



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

**ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI DI UN
PRODOTTO DI ARREDO FINALIZZATA
ALL'OTTENIMENTO DI LINEE GUIDA PER UNA
RIPROGETTAZIONE SOSTENIBILE**

*ENVIRONMENTAL IMPACTS ANALYSIS OF A FURNITURE ITEM
AIMED AT OBTAINING GUIDELINES FOR SUSTAINABLE
DESIGN*

Relatore:

Professore Michele Germani

Tesi di Laurea di:

Nicola Vissani

Correlatrice:

Professoressa Marta Rossi

Anno Accademico

2020 - 2021

INDICE

| | |
|---|----|
| INDICE DELLE FIGURE | 5 |
| INDICE DELLE TABELLE | 7 |
| INTRODUZIONE | 8 |
| 1 LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE | 10 |
| 1.1 LA STORIA DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE | 12 |
| 1.2 IL CONTESTO ATTUALE | 14 |
| 1.2.1 IL CONTESTO INTERNAZIONALE | 14 |
| 1.2.2 IL CONTESTO EUROPEO | 14 |
| 1.2.3 IL CONTESTO ITALIANO | 16 |
| 1.3 STRATEGIE FUTURE | 19 |
| 1.4 OBIETTIVI AMBIENTALI | 21 |
| 1.5 SOSTENIBILITÀ AZIENDALE | 24 |
| 1.6 ECONOMIA CIRCOLARE | 26 |
| 1.7 ECODSIGN | 29 |
| 2 METODO DI LAVORO | 32 |
| 2.1 CICLO VITA DEL PRODOTTO | 33 |
| 2.2 LA METODOLOGIA DEL LIFE CYCLE ASSESSMENT | 36 |
| 2.2.1 SOFTWARE PER REALIZZARE UN'ANALISI LCA | 43 |
| 2.2.2 VANTAGGI DELL'ANALISI LCA | 46 |
| 2.2.3 SVANTAGGI DELL'ANALISI LCA | 47 |
| 2.2.4 FINALITÀ DI UN'ANALISI LCA | 48 |
| 2.3 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 49 |
| 2.3.1 I PRINCIPI DELLE NORME DELLA SERIE UNI EN ISO 14040 | 51 |
| 3 CASO DI STUDIO | 52 |
| 3.1 IL CONTESTO AZIENDALE | 52 |
| 3.1.1 LA POLTRONA AIDA | 55 |
| 3.2 OBIETTIVO E CAMPO DI APPLICAZIONE | 56 |
| 3.3 ASSUNZIONI E LIMITAZIONI | 59 |
| 3.4 ANALISI DI INVENTARIO | 60 |
| 3.5 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI | 63 |
| 3.5.1 MATERIALI | 65 |
| 3.5.2 MANUFACTURING | 71 |
| 3.5.3 TRASPORTI | 72 |
| 3.5.4 SCENARIO DI FINE VITA | 74 |
| 4 CONFRONTO TRA LA POLTRONA AIDA, L'ARCHIBALD E LA VANITY FAIR | 76 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.1 | CONFRONTO MATERIALI | 78 |
| 4.2 | CONFRONTO MANUFACTURING | 86 |
| 4.3 | CONFRONTO TRASPORTI | 88 |
| 5 | LINEE GUIDA SUI MATERIALI | 89 |
| 5.1 | PELLE E TESSUTO | 89 |
| 5.2 | POLIURETANO RIGIDO E PVC | 94 |
| 5.3 | POLIURETANO ESPANSO E COTONE DI PIOPPO | 97 |
| 5.4 | ADESIVO A BASE SINTETICA ED ADESIVO A BASE SOIA | 100 |
| 5.5 | SCENARIO DI FINE VITA | 103 |
| 5.6 | RISULTATI | 106 |
| | CONCLUSIONI | 108 |
| | RINGRAZIAMENTI | 110 |
| | BIBLIOGRAFIA | 111 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - ANDAMENTO DELLE EMISSIONI FOSSILI GLOBALI DI CO2 DAL 1958 AL 2018 | 11 |
| FIGURA 2 – CONSUMO MATERIALE DOMESTICO IN ITALIA, NEI PAESI PARTECIPANTI AL G7 E NEL MONDO [TONNELLATE PRO CAPITE] | 18 |
| FIGURA 3 - PRODUTTIVITÀ DELLE RISORSE IN ITALIA, NEI PAESI PARTECIPANTI AL G7 E NEL MONDO [US\$ / KG] | 18 |
| FIGURA 4 - OBIETTIVI DEL GREEN DEAL EUROPEO | 19 |
| FIGURA 5 - SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS | 21 |
| FIGURA 6 - FASI DELL'ECONOMIA LINEARE | 27 |
| FIGURA 7 - FASI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE | 27 |
| FIGURA 8 - FASI E CONSIDERAZIONI DELL'ECODESIGN | 30 |
| FIGURA 9 - CICLO VITA DI UN PRODOTTO | 33 |
| FIGURA 10 - LO SVILUPPO SOSTENIBILE E LA METODOLOGIA LCA COME STRUMENTO OPERATIVO | 36 |
| FIGURA 11 - CICLO DI VITA DI UN PRODOTTO COMPREDENTE TUTTI I PROCESSI E TUTTI I FLUSSI DI MATERIA E DI ENERGIA | 37 |
| FIGURA 12 - FASI DELLA PROCEDURA LCA | 38 |
| FIGURA 13 - FASE DI DEFINIZIONE DEGLI SCOPI E DEGLI OBIETTIVI DI UN'ANALISI LCA | 39 |
| FIGURA 14 - FASE DELL'ANALISI DI INVENTARIO DI UN'ANALISI LCA | 40 |
| FIGURA 15 - FASE DI ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE DI UN'ANALISI LCA | 42 |
| FIGURA 16 - CAMPAGNA PUBBLICITARIA POLTRONA FRAU | 52 |
| FIGURA 17 - LOGO POLTRONA FRAU | 54 |
| FIGURA 18 - POLTRONA AIDA | 55 |
| FIGURA 19 - LA POLTRONA ARCHIBALD (SX) E LA POLTRONA VANITY FAIR (DX) | 56 |
| FIGURA 20 - RISULTATI COMPLESSIVI DELL'ANALISI LCA RELATIVA ALLA POLTRONA AIDA | 63 |
| FIGURA 21 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVA AI MATERIALI DELLA POLTRONA AIDA | 65 |
| FIGURA 22 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVI AL RIVESTIMENTO | 66 |
| FIGURA 23 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVI ALLA STRUTTURA | 67 |
| FIGURA 24 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVI ALLA MINUTERIA METALLICA | 67 |
| FIGURA 25 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVI ALL'IMBOTTITURA | 68 |
| FIGURA 26 - IMBOTTITURA POLTRONA AIDA | 68 |
| FIGURA 27 - MOLLEGGIO POLTRONA AIDA | 69 |
| FIGURA 28 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVI AL MOLLEGGIO | 69 |
| FIGURA 29 - RISULTATI ANALISI LCA RELATIVI AL PACKAGING | 70 |
| FIGURA 30 - RISULTATI LCA RELATIVI AL MANUFACTURING DELLA POLTRONA AIDA | 71 |
| FIGURA 31 - CONFRONTO ANALISI LCA RELATIVE AI VARI SCENARI DI TRASPORTO | 72 |
| FIGURA 32 - RISULTATI ANALISI LCA PER LO SCENARIO DI FINE VITA DELLA POLTRONA AIDA | 74 |
| FIGURA 33 - FINE VITA MODELLATO ALL'INTERNO DI SIMAPRO | 75 |
| FIGURA 34 - CONFRONTO INDICATORI ANALISI LCA | 76 |
| FIGURA 35 - CONFRONTO INDICATORI ANALISI LCA | 77 |
| FIGURA 36 - CONFRONTO ANALISI LCA DEI MATERIALI (GRANDE SCALA) | 78 |
| FIGURA 37 - CONFRONTO ANALISI LCA DEI MATERIALI (PICCOLA SCALA) | 78 |
| FIGURA 38 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DI RIVESTIMENTO (GRANDE SCALA) | 79 |
| FIGURA 39 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DI RIVESTIMENTO (PICCOLA SCALA) | 79 |
| FIGURA 40 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DELLA STRUTTURA (GRANDE SCALA) | 80 |
| FIGURA 41 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DELLA STRUTTURA (PICCOLA SCALA) | 81 |
| FIGURA 42 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DELL'IMBOTTITURA (GRANDE SCALA) | 81 |
| FIGURA 43 - PARTE DELLA STRUTTURA (SCHIENALE) IN POLIURETANO RIGIDO DELLA POLTRONA AIDA | 82 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 44 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DELL'IMBOTTITURA (PICCOLA SCALA) | 82 |
| FIGURA 45 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DEL MOLLEGGIO (PICCOLA SCALA) | 83 |
| FIGURA 46 - CONFRONTO ANALISI LCA DEL MODULO DEL MOLLEGGIO (GRANDE SCALA) | 83 |
| FIGURA 47 - CONFRONTO MOLLEGGIO CINGHIE ELASTICHE (GRANDE SCALA) | 84 |
| FIGURA 48 - CONFRONTO MOLLEGGIO CINGHIE ELASTICHE (PICCOLA SCALA) | 85 |
| FIGURA 49 - CONFRONTO ANALISI LCA RELATIVO AL MANUFACTURING (GRANDE SCALA) | 86 |
| FIGURA 50 - CONFRONTO ANALISI LCA RELATIVO AL MANUFACTURING (PICCOLA SCALA) | 86 |
| FIGURA 51 - LAVORAZIONI POLTRONA AIDA | 87 |
| FIGURA 52 - LAVORAZIONI POLTRONA ARCHIBALD | 87 |
| FIGURA 53 - LAVORAZIONI POLTRONA VANITY FAIR | 87 |
| FIGURA 54 - CONFRONTO ANALISI LCA RELATIVO AL TRASPORTO INTERNAZIONALE (GRANDE SCALA) | 88 |
| FIGURA 55 - CONFRONTO ANALISI LCA RELATIVO AL TRASPORTO INTERNAZIONALE (PICCOLA SCALA) | 88 |
| FIGURA 56 - CONFRONTO ANALISI LCA TRA PELLE E TESSUTO (GRANDE SCALA) | 91 |
| FIGURA 57 - CONFRONTO ANALISI LCA TRA PELLE E TESSUTO (PICCOLA SCALA) | 91 |
| FIGURA 58 - CONFRONTO ANALISI LCA SCOCCA IMBOTTITA SCHIENALE | 95 |
| FIGURA 59 - SCOCCA IMBOTTITA SCHIENALE IN POLIURETANO RIGIDO | 95 |
| FIGURA 60 - CONFRONTO ANALISI LCA IMBOTTITURA (GRANDE SCALA) | 98 |
| FIGURA 61 - CONFRONTO ANALISI LCA IMBOTTITURA (PICCOLA SCALA) | 98 |
| FIGURA 62 - CONFRONTO ANALISI LCA ADESIVI (GRANDE SCALA) | 102 |
| FIGURA 63 - CONFRONTO ANALISI LCA ADESIVI (PICCOLA SCALA) | 102 |
| FIGURA 64 - MODELLAZIONE SCENARIO NUOVO SCENARIO FINE VITA | 104 |
| FIGURA 65 - CONFRONTO ANALISI LCA COMPLETA (GRANDE SCALA) | 106 |
| FIGURA 66 - CONFRONTO ANALISI LCA COMPLETA (PICCOLA SCALA) | 107 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|-----|
| TABELLA 1 - TABELLA SULLA POSSIBILE CLASSIFICAZIONE DELLE CATEGORIE DI IMPATTO | 41 |
| TABELLA 2 - EPD PELLE PER ARREDAMENTO, CALZATURE E PELLETERIA (DATI RELATIVI AD 1[M2]) | 59 |
| TABELLA 3 - COMPONENTI DELLA POLTRONA AIDA DIVISI IN MODULI | 60 |
| TABELLA 4 - CICLI LAVORAZIONI INTERNE POLTRONA FRAU | 62 |
| TABELLA 5 - VALORI DEI RISULTATI COMPLESSIVI DELL'ANALISI LCA RELATIVA ALLA POLTRONA AIDA | 64 |
| TABELLA 6 - VALORI DEI RISULTATI DELLE ANALISI LCA RELATIVE AI VASI SCENARI DI TRASPORTO DELLA POLTRONA AIDA | 73 |
| TABELLA 7 - VARIAZIONI PERCENTUALI DELLA PELLE E DEGLI INDICATORI NELLE 3 POLTRONE (IN RIFERIMENTO ALLA POLTRONA AIDA) | 80 |
| TABELLA 8 - VALORI INDICATORI DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI MOLLEGGIO | 85 |
| TABELLA 9 - VARIAZIONI PERCENTUALI INDICATORI TRA PELLE E TESSUTO (RIFERIMENTO PELLE) | 92 |
| TABELLA 10 - DIVERSI PESI DELLA SCOCCA IMBOTTITA SCHIENALE | 94 |
| TABELLA 11 - VARIAZIONI PERCENTUALI INDICATORI SCOCCA IMBOTTITA SCHIENALE (RIFERIMENTO SCOCCA POLIURETANO RIGIDO)) | 96 |
| TABELLA 12 - VARIAZIONE PERCENTUALE DEL MODULO IMBOTTITURA (RIFERIMENTO IMBOTTITURA SCHIUMATO) | 99 |
| TABELLA 13 - VARIAZIONI PERCENTUALI DELLE DUE TIPOLOGIE DI ADESIVO (RIFERIMENTO ADESIVO A BASE SINTETICA) | 101 |
| TABELLA 14 - ADESIVO BASE SOIA MODELLATO SU SIMAPRO | 101 |
| TABELLA 15 - CONFRONTO SCENARI FINE VITA | 103 |
| TABELLA 16 - VALORI INDICATORI CON IL RECUPERO DELLA STRUTTURA | 105 |
| TABELLA 17 - RIDUZIONI PERCENTUALI DEI DUE SCENARI FINALI (RIFERIMENTO ALLA POLTRONA REALE) | 107 |

INTRODUZIONE

Il concetto di sostenibilità ambientale è stato oggetto, nel corso degli anni, di un crescente interesse da parte della società civile. Esso è frutto della maggiore consapevolezza dell'esauribilità delle risorse del pianeta e della sempre più presente necessità di preservare la qualità del patrimonio naturale, mirando a promuovere modelli di sviluppo economico-sociale più equilibrati rispetto a quelli adottati in passato. Lo sviluppo sostenibile è un concetto multiforme e multidisciplinare proposto come valore o obiettivo, talvolta come modello di riferimento a cui tendere per superare "l'insostenibile" logica di profitto e di crescita finora cercata.

Il tema della sostenibilità ambientale sta avendo un importante impatto sull'agenda politica e sui comportamenti di famiglie, imprese, istituzioni. Si cerca dunque di comprendere e definire cosa sia realmente eco-sostenibile e come poter valutare e migliorare questo aspetto nei vari prodotti, proponendo una prospettiva futura che vada a tutelare l'ambiente che ci circonda.

Seguendo quest'ottica sono stati sviluppati degli strumenti di valutazione dell'impatto ambientale, tra i quali il più completo è il Life Cycle Assessment.

La metodologia LCA (Life Cycle Assessment) permette la valutazione e la quantificazione dei carichi sia energetici che ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto, ad un servizio, ad un processo o più genericamente ad un'attività lungo l'intero ciclo di vita: dall'acquisizione delle materie prime fino all'eventuale smaltimento o recupero (form cradle to grave) [1].

Attraverso tale analisi si riescono ad identificare i materiali ed i processi che contribuiscono maggiormente agli impatti ambientali.

In questo lavoro di tesi verrà inizialmente introdotto il concetto di sostenibilità ambientale andando a descrivere la sua evoluzione nel corso del tempo e contestualizzandolo nel nostro periodo. Seguirà poi un breve riassunto riguardante i concetti di economia circolare ed ecodesign che sfocerà nella teoria dell'analisi LCA.

Proseguendo con l'elaborato si andrà ad analizzare il caso di studio relativo agli impatti ambientali e sull'uomo di tre prodotti già esistenti: la poltrona Aida, la poltrona Archibald e la poltrona Vanity Fair; ideate e prodotte dall'azienda Poltrona Frau.

L'obiettivo sarà dunque quello di analizzare e, per quel che è possibile, approfondire, delle possibili soluzioni innovative andando a proporre delle linee guida in grado di minimizzare gli impatti associati sia ai materiali che ai processi utilizzati per la realizzazione dei prodotti citati precedentemente.

1 LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Il prelievo sfrenato e insostenibile di risorse dall'ambiente è il principale responsabile della perdita di biodiversità e dei cambiamenti climatici. Se nulla dovesse essere fatto, se nessuna azione sostenibile sarà introdotta nel più breve tempo possibile, allora i problemi legati alla produzione di cibo e agli eventi estremi saranno destinati a ingigantirsi.

Dagli anni 2000 in poi, difatti, il consumo di risorse non ha conosciuto tregua, aumentando a un ritmo pari al 3,2% annuo. Una crescita trainata dalla maggiore richiesta dei Paesi che sono stati investiti dal fenomeno del boom economico, in particolare quelli asiatici.

Inoltre, i vecchi Paesi industrializzati continuano a non rappresentare un modello di riferimento, in quanto ogni persona per alimentare il proprio stile di vita consuma 9,8 tonnellate di materiali all'anno. Materiali che spesso provengono da parti distanti, un fattore che alimenta la produzione di gas serra e il degrado degli ecosistemi globali.

Gli scenari per il futuro costruiti sui dati citati non sembrano promettere nulla di buono, difatti, senza un cambiamento di tendenza l'utilizzo delle risorse naturali aumenterà sempre di più. Basti pensare, che da qui al 2060, si rischia una riduzione del volume delle foreste globali del 10%, un aspetto che inciderebbe non poco sul cambiamento climatico, facendo aumentare le emissioni del 43% rispetto ai livelli attuali come visibile nella Figura 1. Quest'ultima mostra come le emissioni globali di CO₂ continuano a crescere, senza intravedere quel picco che corrisponderebbe al successivo inizio di una decrescita di emissioni ed ad una diminuzione dell'inquinamento atmosferico indispensabile per combattere efficacemente il cambiamento climatico [2].

La sostenibilità rappresenta dunque la possibilità di portare avanti a tempo indeterminato un certo comportamento o un modello socioeconomico. Questo implica un equilibrio tra il consumo di risorse e la loro rigenerazione, così come tra la produzione di inquinanti e la loro naturale eliminazione. Herman Daly, uno dei maggiori economisti ecologici e professore presso il dipartimento di politiche pubbliche dell'Università del Maryland, definisce quella che è la sostenibilità ambientale attraverso 3 condizioni, in quanto secondo quest'ultimo un sistema umano può essere eco-sostenibile solo se:

1. La velocità con cui si sfruttano le risorse rinnovabili è inferiore a quella con cui si rigenerano.

2. L'immissione di particelle inquinanti e scorie nell'ambiente non supera la sua capacità di assimilarle, cioè la sua capacità di carico.
3. L'esaurimento di risorse non rinnovabili si compensa passando a risorse rinnovabili sostitutive.

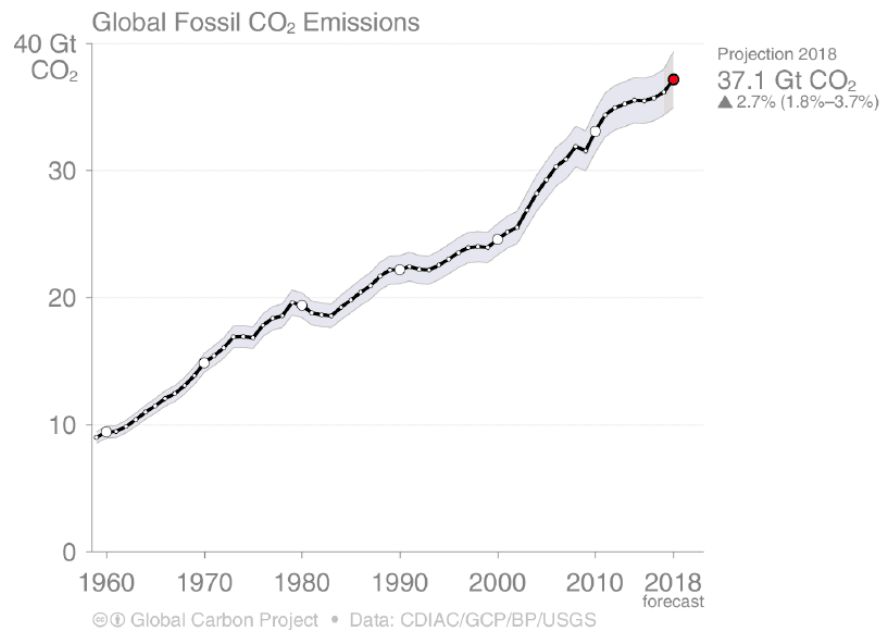


Figura 1 - Andamento delle Emissioni Fossili Globali di CO₂ dal 1958 al 2018

La sostenibilità ecologica, dunque, dipende molto dalla capacità di carico e di autoregolazione dei sistemi naturali, quindi dalla loro resilienza. Se lasciata sola, la natura ha una capacità enorme di autoregolarsi, risanarsi e rinnovarsi. Ma, come detto, le cose si complicano quando gli ecosistemi si scontrano col sistema antropico, cioè con la pressione esercitata dagli esseri umani [3].

1.1 LA STORIA DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

La parola sostenibilità deriva dal latino “sustinere”, che significa sostenere, difendere, favorire, conservare e/o prendersi cura. Il termine “sostenibilità” è stato introdotto, per la prima volta, nel corso della Conferenza delle Nazioni Unite sull’ambiente del 1972, ma l’attuale concetto di sostenibilità, cominciò a diffondersi negli anni Ottanta e venne adottato ufficialmente a Stoccolma, in Svezia, nel rapporto “Our Common Future” pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale per l’ambiente e lo sviluppo, del Programma delle Nazioni Unite per l’ambiente.

La Conferenza di Stoccolma ha attirato l’attenzione internazionale principalmente sulle questioni relative al degrado ambientale e all’inquinamento.

Successivamente, nel 1992 alla Conferenza di Rio de Janeiro sull’ambiente e lo sviluppo, detta anche Il Summit della Terra, i capi di Stato mondiali si sono riuniti affrontando per la prima volta a livello globale le emergenti problematiche ambientali. In questa occasione, il concetto di sviluppo sostenibile è stato consolidato come “uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri”. Le tensioni che sono emerse da questo concetto sono numerose e vanno dalla sua definizione ambigua e vaga, al fallimento nel raggiungere un quadro pragmatico e operativo universale.

Al termine della conferenza venne data vita a 5 documenti fondamentali che costituiranno, da quel momento in poi, le linee guida per l’azione degli Stati membri:

- la Dichiarazione di Rio su Ambiente e Sviluppo;
- la Convenzione sulla diversità biologica;
- i Principi sulle Foreste;
- la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), con cui gli Stati aderenti assumono l’impegno di raggiungere la stabilizzazione della concentrazione di gas serra nell’atmosfera “ad un livello tale da prevenire dannose interferenze antropiche con il sistema climatico”. Da questa Convenzione è successivamente nato il Protocollo di Kyoto, il trattato internazionale riguardante il surriscaldamento globale, adottato da 180 Paesi nel 1997 ed entrato in vigore dopo anni di negoziati nel 2005. Il Protocollo di Kyoto è stato successivamente

sostituito dagli Accordi di Parigi, un contratto universale e giuridicamente vincolante sul clima mondiale al quale hanno aderito 195 Paesi;

- l'Agenda 21, un ampio e articolato “programma di azione” per lo sviluppo sostenibile del pianeta nel XXI secolo, ovvero, un rapporto che ha stabilito l'importanza dell'impegno di tutti i Paesi nella soluzione dei problemi socio-ambientali [4].

L'Agenda 21 risulta essere un documento molto articolato. Quest'ultimo inizia con la premessa che le società umane non possono continuare nella strada finora percorsa, aumentando il gap economico tra le varie nazioni e tra gli strati di popolazione all'interno delle nazioni stesse, incrementando la povertà, la fame, le malattie, l'analfabetismo e causando il continuo deterioramento degli ecosistemi dai quali dipende il mantenimento della vita sul pianeta. Tale relazione, ha introdotto riflessioni sulla pianificazione partecipativa a livello globale, nazionale e locale.

