figura 1. Processo di estrusione a bolla.

Progetto Next Bag™

Selene ha messo a punto il progetto Next Bag™ grazie all'esperienza maturata con le tecnologie innovative e processi produttivi sostenibili. Il progetto Next Bag (figura 2) sviluppa il tema della produzione circolare attraverso la messa a punto di tre fasi distinte della filiera: 1) Recupero; 2) Riciclo; 3) Riutilizzo.

1) Recupero dei sacchi pressati presso clienti e centri di raccolta.

Il primo step consiste nel recuperare il materiale utilizzato, adeguatamente separato, selezionato e stoccato presso clienti e centri di raccolta. Selene, con la propria organizzazione logistica, provvede periodicamente al ritiro degli imballi usati per trasportarli nei propri stabilimenti produttivi.

2) Riciclo, lavaggio e rigenerazione della materia prima.

L'imballo flessibile usato, una volta in azienda, verrà selezionato e controllato per poi passare alle lavorazioni di riciclo. La lavorazione prevede la macinazione e il lavaggio in appositi disinchiostratori a base di detergenti acquosi, privi di solventi, poi il risciacquo e l'asciugatura. Tutte le fasi della lavorazione prevedono un processo produttivo ottimizzato, teso a ridurre gli sprechi e il consumo di acqua ed energia. Il materiale ottenuto passerà poi attraverso la fase della rigranulazione. Il risultato è un Polimero Riciclato Premium (PRP), verificato dal laboratorio Selene Quality Recycling (SQR).

3) Riuso del polimero per produrre sacchi sostenibili di qualità.

Il Polimero Riciclato Premium (PRP) potrà essere impiegato nello strato intermedio di qualsiasi tipologia di imballo, avendo una qualità ed una performance del tutto simile ai polimeri 100% vergini, garantendo durevolezza, funzionalità e performance.



Figura 2. Approccio Next Bag.

5. Metodo di valutazione degli impatti ambientali

In questo studio la valutazione di impatto ambientale della produzione del tubolare FFS è stata modellata mediante il software professionale LCA Simapro 9 (Pre Consultants), utilizzando il metodo di calcolo Environmental Footprint (EF 3.0) sviluppato dal Centro comune di ricerca JRC (Zampori and Pant, 2019), il servizio della Commissione europea per la scienza e la conoscenza, nell'ambito della metodologia PEF- Product Environmental Footprint (Raccomandazione della Commissione Europea 2021/2279).

In tabella 2 sono elencate le 16 categorie di impatto ambientale considerate nel presente studio. Per categoria di impatto si definisce la classe che rappresenta i problemi ambientali di interesse ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita. Si definisce invece l'indicatore della categoria di impatto la rappresentazione quantificabile di una categoria di impatto.

Tabella 2. Categorie di impatto ambientale del metodo EF.

Categorie di impatto	Unità di misura
Cambiamenti climatici – Fossil (GWP 100)	kg CO ₂ eq
Cambiamenti climatici – Biogenic (GWP 100)	kg CO ₂ eq
Cambiamenti climatici - Landuse and transformation (GWP 100)	kg CO ₂ eq
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	Disease incidence due to kg of PM2.5 emitted

Categorie di impatto	Unità di misura
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg U ²³⁵ eq
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq
Acidificazione	molc H+ eq
Eutrofizzazione – terrestre	mol N eq
Eutrofizzazione – acquatica	kg P eq
Eutrofizzazione – marina	kg N eq
Ecotossicità – ambiente acquatico	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)
Trasformazione del terreno	Adimensionale (Soil quality index)
Impoverimento della risorsa idrica	m ³ deprived (User deprivation potential)
Impoverimento delle risorse – minerali e metalli	kg Sb eq
Impoverimento delle risorse – fossili	MJ

6. Scopo dello studio

6.1 Unità funzionale

L'unità funzionale (FU) è rappresentata da **1 kg di tubolare FFS più relativo imballaggio** nella versione standard (polimero PE 100% vergine) e nella versione Next Bag (con 50% di polimero PE riciclato) per l'insacco automatico di prodotti industriali, sia in granulo che polveri. L'imballaggio di distribuzione per kg di prodotto è costituito da: cappuccio di plastica (2,71 g), anima in PVC (14,36 g), pallet in legno² (0,98 g). La funzione del tubolare FFS è di contenere e sostenere prodotti industriali (es. petrolchimici, fertilizzanti) previo taglio, riempimento e saldatura, evitandone la dispersione e consentendone la fruizione al consumatore finale. L'unità funzionale è relativa alla produzione dell'anno di riferimento 2020 e rappresenta l'unità di riferimento di tutti i risultati del presente report.

6.2 Criteri di cut-off

Lo studio non esclude alcun materiale o sostanza pericolosa. Lo studio include tutte le principali materie prime e il consumo di energia e di acqua. Tutti gli input e gli output dei processi unitari, per i quali sono disponibili i dati, sono inclusi nel calcolo. Per semplificare la modellazione e a causa della mancanza di precisione nelle risorse di modellazione disponibili, sono esclusi alcuni componenti inferiori al 5% della massa totale o dei flussi di energia. Questi includono gli imballaggi delle materie prime e ausiliari, gli oli per la manutenzione dei macchinari, presenti in quantità trascurabili. Sono stati inoltre esclusi: la realizzazione, manutenzione e dismissione delle infrastrutture, intese come

² Peso calcolato considerando un fattore di riutilizzo pari a 25 (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, 2014)

macchinari ed edifici, e l'occupazione di suolo industriale (qualora queste informazioni non fossero già presenti all'interno del dataset impiegato).

6.3 Confini del sistema

I confini del sistema dei prodotti analizzati sono del tipo "cradle to gate", ovvero dalla culla al cancello dello stabilimento. Sono stati esclusi i processi di trasporto al sito di riempimento, la fase di taglio, riempimento e saldatura del prodotto analizzato, il trasporto al centro di distribuzione, l'utilizzo e smaltimento a fine vita del prodotto e del suo imballaggio.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle fasi del ciclo di vita considerate:

- **Fase upstream:** include i processi di produzione delle materie prime (granulo in PE vergine e riciclato nel caso di Next Bag) e degli additivi, ausiliari (es. detergenti) e imballaggi di distribuzione primari/secondari/terziari usati per il prodotto considerato;
- **Fase core:** include il trasporto delle materie prime, additivi, ausiliari e packaging di distribuzione fino al cancello dell'azienda, i processi di manifattura del prodotto, consumi di energia, di acqua, trattamento dei rifiuti di processo, emissioni liquide e gassose.

I confini del sistema³ in esame sono indicati nelle figure 3 e 4 rispettivamente per il tubolare FFS standard e per il tubolare Next Bag.

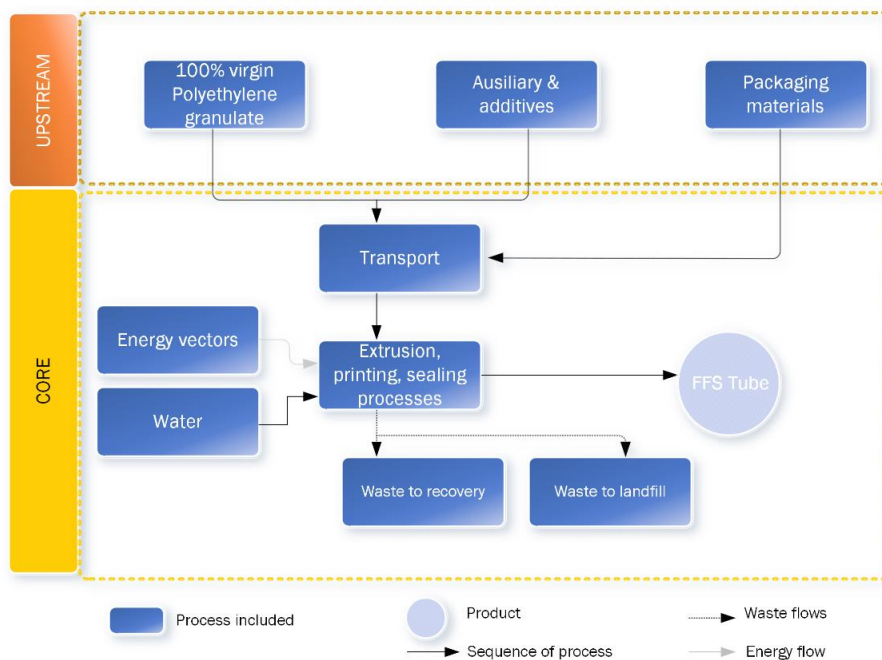


Figura 3. Diagramma dei confini del sistema per il tubolare FFS standard.

³ Confini del sistema: nell'ambito di un'analisi LCA, definisce le unità di processo da includere nel modello di analisi, costituendo l'interfaccia fra un sistema di prodotto e l'ambiente o un altro sistema di prodotto.

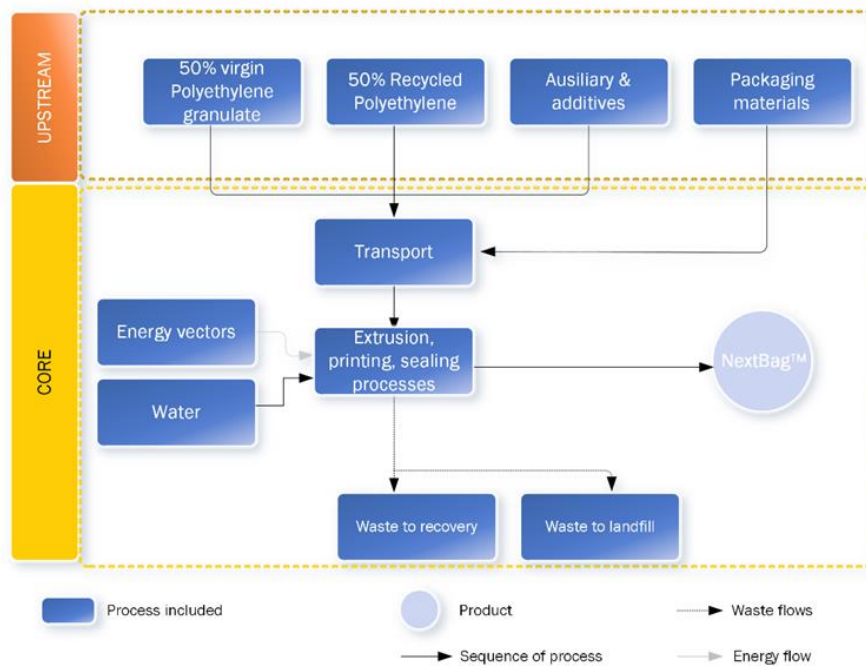


Figura 4. Diagramma dei confini del sistema per il tubolare FFS Next Bag.