Dieci anni dopo il Summit di Rio de Janeiro e le azioni dell'Agenda 21 si sono rafforzate in occasione del vertice della Terra sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg. L'obiettivo era quello di verificare i progressi realizzati in campo ambientale e di elaborare norme che potessero migliorare la qualità della vita nel rispetto dell'ambiente, con la finalità di rafforzare l'integrazione tra le dimensioni sociale, economica e ambientale. Purtroppo, fin dalle prime fasi, si dovette constatare che i risultati raggiunti nel decennio precedente erano molto lontani dalle aspettative.

Da allora, il termine “sostenibilità” è stato incorporato e utilizzato dalla politica, dalla finanza, dai mass media e dalle molteplici organizzazioni della società civile nate in questo ambito culturale [5].

1.2 IL CONTESTO ATTUALE

1.2.1 IL CONTESTO INTERNAZIONALE

La transizione verso quella che dovrebbe essere un'economia efficiente nell'uso delle risorse, a basse emissioni di carbonio e resiliente ai cambiamenti climatici costituisce una nuova ed affascinante sfida a livello mondiale per raggiungere una crescita sostenibile ed inclusiva.

Nel 2050 è prevista una popolazione mondiale di più di 9 miliardi di persone ed anche una rapida crescita economica dei Paesi in via di sviluppo. Si prevede dunque che la domanda di risorse naturali, in particolare di materie prime, continuerà a crescere in maniera esponenziale nei prossimi decenni. Tale tendenza determinerà sicuramente anche un aumento degli impatti ambientali e climatici qualora non vengano adottate precise politiche e misure per un uso più efficiente delle risorse. In questo contesto, la diffusione di un nuovo modello "circolare" di produzione e consumo costituisce un elemento di importanza strategica per raggiungere gli obiettivi globali di sostenibilità.

A livello internazionale, nel corso di questi ultimi anni, il concetto più ampio di efficienza delle risorse è stato sviluppato in numerose iniziative in ambiti quali OCSE, UNEP *International Resource Panel* (UNEP-IRP), G7, G8 e G20.

1.2.2 IL CONTESTO EUROPEO

L'economia dell'Unione Europea è perlopiù lineare, dalla progettazione all'uso inefficiente delle risorse naturali. Inoltre, l'Europa ha un'eccessiva dipendenza da risorse provenienti da altri Paesi, con un impatto inevitabile sia ambientale sia sulla salute umana.

Arrivare ad un'economia circolare porterebbe ad alleviare le pressioni e le preoccupazioni ottenendo vantaggi economici, sociali ed ambientali.

Le coordinate entro le quali proporre le politiche ambientali europee fino al 2020 sono definite dal "Settimo programma di Azione Ambientale" promosso dall'Unione Europea (7°PAA). In particolare, si richiede che l'Europa diventi un'economia efficiente sia per

quanto riguarda il consumo delle risorse sia per l'abbassamento delle emissioni di carbonio. In questo modo si andrebbe a ridurre la dipendenza dai combustibili fossili, attraverso il riciclaggio dei materiali e il riutilizzo dei prodotti. Quanto detto risulta essere indispensabile per ridurre l'impatto ambientale dell'Europa nell'uso delle risorse restando nei limiti planetari.

L'obiettivo dell'Unione Europea è quello di ridurre le emissioni di gas serra dell'80%-95% entro il 2050. Questo richiede dei cambiamenti fondamentali, non solo per quanto riguarda i sistemi energetici, alimentari e di mobilità, ma anche nel modo in cui materie prime e prodotti sono scambiati, utilizzati, mantenuti e restituiti nell'economia alla fine della loro vita.

La transizione verso un'economia circolare è dunque al centro dell'agenda per l'efficienza delle risorse stabilita nell'ambito della strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Utilizzare le risorse in modo più efficiente e garantire la continuità di tale efficienza non solo è possibile, ma può apportare importanti benefici economici.

Il 2 dicembre del 2015 la Commissione Europea ha quindi adottato un piano d'azione europeo per l'economia circolare, in cui analizza l'interdipendenza di tutti i processi della catena del valore: dall'estrazione delle materie prime alla progettazione dei prodotti, dalla produzione alla distribuzione, dal consumo al riuso e riciclo. Si tratta di un articolato pacchetto di misure che comprende l'elaborazione e/o la revisione di alcune proposte legislative, nonché un piano d'azione generale corredato da un allegato in cui è indicata la tempistica prevista per ogni azione.

Le misure proposte contribuiranno a "chiudere" il ciclo vita dei prodotti attraverso un maggior riciclo e riutilizzo, portando benefici sia per l'ambiente che per l'economia.

In particolare, il piano integra le proposte relative alla legislazione sui rifiuti stabilendo misure che impattano su tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti. Il piano include anche azioni specifiche per alcuni settori o flussi di materiali, come la plastica, i rifiuti alimentari, le materie prime critiche, la costruzione e la demolizione, la biomassa e i bioprodotto nonché misure orizzontali in settori come l'innovazione e gli investimenti.

Tra le misure previste dal Piano, particolare importanza assumono quelle che incideranno sulla progettazione dei prodotti che dovrà essere finalizzata alla loro riparabilità, durabilità e riciclabilità. Inoltre, la revisione di tutta la normativa di settore, dovrà prestare particolare

attenzione alla coerenza delle varie misure, con particolare riferimento all'interfaccia prodotti-rifiuti e contenuto di sostanze chimiche. Infine è importante ribadire la necessità di allocare ulteriori finanziamenti per la ricerca e per il trasferimento tecnologico per lo sviluppo dell'economia circolare, supportando anche le partnership pubblico-private [6].

Un ruolo cruciale, in questo scenario, sarà svolto dagli strumenti trasversali quali l'eco-innovazione, gli appalti pubblici verdi e gli strumenti europei di finanziamento. Il piano d'azione è incentrato su misure a livello di Unione aventi elevato valore aggiunto, ma perché l'economia circolare divenga realtà occorre un impegno a lungo termine a tutti i livelli (Stati membri, regioni, città, imprese e cittadini).

1.2.3 IL CONTESTO ITALIANO

L'Italia è un Paese tecnologicamente avanzato e da sempre abituato a competere grazie ad innovazione e sostenibilità, per tale motivo sta adottando una visione europea di transizione verso un'economia circolare, sfruttando le opportunità e facendosi promotrice di iniziative concrete.

In un Paese come l'Italia, in cui il fattore naturale può costituire una delle principali leve di sviluppo economico, come dimostrato dalla crescente domanda di turismo sostenibile e culturale, risulta fondamentale, dal punto di vista ambientale, la preservazione del capitale naturale e degli ecosistemi. Questo obiettivo è ottenibile con una ridotta pressione sulle risorse e con un minore utilizzo di territorio per lo smaltimento dei rifiuti in discarica.

Dal punto di vista economico, puntare sull'economia circolare, significa invece stimolare la creatività del sistema imprenditoriale italiano in funzione della valorizzazione economica del riuso di materia: il materiale non diventa mai rifiuto. Investire in ricerca e sviluppo, rappresenta dunque una possibilità concreta (soprattutto per il settore manifatturiero) di ripensare e modificare il proprio modello produttivo per consolidare la propria presenza nelle catene del valore globali [6].

La creazione di un'economia circolare, diffusa sul territorio nazionale, consente di trasformare una serie di problematiche proprie del sistema produttivo in opportunità. Una maggiore informazione relativa ai processi produttivi, grazie alla maggiore trasparenza, da una parte contribuisce a ridurre i fenomeni illeciti sia in fase di produzione che di

smaltimento dei rifiuti, dall'altra consente alle imprese virtuose di veder premiata la qualità delle loro produzioni, grazie alla loro tracciabilità, dai consumatori sempre più attenti e consapevoli. Inoltre, per un paese come l'Italia che ha un territorio povero di materie prime, utilizzare e riutilizzare materiale riciclato generato internamente permette di essere meno dipendenti dall'approvvigionamento estero, con annessa minore vulnerabilità alla volatilità dei prezzi specie in un momento di grande instabilità nei Paesi che hanno le maggiori dotazioni di tali risorse.

In un momento di difficoltà l'economia circolare può dar vita ad un processo virtuoso. Un quadro generale della situazione nazionale può essere realizzato attraverso le statistiche pubblicate dell'Eurostat, in cui l'Italia risulta essere particolarmente abile sia per quanto riguarda il consumo di materie prime sia per la produttività.

Secondo i dati, aggiornati al 2020, emerge dunque un'Italia sulla buona strada. In Europa complessivamente il consumo di materie prime domestico (DMC), ovvero l'insieme dei materiali che un Paese consuma nel corso dell'anno, è stato stimato da Eurostat pari a circa 13 tonnellate pro-capite nel 2020.

Ma andando ad analizzare i vari Paesi emerge che il DMC varia in modo significativo. Passa da circa 7-9 tonnellate pro capite (Italia, Spagna, Paesi Bassi e Grecia) a circa 30 tonnellate pro capite (Finlandia e Romania).

Dunque, con "solo" 7 tonnellate di materie prime consumate ogni anno a persona, l'Italia si posiziona tra i Paesi più efficienti in Europa.

Il secondo indicatore fondamentale utilizzato da Eurostat è la produttività delle risorse, che quantifica il rapporto tra la dimensione dell'economia e l'uso delle risorse naturali. Dall'inizio del millennio la produttività in Europa è aumentata del 35% nonostante un leggero calo registrato nel 2020 dovuto soprattutto alla significativa diminuzione del Pil legata alla pandemia di Covid.

Anche su questo fronte la performance italiana è notevole. Il nostro Paese si colloca al terzo posto: in Italia serve 1 chilo di materie prime per generare 3,7 euro di Pil. A fare di meglio sono solo il Lussemburgo (3,9 €/kg) e i Paesi Bassi (4,7 €/kg), avvantaggiati dal fatto di avere un'economia maggiormente basata su servizi e finanza [7].

Anche per quanto riguarda la situazione internazionale, come visibile nelle Figure 2 e 3, l'Italia risulta avere ottimi risultati sia per quanto riguarda il consumo di materie prime domestiche sia per quanto riguarda la produttività.

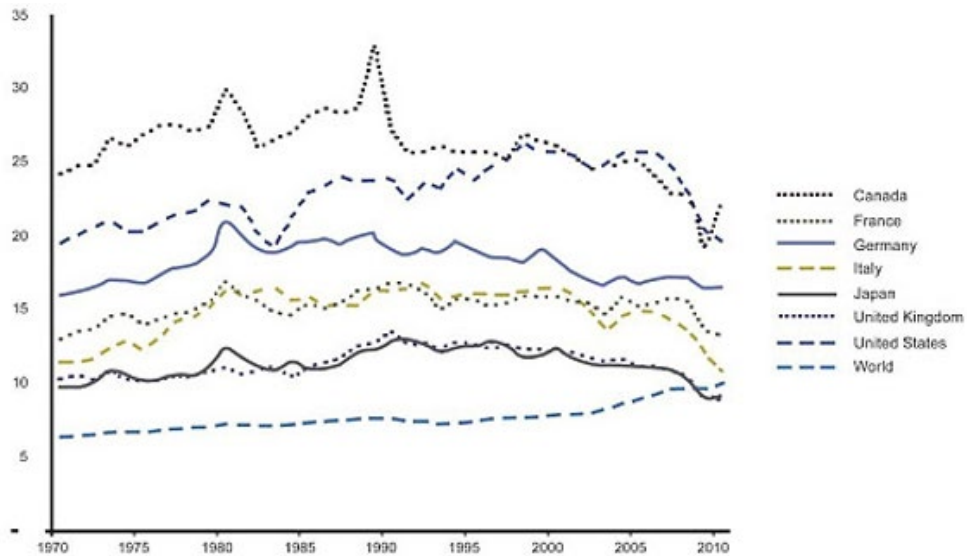


Figura 2 – Consumo Materiale Domestico in Italia, nei Paesi partecipanti al G7 e nel Mondo [Tonnellate Pro Capite]

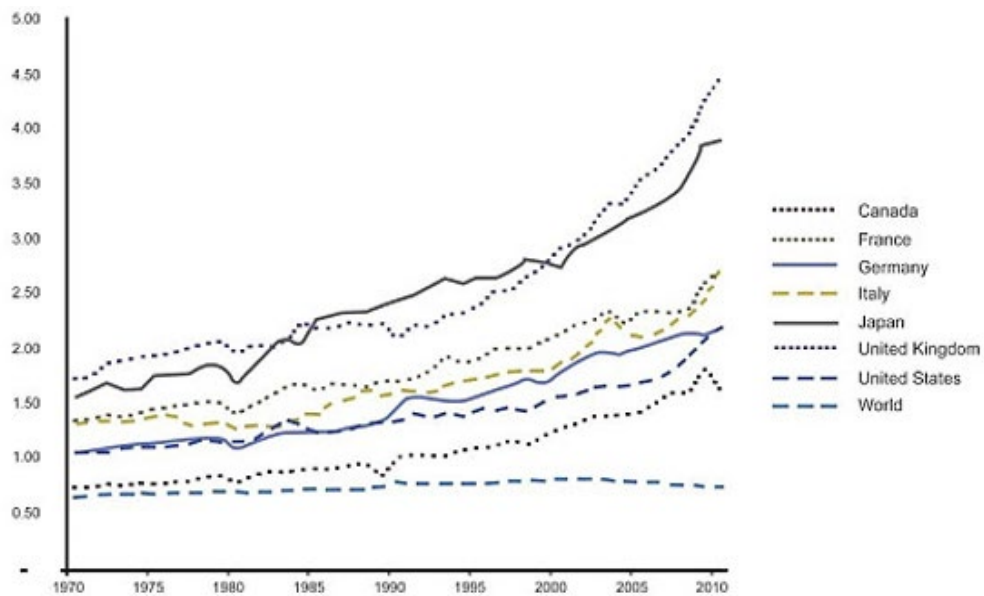


Figura 3 - Produttività delle risorse in Italia, nei Paesi partecipanti al G7 e nel Mondo [US\$ / kg]

1.3 STRATEGIE FUTURE

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile sono approvati al livello politico più alto dell'UE e gettano le basi per le future politiche e attività. Le istituzioni dell'UE e gli Stati membri, comprese le autorità regionali e locali, collaboreranno più strettamente per garantire un migliore coordinamento. Sarà istituito un processo di attuazione per monitorare i progressi compiuti e definire le tappe fondamentali da realizzare entro il 2030.

L'11 dicembre 2019, dunque, la Commissione ha presentato la comunicazione sul Green Deal europeo. Si tratta della nuova strategia di crescita dell'UE volta ad avviare il percorso di trasformazione dell'Europa in una società a impatto climatico zero, giusta e prospera, dotata di un'economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva.

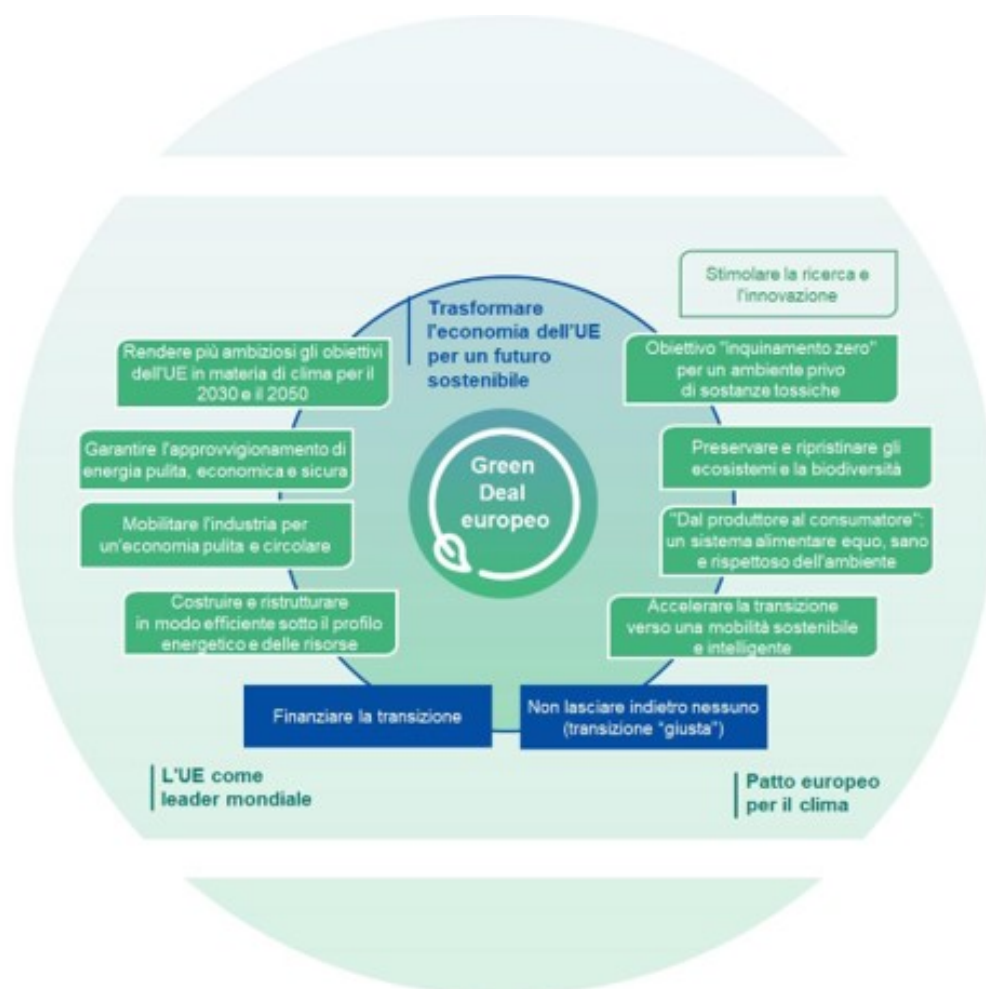


Figura 4 - Obiettivi del Green Deal Europeo

Durante la riunione del Consiglio europeo del dicembre 2019, i leader dell'UE hanno preso atto della comunicazione della Commissione sul Green Deal europeo e ribadito l'impegno dell'Unione a svolgere un ruolo guida nella lotta globale contro i cambiamenti climatici approvando nelle conclusioni l'obiettivo UE della neutralità climatica entro il 2050.

Appena un anno dopo, nel dicembre 2020, il Consiglio europeo ha confermato il proprio impegno a favore della transizione verde dell'UE. I leader dell'UE hanno approvato un nuovo obiettivo UE vincolante di riduzione interna netta delle emissioni di gas a effetto serra pari ad almeno il 55 % entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, un aumento rispetto all'obiettivo di ridurre le emissioni di almeno il 40 % entro il 2030 concordato nel 2014 [8].

Queste riforme strategiche contribuiranno a garantire un'efficace fissazione del prezzo del carbonio in tutta l'economia. Ciò incoraggerà i consumatori e le imprese a modificare i propri comportamenti, facilitando un aumento degli investimenti sostenibili, pubblici e privati.

La Commissione proporrà, per determinati settori, un meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere, al fine di ridurre il rischio di rilocalizzazione delle emissioni di carbonio.

Un'ulteriore decarbonizzazione del sistema energetico è fondamentale per conseguire gli obiettivi 2030 in materia di clima. La produzione e l'uso dell'energia nei diversi settori economici rappresentano oltre il 75% delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE. La priorità deve essere data dall'efficienza energetica.

Occorre sviluppare un settore dell'energia basato su fonti rinnovabili, con la rapida eliminazione del carbone e la decarbonizzazione del gas.

Nell'industria, il piano d'azione per l'economia circolare, comprenderà una politica per i prodotti sostenibili al fine di sostenere la progettazione circolare di tutti i prodotti sulla base di una metodologia e di principi comuni, dando priorità alla riduzione e al riutilizzo dei materiali prima del loro riciclaggio.

1.4 OBIETTIVI AMBIENTALI

Come riportato nei paragrafi precedenti, l'Agenda 21 è uno dei documenti adottati dalla Conferenza ONU su Ambiente e Sviluppo tenutasi nel giugno 1992 a Rio de Janeiro.

L'Agenda 21 costituisce il "programma di azione" della Comunità internazionale ONU (Stati, Governi, Ong, settori privati) in materia di ambiente e sviluppo per il XXI secolo. È un documento molto articolato che parte dalla premessa che le società umane non possono continuare nella strada finora percorsa, aumentando il gap economico tra le varie nazioni e tra gli strati di popolazione all'interno delle nazioni stesse, incrementando la povertà, la fame, le malattie e l'analfabetismo e causando il continuo deterioramento degli ecosistemi dai quali dipende il mantenimento della vita sul pianeta.

Nel 2015, l'Agenda 21 viene però sostituita dall'Agenda 2030, un documento sottoscritto dai governi dei 193 Paesi membri delle Nazioni Unite e approvata dall'Assemblea Generale dell'ONU.

Il documento delinea 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (Figura 5), anche chiamati "Sustainable Development Goals" (SDGs), inquadrati in un programma di azione di 169 target. Questi definiscono degli obiettivi da raggiungere in ambito ambientale, economico, sociale e istituzionale entro il 2030.



Figura 5 - Sustainable Development Goals

Obiettivi che hanno una validità globale: riguardano e coinvolgono tutti i Paesi e tutte le componenti della società, dalle istituzioni pubbliche alle imprese private, alle industrie.

Naturalmente l'Unione Europea e i suoi Stati membri svolgono un ruolo guida nell'attuazione degli obiettivi di sviluppo sostenibile sia all'interno dell'UE che in altre parti del mondo, sostenendo allo stesso tempo un multilateralismo efficace e un ordine internazionale fondato su regole.

Ritornando ai 17 obiettivi di sviluppo sostenibile, si può notare come essi prendano in considerazione in maniera equilibrata le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile: economica, sociale e ambientale. All'interno del primo ambito possiamo racchiudere:

- lavoro dignitoso e crescita economica;
- imprese, innovazione e infrastrutture;
- consumo e produzione responsabile;
- partnership per gli obiettivi.

Nella dimensione sociale possiamo raggruppare i seguenti obiettivi:

- sconfiggere la povertà;
- sconfiggere la fame;
- salute e benessere;
- istruzione di qualità;
- parità di genere;
- acqua pulita e servizi igienico-sanitari;
- ridurre le disuguaglianze;
- pace, giustizia e istituzioni solide.

Infine, nell'ambito della sostenibilità ambientale rientrano i seguenti obiettivi:

- energia pulita e accessibile;
- città e comunità sostenibili;
- lotta contro il cambiamento climatico;
- vita sott'acqua;
- vita sulla terra.

Tali obbiettivi, tuttavia, devono essere considerati in un'ottica trasversale difatti le tre componenti (e gli SDGs associati) sono strettamente interconnesse tra loro. Ogni obiettivo, insieme ai 169 sotto-obiettivi individuati dall'Agenda 2030, è un tassello strettamente interconnesso agli altri, che contribuisce a raggiungere il fine più ampio [9].

1.5 SOSTENIBILITÀ AZIENDALE

La sostenibilità relativa ad un'azienda può essere definita come l'insieme di quelle politiche aziendali che permettono a un'impresa di perseguire una combinazione virtuosa delle tre dimensioni dello sviluppo sostenibile. Grazie alla sostenibilità diventa possibile integrare nella strategia, nei processi e nei prodotti del business anche considerazioni ambientali e sociali. L'obiettivo è chiaro: generare valore in una prospettiva di lungo periodo.

Condurre il proprio business in modo sostenibile significa, prima di tutto, gestire in modo efficiente e strategico le risorse a disposizione, che siano naturali, finanziarie, umane o relazionali. In questo modo si genera valore per l'impresa e si ha la possibilità di contribuire alla crescita, al miglioramento e allo sviluppo socio-economico delle comunità in cui l'azienda opera e degli attori che compongono la sua catena del valore.

Per condurre il proprio business in modo sostenibile, l'impresa deve trovare soluzioni innovative che le permettano di comprendere e dare risposta alla complessità del contesto in cui opera. Inoltre, deve tessere una relazione strutturata e costante con i propri stakeholder. Solo in questo modo potrà muoversi lungo una direttrice che coniuga crescita economica, sviluppo sociale e salvaguardia del patrimonio naturale. Per riuscirci, però, è fondamentale che adotti un approccio sistemico, inclusivo e trasparente, che sviluppi un forte orientamento all'innovazione e migliori la sua capacità di misurare le decisioni di business analizzando tutti gli impatti (economici e non) che esse determinano, nel breve, nel medio e nel lungo periodo.

Oggi giorno sempre più aziende sono impegnate nella ricerca di attività volte alla responsabilità sociale d'impresa:

- nel 90% delle aziende gli executive che ritengono importante integrare la sostenibilità nel business;
- nel 60% dei casi le aziende che hanno formalizzato una strategia di sostenibilità;
- Il 50% delle aziende dichiara che l'impegno in ottica di sostenibilità genera profitto;
- infine, nel 75% dei casi gli executive di società di investimento che considerano rilevanti le performance di sostenibilità [10].