6.4 Tipologia e fonte di dati

Per la conduzione del presente studio si è fatto riferimento, ove disponibili, a dati primari dell'azienda (consumi energetici, consumi generali, rifiuti generati, consumi d'acqua, provenienza dei materiali) dell'intero anno 2020. Per la definizione delle caratteristiche dei prodotti si è fatto riferimento alle distinte base riferite all'anno 2020. Qualora l'accesso a questa tipologia di dati non sia stato possibile, sono stati presi come riferimento dataset dalla banca dati internazionale Ecoinvent v3.8, come nel caso delle materie prime in ingresso (produzione del granulo di polietilene) o dei processi di smaltimento dei rifiuti di stabilimento.

6.5 Assunzioni e limitazioni

Lo stabilimento di Pontetetto produce oltre 500 tipologie di tubolari FFS che si differenziano principalmente per spessore, fasce e mescola. Per la realizzazione del seguente studio è stato considerato un prodotto medio di più mescole⁴ selezionate che raggruppa tubolari con specifiche dimensionali simili (es. fasce, soffietti, spessore). Il campo di variabilità che riguarda le dimensioni delle fasce-soffietti è compreso nel range 410-570 mm, riguardo lo spessore il range è di 100-150 μm , riguardo la densità il range è di 0,926-0,953 g/cm^3 . Le famiglie delle mescole scelte, a partire dalle quali sono prodotti i tubolari FFS oggetto di studio, possono considerarsi rappresentative della produzione del settore tubolari FFS nell'anno di riferimento. Si precisa inoltre che la fase di

⁴ Mescola: al pellet di polimero puro (polietilene) sono aggiunti, durante le lavorazioni del materiale, pigmenti e additivi che hanno lo scopo di conferirgli prestazioni specifiche.

estrusione dei due prodotti a confronto è stata assunta identica a consuntivo come risorse ed energia impiegate e come emissioni. L'unica variabile tra i due prodotti è la materia prima dal momento che per la produzione di Next Bag viene impiegato il 50% di granulo PE riciclato prodotto presso lo stabilimento di Capannori.

I prodotti analizzati, tubolare FFS 100% PE vergine e Next Bag 50% PE riciclato, sono entrambi prodotti intermedi e per tale motivo si è scelto di stabilire i confini del sistema dalla fase di estrazione delle materie prime all'uscita del prodotto dallo stabilimento. Le fasi successive non sono prodotte specifiche e i prodotti analizzati possono avere il medesimo downstream. L'inclusione della fase di downstream non cambierebbe dunque il risultato in termini di vantaggio/svantaggio di una soluzione rispetto all'altra ma avrebbe l'unico effetto di ridurre il vantaggio/svantaggio in termini percentuali sul ciclo di vita.

6.6 Regole di allocazione

Nel presente studio, le allocazioni (ripartizione dei flussi energetici e dei materiali) su base massa sono state applicate:

- allo stabilimento di Pontetetto. Gli impatti delle emissioni in atmosfera derivanti dal processo di estrusione e dei consumi di detergenti, inchiostro e solventi sono stati allocati soltanto alla famiglia di tubolari FFS considerata rispetto alla produzione totale del settore tubolari FFS nell'anno 2020. Gli impatti dei rifiuti di stabilimento sono stati allocati soltanto alla famiglia di tubolari FFS considerata rispetto alla produzione totale di stabilimento nell'anno 2020.
- allo stabilimento di Capannori. Presso lo stabilimento di Capannori, dove viene prodotto il granulo riciclato, viene processato sia il sottoprodotto proveniente dallo stabilimento Selene di Pontetetto che una quota minore di scarto post-consumo in PE acquistato dall'esterno. Nel presente studio, i consumi energetici, idrici e dei reagenti di disinquinazione sono stati allocati soltanto alla quantità di granulo riciclato impiegato per la produzione dei tubolari FFS Next Bag rispetto alla produzione totale di granulo riciclato nell'anno 2020.

Il procedimento di allocazione di coprodotti su base economica è stato invece utilizzato per allocare gli impatti del processo di estrusione di Pontetetto tra la quantità di tubolare FFS da materia prima 100% vergine e il sottoprodotto inviato a recupero nello stabilimento di Capannori.

Infine, l'allocazione intesa come "end of life allocation" è stata applicata per i flussi di rifiuti generati presso gli stabilimenti di Selene e destinati ad operazioni di riciclo sono stati considerati gli impatti associati al solo trasporto dei rifiuti stessi, in linea con la metodologia di allocazione di fine vita denominata "cut-off" (Toniolo et al., 2017).

7. Analisi dell'inventario del ciclo di vita

La fase di analisi di inventario comprende la raccolta dei dati e dei procedimenti di calcolo che consentono di quantificare gli elementi in ingresso e in uscita relativi al sistema di prodotto considerato. La fase di raccolta delle informazioni è stata condotta predisponendo una checklist che raccogliesse i dati di input e output, in termini di consumo di massa ed energia ed emissioni nei vari comparti ambientali per i prodotti analizzati.