Inoltre, dato che la continua crescita d'interesse verso comportamenti sostenibili porta alle aziende coinvolte benefici, anche consistenti, tanto in termini economici come d'immagine,

è importante che si vada oltre il semplice patto di fiducia tra azienda e consumatore o stakeholder. In altre parole, l'autodichiarazione non è più sufficiente. L'azienda dovrà garantire ai suoi clienti che quello che offre, prodotto o servizio, sia realmente sostenibile, e cioè che soddisfi un certo numero di criteri misurabili e certificati. E per farlo deve affidarsi a enti terzi che ne attesteranno l'impegno e l'effettiva riuscita.

Solo così la sostenibilità diviene un elemento riconosciuto, valido e oggettivo. Utile da sfruttare anche a fini di comunicazione e marketing. La ragione per la quale un'azienda decide di intraprendere un percorso di sostenibilità confrontandosi con una parte terza è duplice e risponde a criteri:

- “Interni e di comprensione”. L'obiettivo è scoprire, attraverso il confronto con gli esperti dell'organismo di certificazione, il proprio grado di sostenibilità e, in base al risultato mettere in opera i possibili rimedi per migliorare la situazione. Un caso frequente è la volontà di capire se e quanto i propri processi produttivi si possano dire “sostenibili”;
- “Esterni e di comunicazione”. L'obiettivo è comunicare all'esterno, in primis a clienti e stakeholder, la propria adesione a politiche di sostenibilità che siano sul versante ambientale, sociale o di governance. Ovviamente, con la garanzia di una certificazione che ne attesti la validità e la qualità delle performance.

Le parti terze che operano per certificare i soggetti interessati utilizzano standard nazionali e internazionali, come UNI o ISO.

Il processo che porta all'adozione di queste norme non mai è immediato e risulta essere, in molti casi, anche costoso [11].

1.6 ECONOMIA CIRCOLARE

Secondo la definizione della Ellen MacArthur Foundation l'economia circolare «è un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera». Risulta essere dunque un sistema economico pianificato per riutilizzare i materiali in successivi cicli produttivi, riducendo al massimo gli sprechi.

L'economia circolare si pone quindi come obiettivo quello di minimizzare la produzione di rifiuti ed emissioni, riducendo il ricorso a materie prime vergini. Ad oggi l'economia circolare risulta essere sempre più in tendenza in quanto va a promuovere una riduzione drastica dell'utilizzo delle materie vergini inserendo una materia prima che verrà poi riutilizzata. Secondo questa metodologia risulta dunque importante favorire il riuso e il riciclo del materiale in modo da ridurre il consumo delle materie prime.

Alcuni dei principi dell'economia circolare per la scelta dei materiali sono:

- la minimizzazione della presenza di sostanze tossiche nei materiali. La scelta dei materiali deve ricadere su soluzioni contenenti basse percentuali di sostanze dannose per la salute e per l'ambiente;
- utilizzo di materiali riciclabili/riciclati. La scelta di materiali deve ricadere su quelli facilmente riciclabili e che conservano le stesse qualità dopo il processo di riciclo;
- riduzione di quantità e tipologie di materiali utilizzati andando ad ottimizzare l'impiego dal punto di vista quantitativo e qualitativo. Sarebbe ottimo creare degli oggetti mono materiali che sono più facilmente riciclabili;
- utilizzo di materiali compatibili tra loro in fase di riciclo in quanto rende più facile il processo di riciclo perché materiali della stessa famiglia possono essere lavorati negli stessi impianti.

Questo modello mira a eliminare gli sprechi e gli scarti dei processi produttivi imitando i sistemi viventi nell'ecosistema, in cui i nutrienti vengono utilizzati in modo efficiente e poi reimmessi nel ciclo.

È quindi necessario il passaggio ad una visione d'insieme delle filiere che consenta di riprogrammare le attuali modalità di progettazione e sviluppo dei prodotti, di gestione delle materie prime e delle risorse energetiche e dei prodotti a fine vita.

La teoria dell'Economia Circolare nasce quindi dall'esigenza di un nuovo modello di sviluppo economico che superi quello oggi dominante, denominato Economia Lineare, in cui la vita di un prodotto è costituita, come riportato nella Figura 6, da quattro fasi: estrazione, produzione, consumo e smaltimento.

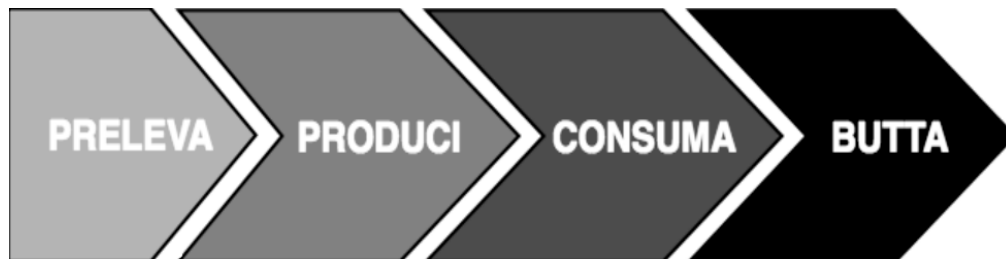


Figura 6 - Fasi dell'Economia Lineare



Figura 7 - Fasi dell'Economia Circolare

Lo schema dell'Economia Lineare si è dimostrato infatti insostenibile a livello economico e ambientale per tre principali motivi:

- la limitatezza delle materie prime;
- l'inquinamento;

- la produzione di rifiuti.

Tali limiti, come detto, possono essere superati con il passaggio ad un'Economia circolare, un modello di business in cui siamo tutti protagonisti fondamentali per garantire il corretto funzionamento del sistema, dal progettista, al produttore, al consumatore. Tutti hanno un ruolo importante ed interconnesso agli altri ed è quindi necessario conoscere il proprio compito e come svolgerlo al meglio affinché la circolarità del flusso non venga interrotta.

1.7 ECODESIGN

L'Ecodesign, insieme all'economia circolare, precedentemente trattata, rappresentano due elementi cardine di un modello economico sostenibile. Una progettazione basata sull'impiego efficiente di risorse e materiali permette infatti di ridurre sia l'impatto ambientale legato alla produzione sia la quantità di rifiuti generati, intervenendo su durabilità, riparabilità, possibilità di aggiornamento e riciclabilità dei prodotti stessi. Una buona progettazione, per essere davvero tale, deve mettere al centro i principi dell'economia circolare.

I principi dell'ecodesign si applicano a tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, con l'intento di ridurre l'impatto ambientale complessivo: dall'approvvigionamento e impiego delle materie prime, che devono essere riutilizzabili, biodegradabili, riciclabili e non tossiche; alla loro lavorazione nel processo produttivo e alla distribuzione, che devono rispettare la direttiva dell'UE sull'ecodesign (Direttiva 2009/125/CE), in termini di efficienza energetica (ridotto consumo energetico nella fasi produttive) e di ridotto impatto ambientale.

Anche il consumo del prodotto e la possibilità di riutilizzo concorrono nel definirlo eco e sostenibile: il ciclo di vita del prodotto deve poter essere allungato il più possibile, attraverso il riciclo e/o il riutilizzo dei suoi componenti. In alternativa il prodotto dovrà risultare biodegradabile al 100%, in modo da rientrare completamente nel ciclo naturale [12].

Ad oggi la direttiva sulla progettazione ecocompatibile si applica solamente ai prodotti che consumano energia, si ha comunque l'obiettivo, in futuro, di allargare la cornice anche ad altri prodotti significativi dal punto di vista ambientale, ad eccezione dei mezzi di trasporto che già sono soggetti a politiche e normative per la riduzione degli impatti ambientali.

Oggi molte organizzazioni hanno sviluppato strumenti e approcci per aiutare le aziende a ripensare il come progettare ed il come produrre prodotti per migliorare i profitti e la competitività ed allo stesso tempo ridurre gli impatti ambientali. Come conseguenza dell'esperienza acquisita, l'Ecodesign si è evoluto per comprendere questioni più ampie come la componente sociale della sostenibilità legata alla necessità di sviluppare nuovi modi per soddisfare le esigenze dei consumatori in modo che vengano sfruttate meno risorse.

Una variante dell'Ecodesign è rappresentata dal Design for Sustainability (D4S), tale metodologia va oltre la semplice realizzazione di un prodotto “verde”, andando infatti a soddisfare le esigenze sociali, economiche e ambientali dei consumatori, tre elementi chiave della sostenibilità indicati anche come persone, profitto e pianeta.

In passato i prodotti sono stati progettati senza considerare gli impatti negativi sull'ambiente. I fattori tipici considerati nella progettazione del prodotto includevano funzione, qualità, costo, ergonomia e sicurezza. Molte aziende però stanno riconoscendo l'importanza dell'impatto ambientale dei loro prodotti ed hanno dunque iniziato ad incorporare aspetti ambientali significativi nei processi di progettazione e sviluppo dei prodotti. Ciò ha richiesto l'identificazione dei principali problemi ambientali relativi al prodotto durante l'intero ciclo vita.

L'industria manifatturiera difatti molte volte, in passato, è stata accusata di gestire un sistema che prende, produce e spreca, sebbene abbia il potenziale per diventare un creatore di prodotti che generano valore ecologico, sociale ed economico. Un modo possibile per migliorare questo punto di vista è che l'industria abbracci quella che è la metodologia dell'ecodesign.

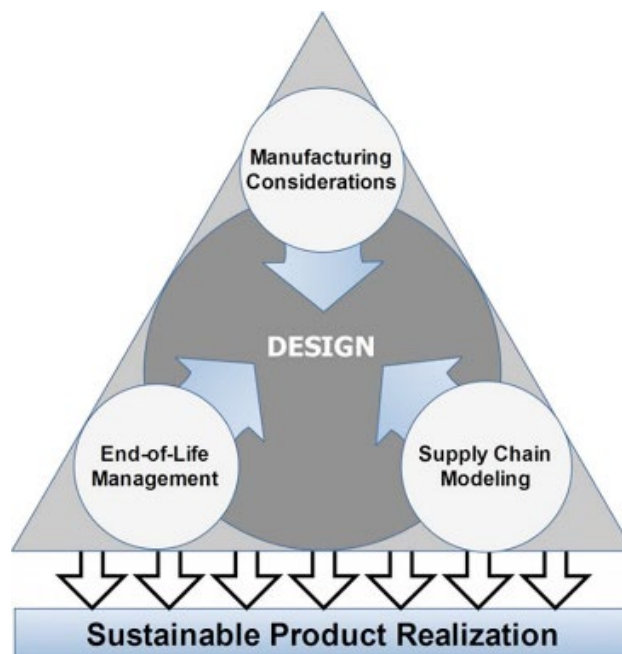


Figura 8 - Fasi e Considerazioni dell'Ecodesign

I principali benefici apportati dall'Ecodesign hanno dunque carattere: ambientale, sociale ed economico.

Si parla di vantaggi ambientali in quanto si ha un minore impatto nello sviluppo dei prodotti e una maggiore e migliore attuazione della legislazione ambientale.

Vantaggi sociali grazie ad una migliore immagine dell'azienda e grazie alla sua risposta ai bisogni di una società con una crescente sensibilità ecologica. "Eco pubblicità" e "pubblicità verde", che cattura l'attenzione dei consumatori, segnando una chiara differenziazione rispetto alla concorrenza.

Vantaggi economici dovuti all'ottimizzazione nell'uso delle risorse, come materie prime ed energia, e dei fattori produttivi per generare un minore impatto ambientale e ridurre l'impatto dei trasporti con minori consumi di carburante ed emissioni.

2 METODO DI LAVORO

Il problema dell'individuazione e della valutazione degli impatti ambientali dovuti ad un'azione di progetto è sempre di difficile risoluzione a causa della vastità ed interdisciplinarietà del campo di studio, dell'eterogeneità degli elementi da esaminare e della difficile valutazione che si può fare nei riguardi di alcune problematiche ambientali.

Da un lato vi è la difficoltà di quantificare un impatto (come, ad esempio, il gradimento di un impatto visivo o la previsione nel futuro di un impatto faunistico), dall'altro vi sono componenti ambientali per le quali la valutazione risulta complicata dalla complessità intrinseca (dimensione dell'impatto su un ecosistema fluviale o distanza di influenza di un progetto che immette fumi in atmosfera).

Esistono numerosi approcci metodologici utilizzabili per la fase di individuazione e valutazione degli impatti che vanno da qualitativi o rappresentativi, a modelli di analisi e simulazione.

L'approccio utilizzato per la realizzazione dell'analisi del caso di studio appartenente a questo elaborato, che sarà introdotto nel capitolo successivo, avrà come obiettivo l'identificazione di accorgimenti progettuali e delle linee guida per limitare e ridurre gli impatti ambientali.

Lo studio inizia con un'analisi del Life Cycle Assessment (LCA), relativa all'intero ciclo vita, atta dunque ad ottenere dei risultati quantitativi utili per interpretare l'origine dei vari impatti appartenenti al singolo prodotto.

Questo permetterà di poter intervenire sia su quelli che, in relazione all'analisi, sono i materiali ed i componenti che più incidono nelle varie categorie di impatto, sia su tutte le fasi del ciclo vita che sono più gravose all'ambiente.

In relazione all'utilizzo di materiali e componenti si ricercheranno in letteratura delle soluzioni utili per migliorare la sostenibilità ambientale dei prodotti oggetti di studio.

Anche per quanto riguarda le fasi del ciclo di vita del prodotto si valuteranno delle alternative: in particolar modo si cercheranno delle metodologie costruttive per andare a massimizzare il valore del prodotto nel fine vita minimizzando gli impatti negativi sull'ambiente.

L'approccio utilizzato cercherà dunque di tener conto, il più possibile, di tutte le metodologie e le indicazioni riportate nel capitolo precedente relative alla sostenibilità ambientale, all'ecodesign ed all'economia circolare, applicandole al caso studio trattato.

2.1 CICLO VITA DEL PRODOTTO

Il ciclo di vita del prodotto, anche noto come PLC (Product Life Cycle), rappresenta tutte quelle che sono le fasi e le attività che prendono parte alla realizzazione, all'uso ed al fine vita di un prodotto.

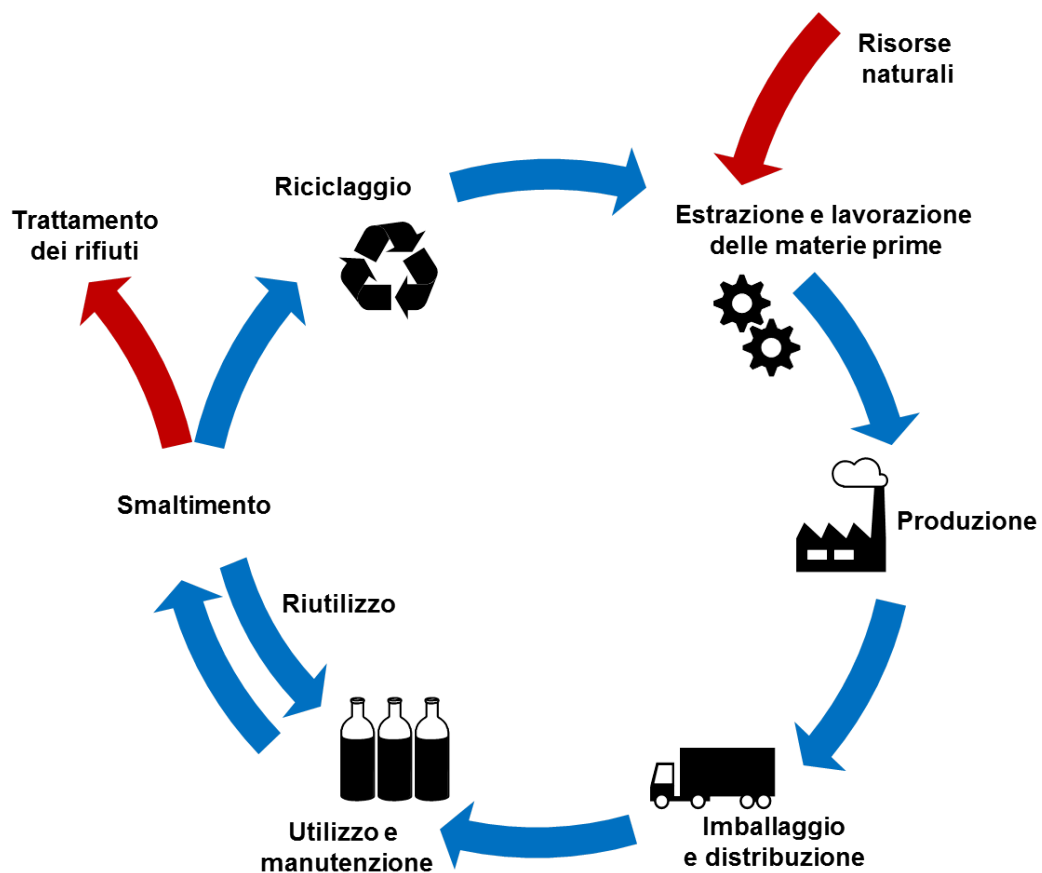


Figura 9 - Ciclo Vita di un Prodotto

Il ciclo vita di un prodotto, come visibile nella Figura 9, inizia con quella che è l'estrazione e la lavorazione delle materie prime. Le materie prime, presenti in natura, difatti devono essere trasformate in materiali semilavorati e soltanto in pochi casi queste possono essere utilizzate direttamente nel loro stato grezzo. I prodotti semilavorati sono destinati a

soddisfare le esigenze produttive di altre imprese, i materiali semilavorati diventano un oggetto di scambio sul mercato [13].

La fase di produzione di un prodotto inizia invece con dalle Ricerche o Previsioni di mercato, se abbiamo una produzione a magazzino, altrimenti parte dagli ordini di clienti, se abbiamo una produzione su commessa. Vedremo poi che, un input di progettazione, può anche arrivare dall'assistenza clienti, ma ci torneremo successivamente.

Lo step successivo, di progettazione preliminare, è quella di concettualizzazione del prodotto. Grazie a tale fase definiamo il principio di funzionamento del prodotto e lo schema di massima di quest'ultimo.

Se la produzione risulta essere conveniente si procede con la produzione logico-funzionale e con il dimensionamento del prodotto, ovvero con il progetto dettagliato. La decisione di passare dalla fase concettuale alle fasi successive è posseduta dal management dell'azienda, ovvero è compito dell'alta dirigenza.

Il progetto del prodotto ovviamente, viene redatto tenendo conto della funzionalità dello stesso prodotto nel rispetto dei vincoli ma deve anche tenere in considerazione di altri aspetti, come costo, ergonomia, prestazioni, manutenibilità, riciclabilità ed anche estetica.

In sede di progettazione, inoltre, con lo scopo di valutare le prestazioni del prodotto, ed eventualmente migliorarle, si può fare ricorso alla creazione di prototipi.

Una volta terminata la fase relativa alla progettazione si passa alla fabbricazione dei singoli componenti e all'assemblaggio del prodotto finito.

Questa fase è composta dai vari processi di produzione industriale (o processi produttivo), ovvero da attività atte alla realizzazione di un prodotto.

Solitamente la fabbricazione di un singolo prodotto è composta da più stadi attraverso i quali questo prende forma. Avremo dunque la trasformazione di un materiale o pezzo grezzo, o anche semi-lavorato, mediante l'uso di manodopera, macchinari, utensili ed energia per ottenere un prodotto finito.

Successivamente, si ha la distribuzione del prodotto al mercato di riferimento o al committente della produzione. Tale attività prevede l'imballaggio e spedizione mediante processi logistici che devono essere coordinati in modo efficiente. Una volta che il prodotto è stato immesso sul mercato inizia la sua vita utile.

Durante l'utilizzo del prodotto da parte del cliente, il produttore, mediante l'assistenza clienti si prende cura del corretto funzionamento del prodotto mediante assistenza e supporto tecnico, ma anche effettuando riparazione e ricambi.

Un altro aspetto di fondamentale importanza dell'assistenza clienti è quello di chiudere il ciclo di vita del prodotto fornendo all'azienda feedback sul prodotto e sul fruitore dello stesso. Tali informazioni possono ispirare miglioramenti alla produzione ed entrano nella fase di progettazione preliminare del prodotto.

Al termine della vita utile del prodotto, questo deve essere scomposto in tutte le sue parti affinché possano essere riutilizzati, riciclati o rilavorati, andando incontro quindi alla fase di demanufacturing. In passato tale fase era completamente sottovalutata mentre oggi nell'ottica di maggior rispetto dell'ambiente sta diventando cruciale. La deproduzione consiste nella raccolta e nel riciclaggio delle varie parti del prodotto.

A tal fine la deproduzione comporta la massimizzazione del valore economico di fine vita del prodotto e la minimizzazione dell'impatto ambientale del prodotto stesso. Le strategie di deproduzione sono il giusto mix tra:

- rilavorazione e riuso;
- riuso dei sotto assemblati e dei componenti;
- riciclo recupero dei materiali;
- incenerimento per produrre energia;
- smaltimento in discarica.

2.2 LA METODOLOGIA DEL LIFE CYCLE ASSESSMENT

Nel concetto sempre più affermato di “sviluppo sostenibile” per il quale devono essere integrate assieme le sfere di sviluppo economico, sociale ed ambientale, nasce l’innovativa filosofia di pensiero denominata “Life Cycle Thinking” (LCT). L’idea, nuova rispetto al passato, è quella di considerare un prodotto come un insieme di operazioni, di flussi in input ed output di materiali e forme di energia associate a tutti gli step del suo ciclo di vita, dalla progettazione sino alla dismissione e al recupero o smaltimento finale. È da questo nuovo concetto che si sviluppa come principale strumento operativo, in particolare in campo ambientale (Figura 10), la metodologia LCA “Life Cycle Assessment” che permette uno studio completo del prodotto considerando tutti i processi connessi al suo intero ciclo di vita.

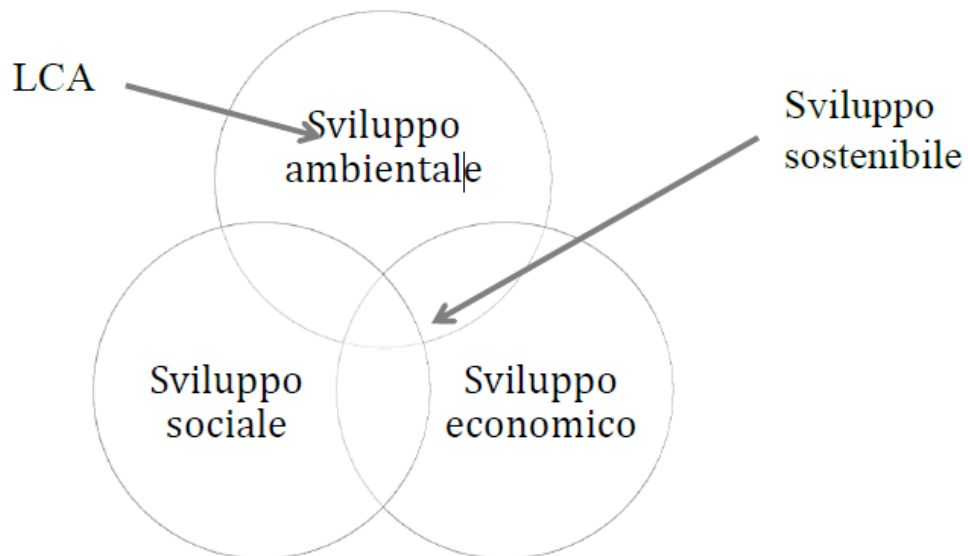


Figura 10 - Lo Sviluppo Sostenibile e la Metodologia LCA come Strumento Operativo

La metodologia LCA (acronimo di Life Cycle Assessment) è un « procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un’attività, effettuato attraverso l’identificazione dell’energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente. La valutazione include l’intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l’estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale ». [14]

Così venne definita per la prima volta dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) nel 1993, introducendo il concetto di “ciclo di vita” sul quale si basa lo studio in esame. Un’analisi “dalla culla alla tomba” (from cradle to grave) cioè dall’estrazione delle materie prime necessarie sino allo smaltimento finale (Figura 11).

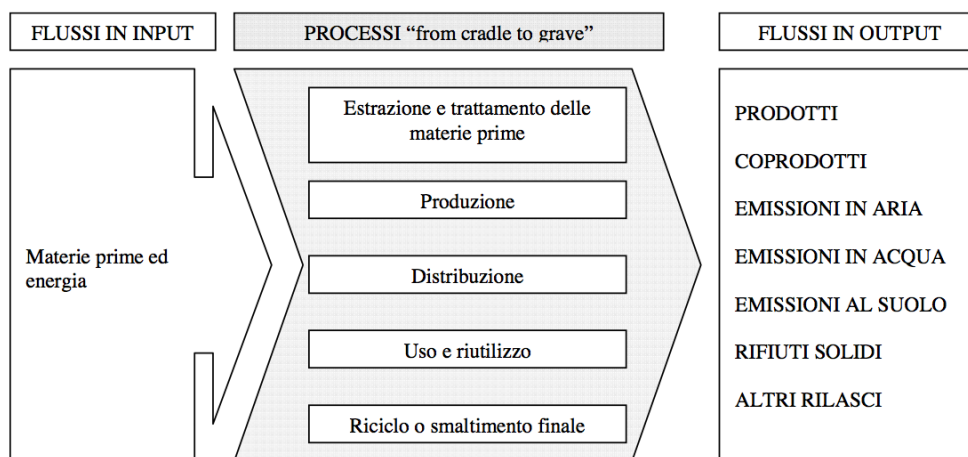


Figura 11 - Ciclo di Vita di un Prodotto comprendente tutti i Processi e tutti i Flussi di Materia e di Energia

Dunque, al fine di minimizzare l’impatto ambientale, uno degli strumenti fondamentali per la valutazione dei carichi energetici e ambientali è la metodologia Life Cycle Assessment (LCA), ovvero la valutazione del ciclo di vita.

Si tratta di un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connessi con un prodotto, un processo o una attività, attraverso l’identificazione e la quantificazione dell’energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente. La valutazione include l’intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, dalle fasi di estrazione dei materiali a quelle di dismissione finale [15].

La metodologia LCA, regolamentata dalle norme tecniche internazionali ISO, che saranno spiegate nei paragrafi successivi, consente di valutare e quantificare gli impatti ambientali di prodotti (intesi come beni o servizi) lungo il loro intero ciclo di vita, e quindi dalla fase di estrazione delle materie prime necessarie per la produzione dei materiali e dell’energia per la produzione del bene fino alla fase del loro smaltimento finale.

Il Life cycle Assessment appare come lo strumento più adeguato per fornire dati ed informazioni necessari a creare modelli analogici della realtà nella fase di progettazione ecosostenibile. In particolare, il suo ruolo è cruciale per definire:

- la minimizzazione dei consumi di materie e di energia e della generazione di emissioni e rifiuti connessi alle diverse fasi di scelta dei materiali;

- le tecniche costruttive e le modalità di esercizio;
- la gestione della fase di demolizione e trattamento/smaltimento dei materiali a fine vita.

Ci si propone di utilizzare lo strumento della LCA per sviluppare confronti affidabili tra diverse soluzioni progettuali, al fine di quantificarne i carichi ambientali (diretti, indiretti ed evitati) lungo l'intero ciclo di vita, ma anche le prestazioni meccaniche, le condizioni di sicurezza in fase di messa in opera, la potenziale tossicità in fase di uso, la riciclabilità di alcuni materiali, etc.

Una procedura LCA si articola in quattro fasi distinte e consecutive:

- definizione di scopi ed obiettivi (*Goal and Scope Definition*);
- analisi dell'inventario (*Life Cycle Inventory, LCI*);
- analisi degli impatti ambientali (*Life Cycle Impact Assessment, LCIA*);
- analisi di interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*).

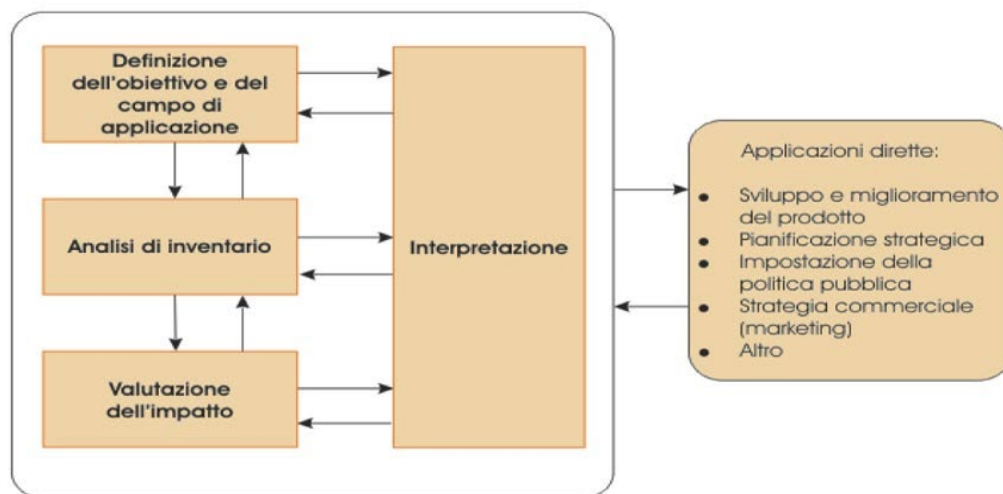


Figura 12 - Fasi della Procedura LCA

La prima fase di uno studio LCA prevede la definizione degli obiettivi dell'analisi, precisando, in particolare, l'applicazione prevista, le ragioni che inducono a realizzare lo studio ed il tipo di pubblico a cui esso è destinato (*Goal phase*).

Si individua, inoltre, il campo di applicazione, definendo la funzione ed i confini del sistema in esame, l'unità funzionale, la qualità dei dati, nonché le ipotesi, le problematiche e il tipo di dati da considerare (*Scope phase*). In particolare, l'unità

funzionale del sistema deve essere coerente con il *goal and scope* dello studio e deve individuare in modo chiaro e misurabile il riferimento a cui tutti i dati di input e di output devono essere normalizzati. Una volta fissata l'unità funzionale saranno definibili i confini del sistema, e quindi le unità di processo da includere nello studio. È comunque necessario identificare e spiegare i criteri usati per stabilire tali confini.

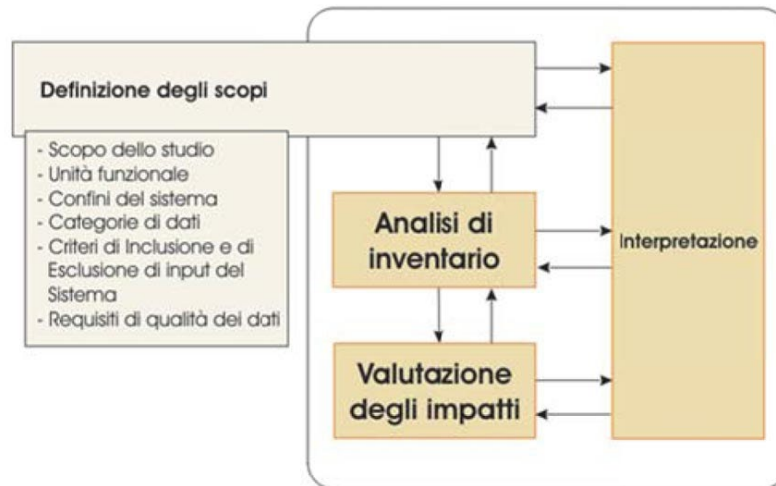


Figura 13 - Fase di Definizione degli Scopi e degli Obiettivi di un'analisi LCA

L'analisi di inventario consiste invece nella redazione di una banca dati di carichi ambientali sviluppata attraverso la definizione e la quantificazione dei flussi di materia e di energia in entrata al sistema e quelli relativi alle emissioni, ai rifiuti e ad altri carichi ambientali (rumore, calore disperso, occupazione di territorio, ecc.) in uscita, tenendo in conto l'intero arco del ciclo di vita del sistema in esame. Questo inventario di carichi ambientali dovrà essere elaborato su dati di buona affidabilità per le parti del sistema in esame direttamente interessate alla funzione, mentre si potranno usare banche dati per le parti del sistema coinvolte solo indirettamente.

Si distinguono:

- **carichi generati diretti**, che sono connessi immediatamente alle attività del sistema in esame;
- **carichi indiretti**, che provengono dai processi di produzione, trasporto ed utilizzo di tutto quanto (materia e/o energia) necessaria alla funzione del sistema in esame;

- **carichi evitati**, connessi al risparmio di materiali ed energia legati alla attività in esame, come può essere ad esempio quella del riciclo di materiali da costruzione e demolizione.

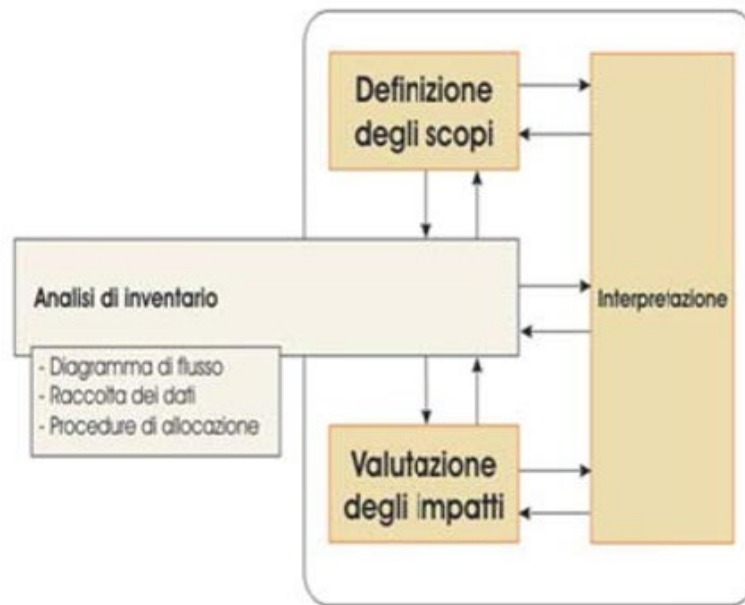


Figura 14 - Fase dell'Analisi di Inventario di un'analisi LCA

La fase dell'analisi degli impatti ambientali ha lo scopo di identificare e quantificare gli impatti ambientali determinati dal sistema in esame, evidenziando l'entità dei cambiamenti che si generano a seguito dei consumi di materia e di energia e dei rilasci nell'ambiente. In sostanza, è la fase in cui si passa dai dati oggettivi raccolti o calcolati durante la fase di LCI ad una valutazione (quantitativa) di pericolosità ambientale.

Secondo lo standard ISO 14044, esistono alcuni elementi obbligatori, quali la classificazione degli impatti e la loro caratterizzazione ed altri elementi opzionali quali la normalizzazione e la valutazione o pesatura. I primi due elementi consentono di assegnare i risultati della fase LCI a determinate categorie di impatto, con conseguente quantificazione degli impatti sull'ambiente, mediante modelli scientifici e fattori di equivalenza. Le categorie di impatto, generalmente, sono riconducibili a quattro grandi aree: utilizzo di risorse naturali (*resource depletion*), effetti sulla salute dell'uomo (*human health and safety effects*), effetti sull'ecosistema (*ecological effects*) ed effetto serra (*climate change*).

La Tabella che segue riporta un'ulteriore possibile classificazione delle categorie di impatto, anche se va ricordato che in genere solo un sottosistema di esse viene considerato in ogni studio o valutazione specifica.

Tabella 1 - Tabella sulla possibile Classificazione delle Categorie di Impatto

| Categorie di impatto <i>input-related</i> | Categorie di impatto o <i>output-related</i> |
|--|--|
| Risorse abiotiche | Cambiamento climatico |
| Risorse biotiche | Assottigliamento della fascia di ozono stratosferico |
| Uso del territorio | Ecotossicità |
| Consumo di acqua | Tossicità umana |
| | Formazione di foto-ossidanti |
| | Acidificazione |
| | Eutrofizzazione |
| | Radiazione |
| | Dispersione di calore |
| | Odore |
| | Rumore |
| | Condizioni di lavoro |

Ciascun effetto ha un'interazione con l'ambiente rapportabile a diverse scale geografiche, che potrebbero essere utilizzate per un'ulteriore classificazione delle categorie di impatto:

- globale (effetto serra, assottigliamento della fascia di ozono);
- regionale (acidificazione, eutrofizzazione, formazione di smog fotochimico);
- locale (formazione di smog fotochimico, consumo di territorio).

In generale, dopo la classificazione dei diversi impatti causati dal processo, i metodi di caratterizzazione permettono di quantificare in modo omogeneo il contributo delle singole emissioni.

Gli elementi opzionali, infine, consentono di quantificare il contributo di ciascuna categoria d'impatto alle problematiche ambientali a livello regionale o globale. Si normalizza l'indicatore della categoria d'impatto rispetto ad un valore nominale di

riferimento; in genere si adotta il carico medio annuo, in una nazione o regione, diviso per il numero di abitanti.

Lo scopo principale del processo di normalizzazione sta, quindi, nell'evidenziare quali categorie d'impatto hanno una rilevanza maggiore [15].



Figura 15 - Fase di Analisi di Impatto Ambientale di un'analisi LCA

2.2.1 SOFTWARE PER REALIZZARE UN'ANALISI LCA

Uno studio LCA si avvale di appositi software necessari per la creazione del modello del ciclo di vita del prodotto, nonché per la valutazione dei potenziali impatti ambientali. Tali software devono essere conformi alle norme della serie ISO 14040, trasparenti, basati su calcoli matriciali e, inoltre, contengono diversi metodi utilizzati per la valutazione degli impatti. In particolare, in tale lavoro di tesi è stato usato il software Simapro versione 9.1.1.1.

Dalla sua introduzione nel mercato nel 1990, Simapro (System for Integrated Environmental Assessment of Products), prodotto dalla società olandese PRE (Product Ecology Consultant) è uno dei software per analisi LCA più diffusi a livello mondiale, utilizzato in oltre 80 Paesi.

Permette di raccogliere, monitorare, analizzare le prestazioni ambientali di prodotti e servizi, esaminando cicli di vita anche complessi, secondo le raccomandazioni delle norme della serie ISO 14040 [16].

Le sue caratteristiche principali sono:

- la flessibilità, poiché permette di inserire nuovi processi, materiali e metodi di analisi degli impatti ambientali, di modificare o completare quelli già esistenti e di adattarli al caso studio, con la conseguente possibilità di ampliare i confini qualora lo si ritenga necessario o nel caso si abbiano le informazioni adeguate;
- l'interfaccia intuitiva e in accordo con la normativa UNI EN ISO 14040;
- la modellazione facile e veloce, con una sezione "Wizard" di assistenza all'uso;
- la possibilità di ricostruire il ciclo di vita di un prodotto, articolato secondo una struttura ad albero;
- la disponibilità di un certo numero di banche dati basate su statistiche economiche ed ambientali per l'inserimento di dati in input ed in output;
- la possibilità di modellare vari parametri, ossia eseguire analisi di sensibilità, analisi di incertezza, definire relazioni non lineari tra i parametri stessi, valutare scenari alternativi per i prodotti analizzati, ottenendo così diversi scenari di studio;
- l'analisi di incertezza tramite il metodo di Monte Carlo;
- la possibilità di scelta tra più metodi di valutazione degli impatti;
- la possibilità di calcolo diretta per la valutazione degli impatti per ogni singola fase del modello;

- l'analisi interattiva dei risultati, con possibilità di arrivare immediatamente alle origini del risultato ottenuto;
- l'analisi delle criticità ambientali: individuazione delle fasi del ciclo di vita che costituiscono “punti caldi” per l'impatto ambientale;
- l'analisi del trattamento dei rifiuti e degli scenari di riciclaggio;
- la possibilità di presentare risultati personalizzati, filtrabili, scegliendo come raggrupparli ed esporli;
- la possibilità di importare ed esportare dati, grafici e tabelle, grazie alla compatibilità con altri software.

Per quanto riguarda il database di Simapro risulta strutturato in tre parti principali:

- Project Data. Tutti i dati inseriti dall'utente vengono organizzati in “progetti”. Un progetto è formato da quattro sezioni che ricalcano la struttura di uno studio LCA:
 1. scopo e ambito: in questa sezione vengono definiti gli obiettivi, le librerie incluse e gli indicatori di consistenza dei dati;
 2. inventario: in questa sezione viene ricreato il ciclo di vita del componente con i relativi dati di input e output;
 3. valutazione degli impatti: in questa sezione viene scelto il metodo di valutazione degli impatti e vengono creati i report;
 4. wizard.

Questo modo di organizzare i risultati è molto utile se si eseguono più studi LCA perché consente di mantenere i dati relativi a uno studio separati da quelli relativi ad altri ed archivarli in modo semplice.

- Library Data. Le librerie (o “banche dati”) sono la sede dei dati già presenti al momento dell'acquisto del software; esse possono in qualsiasi momento essere corrette o integrate in maniera flessibile, fornendo la possibilità di creare nuovi processi o materiali o di modificare quelli esistenti, adattandoli alle necessità del caso studiato. Ciascuna libreria ha un suo specifico campo di applicazione che viene dettagliatamente descritto nella sezione “Scopo e ambito-descrizione” in modo da mettere l'utilizzatore nella condizione di escludere librerie non adatte al proprio progetto.
- Generale Data. In questa sezione sono contenuti tutti i dati che servono come supporto sia per le librerie che per i progetti, come ad esempio le unità di misura e la lista completa delle sostanze presenti nel database [17].

Attraverso l'utilizzo di Simapro si riesce dunque a costruire il ciclo vita di un determinato prodotto riportando i materiali utilizzati, le lavorazioni effettuate, i vari trasporti e gli scenari di utilizzo e fine vita. Modellato tutto questo il software Simapro offre la possibilità di effettuare le valutazioni di impatto ambientale utilizzando diverse metodologie, permettendo di comparare i risultati su basi di valutazione differenti.

I diversi metodi hanno differenti pesi delle categorie di danno ambientale, in base alla filosofia con cui sono stati concepiti. I principali metodi di valutazione del danno utilizzabili sono:

- ReCiPe
- CML 2 baseline
- CML 2001
- EPD
- Environmental Footprint (EF)

Il metodo Recipe comprende un set di categorie d'impatto con i relativi fattori di caratterizzazione chiamati "midpoint level". Queste vengono aggregate tramite un fattore di pesa unitario nel secondo set, chiamato "endpoint level", che comprende tre categorie di danno. ReCiPe, utilizza la teoria delle prospettive culturali di Thompson (1990) per effettuare la pesatura secondo tre prospettive: individualista (I), gerarchica (H) ed egualitaria (E).

2.2.2 VANTAGGI DELL'ANALISI LCA

Uno studio LCA, svolto secondo le norme della serie UNI EN ISO 14040, presenta diversi vantaggi, quali:

- evitare il trasferimento dei problemi ambientali da un settore ad un altro;
- permettere lo studio dell'intero sistema di prodotto senza concentrare l'attenzione su un singolo processo;
- sviluppare una valutazione sistematica delle conseguenze ambientali associate ad un prodotto o servizio;
- quantificare i rilasci in aria, in acqua e nel suolo associati ad ogni fase del ciclo di vita;
- identificare i cambiamenti dei problemi ambientali;
- valutare gli effetti sull'ambiente e sulla salute umana, conseguenti all'utilizzo di materiali,
- nonché ai rilasci ambientali, nei confronti delle comunità locali, regionali e globali;
- identificare gli impatti relativi ad una particolare categoria di interesse;
- confrontare gli impatti di due o più prodotti concorrenti;
- individuare le possibilità di miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti per i diversi stadi del ciclo di vita;
- quantificare gli impatti ambientali relativi alle diverse categorie di impatto;
- informare i responsabili delle industrie e delle organizzazioni pubbliche e private;
- selezionare gli indicatori di prestazione ambientale;
- presentare i risultati delle performance ambientali [18].

Inoltre, uno studio LCA fornisce un supporto per le politiche, nonché per le certificazioni di prodotto, dando indicazioni sugli effetti dei prodotti oggetto di analisi. Infine, guida lo sviluppo di prodotti e processi e fornendo informazioni per aiutare i decisori nel loro compito.

2.2.3 SVANTAGGI DELL'ANALISI LCA

Uno studio LCA è caratterizzato anche da alcuni limiti. Esso, infatti, non si adatta a tutti i casi, in quanto non è utilizzabile in indagini che trattano gli aspetti tecnici, economici o sociali di un prodotto o di un servizio dal momento che le informazioni non hanno legami con le prestazioni dei prodotti in termini qualitativi ed economici [18].

Un altro aspetto critico è rappresentato dalla necessità di usare banche dati nel caso in cui, tali dati, non siano disponibili o sufficientemente accurati.

Altri limiti che uno studio LCA può presentare sono:

- un'analisi complessa a causa delle numerose variabili considerate;
- la qualità dei risultati fortemente dipendente dalla qualità dei dati in input, nel caso in cui siano presentati come valori medi o aggregati;
- la mancanza di indicazioni sugli impatti locali e quindi l'impossibilità di realizzare uno studio completo sulla valutazione locale dei rischi;
- la necessità di interpretare e discutere i risultati finali, con la conseguente possibilità di molteplici interpretazioni;
- la necessità di compiere scelte ed assunzioni di natura soggettiva, tra cui i confini del sistema, le sorgenti dei dati e le categorie d'impatto;
- la mancanza di metodi univoci e quindi la possibilità di utilizzo di diversi software di calcolo;
- l'impiego di modelli per la valutazione d'impatto, che presentano dei limiti dovuti alle assunzioni fatte e che non sono adatti a qualsiasi impatto ambientale;
- il conseguimento di scelte che possono avere un valore politico;
- la possibilità di avere ampi margini di soggettività con un inevitabile ricorso a compromessi nella fase decisionale;
- l'esigenza di impiegare strategie e metodi quanto più possibile coerenti e di ampia estensione;
- i limiti sulla validità dei risultati nel tempo, in base al tipo di prodotto o servizio analizzato e al campo di applicazione (approccio di tipo stazionario);
- i costi, in termini di risorse e di tempo, per la realizzazione di uno studio LCA.

Infine, si sottolinea che uno studio LCA non determina in assoluto quale sia il prodotto migliore, ma fornisce solamente informazioni che possono essere utilizzate per prendere decisioni in modo maggiormente consapevole.

2.2.4 FINALITA' DI UN'ANALISI LCA

I motivi che spingono a intraprendere uno studio LCA possono essere profondamente diversi a seconda del contesto in cui tale studio si colloca. Esistono attualmente due macroaree di applicazione della metodologia LCA: la prima è costituita dalla gestione della singola impresa che vede il coinvolgimento dell'imprenditore privato, la seconda riguarda invece la gestione dei sistemi socioeconomici nazionali e vede il coinvolgimento delle autorità di governo.

Per quanto riguarda la finalità di un privato si può affermare che trovandosi oggi all'interno un mercato maturo, dove la competitività risulta particolarmente elevata, l'attenzione rivolta agli aspetti ambientali può diventare elemento di differenziazione e quindi trasformarsi in fattore di successo.

La metodologia LCA diventa così lo strumento che le imprese hanno a disposizione per trasformare la variabile ambientale da "vincolo" a "opportunità" di mercato. Tale obiettivo, tuttavia, può essere raggiunto solamente se tutte le funzioni aziendali partecipano in maniera sinergica al progetto LCA; i risultati, poi, possono essere utilizzati sia a livello interno, sia per una comunicazione esterna e comunque in maniera profondamente diversa, a seconda della funzione aziendale coinvolta.

L'analisi LCA può dunque interessare:

- l'area relativa alla produzione per individuare quelle fasi del processo produttivo che risultano poco efficaci da un punto di vista ambientale;
- l'area di marketing per pubblicizzare un prodotto come "ecologico", aumentandone quindi il valore aggiunto e l'appetibilità da parte dei consumatori;
- l'area di ricerca e sviluppo per riuscire a progettare e quindi realizzare un prodotto che causi minor impatto sull'ambiente (ecodesign);
- l'alta direzione per supportare le decisioni per le scelte strategiche di un'impresa.

2.3 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le norme ISO della serie 14000 rispecchiano, a livello internazionale, il generale consenso circa le attuali buone pratiche rivolte alla protezione dell'ambiente, applicabili a qualunque organizzazione e in qualunque parte del globo.

L'intera serie ISO 14000 fornisce strumenti manageriali per le organizzazioni che vogliono porre sotto controllo i propri aspetti ed impatti ambientali e migliorare le proprie prestazioni in tale campo. Gli standard sugli SGA (Standard di Gestione Ambientale) non indicano livelli prescrittivi di miglioramento della prestazione, ma indicano le modalità per gestire le attività in modo da perseguire gli obiettivi di prestazione autonomamente determinati.