Per motivi di privacy i dati riferiti all'inventario dei dati di input/output della produzione dei tubolari oggetto di studio non sono mostrati nel presente report.

8. Valutazione e interpretazione degli impatti ambientali

Di seguito vengono riportate le performance ambientali relative all'unità funzionale scelta per lo studio LCA: **1 kg di tubolare FFS più relativo imballaggio** nella versione standard (polimero PE 100% vergine) e nella versione Next Bag (con 50% di polimero PE riciclato) per l'insacco automatico di prodotti industriali, sia in granulo che polveri.

Nella tabella 3 sono riportati e confrontati i risultati (caratterizzati) dell'impronta ambientale delle due tipologie di tubolari FFS prodotti nella versione standard e Next Bag. In tutte le categorie di impatto considerate si può notare una diminuzione dell'impatto ambientale con il passaggio del tubolare FFS interamente in PE vergine a quello con il 50% di PE riciclato.

Pertanto il tubolare Next Bag appare preferibile dal punto di vista ambientale rispetto alla versione di tubolare standard composta interamente da materia prima vergine. Attraverso una riduzione della quantità di materia prima vergine si possono infatti ottenere benefici ambientali in media nell'ordine del 26%, con punte di riduzione dell'impatto del 41% se considerata la categoria di impatto Resource use, fossil.

Tabella 3. Risultati caratterizzati totali per il tubolare FFS standard e Next Bag. In verde sono espressi i benefici ambientali.

Categoria di impatto	Unità di misura	Tubolare FFS STANDARD 100% PE VERGINE	Tubolare FFS NEXT BAG 50% PE RICICLATO	DELTA % NEXTBAG VS TUBOLARE FFS STANDARD
Climate change (totale) ^a	kg CO2 eq	3,34E+00	2,40E+00	-28,06%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,61E-05	1,37E-05	-15,07%
Ionising radiation	kBq U-235 eq	2,85E-01	1,77E-01	-37,98%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,34E-02	9,89E-03	-26,34%
Particulate matter	disease inc.	1,05E-07	6,58E-08	-37,60%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,55E-08	1,88E-08	-26,41%
Human toxicity, cancer	CTUh	2,01E-09	1,83E-09	-8,58%
Acidification	mol H+ eq	1,30E-02	9,04E-03	-30,49%
Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,44E-04	3,13E-04	-29,66%
Eutrophication, marine	kg N eq	2,55E-03	2,38E-03	-6,58%
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,29E-02	1,54E-02	-32,85%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,69E+01	2,25E+01	-16,32%
Land use	Pt	6,40E+00	5,44E+00	-15,02%
Water use	m3 depriv.	1,43E+00	8,72E-01	-39,01%
Resource use, fossils	MJ	8,43E+01	5,01E+01	-40,59%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,99E-05	1,33E-05	-33,33%

NOTA a) Il Climate change total è dato dalla somma delle tre sottocategorie fossil, biogenic, land use and transform.

I risultati dell'analisi hotspot sui processi, riportati nelle tabelle 23 e 24, evidenziano che per i prodotti studiati gli impatti derivano principalmente dai processi produttivi delle materie prime e degli additivi delle mescole ed in forma minore dai consumi di energia elettrica per i processi produttivi e dai processi di trasporto delle materie prime. Inoltre per entrambi i prodotti tubolari sono risultati poco significativi i processi di produzione degli imballaggi di distribuzione del prodotto, produzione degli ausiliari di processo, produzione dell'acqua e i rifiuti di produzione.

Tabella 4. Risultati caratterizzati suddivisi per fasi del ciclo di vita e processi per il tubolare FFS standard.

Categoria di imatto	Unità di misura	Totale	FASE UPSTREAM				FASE CORE				
			Produzione granulo PE 100% vergine	Produzione additivi	Produzione imballaggi distribuzione	Produzione chimici/ausiliari	Trasporto materie prime/ausiliari/imballaggi	Produzione acqua di processo	Produzione energia elettrica Selene	Emissioni di processo	Trattamento rifiuti di produzione
Climate change (total)	kg CO2 eq	3,34E+00	2,06E+00	8,04E-01	4,77E-02	3,39E-02	1,57E-01	4,35E-05	2,30E-01	0,00E+00	1,03E-02
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,61E-05	4,56E-08	1,60E-05	1,70E-08	3,41E-09	3,37E-08	2,89E-12	3,66E-08	0,00E+00	1,21E-09
Ionising radiation	kBq U-235 eq	2,85E-01	2,23E-01	2,45E-02	5,03E-03	2,06E-03	1,24E-02	1,55E-05	1,79E-02	0,00E+00	3,16E-04
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,34E-02	7,09E-03	8,25E-04	1,42E-04	1,41E-04	1,22E-03	1,44E-07	3,97E-04	3,59E-03	9,32E-06
Particulate matter	disease inc.	1,05E-07	7,50E-08	1,46E-08	1,95E-09	1,32E-09	1,04E-08	2,32E-12	1,96E-09	0,00E+00	1,51E-10
Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,55E-08	1,33E-08	8,27E-09	7,14E-10	4,63E-10	1,60E-09	2,56E-12	1,08E-09	2,57E-11	7,40E-11
Human toxicity, cancer	CTUh	2,01E-09	6,31E-10	1,22E-09	3,24E-11	1,37E-11	5,81E-11	1,82E-13	3,53E-11	5,94E-12	6,27E-12
Acidification	mol H+ eq	1,30E-02	7,46E-03	2,72E-03	2,20E-04	1,50E-04	1,79E-03	2,41E-07	6,49E-04	0,00E+00	1,54E-05
Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,44E-04	2,92E-04	8,23E-05	1,53E-05	9,00E-06	1,25E-05	3,12E-08	3,05E-05	0,00E+00	2,82E-06