Una caratteristica chiave di tutti i requisiti ISO 14000 è la loro natura volontaria. "Volontaria", in questo caso, significa l'assenza di alcuna costrizione legislativa al loro utilizzo.

La decisione di applicare i requisiti ISO 14000 è pertanto una decisione di tipo strategico da prendersi a cura della direzione aziendale. Tale tipo di decisione prescinde dall'ottica di breve periodo: la motivazione può provenire dal bisogno di un maggiore controllo del rispetto dei regolamenti ambientali, dalla ricerca di efficienza nei processi, dalle richieste dei clienti, dalle pressioni della comunità, o semplicemente, dal desiderio di un comportamento responsabile delle imprese. Ciascuna organizzazione può anche scegliere di non adottare i modelli proposti da ISO 14000, e rivolgersi a mercati che non li richiedano.

Il gruppo di norme (certificabili e non certificabili) della serie 14000 comprende tematiche generali, quali i sistemi di gestione ambientale, e in aggiunta propone tre tipologie di strumenti utili per la sua attuazione: LCA (Life Cycle Assessment), EPE (Environmental Performance Evaluation) e Environmental Labelling.

L'ISO 14001 è la norma che può essere attuata da qualsiasi tipo di organizzazione che intenda conseguire un miglioramento nell'esercizio delle proprie attività attraverso l'adozione di un sistema di gestione ambientale; tale norma è stata recepita dal nuovo Regolamento EMAS. Ad essa, in un progressivo avvicinamento del sistema internazionale agli schemi europei, si sono aggiunte le norme del sottoinsieme ISO 14030 per la valutazione delle prestazioni ambientali e si sta aggiungendo la norma ISO 14063 per la comunicazione ambientale [19].

Il sottoinsieme ISO 14020 disciplina, invece, diversi tipi di etichette e di dichiarazioni ambientali, standardizzando diversi livelli di informazione al pubblico sulle prestazioni ambientali di prodotti e servizi. Sotto questo punto di vista etichette e dichiarazioni svolgono un ruolo importante ai fini del consumo sostenibile, in quanto definiscono, in maniera credibile e trasparente, un limite che contraddistingue i prodotti più compatibili con l'ambiente da quelli meno compatibili. A queste si aggiunge la ISO 14040 che norma la metodologia da applicare nello studio sul ciclo di vita.

La ISO 14040, infatti, valuta e interpreta gli impatti ambientali di un qualsiasi prodotto o servizio, durante il suo ciclo di vita. Lo strumento principale della certificazione ISO 14040 è il Life Cycle Assessment (LCA), mentre la ISO 14044 valuta il ciclo della vita di un prodotto o servizio.

2.3.1 I PRINCIPI DELLE NORME DELLA SERIE UNI EN ISO 14040

I principi fondamentali, indicati nelle norme della serie UNI EN ISO 14040, per uno studio di valutazione del ciclo di vita sono:

- la prospettiva del ciclo di vita: in quanto si considera l'intero ciclo di vita di un prodotto;
- l'interesse concentrato sull'ambiente: poiché si focalizza sugli aspetti ambientali e sugli impatti di un sistema di prodotto, mentre, in genere, gli aspetti sociali ed economici non sono presi in considerazione;
- l'approccio relativo e l'unità funzionale: in quanto si basa su un approccio relativo strutturato sulla definizione di unità funzionale;
- l'approccio iterativo: uno studio LCA è una tecnica iterativa nella quale le singole fasi utilizzano i risultati di tutte le altre fasi, favorendo così la completezza e la coerenza dello studio;
- la trasparenza: risulta necessaria, a seguito della complessità dell'LCA, al fine di garantire una corretta interpretazione dei risultati;
- la completezza: poiché considera tutti gli aspetti relativi all'ambiente naturale, alla salute umana e alle risorse;
- la priorità dell'approccio scientifico: in quanto le decisioni si basano su considerazioni scientifiche, preferibilmente sulle scienze naturali; qualora non sia possibile si possono usare altri approcci scientifici, come le scienze sociali ed economiche.

3 CASO DI STUDIO

3.1 IL CONTESTO AZIENDALE

Poltrona Frau è un'azienda italiana, controllata dal gruppo americano Haworth Inc dal 2016, che opera nel settore dell'arredamento di alta gamma con sede a Tolentino. Nell'estate del 2019 Poltrona Frau Group diventa Lifestyle Design.

L'azienda Poltrona Frau è stata fondata nel 1912 da Renzo Frau a Torino come azienda di mobili. In poco tempo riscuote un grande successo nel panorama italiano, anche grazie ad un modo innovativo per l'epoca di fare pubblicità, difatti nella Figura 16 si può notare in quale modo nel 1916 il cagliaritano Renzo Frau lanciò la sua prima campagna pubblicitaria sulla rivista torinese "Numero" [20].



Figura 16 - Campagna Pubblicitaria Poltrona Frau

A sette anni dalla nascita dell'azienda viene ideata la poltrona 128, in seguito entrata in catalogo come 1919, una delle poltrone più iconiche della Poltrona Frau. Nel 1923 inoltre l'azienda inizia anche a produrre le prime forniture per gli alberghi e i transatlantici grazie alla collaborazione con la Ducrot.

Nel 1926 Renzo Frau diventa fornitore ufficiale della Real Casa Savoia, ma sfortunatamente nello stesso scendere a soli 45 anni.

La vedova, Savina Pisati, prende la guida della società arredando nel 1930 il transatlantico Rex e nel 1932 il Parlamento italiano. Nel 1941 Savina Pisati cede il controllo dell'azienda al genero Roberto Canziani. Nel 1962 il gruppo Nazareno Gabrielli rileva l'azienda, la gestione è affidata a Franco Moschini, la sede della società è trasferita a Tolentino, nelle Marche. Nel 1965 Gio Ponti firma la poltrona Dezza che vince il premio Tecnhotel di Genova. Due anni più tardi inizia la collaborazione con Luigi Massoni che ricopre il ruolo di art director e nel 1968 disegna Lullaty, un letto tutto tondo, per poi eseguire nel 1970 il restyling del marchio a cura di Mimmo Castellano.

Nel 1990 avvenne un nuovo cambio di proprietà e l'azienda viene rilevata da Franco Moschini il quale imprime un forte impulso all'internazionalizzazione difatti nel 1992 venne inaugurato il primo flagship store a New York, lo stesso anno la poltrona Vanity Frau appare nel film *The bodyguard* di Nick Jackson.

Nel 2001, inoltre, Poltrona Frau rileva Gebrueder Thonet Vienna e il marchio Gufram, nel 2003, entra con una partecipazione nel capitale di Poltrona Frau (inizialmente del 30%, poi arriverà al 60%) il fondo di private equity, Charme Investments, in cui uno dei principali azionisti è la famiglia di Luca Cordero di Montezemolo. Tra gli altri soci importanti del fondo si trovano Diego Della Valle, Isabella Seragnoli, Nerio Alessandri, Giovanni Punzo. Nel 2004 la società acquisisce l'azienda Cappellini e nel 2005 Cassina, l'azienda che rappresenta il design italiano nel mondo. E con Cassina anche Alias. A quel punto nasce il Gruppo Poltrona Frau.

Nel 2010 realizza i sedili della Walt Disney Concert Hall a Los Angeles. Nel 2011 la società commercializza un divano da 13.000 dollari progettato dall'architetto e designer francese Jean-Marie Massaud chiamato il “divano John-John”, in omaggio a John F. Kennedy, Jr. seguito nel 2012 da “John-John letto”. Nel 2013 progetta e produce anche 600 posti per l'Arena Corinthians a San Paolo, in Brasile: è la prima volta che l'azienda produce posti per uno stadio di calcio.

Nel febbraio 2014 l'americana Haworth, sede a Holland, nel Michigan, leader mondiale nella progettazione e produzione di ambienti di lavoro flessibili e sostenibili e già partner dell'azienda italiana per la distribuzione del canale ufficio nel Nord America, acquista il 58,6% del capitale di Poltrona Frau da Charme Investments (51,3%) e da Moschini (7,3%) per una cifra di 243 milioni (2,96 euro ad azione). Nel marzo 2019 Poltrona Frau Group

compra la start up danese Karakter e cambia nome in estate diventando Lifestyle Design [21].



Figura 17 - Logo Poltrona Frau

3.1.1 LA POLTRONA AIDA

Aida è una poltrona ideata da Roberto Lazzeroni per Poltrona Frau. Tale poltrona dall'allure garbata, evoca la corolla di un fiore. I braccioli si schiudono e si curvano verso l'esterno come petali. Semplici geometrie tracciano una volumetria delicata e allo stesso tempo fortemente caratterizzata. Accanto alla natura, il mondo iconografico di riferimento sono gli arredi anni '50. Aida riprende la pulizia formale tipici di quell'epoca. In questo raffinato oscillare tra passato e presente, la poltrona unisce tecniche costruttive storiche ad accorgimenti e materiali attuali.

La scocca dello schienale e l'imbottitura del sedile, secondo le tecnologie più avanzate, sono in poliuretano espanso e vengono ottenuti da stampo. Il molleggio della seduta, realizzata in faggio stagionato, è ottenuto con molle biconiche in acciaio legate a mano e appoggiate su cinghie di juta. Il basamento è in fibra di legno verniciato nero. Il rivestimento è impreziosito da un filetto perimetrale in pelle o gros-grain. La poltrona è rivestita totalmente in Pelle Frau®.



Figura 18 - Poltrona Aida

3.2 OBIETTIVO E CAMPO DI APPLICAZIONE

In ogni ciclo vita di un qualsiasi prodotto, partendo dalla produzione delle materie prime utilizzate fino ad arrivando al fine vita del prodotto, si generano degli elementi inquinanti che vanno ad incidere nel benessere dell'uomo e dell'ambiente. In un'ottica incentrata sull'economia circolare e sull'ecodesign sarebbe dunque buona norma ridurre, il più possibile, questi elementi inquinanti andando a realizzare un prodotto sempre più ecosostenibile.

L'obiettivo del caso studio è quello di analizzare gli impatti ambientali della poltrona Aida e di comparare tali impatti con quelli di altre due poltrone sempre prodotte dall'azienda Poltrona Frau: la poltrona Archibald e la Poltrona Vanity Fair. La comparazione permetterà di identificare le principali criticità dei prodotti, gli andamenti di tali impatti, andando poi a cercare, dove possibile, delle soluzioni alternative progettuali. Inoltre, saranno definite, linee guida di progettazione per rendere il prodotto più "green".



Figura 19 - La Poltrona Archibald (sx) e la Poltrona Vanity Fair (dx)

L'unità funzionale dell'analisi è quella di garantire una seduta comoda e sicura in ambito domestico per un intervallo di tempo pari a 15 anni. Tale periodo di tempo è stato scelto tenendo in considerazione le regole di categoria di prodotto (Products Category Rules, PCR), ovvero un insieme di regole e indicazioni che, per ciascuna specifica categoria di prodotto presa in esame, indicano le modalità con cui effettuare la raccolta dei dati e le analisi.

Il metodo basato sulle PCR rende possibile la comparazione tra prodotti di differenti aziende (appartenenti alla medesima categoria merceologica) garantendo altresì che le aziende di uno stesso settore abbiano sviluppato le proprie EPD seguendo le stesse regole.

L'EPD (Environmental Product Declaration), rappresenta l'acronimo della dichiarazione ambientale di prodotto, questo è un documento sintetico, che si può definire come una "carta d'identità ambientale", che l'azienda volontariamente decide di redigere per presentare e valorizzare un prodotto o un'intera famiglia di prodotti. Si tratta di uno strumento di marketing e comunicazione sempre più richiesto dal mercato per veicolare in modo credibile determinate informazioni ambientali. L'EPD raccoglie dati relativi alle prestazioni ambientali del prodotto preso in esame (emissioni di gas serra, consumo di risorse non rinnovabili, emissioni inquinanti, consumo di acqua e molte altre ancora), espressi in termini numerici e quantitativi.

Gli indicatori utilizzati nell'analisi LCA per ottenere una dichiarazione ambientale di prodotto sono:

- potenziale di acidificazione (Kg di SO₂ equivalente), ovvero le ripercussioni delle sostanze acidificanti sull'ambiente (suolo e acqua). Calo del valore del pH dei sistemi naturali terrestri e dell'acqua causato dall'emissione di acidi e sostanze acidificanti;
- potenziale di eutrofizzazione (Kg PO₄ equivalente), ovvero il disturbo dell'equilibrio nutrizionale nel suolo e nei corsi/serbatoi d'acqua a causa dell'aumento delle emissioni di nutrienti, per esempio l'azoto. Questo può portare all'impoverimento dell'ossigeno;
- potenziale di riscaldamento globale (Kg CO₂ equivalente), che indica l'aumento della temperatura media atmosferica globale. Causato dall'aumento della concentrazione di gas serra, che assorbono e riflettono il calore dalla superficie terrestre;
- potenziale di formazione di ozono troposferico, cioè la generazione di ozono (smog) nella parte inferiore dell'atmosfera, che è tossico per gli esseri umani e la vegetazione;
- potenziale di esaurimento abiotico degli elementi (Sb equivalenti), ovvero le risorse non rinnovabili come i metalli ed i minerali. Il consumo è relativo alla quantità di riserve di antimonio disponibile;
- potenziale di esaurimento abiotico delle risorse fossili [MJ]. Tale indicatore considera i combustibili fossili come il petrolio, il gas e il carbone, che provengono

dal sottosuolo. I fattori di caratterizzazione sono il potere calorifico netto al punto di estrazione del combustibile fossile;

- potenziale di scarsità d'acqua (m3 di acqua equivalenti utilizzati);

Il software utilizzato nell'analisi è Simapro v9 (versione 9.1.1.1) supportato dal database Ecoinvent 3.6 allocation, cut-off by classification, che contiene informazioni relative ai processi, alle attività e ai materiali necessari alla modellazione e rappresenta il punto di forza in quanto offre all'utente tutti i dataset necessari per la fase di Life Cycle Inventory.

Nella scelta del campo di applicazione i confini del sistema sono stati definiti in modo tale da racchiudere la maggior parte delle fasi del ciclo vita del frigorifero Genesis:

- fase di pre-produzione: comprendente la ricerca e lo sviluppo, la distinta base, l'approvvigionamento dei componenti;
- fase di trasporto delle materie prime;
- fase di produzione nello stabilimento di Tolentino;
- fase di trasporto del prodotto finito;
- fase di fine vita

Alle quali si aggiunge la riduzione di Food Waste al di fuori dei confini del ciclo vita.

Le fasi che non sono state considerate sono quelle relative alla:

- fase d'uso delle poltrone in quanto quest'ultima richiede una semplice pulizia che risulta ai fini dell'analisi ininfluente;
- fase di manutenzione in quanto non si avevano a disposizione abbastanza informazioni;
- fase di trasporto della poltrona verso il fine vita.

3.3 ASSUNZIONI E LIMITAZIONI

In relazione all'analisi LCA svolta per la poltrona Aida sono state utilizzate varie assunzioni e limitazioni là dove, con il materiale a disposizione, non risultava possibile ottenere dei dati completamente aderenti alla realtà.

La prima assunzione fatta, ed anche la più significativa, riguarda la modellazione della pelle all'interno del software Simapro difatti nel database utilizzato non era presente tale materiale.

Attraverso una ricerca in letteratura si è però trovata una dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) relativa alla pelle, redatta da un'azienda fornitrice di Poltrona Frau, che è stata dunque utilizzata ai fini dell'analisi e riportata nella Tabella 2. Questo ha posto delle limitazioni importanti, in quanto, la pelle utilizzata per realizzare l'EPD potrebbe non essere ottenuta allo stesso modo di quella utilizzata per la realizzazione della poltrona trattata. Tale assunzione ha poi determinato l'utilizzo del metodo EPD per l'intera analisi della poltrona Aida.

Inoltre, alcuni volumi, sono stati semplificati là dove il calcolo esatto risultasse essere troppo complesso, le densità utilizzate invece sono frutto di medie basate su valori di letteratura.

Infine, durante l'analisi, sono stati trascurati alcuni elementi per mancanza di dati ed informazioni esaustive o perché ritenuti ininfluenti ai fini dell'analisi.

Tabella 2 - EPD Pelle per Arredamento, Calzature e Pelletteria (dati relativi ad 1[m²])

| PELLE | | |
|---------------------------------|--------------------------|---|
| Categoria d'impatto | Unità | EPD Pelle per Arredamento, Calzature e Pelletteria (1m ²) |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,61 |
| Eutrophication | kg PO4 ⁻⁻⁻ eq | 0,28 |
| Global warming | kg CO2 eq | 40,32 |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,11 |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,0000354 |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 228,41 |
| Water scarcity | m3 eq | 31,36 |

3.4 ANALISI DI INVENTARIO

Definita l'unità funzionale del sistema l'analisi si è incentrata sulla riorganizzazione della distinta componente fornita dall'azienda Poltrona Frau in relazione alla poltrona Aida. Difatti, come è possibile vedere dalla Tabella 3, nella fase dell'analisi di inventario, LCI (life cycle inventory), i dati relativi alla distinta dei componenti sono stati riorganizzati in dei moduli che andranno poi a comporre il prodotto finale. Tutto ciò è stato fatto per rendere l'analisi LCA ed i risultati più chiari possibile ed anche per riuscire a realizzare dei confronti che risultino più attendibili. Alcuni elementi, come detto nel paragrafo precedente, sono stati trascurati perché ritenuti ininfluenti ai fini dell'analisi.

Tabella 3 - Componenti della Poltrona Aida divisi in Moduli

| MODULI POLTRONA AIDA | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| MOLLEGGIO | 101242 | SPAGO 3-3/4 |
| | 100444 | MOLLA TIPO 14 CON FILO DA 190 |
| | 100459 | MOLLA TIPO 80 |
| MINUTERIA METALLICA | 100533 | VITE TE Z/N LACC. M6X50 |
| | 109905 | VITE TPS EI INOX M8X30 |
| | 116505 | VITE TPS EI M6X20 Z/B |
| | 110776 | RONDELLA PIANA ZB 8X24X2 |
| | 116012 | VITE TPS EI Z/N LACC. M8X60 |
| STRUTTURA | 134424 | BORDIONE SED.P AIDA |
| | 134630 | BORDIONE RIVESTIM.SED.P AIDA |
| | 134421 | PIASTRA FISSAGGIO SCH. P AIDA |
| | 134426 | TASSELLO LEGNO DISTANZ.P AIDA |
| | 134425 | FUSTO LEGNO SEDILE P AIDA |
| | 134428 | ZOCCOLO VERNIC.P FISSA AIDA |
| | 134476 | SCOCCA IMBOT.SCH.P AIDA |
| | 132407 | ADESIVO WB PCR ECOSTICK 18201K |
| | 118542 | PROFILO PLAST.OLIF MM3,4 NERO |
| | 105098 | TUBO SPACC.PVC INT.3,5 EST.6,5 |
| 110848 | PUNTALE IN PLASTICA MM 25 | |
| IMBOTTITURA | 134474 | SCHIUM.SED.P AIDA |
| | 134440 | KIT ESPANSO P AIDA |
| | 112463 | VALFORT 2000 CM 1X73,5X205 |
| | 102615 | TELA JUTA GR.320 X MQ. H.100 |
| RIVESTIMENTO | 101454 | TELA NERA CM 96 |
| | 121566 | FILO ONYX 81 NV07 COL.2000 |

| | | |
|--|--------|---------------------------------|
| | 104595 | TESSUTO ELASTICO (2 LATI) H.150 |
| | 129770 | TNT GR.150 COL.NERO H 150 CM |
| | 117320 | PELLE SC-04 LATTE BIANCO |

| | | |
|------------------|--------|--------------------------------|
| PACKAGING | 100047 | CARTONE TIPO KRAFT 2 LATI |
| | 129206 | CERTIF. ORIG. AUTENTICITÀ NV12 |
| | 104788 | TAGLIANDO DI CONTROLLO |
| | 134245 | SCHEDA PRODOTTO AIDA |
| | 100683 | SPESS IMBALLO SEREN. 103X25X2 |
| | 100994 | SCATOLA P POPPY ALTO |
| | 100967 | SACCHETTO POLIET. CM 157X150 |
| | 114710 | ESPANSO MONOADES.CM 100X15X5 |
| | 100050 | ESPANSO D40 FOGL.CM. 05X77X200 |
| | 111347 | TARGHETTA LEXAN 3M468 SP.0,25 |

| | | |
|-------------------|--------|-------------------------------|
| TRASCURATI | 123935 | SALVIETTA CLEANER/PROTECTOR |
| | 129207 | ASTUCCIO KIT PULIZIA STD NV12 |
| | 141304 | SACCHETTO MINIGRIP CON LOGO |

Per ogni elemento, in base ai dati forniti dall'azienda, sono stati definiti il materiale ed il peso attraverso il volume ricavato dai disegni tecnici e la densità del materiale stesso. Dove il disegno tecnico non era disponibile o in mancanza di altri dati si è fatto riferimento a dati presenti in letteratura.

Sono state inoltre calcolate le distanze tra l'azienda Poltrona Frau ed i relativi fornitori, difatti in base al peso, al chilometraggio ed al tipo di trasporto Simapro va ad analizzare l'impatto relativo al trasporto. Per tutti i componenti appartenenti alla poltrona Aida è stato ipotizzato un trasporto su gomma attraverso un camion appartenente alla categoria EURO 3 tra le 16 e le 32 tonnellate. In Simapro la stringa corrispondente risulta essere: Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER}| market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, U.

Dunque, inseriti in Simapro i vari materiali, attraverso le apposite stringhe, ed i pesi si è passati a definire le varie lavorazioni effettuate per realizzare i componenti:

- per le viti si è inserita la lavorazione di tornitura (Steel removed by turning, average, computer numerical controlled {GLO}| market for | Cut-off, U);
- per il bordone una trafilatura (Wire drawing, steel {GLO}| market for | Cut-off, U) e dove indicato dalla distinta componente anche una zincatura (Zinc coat, coils {GLO}| market for | Cut-off, U);

- per gli elementi in PVC ed in poliuretano si è invece ipotizzato uno stampaggio (Injection moulding {GLO}| market for | Cut-off, U).

Infine, come ultimo passaggio, relativo all'analisi di inventario, sono stati inseriti i cicli di lavorazione interni alla Poltrona Frau andando a definire i tempi ciclo delle varie lavorazioni e tenendo conto del mix energetico dell'azienda. Difatti, riguardo l'elettricità a bassa tensione questa viene autoprodotta attraverso dei pannelli fotovoltaici (Electricity, low voltage {IT}| electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted | Cut-off, U) mentre la media tensione viene acquistata dalla rete nazionale (Electricity, medium voltage {IT}| market for | Cut-off, U) con un opportuno mix energetico dipendente dal fornitore con cui si possiede il contratto energetico.

Tabella 4 - Cicli Lavorazioni Interne Poltrona Frau

| Lavorazioni Interne Poltrona Frau | Tempo Ciclo [min] | KWmin | KWh |
|-----------------------------------|-------------------|--------|--------|
| TAGLIO POLIURETANI | 3,5 | 15,96 | 0,266 |
| PREPARAZIONE CRINE - TELA | 0,5 | 2,28 | 0,038 |
| APPLICAZIONE MOLLEGGI/TRACCIAT | 2 | 9,12 | 0,152 |
| TAGLIO MANUALE | 41 | 186,96 | 3,116 |
| TAGLIO TESSUTI / TELE | 6 | 27,36 | 0,456 |
| SISTEMAZIONE TAGLIATO | 13 | 59,28 | 0,988 |
| LAV. ACCESSORIE AL TAGLIO | 1 | 4,56 | 0,076 |
| RICOPERTURA | 115 | 524,4 | 8,74 |
| MONTAGGIO/ASSEMBLAGGIO | 12 | 54,72 | 0,912 |
| FINIZIONE | 9,2 | 41,952 | 0,6992 |
| CONTROLLO, PULIZIA E IMBALLO | 33 | 150,48 | 2,508 |
| SPEDIZIONE | 5 | 22,8 | 0,38 |

3.5 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Terminata la fase relativa al life cycle inventory ed ottenute le informazioni necessarie, gli input e gli output del sistema produttivo vengono convertiti in potenziali impatti ambientali applicando ai dati di inventario i relativi fattori di caratterizzazione. Si ottiene in questo modo un profilo dei potenziali impatti ambientali, costituito dai risultati delle diverse categorie d'impatto definite nei paragrafi precedenti.

Dunque, avendo modellati i componenti del prodotto, le lavorazioni ed il fine vita all'interno del software Simapro, avviando l'analisi, si sono ottenuti gli impatti ambientali relativi sia ad ogni singolo componente che ad ogni fase del ciclo vita del prodotto.

La Figura 20 mostra i livelli dei vari indicatori scelti suddivisi nelle categorie relative ai materiali, al manufacturing, al fine vita ed al trasporto verso il cliente finale. In questo ultimo caso, nel risultato mostrato, si è tenuto conto di un trasporto internazionale ipotizzando un totale di 1000 Km su strada e di 14000 Km in nave. Tali valori sono stati presi da delle medie, ottenute attraverso delle ricerche, tra le varie distanze delle più importanti capitali mondiali. Nel corso dei successivi paragrafi verranno anche esposti altri due scenari sempre relativi ai trasporti.

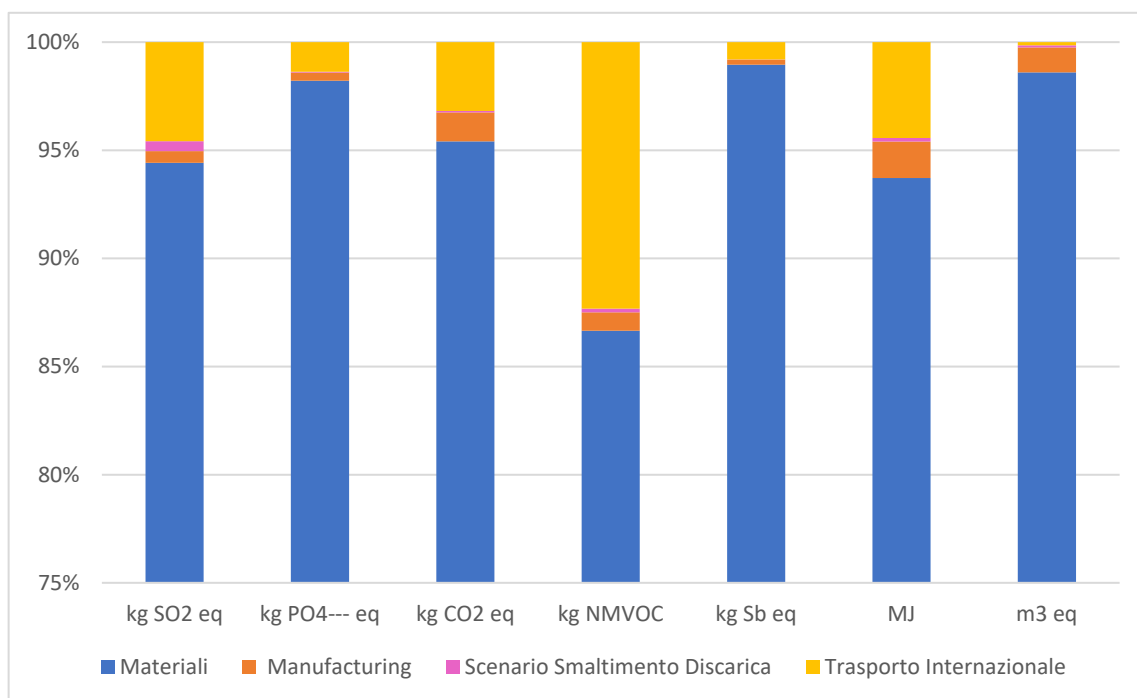


Figura 20 - Risultati Complessivi dell'analisi LCA relativa alla Poltrona Aida

Tabella 5 - Valori dei Risultati Complessivi dell'Analisi LCA relativa alla Poltrona Aida

| Categoria d'impatto | Unità | Materiali | Manufacturing | Scenario Smaltimento Discarica | Trasporto Internazionale | TOTALE |
|---------------------------------|--------------|-----------|---------------|--------------------------------|--------------------------|----------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 4,448 | 0,026 | 0,021 | 0,216 | 4,711 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,931 | 0,007 | 0,001 | 0,027 | 1,966 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 406,258 | 5,678 | 0,295 | 13,522 | 425,752 |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 1,419 | 0,014 | 0,003 | 0,202 | 1,637 |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,031 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,031 |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 4017,825 | 72,099 | 6,841 | 189,722 | 4286,487 |
| Water scarcity | m3 eq | 301,512 | 3,518 | 0,307 | 0,443 | 305,780 |

3.5.1 MATERIALI

Tra le 4 categorie la più impattante risulta essere quella relativa all'utilizzo dei materiali, difatti nella Figura 20, riportata nel Capitolo 3.5, notiamo come in tutte le colonne (esclusa la colonna relativa al potenziale di formazione di ozono troposferico ed al potenziale di riduzione dello strato di ozono) la porzione dovuta all'impatto dei materiali sia nettamente superiore rispetto alle altre.

Tale analisi è stata dunque approfondita andando a capire quali tra i diversi materiali potessero essere i più impattanti.

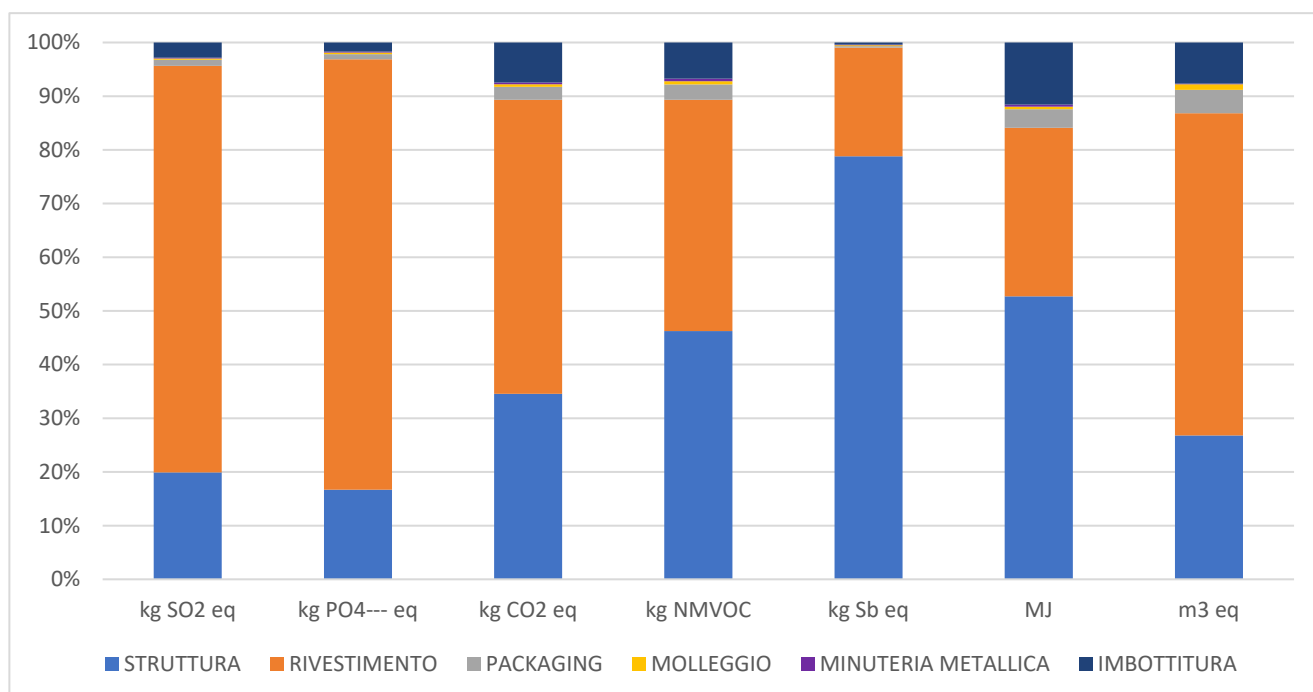


Figura 21 - Risultati Analisi LCA relativa ai Materiali della Poltrona Aida

La Figura 21 mostra evidentemente che i moduli più gravosi sono quelli relativi al rivestimento utilizzato per la poltrona ed alla struttura mentre un minor impatto è dato dai moduli del packaging, del molleggio, della minuteria metallica e dell'imbottitura.

L'analisi dei materiali della poltrona Aida è stata dunque approfondita andando ad estrarre gli impatti dei vari componenti che compongono un singolo modulo in modo da ottenere quelli che sono gli elementi più significativi da un punto di vista degli impatti per ogni modulo.

La prima parte ad essere stata analizzata è quella relativa al rivestimento della poltrona Aida. Come visibile dalla Figura 22 gli impatti imputabili al modulo del rivestimento sono

praticamente tutti dovuti dall'utilizzo della pelle che risulta essere il materiale più gravoso all'ambiente. Questo non è dovuto al materiale in sé, in quanto la pelle viene considerata come un elemento di scarto della macellazione dei bovini, ma al processo di concia che tale materiale deve subire per ottenere le proprietà necessarie per essere utilizzato, difatti, tale lavorazione, risulta essere molto complessa e dispendiosa in termini di risorse.

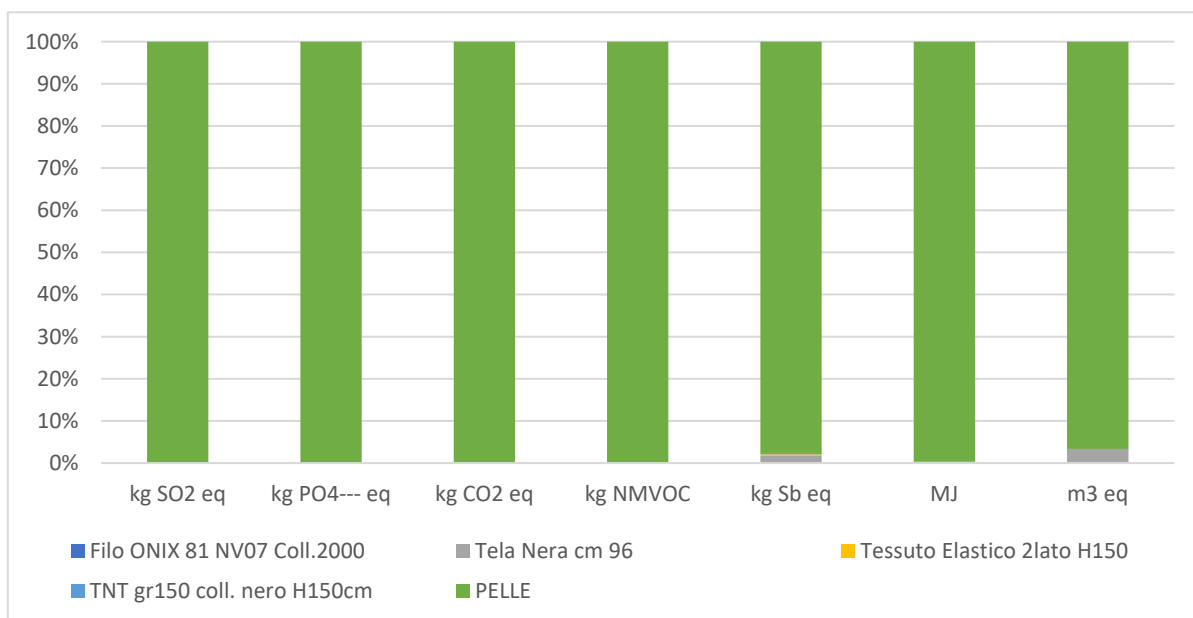


Figura 22 - Risultati Analisi LCA relativi al Rivestimento

Il secondo modulo analizzato, i cui risultati sono riportati nella Figura 23, è quello relativo alla struttura della poltrona Aida. Il componente che risulta essere più dannoso da un punto di vista ambientale in quasi tutte le categorie è la Scocca Imbottita dello Schienale (articolo 134476).

In questo caso gli impatti sono dovuti:

- al materiale utilizzato (poliuretano) in quanto siamo in presenza di un polimero reticolato termoindurente che viene prodotto dalla reazione di due componenti principali quali polioli e poliisocianati ed in presenza di un agente espandente (generalmente idrocarburi, CO2 o altre miscele), inoltre devono essere presenti anche altri additivi;
- al processo di stampaggio che il poliuretano deve subire per ottenere la forma desiderata.

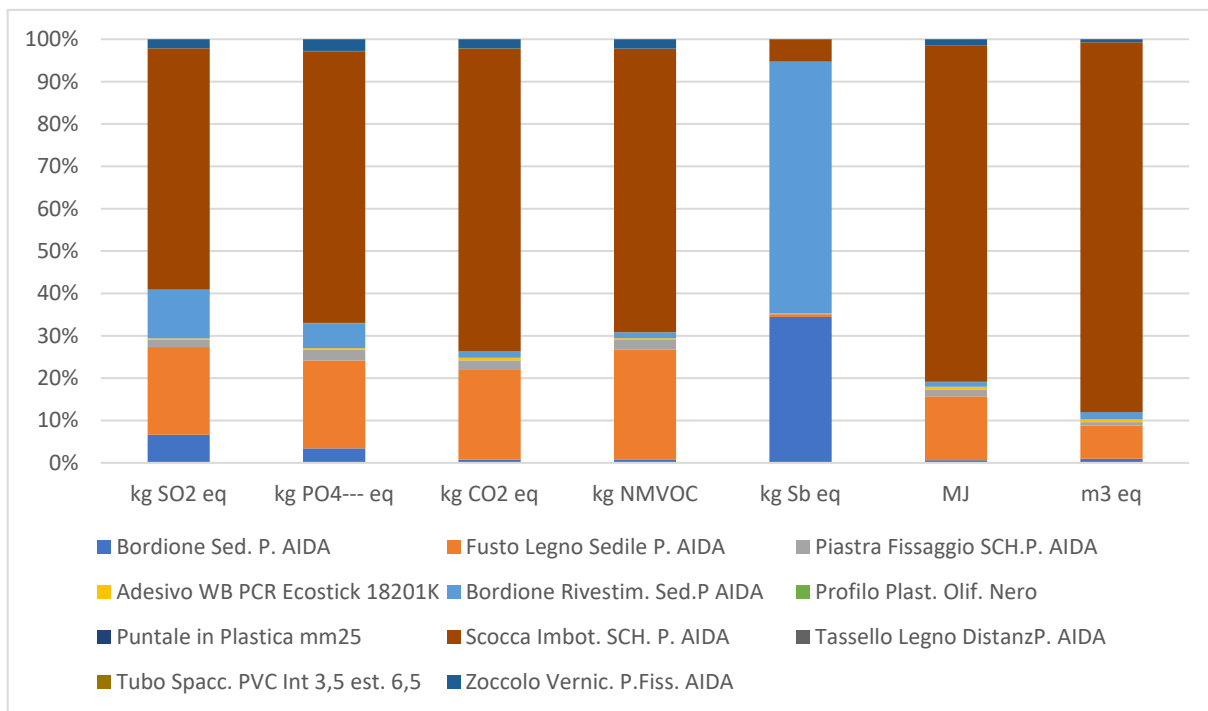


Figura 23 - Risultati Analisi LCA relativi alla Struttura

L'approfondimento dell'analisi dei materiali della poltrona Aida è proseguito andando ad ottenere i valori dei vari indicatori per il modulo della minuteria metallica.

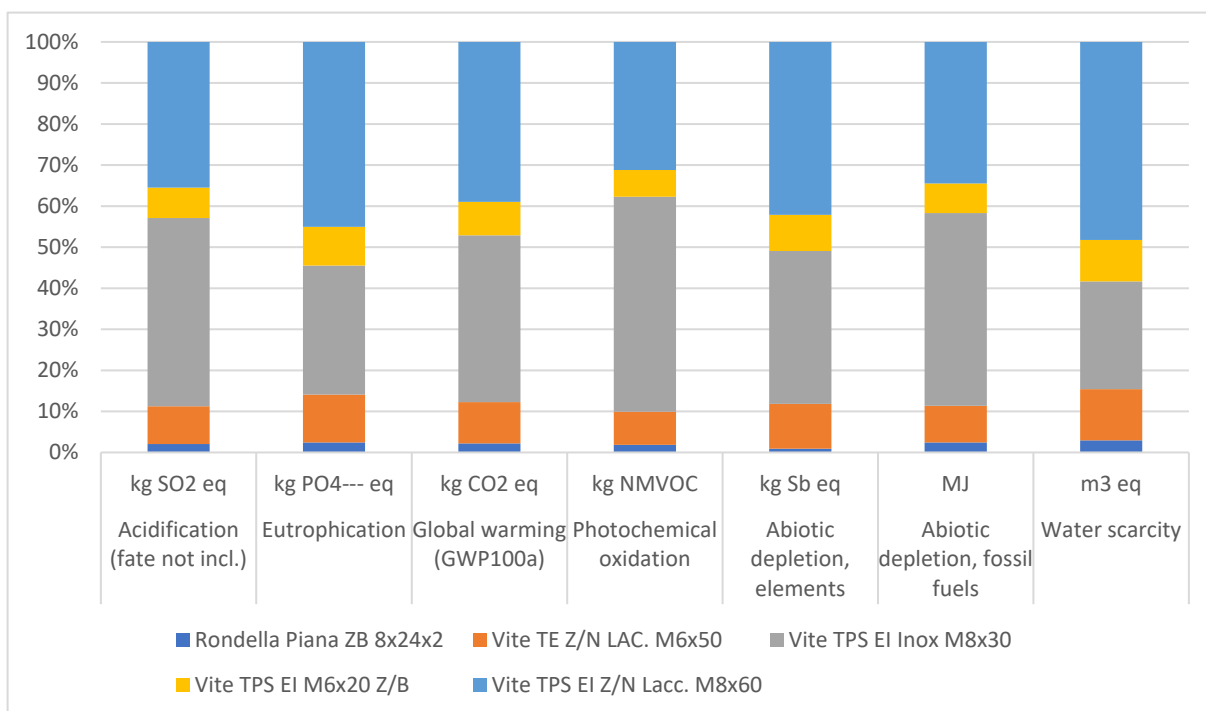


Figura 24 - Risultati Analisi LCA relativi alla Minuteria Metallica

In questo caso i componenti sono stati modellati all'interno di Simapro utilizzando lo stesso materiale (Steel, low-alloyed {GLO}| market for | Cut-off, U) e dunque gli impatti risultano proporzionale al peso dei vari elementi.

Per quanto riguarda il modulo dell'imbottitura invece il componente più gravoso risulta essere il Kit Espanso (articolo 134440) in quanto essendo di poliuretano espanso sono valide le considerazioni fatte per la Scocca Imbottita dello Schienale citata precedentemente.

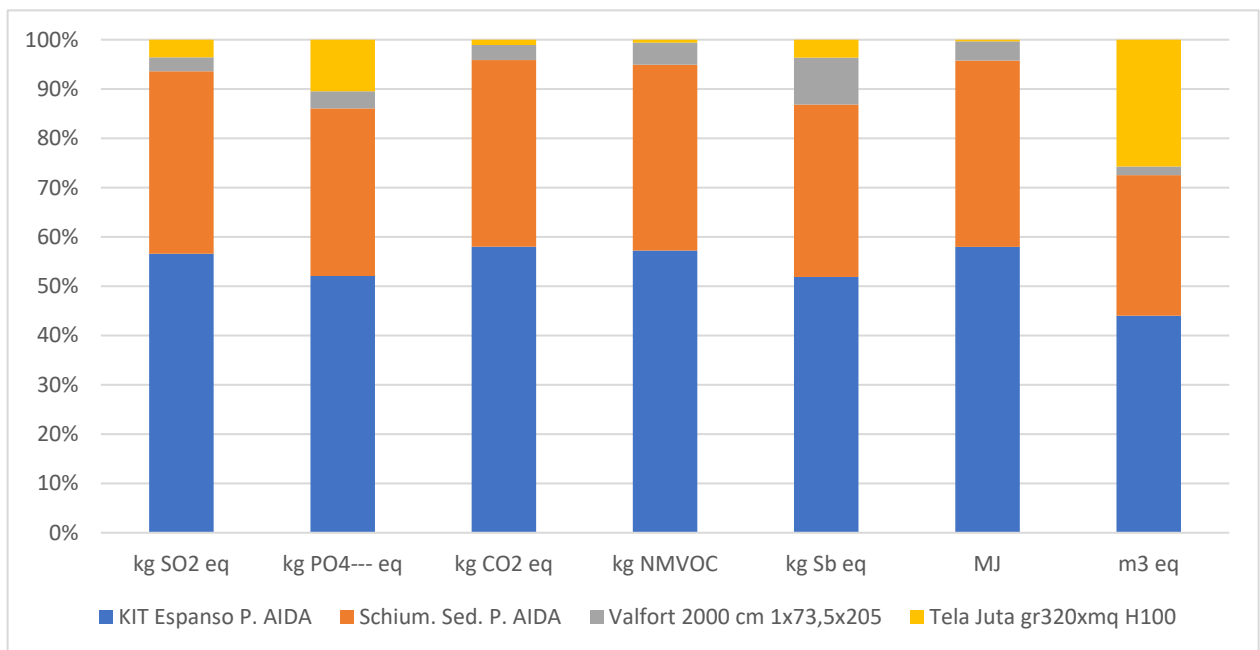


Figura 25 - Risultati Analisi LCA relativi all'Imbottitura



Figura 26 - Imbottitura Poltrona Aida

L'ulteriore modulo trattato è stato quello relativo al molleggio. In questo caso notiamo che le due tipologie di molle utilizzate sono la causa della gran parte degli impatti in tutti gli indicato a meno che nel potenziale di scarsità d'acqua in cui osserviamo che lo spago, utilizzato per legare tra loro le molle (Figura 28), genera un impatto maggiore.

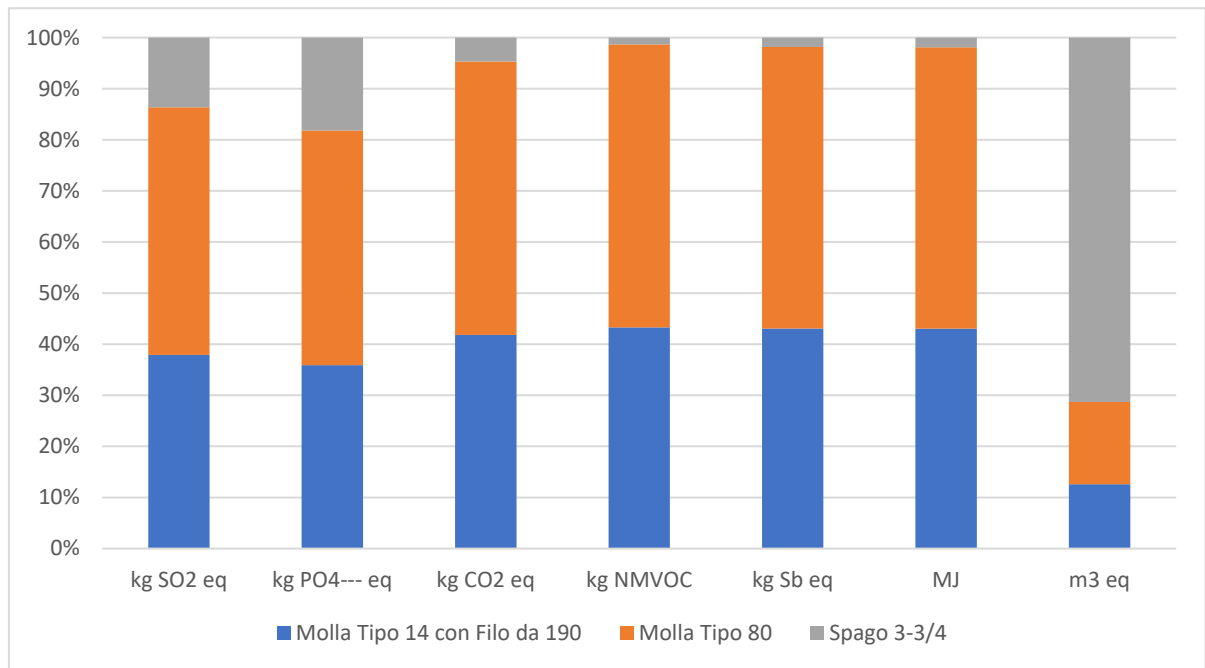


Figura 27 - Molleggio Poltrona Aida

L'ultima parte analizzata è quella relativa al packaging i cui risultati sono riportati nell'istogramma in Figura 29.