Categoria di imatto	Unità di misura	Totale	FASE UPSTREAM				FASE CORE				
			Produzione granulo PE 100% vergine	Produzione additivi	Produzione imballaggi distribuzione	Produzione chimici/ausiliari	Trasporto materie prime/ausiliari/imballaggi	Produzione acqua di processo	Produzione energia elettrica Selene	Emissioni di processo	Trattamento rifiuti di produzione
Eutrophication, marine	kg N eq	2,55E-03	1,37E-03	5,83E-04	4,20E-05	2,31E-05	3,98E-04	4,65E-08	1,22E-04	0,00E+00	4,85E-06
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,29E-02	1,44E-02	2,13E-03	4,27E-04	2,47E-04	4,41E-03	4,41E-07	1,29E-03	0,00E+00	3,36E-05
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,69E+01	1,47E+01	7,47E+00	8,17E-01	4,63E-01	1,71E+00	7,86E-04	1,55E+00	9,07E-03	1,96E-01
Land use	Pt	6,40E+00	2,18E+00	1,66E+00	3,46E-01	8,48E-02	1,23E+00	1,76E-04	9,00E-01	0,00E+00	1,20E-02
Water use	m3 depriv.	1,43E+00	1,14E+00	2,00E-01	3,81E-02	2,13E-02	6,71E-03	5,65E-03	1,96E-02	0,00E+00	1,33E-03
Resource use, fossils	MJ	8,43E+01	7,33E+01	3,31E+00	1,08E+00	9,37E-01	2,27E+00	7,45E-04	3,43E+00	0,00E+00	4,87E-02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,99E-05	1,42E-05	3,50E-06	5,98E-07	3,69E-07	3,92E-07	2,14E-10	8,75E-07	0,00E+00	2,03E-08

Tabella 5. Risultati caratterizzati suddivisi per fasi del ciclo di vita e processi per il tubolare FFS Next Bag.

Categoria di impatto	Unità di misura	Totale	FASE UPSTREAM					FASE CORE				
			Produzione granulo PE 100% vergine	Produzione granulo PE riciclato	Produzione additivi	Produzione imballaggi distribuzione	Produzione chimici/ausiliari	Trasporto materie prime/ausiliari/imballaggi	Produzione acqua di processo	Produzione energia elettrica Selene	Emissioni di processo	Trattamento rifiuti di produzione
Climate change (total)	kg CO2 eq	2,40E+00	1,05E+00	2,00E-01	7,40E-01	5,02E-02	3,49E-02	8,35E-02	4,49E-05	2,37E-01	0,00E+00	1,11E-02
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,37E-05	2,58E-08	2,81E-08	1,35E-05	1,71E-08	3,52E-09	1,77E-08	2,99E-12	3,78E-08	0,00E+00	1,35E-09
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,77E-01	1,07E-01	1,38E-02	2,35E-02	5,33E-03	2,13E-03	6,60E-03	1,60E-05	1,85E-02	0,00E+00	3,62E-04
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	9,89E-03	3,55E-03	3,13E-04	8,94E-04	1,50E-04	1,46E-04	7,05E-04	1,49E-07	4,10E-04	3,71E-03	1,15E-05
Particulate matter	disease inc.	6,58E-08	3,85E-08	1,63E-09	1,48E-08	2,04E-09	1,37E-09	5,25E-09	2,40E-12	2,02E-09	0,00E+00	1,95E-10
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,88E-08	6,85E-09	9,91E-10	7,69E-09	7,32E-10	4,78E-10	8,26E-10	2,64E-12	1,12E-09	2,65E-11	8,21E-11
Human toxicity, cancer	CTUh	1,83E-09	3,34E-10	2,96E-11	1,34E-09	3,41E-11	1,41E-11	3,09E-11	1,88E-13	3,65E-11	6,13E-12	6,65E-12
Acidification	mol H+ eq	9,04E-03	3,86E-03	5,00E-04	2,55E-03	2,30E-04	1,54E-04	1,05E-03	2,49E-07	6,70E-04	0,00E+00	1,78E-05
Eutrophication, freshwater	kg P eq	3,13E-04	1,41E-04	2,41E-05	8,14E-05	1,59E-05	9,29E-06	6,86E-06	3,22E-08	3,14E-05	0,00E+00	2,94E-06
Eutrophication, marine	kg N eq	2,38E-03	7,05E-04	1,67E-04	1,08E-03	4,39E-05	2,38E-05	2,31E-04	4,80E-08	1,26E-04	0,00E+00	5,55E-06