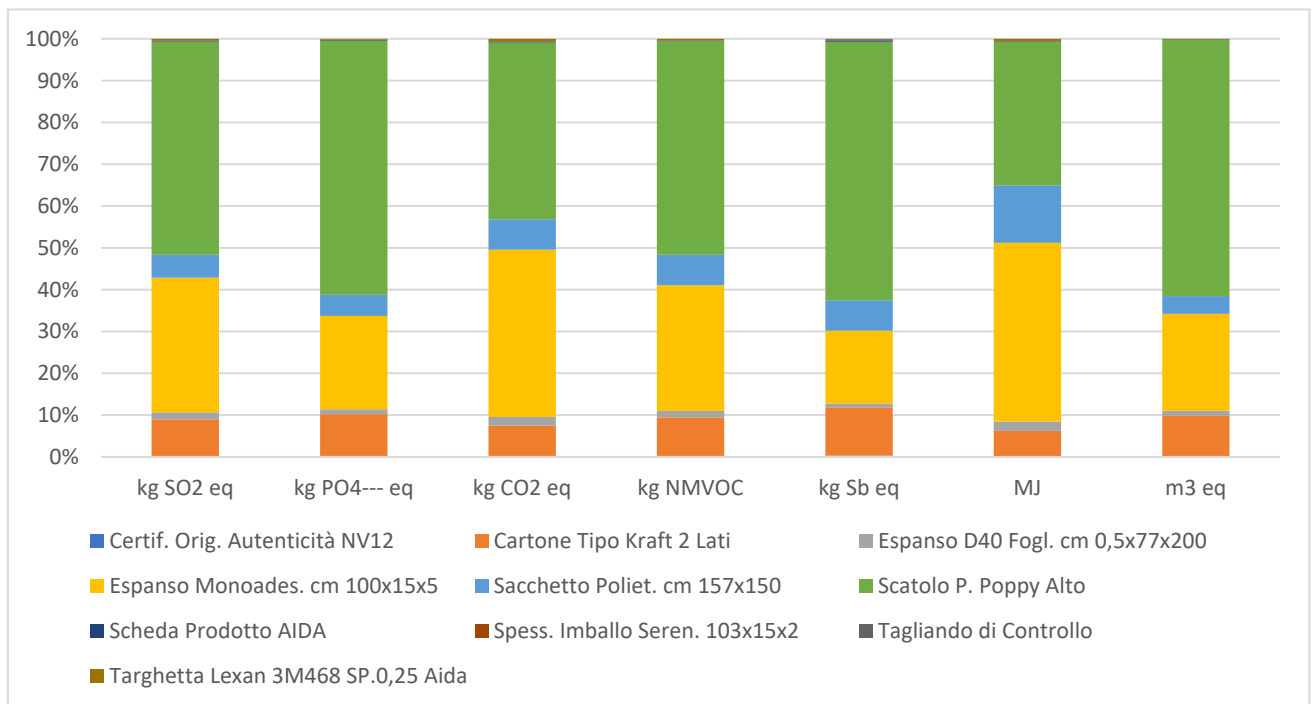


Figura 29 - Risultati Analisi LCA relativi al Packaging

Nel caso del packaging, dunque, l'elemento più impattante è lo Scatolone P. Poppy (articolo 100994) utilizzato per inscatolare la poltrona. Comunque, a livello totale di impatti tale modulo non risulta essere molto incisivo.

3.5.2 MANUFACTURING

Nell'analisi LCA, eseguita per la poltrona Aida, si è tenuto conto anche di tutte quelle che sono le lavorazioni interne all'azienda Poltrona Frau necessarie per andare a realizzare il prodotto in questione.

Tutte queste lavorazioni, ad eccezione di quelle manuali, si utilizza energia elettrica costituita da un opportuno mix energetico descritto nel Paragrafo 3.4. Questo significa che l'impatto ambientale, relativo ad ogni lavorazione, dipenderà esclusivamente dal loro tempo ciclo. Le lavorazioni più lunghe saranno anche le più gravose.

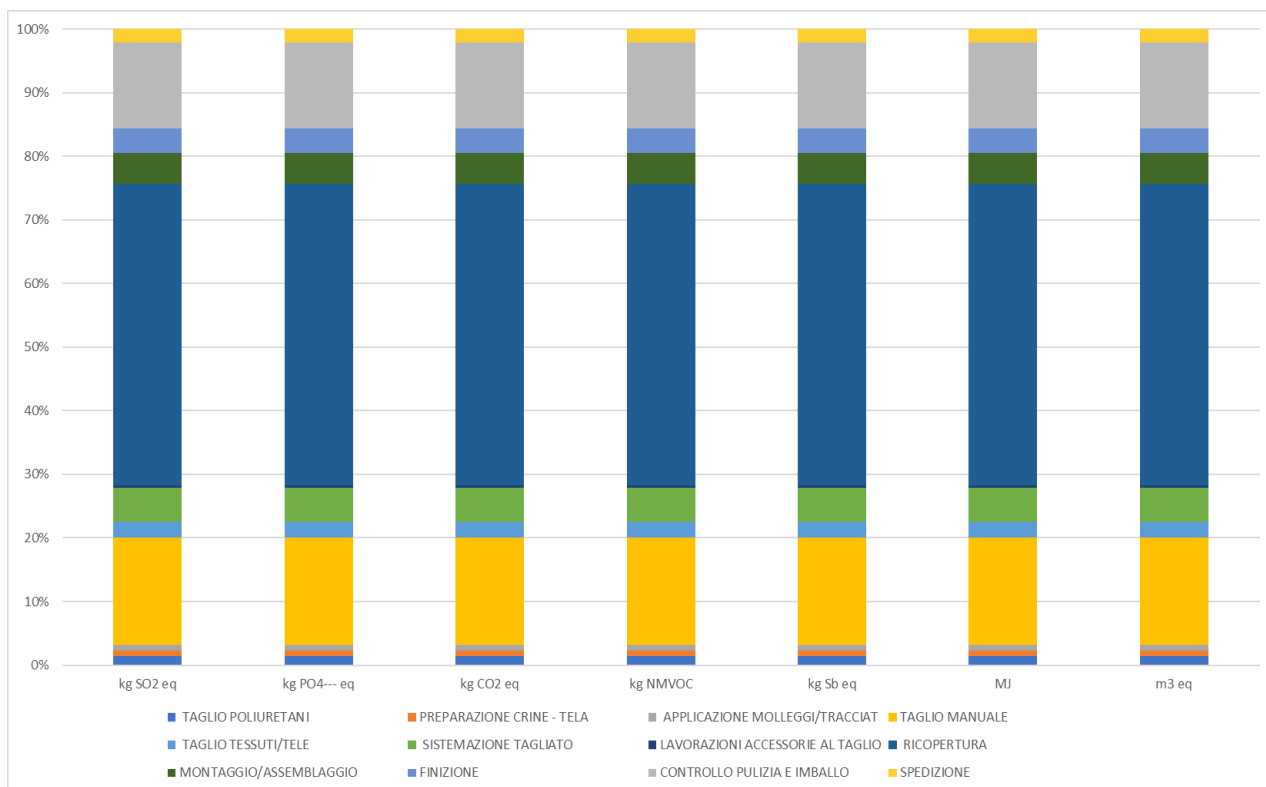


Figura 30 - Risultati LCA relativi al Manufacturing della poltrona Aida

Dunque, come visibile nella Figura 30, la lavorazione più impattante è la Ricopertura, avendo infatti un tempo ciclo di 115 [min], ben più alto rispetto alle altre lavorazioni (vedi Tabella 4).

3.5.3 TRASPORTI

Nella valutazione del ciclo di vita del prodotto e quindi anche all'interno dell'analisi LCA è stata inserita anche la parte riguardante il trasporto della poltrona verso l'acquirente finale.

In tale caso sono stati ipotizzati tre diversi scenari di trasporto:

- uno nazionale in cui è stato ipotizzato un trasporti su gomma per una distanza media di 1000 [km];
- uno europeo in cui è stato ipotizzato un trasporto su gomma per una distanza media di 2500 [km];
- uno internazionale (inserito anche nei risultati dell'analisi totale) in cui è stato ipotizzato prima un trasporto su gomma per 1000 [km] poi uno su nave per 14000 [km].

Le distanze sono state ottenute tenendo conto della distanza media tra l'azienda Poltrona Frau e le città in cui ipoteticamente dovrà essere trasportata la poltrona Aida.

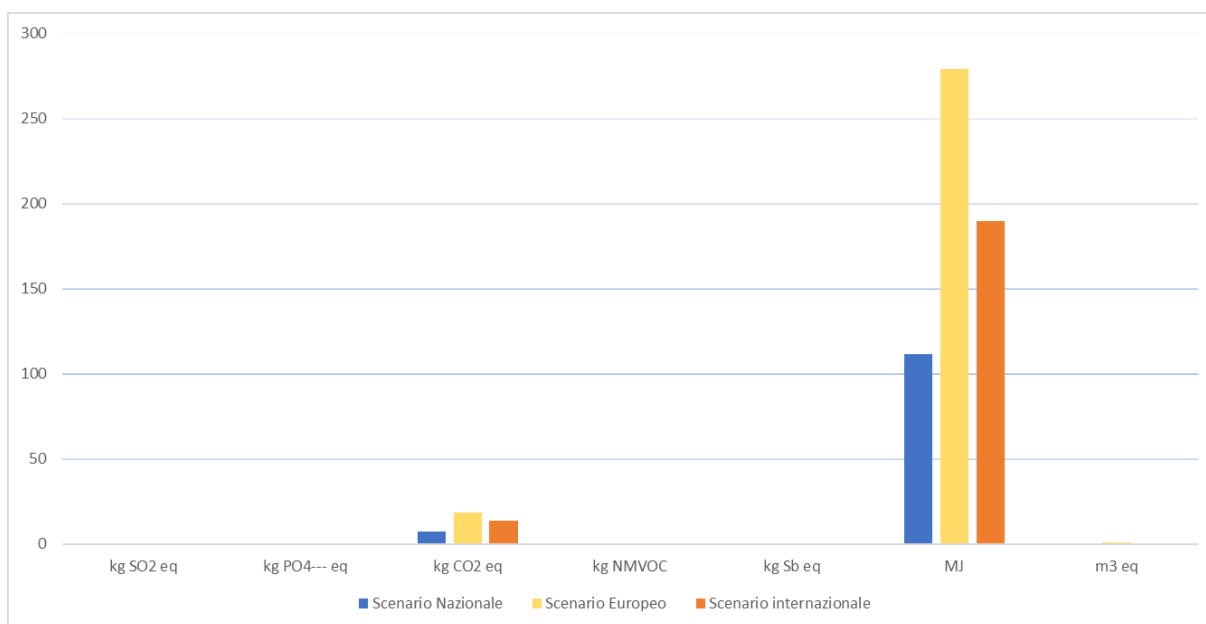


Figura 31 - Confronto Analisi LCA relative ai vari Scenari di Trasporto

Come visibili dalla Figura 31 lo scenario più impattante è quello relativo al trasporto europeo, difatti, sebbene i chilometri generali percorsi siano superiori in quello internazionale, il trasporto su gomma risulta essere molto più gravoso rispetto a quello navale.

Tabella 6 - Valori dei Risultati delle Analisi LCA relative ai vasi Scenari di Trasporto della Poltrona Aida

| Categoria d'impatto | Unità | Scenario Nazionale | | Scenario Europeo | | Scenario internazionale | | |
|---------------------------------|--------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|---------|--|
| | | Ruota [1000 km] | Ruota [1000 km] | Ruota [2500 km] | Ruota [1000 km] | Nave [14000] | Totale | |
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,046 | 0,046 | 0,116 | 0,046 | 0,170 | 0,216 | |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,009 | 0,009 | 0,023 | 0,009 | 0,018 | 0,027 | |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 7,426 | 7,426 | 18,564 | 7,426 | 6,097 | 13,522 | |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,060 | 0,060 | 0,150 | 0,060 | 0,141 | 0,202 | |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 111,697 | 111,697 | 279,242 | 111,697 | 78,025 | 189,722 | |
| Water scarcity | m3 eq | 0,320 | 0,320 | 0,799 | 0,320 | 0,123 | 0,443 | |

3.5.4 SCENARIO DI FINE VITA

Per quanto riguarda il fine vita della poltrona Aida, analizzate le modalità costruttive della poltrona che non permettono un facile disassemblaggio poiché risultano essere presenti chiodature ed incollaggi, si è ipotizzato uno scenario in cui la poltrona per il 50% viene portata in discarica e per il restante 50% viene incenerita.

Sebbene tale scenario di fine vita non sia incentrato su quelli che sono i principi dell'ecodesign e dell'economia circolare il suo impatto sul LCA della poltrona Aida risulta essere veramente minimo.

| Categoria d'impatto | Unità | Scenario Smaltimento Discarica + Inceneritore |
|---------------------------------|--------------|---|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,035 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,011 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 27 |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,031 |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,0000020 |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 18,5 |
| Water scarcity | m3 eq | 1,87 |

Figura 32 - Risultati Analisi LCA per lo Scenario di Fine Vita della Poltrona Aida

| Specifica del rifiuto | Quantità fisica | Unità di mi. Categoria | Commento | | | |
|--|-----------------------|------------------------|----------|-----------------|----------------------------|------------------------------|
| Scenario Smatimento POLITRONA FRAU (discarica) | 1 | kg | | | | |
| Input | | | | | | |
| Input noti da tecnologia (materiali/combustibili) | (Inserisci linea qui) | | | Quantità fisica | Unità di mi. Distribuzioni | SD^2 o 2^ST Min Max Commento |
| Input noti da tecnologia (elettricità/calore) | (Inserisci linea qui) | | | Quantità fisica | Unità di mi. Distribuzioni | SD^2 o 2^ST Min Max Commento |
| Output | | | | | | |
| I tipi di materiale e/o rifiuto sono separati dallo stream rifiuto | | | | | | |
| Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U | | | | Textile | Percentuale | 100 % Commento |
| Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U | | | | Steel | Percentuale | 100 % Commento |
| Waste wood, untreated (RoW) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U | | | | Wood | Percentuale | 100 % Commento |
| Waste plastic, mixture (RoW) treatment of waste plastic, mixture, sanitary landfill Cut-off, U | | | | Plastics | Percentuale | 100 % Commento |
| (Inserisci linea qui) | | | | | | |
| Flussi di rifiuto rimasti dopo la separazione | | | | | | |
| Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U | | | | | Percentuale | 50 % Commento |
| Municipal solid waste (waste scenario) (RoW) treatment of municipal solid waste, incineration Cut-off, U | | | | | Percentuale | 50 % Commento |
| (Inserisci linea qui) | | | | | | |

Figura 33 - Fine Vita Modellato all'interno di Simapro

4 CONFRONTO TRA LA POLTRONA AIDA, L'ARCHIBALD E LA VANITY FAIR

Analizzati, nel capitolo precedente, i risultati ottenuti dall'analisi LCA della poltrona Aida, l'attenzione si è spostata sulla comparazione dei dati precedentemente citati con i dati relativi alle analisi LCA della poltrona Archibald e della poltrona Vanity Fair.

Tale confronto ha avuto come fine quello di ottenere delle informazioni utili su quale metodologia costruttiva e su quale materiale utilizzato nella costruzione delle poltrone risultino essere i più sostenibile a livello ambientale.

Naturalmente sono stati presi in considerazione solo i processi, i moduli e le fasi del ciclo di vita più significative dal punto di vista della realizzazione delle poltrone.

Dunque, per quanto riguarda il totale degli impatti, si può notare nella Figura 34 e 35 come la poltrona Archibald e la poltrona Aida risultino essere meno impattanti della poltrona Vanity Fair.

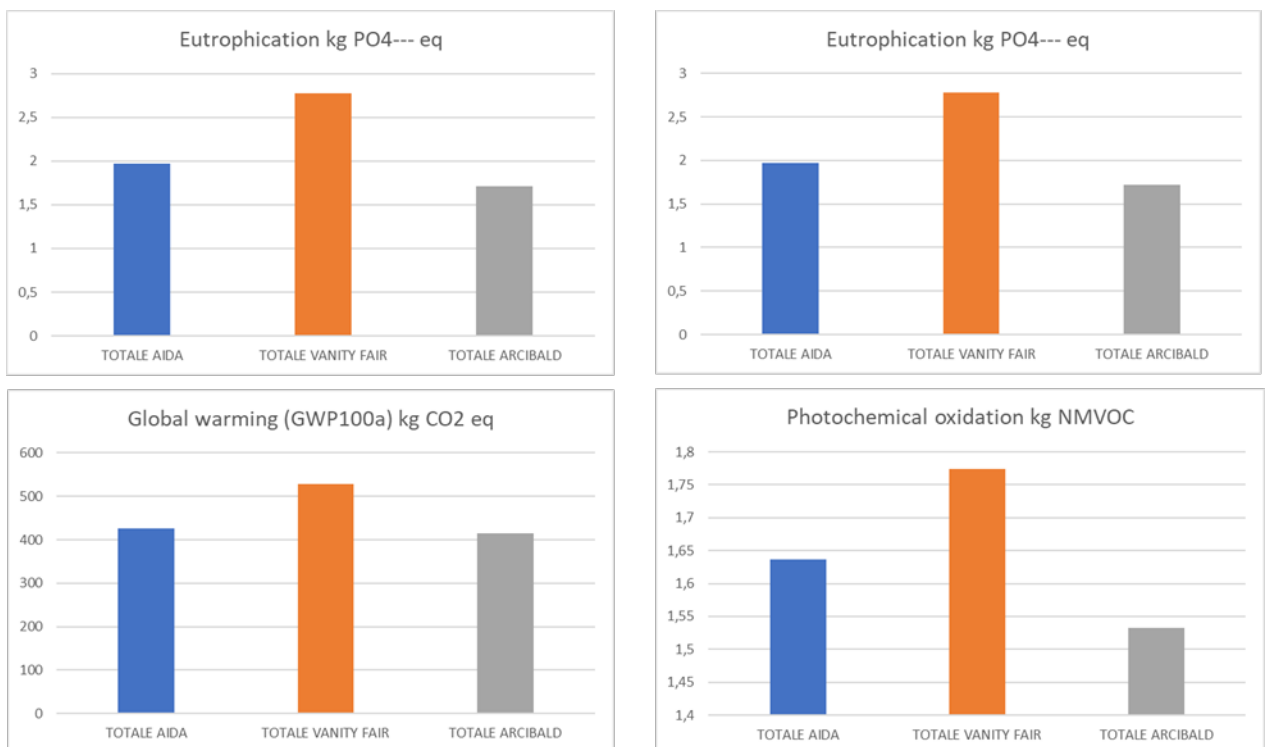


Figura 34 - Confronto Indicatori Analisi LCA

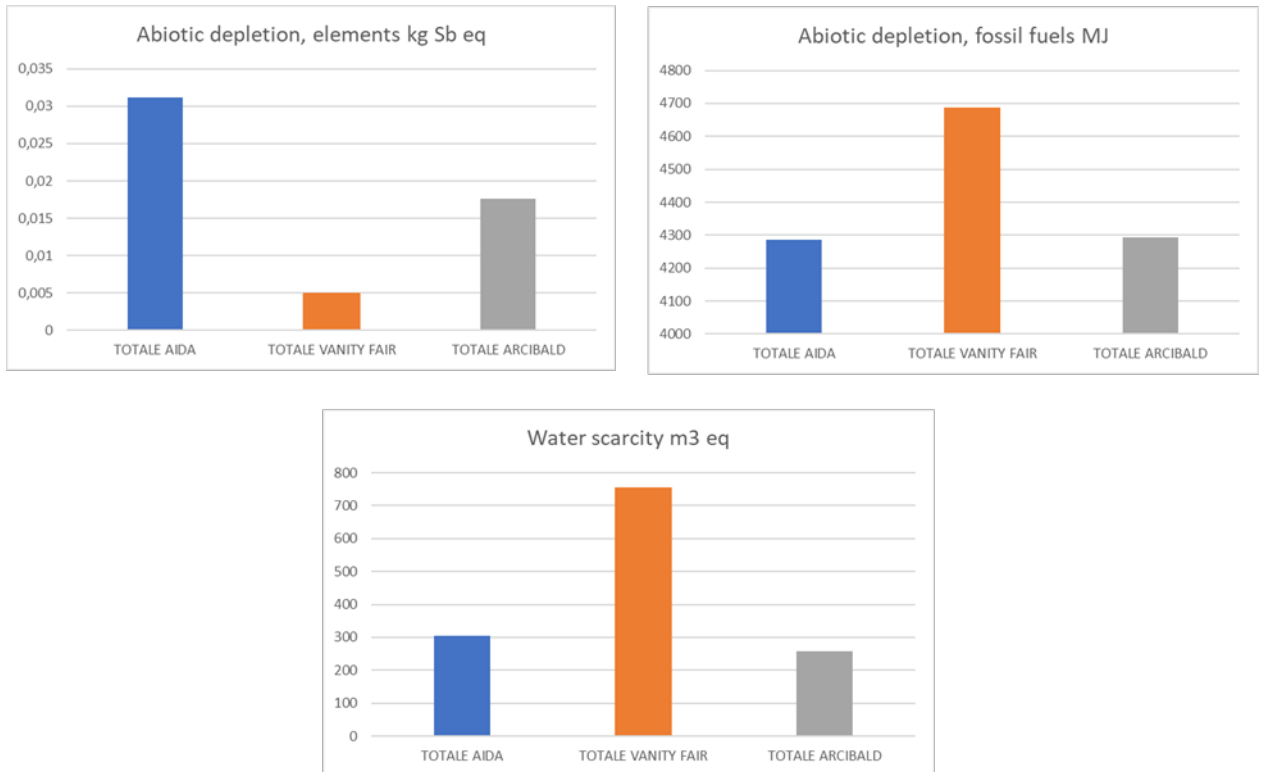


Figura 35 - Confronto Indicatori Analisi LCA

Nei paragrafi successivi verranno analizzate in dettaglio le varie analogie e differenze per riuscire a spiegare le ragioni per cui sono presenti tali variazioni degli indici relativi agli impatti ambientali.

4.1 CONFRONTO MATERIALI

Per quanto riguarda l'utilizzo dei materiali, nella realizzazione delle tre poltrone, analizzando gli istogrammi sottostanti si nota come la poltrona Vanity Fair risulti essere più gravosa rispetto alla poltrona Aida ed alla Archibald.