Categoria di impatto	Unità di misura	Totale	FASE UPSTREAM					FASE CORE				
			Produzione granulo PE 100% vergine	Produzione granulo PE riciclato	Produzione additivi	Produzione imballaggi distribuzione	Produzione chimici/ausiliari	Trasporto materie prime/ausiliari/imballaggi	Produzione acqua di processo	Produzione energia elettrica Selene	Emissioni di processo	Trattamenti rifiuti di produzione
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,54E-02	7,43E-03	9,98E-04	2,32E-03	4,46E-04	2,55E-04	2,56E-03	4,55E-07	1,33E-03	0,00E+00	4,07E-05
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,25E+01	8,06E+00	1,40E+00	9,06E+00	8,34E-01	4,78E-01	9,00E-01	8,11E-04	1,60E+00	9,36E-03	2,08E-01
Land use	Pt	5,44E+00	1,11E+00	6,98E-01	1,58E+00	4,10E-01	8,75E-02	6,12E-01	1,82E-04	9,28E-01	0,00E+00	1,73E-02
Water use	m3 depriv.	8,72E-01	5,60E-01	1,90E-02	1,99E-01	4,06E-02	2,20E-02	3,54E-03	5,83E-03	2,02E-02	0,00E+00	1,40E-03
Resource use, fossils	MJ	5,01E+01	3,66E+01	2,59E+00	3,99E+00	1,16E+00	9,67E-01	1,20E+00	7,68E-04	3,53E+00	0,00E+00	5,73E-02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,33E-05	7,21E-06	6,97E-07	3,26E-06	6,13E-07	3,81E-07	1,98E-07	2,21E-10	9,03E-07	0,00E+00	2,25E-08

Nelle figure 5 e 6 di seguito sono riportati in forma grafica i risultati dell'analisi dei contributi dei prodotti analizzati.

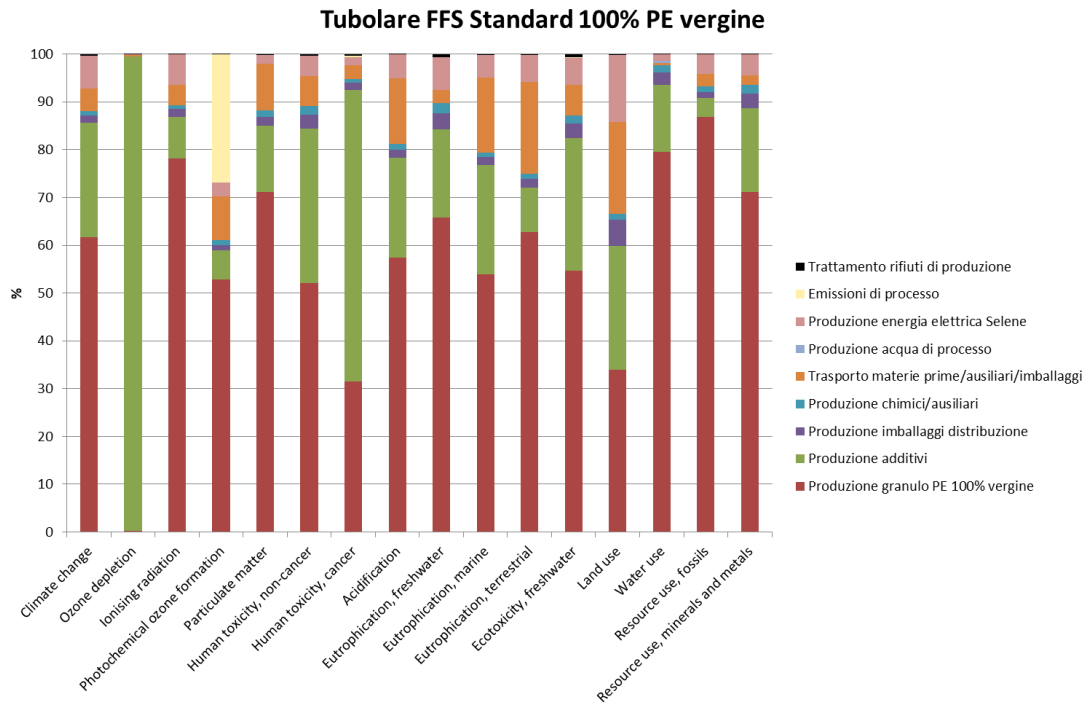


Figura 5. Contributo percentuale dei processi per la produzione del tubolare FFS standard.

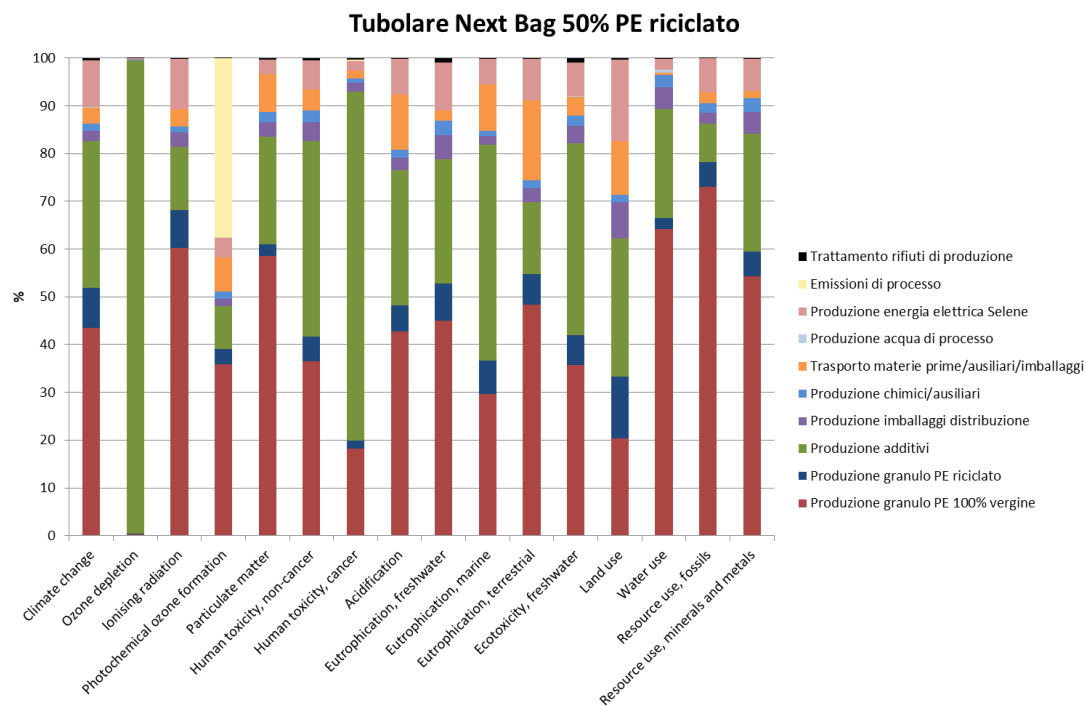


Figura 6. Contributo percentuale dei processi per la produzione del tubolare FFS Next Bag.

10. Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività consiste nella modificazione di alcuni fattori per valutare l'effetto che essi hanno sull'impatto complessivo del sistema considerato. Al fine di consolidare i risultati e le conclusioni dello studio di LCA sono state svolte tre analisi di sensitività su alcuni dei processi risultati più significativi, riguardanti la formulazione delle mescole (ovvero le miscele di materie prime e additivi) per la produzione dei prodotti analizzati, il trasporto di approvvigionamento dei materiali in input al sistema, il mix di energia elettrica utilizzato dall'azienda. Le analisi di sensitività condotte sul trasporto e sul mix di energia elettrica non mostrano variazioni rilevanti sulle assunzioni fatte, mentre l'analisi sulla variazione della formulazione delle mescole selezionate per la produzione del tubolare comporta una variazione del delta beneficio ambientale sulle categorie Ozone depletion, Human toxicity cancer e Eutrophication marine.

11. Qualità dei dati

Il livello di qualità dei dati dello studio è stato calcolato adottando la formula prevista dalla metodologia PEF (European Commission 2021) che tiene conto della media pesata di 4 parametri di qualità:

- Ter - Rappresentatività tecnologica: il grado con cui i dati si riferiscono alla tecnologia che effettivamente è utilizzata nel processo considerato.
- Gr - Rappresentatività geografica: il grado con cui i dati si riferiscono alla reale posizione geografica in cui avvengono i processi.
- Tir - Rappresentatività temporale: il grado con cui i dati si riferiscono ad un arco temporale il più attuale possibile.
- P – Precisione/Incertezza: il grado con cui i dati sono statisticamente rappresentativi dei processi ai quali si riferiscono. Questo principio è garantito dalla conduzione dell'analisi di incertezza che valuta appunto l'influenza della variabilità statistica dei dati sui risultati dello studio.

La qualità complessiva dei processi più significativi che contribuiscono alle categorie di impatto rilevanti è risultata **buona** per entrambi i prodotti oggetto di studio.

12. Analisi di incertezza

L'analisi di incertezza è una procedura che serve per determinare in che modo le incertezze nei dati e nelle ipotesi progrediscono nei calcoli e come incidono sull'affidabilità dei risultati. L'analisi

utilizzata per elaborare i dati di incertezza e stabilire un intervallo di incertezza nei risultati ottenuti, è quella di Monte Carlo.

L'analisi mostra valori di incertezza più elevati solo per le categorie Ionising radiation, Human toxicity, Water use. Tale incertezza è dovuta principalmente ai valori di incertezza associati ai dataset utilizzati e al metodo di calcolo. I risultati pertanto possono essere definiti robusti.

13. Conclusioni

L'azienda Selene ha deciso di avvalersi della metodologia LCA (Life Cycle Assessment) secondo gli standard internazionali ISO 14040 e ISO 14044 per valutare e comparare i potenziali impatti ambientali associati a due prodotti appartenenti alla famiglia dei tubolari FFS (Form Fill and Seal) utilizzati per l'insacco di prodotti industriali (es. chimici, fertilizzanti): il tubolare FFS standard, costituito da polietilene (PE) 100% vergine e il tubolare NextBag contenente il 50% di PE riciclato. Il polimero riciclato impiegato in NextBag è generato nello stabilimento Selene di Capannori a partire dal recupero e trattamento sia dello scarto di lavorazione del tubolare FFS standard, prodotto nello stabilimento di Pontetetto, che dei sacchi usati dei clienti e dei centri di raccolta (post-consumer).

L'obiettivo dello studio è duplice: 1) fornire dei risultati che possano supportare l'azienda nell'identificazione dei potenziali benefici ambientali che comporta la scelta di sostituire l'impiego di materia prima vergine con materia prima seconda e 2) individuare le principali fonti d'impatto associate ai prodotti oggetto di studio.

Per l'analisi di inventario sono stati raccolti dati specifici dell'azienda dell'anno 2020 riferiti agli stabilimenti di Pontetetto e di Capannori coinvolti nel processo produttivo del tubolare. Laddove dati primari non sono stati disponibili si è fatto ricorso alla banca dati Ecoinvent v.3.8. I confini del sistema per i due prodotti di packaging posti a confronto comprendono la fase "upstream" di produzione delle materie prime, additivi, ausiliari e imballaggi e la fase "core" di approvvigionamento e trasformazione delle materie prime nel prodotto semilavorato. Sono stati esclusi dall'analisi i processi di trasporto al sito di riempimento, la fase di formatura del packaging, il riempimento del prodotto considerato, la distribuzione, l'utilizzo del prodotto e lo smaltimento a fine vita del prodotto e del suo imballaggio. I prodotti analizzati sono entrambi prodotti intermedi e per tale motivo si è scelto di stabilire i confini del sistema dalla fase di estrazione delle materie prime all'uscita del prodotto dallo stabilimento. Le fasi successive non sono prodotto specifiche e i tubolari FFS standard e Next Bag possono avere il medesimo downstream. L'inclusione del downstream non cambierebbe dunque il risultato in termini di vantaggio/svantaggio di una soluzione rispetto all'altra ma avrebbe l'unico effetto di ridurre il vantaggio/svantaggio in termini percentuali sul ciclo di vita.

Le categorie di impatto analizzate sono state le seguenti: Cambiamenti climatici, Riduzione dello strato di ozono, Radiazione ionizzante, Formazione di ozono fotochimico, Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche, Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni, Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni, Acidificazione, Eutrofizzazione – acque dolci,

Eutrofizzazione – marina, Eutrofizzazione –terrestre, Ecotossicità – ambiente acquatico dolce, Trasformazione del terreno, Impoverimento delle risorse idriche, Impoverimento delle risorse fossili, Impoverimento delle risorse minerali e metalli. L'unità funzionale scelta, ovvero l'unità di riferimento per gli impatti ambientali, è **1 kg di tubolare FFS più relativo imballaggio** nella versione standard (polimero PE 100% vergine) e nella versione Next Bag (con 50% di polimero PE riciclato) per l'insacco automatico di prodotti industriali sia in granulo che polveri.

Come si evince dai risultati ottenuti, la sostituzione del 50% di materiale con PE riciclato comporta un miglior profilo ambientale per il tubolare NextBag rispetto alla versione standard con PE vergine, con riduzioni dell'impatto ambientale in media nell'ordine del 26% e punte di riduzione dell'impatto del 41% se considerata la categoria di impatto Impoverimento delle risorse fossili (categoria Resource use, fossil). In particolare, per quanto riguarda l'impronta di carbonio (categoria Climate Change), la versione Next Bag presenta una riduzione dell'impatto di circa il 28%, con un valore assoluto di **2,40 kg CO₂ eq** rispetto a **3,34 kg CO₂ eq** emessi dalla versione standard per kg di prodotto. Dai risultati dell'analisi hotspot è emerso che per i prodotti studiati gli impatti derivano principalmente dai processi produttivi delle materie prime e degli additivi impiegati nelle mescole ed in forma minore dai consumi di energia elettrica per i processi produttivi e dai processi di trasporto delle materie prime. La produzione del granulo risulta la voce di impatto maggiore, in quanto i monomeri necessari all'ottenimento del PE derivano dal petrolio.

Si precisa che i risultati dello studio abbiano validità in relazione alle assunzioni effettuate.

14. Bibliografia

- **Ergo Srl.** Report tecnico di analisi LCA comparativa del tubolare FFS (form fill and seal) per sacco industriale in 100% pe vergine e al 50% di granulo PRP da recupero (24/02/2023)
- **Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, 2014.** Vergelijkend LCA onderzoek houten en kunststof pallets
- **PRé Sustainability.** Simapro 9.4.02 LCA software (2022)
- **Raccomandazione della Commissione Europea (2021/2279)**, del 15 Dicembre 2021, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni
- **Toniolo, Sara, Anna Mazzi, Chiara Pieretto, and Antonio Scipioni, 2017.** "Allocation strategies in comparative life cycle assessment for recycling: Considerations from case studies." Resource Conservation and Recycling.
- **Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., 2016.** The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment.
- **Zampori, L. and Pant, R., 2019.** Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method, EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-00654-1
- **UNI EN ISO 14001:2015.** Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso
- **UNI EN ISO 9001:2015.** Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti
- **UNI EN ISO 14040:2006 /Amd 1:2020.** Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento
- **UNI ISO 14044:2006/Amd 2:2020.** Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida
- **UNI CEN ISO/TS 14071:2016.** Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Processi di riesame critico e competenze dei revisori: Requisiti aggiuntivi e linee guida per la ISO 14044:2006

15. Rapporto di critical review

Produttore:

Selene spa

Via di Vicopelago 257

55100 Loc. Pontetetto (LU), Italia

Mail: selene@selene-spa.it

Sito Web: www.selene-spa.it

Referente aziendale:

Dr. **Luca Massari**

Lo studio LCA è stato condotto da Ergo S.r.l.:

Dr. **Andrea Fontanella**

Dr.ssa **Fabiana Corcelli**