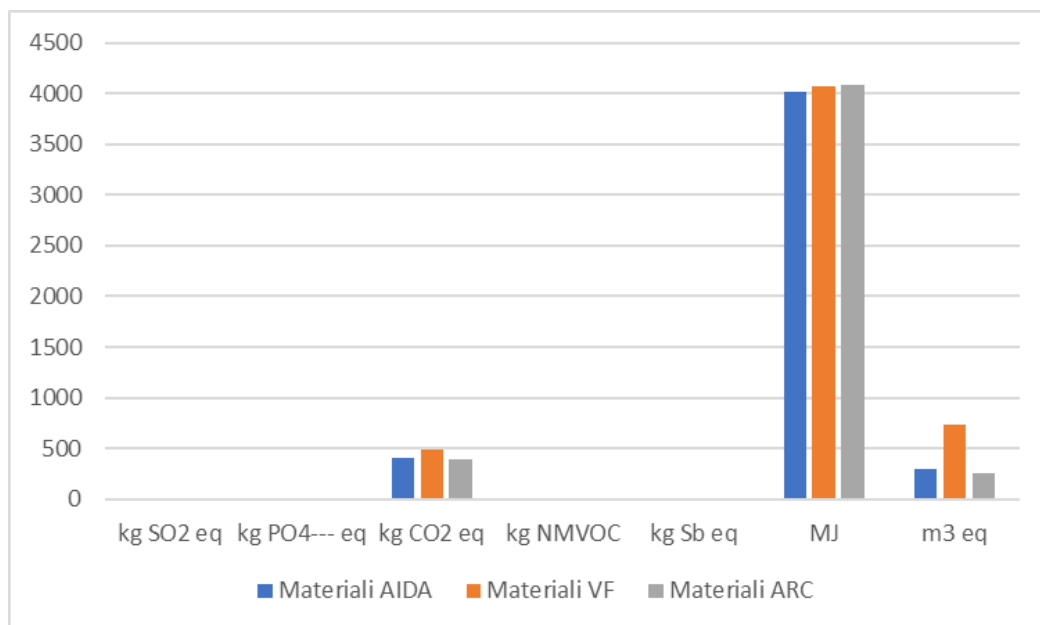


Figura 36 - Confronto Analisi LCA dei Materiali (grande scala)

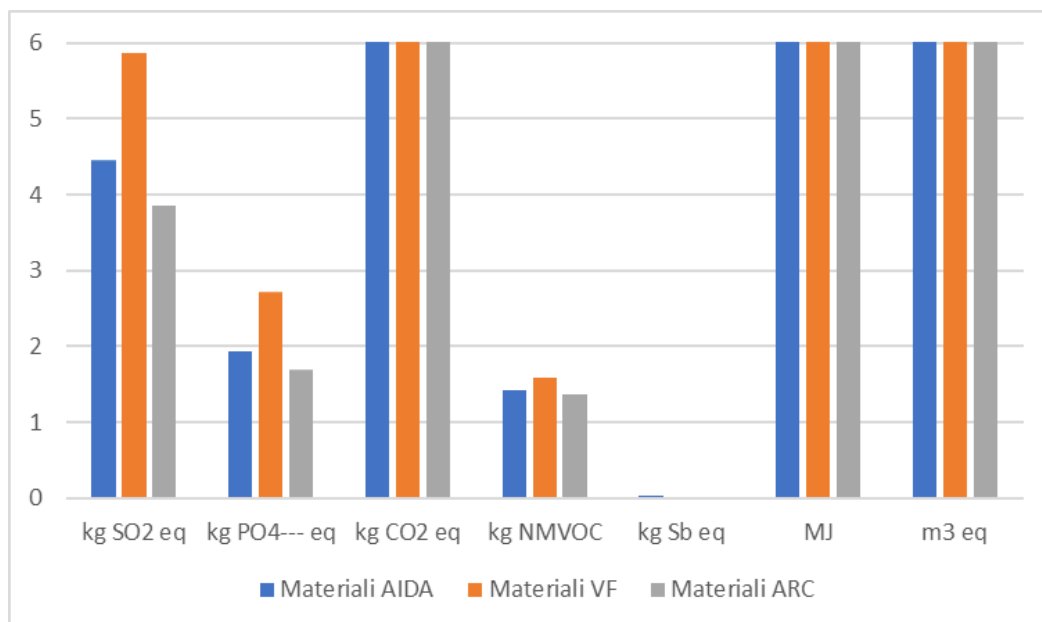


Figura 37 - Confronto Analisi LCA dei Materiali (piccola scala)

La differenza riscontrata tra le tre analisi è dovuta essenzialmente all'utilizzo della pelle, in quanto quest'ultima è il materiale più impattante ed è utilizzata in quantità maggiore per la poltrona Vanity Fair. Per la realizzazione di tale poltrona si fa uso di 8,07 metri quadri di pelle mentre per la poltrona Aida ne utilizziamo 5,51 e per l'Archibald 4,48, si ha che i valori degli indicatori risultino più alti rispetto alla poltrona Aida ed all'Archibald. Difatti, il valore degli indicatori risulta essere direttamente proporzionale alla quantità di pelle utilizzata come visibile dalla Tabella 7 in cui sono state inserite le variazioni percentuali sia di pelle sia degli indicatori prendendo come riferimento la poltrona Aida.

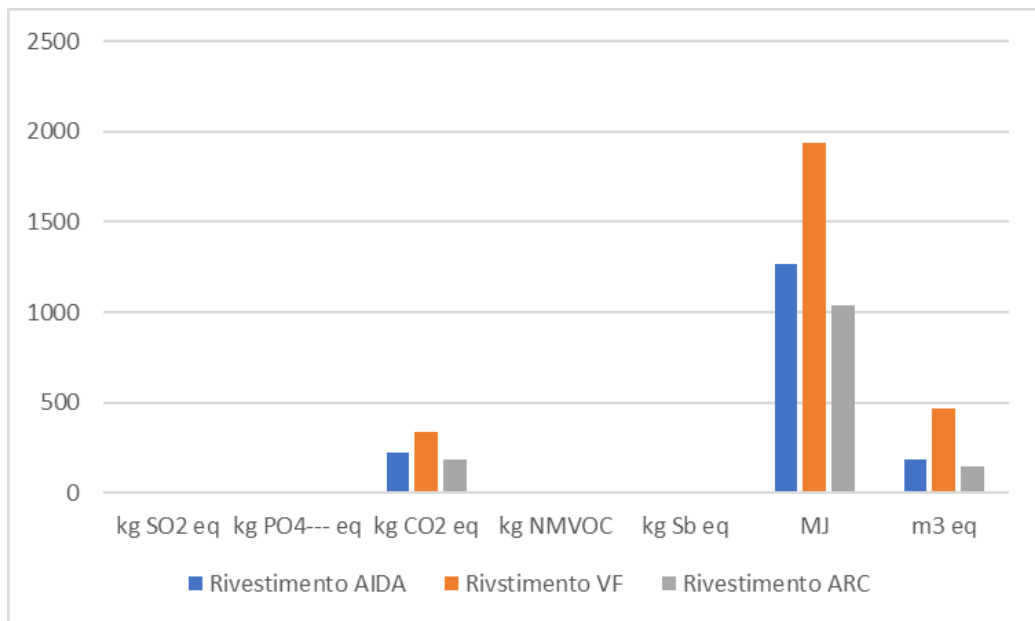


Figura 38 - Confronto Analisi LCA del Modulo di Rivestimento (grande scala)

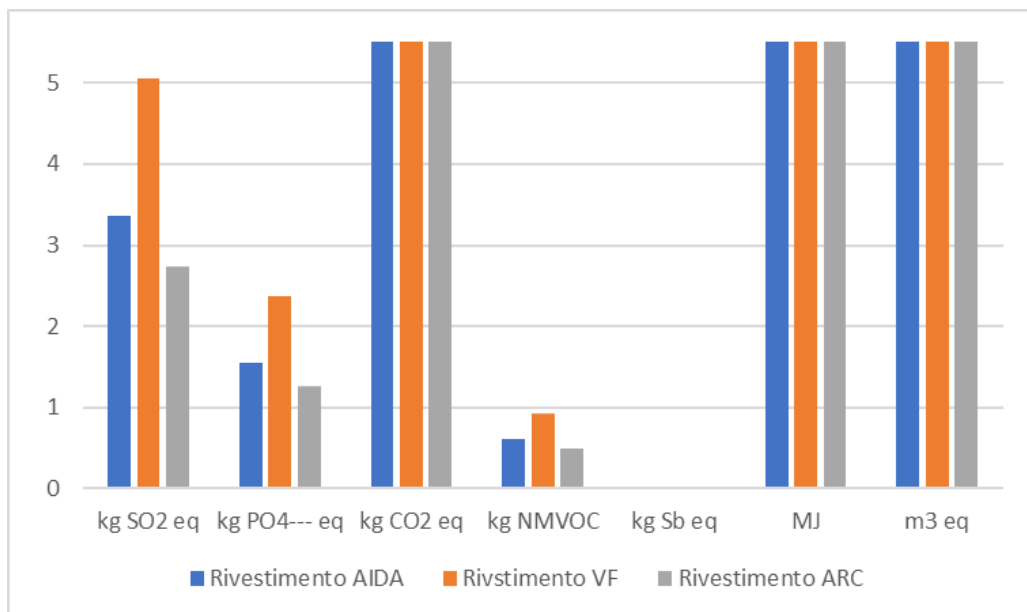


Figura 39 - Confronto Analisi LCA del Modulo di Rivestimento (piccola scala)

Tabella 7 - Variazioni percentuali della Pelle e degli Indicatori nelle 3 Poltrone (in Riferimento alla Poltrona Aida)

| | Kg Pelle | 5,51 | 46% | -13% |
|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Categoria d'impatto | Unità | Rivestimento AIDA | Rivestimento VF | Rivestimento ARC |
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 3,37 | 33% | -23% |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,55 | 35% | -23% |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 222,92 | 34% | -23% |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,61 | 34% | -23% |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,00021 | 67% | -22% |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 1265,87 | 35% | -22% |
| Water scarcity | m3 eq | 186,44 | 60% | -27% |

Inoltre, può essere aggiunto che, un maggior utilizzo di metri cubi di acqua è dovuto ad un maggior utilizzo del tessuto sempre della poltrona Vanity Fair rispetto alle altre due.

Un ulteriore modulo interessante da analizzare è quello della struttura. In questo caso la poltrona Archibald risulta essere la “peggiore” da un punto di vista di impatti ambientali, invece, a differenza del rivestimento la meno impattante in questo caso è la poltrona Vanity Fair.

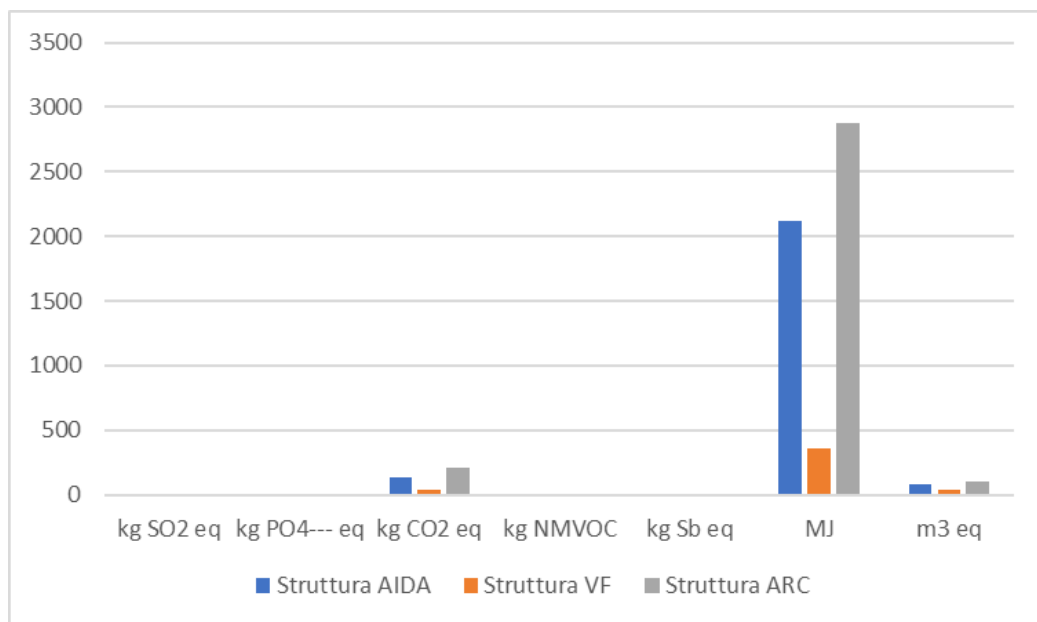


Figura 40 - Confronto Analisi LCA del Modulo della Struttura (grande scala)

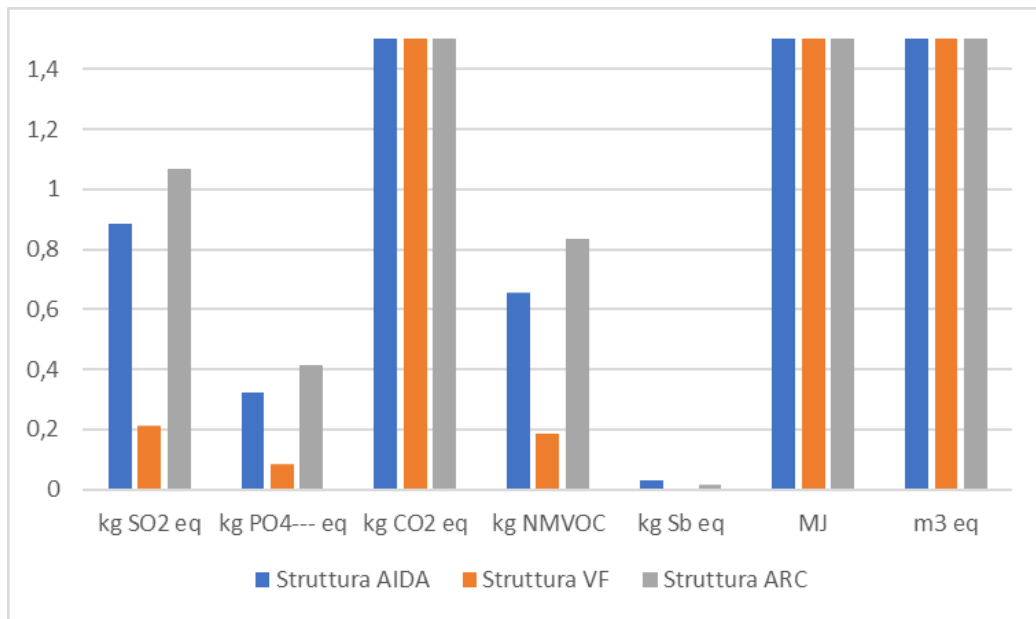


Figura 41 - Confronto Analisi LCA del Modulo delle Struttura (piccola scala)

Tutto ciò è dovuto al fatto che la maggior parte della struttura di quest'ultima è realizzata in legno, un materiale molto meno impattante del poliuretano rigido che invece è usato come principale materiale nella struttura della poltrona Archibald e dell'Aida.

Per quanto riguarda il modulo dell'imbottitura i materiali utilizzati nelle tre poltrone risultano essere essenzialmente gli stessi. In questo caso quindi il maggior impatto della poltrona Aida rispetto alla Vanity Fair e l'Archibald è dovuto ad un maggior utilizzo del materiale.

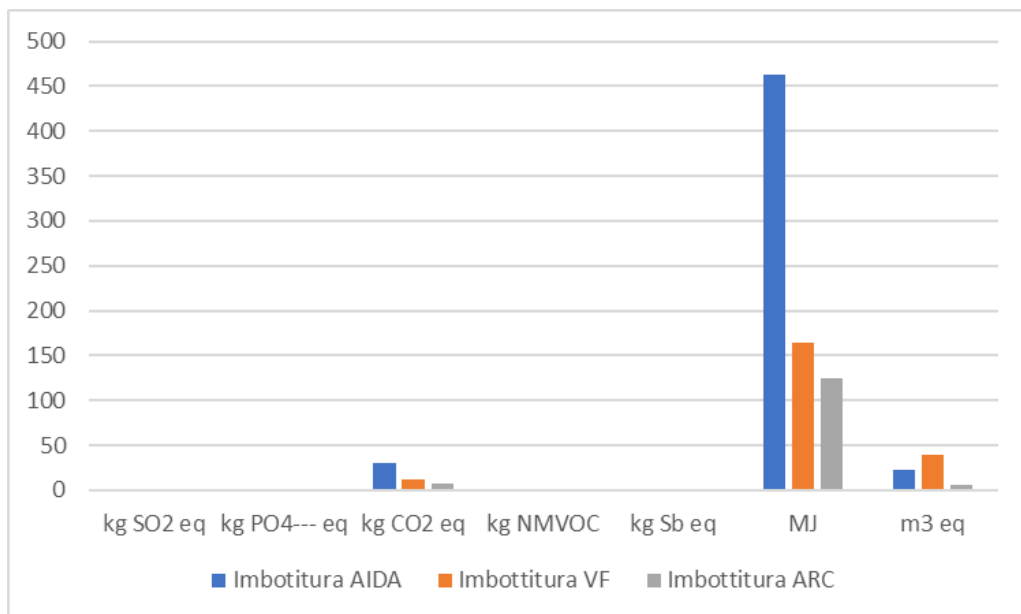


Figura 42 - Confronto Analisi LCA del Modulo dell'Imbottitura (grande scala)

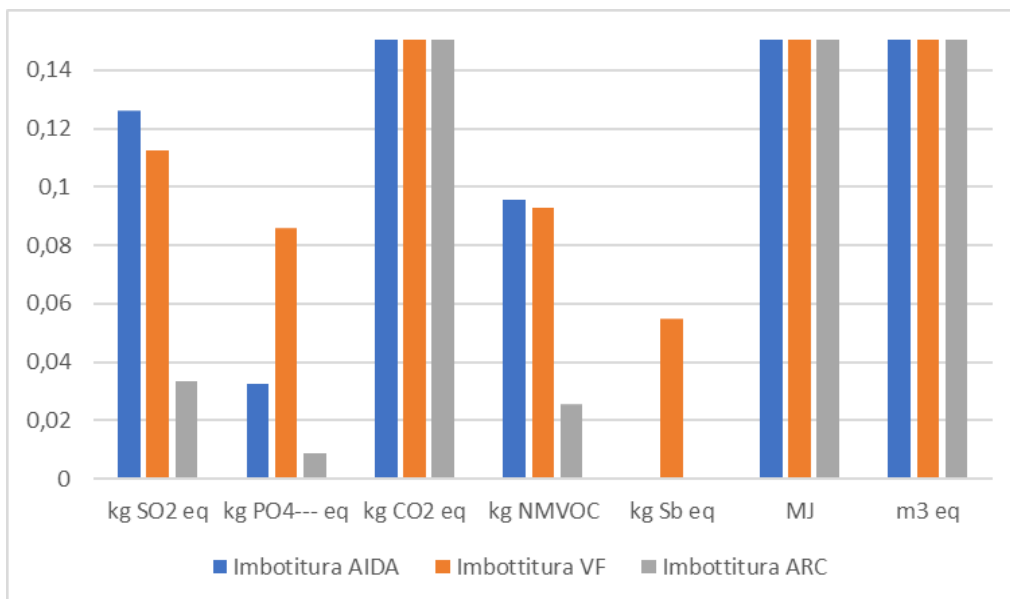


Figura 44 - Confronto Analisi LCA del Modulo dell'Imbottitura (piccola scala)

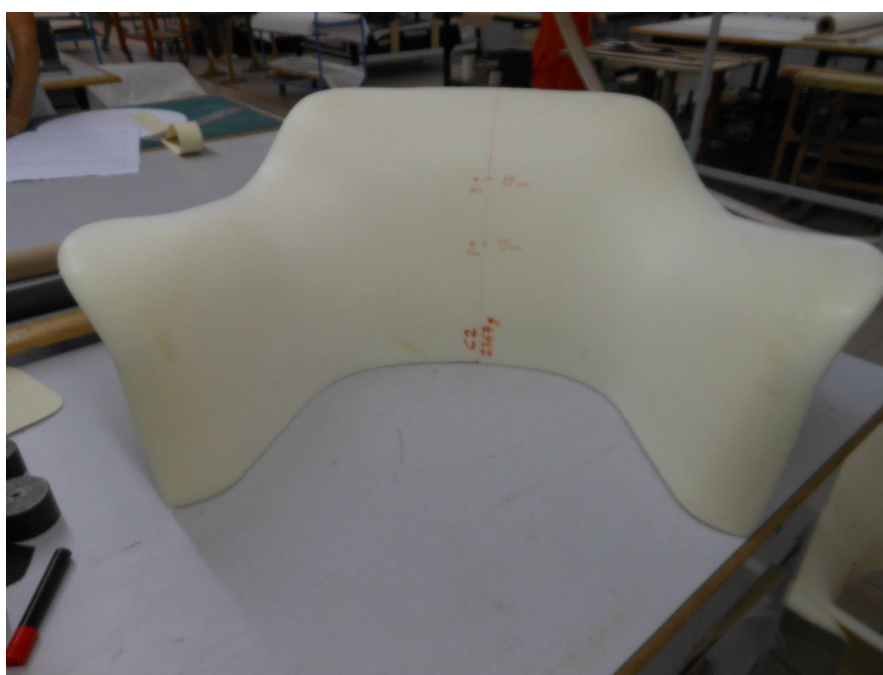


Figura 43 - Parte della Struttura (Schienale) in Poliuretano Rigido della Poltrona Aida

L'ultimo modulo rilevante, dal punto di vista dei confronti, risulta essere quello del molleggio. In tal caso abbiamo due diverse metodologie costruttive:

- nella poltrona Aida e nella poltrona Vanity Fair, per garantire una comoda seduta, si fa utilizzo del metodo tradizionale di molleggio, ottenuto attraverso delle molle legate tra loro attraverso dello spago;

- nella poltrona Archibald si utilizza invece un Kit Espanso realizzato attraverso diversi elementi di poliuretano espanso.

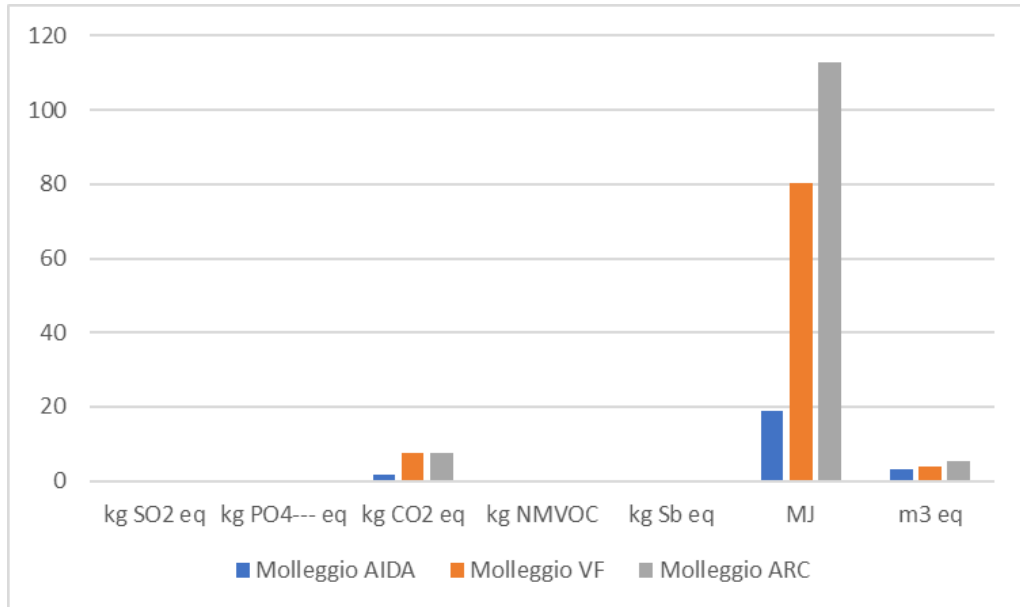


Figura 46 - Confronto Analisi LCA del Modulo del Molleggio (grande scala)

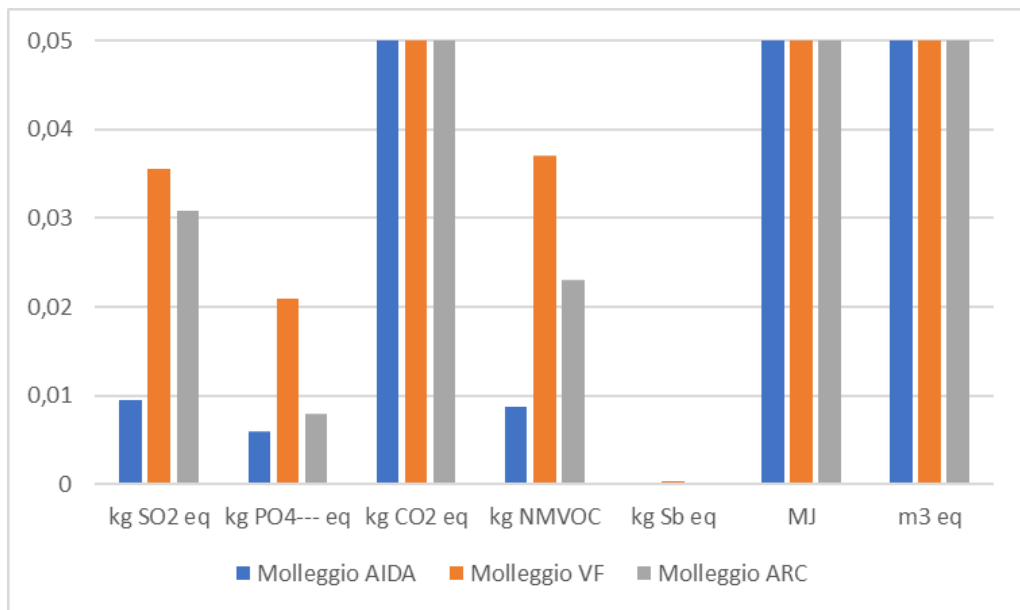


Figura 45 - Confronto Analisi LCA del Modulo del Molleggio (piccola scala)

La tipologia costruttiva che utilizza il poliuretano espanso risulterà molto più impattante nell'utilizzo di risorse fossili e di acqua, mentre nelle categorie restanti, la poltrona più "gravosa all'ambiente" sarà la Vanity Fair in quanto risulta utilizzare una quantità molto elevata di molle.

All'interno dell'azienda Poltrona Frau viene però anche utilizzata un'ulteriore tipologia di molleggio realizzata attraverso delle cinghie elastiche opportunamente messe in trazione e fissate.

Considerando tale sistema di molleggio molto interessante da un punto di vista costruttivo, si è proceduto ad un'ulteriore comparazione, tenendo in considerazione che i risultati dell'analisi LCA relativi al molleggio, attraverso le cinghie elastiche, erano stati ottenuti per il divano Let It Be che consente di avere tre sedute a differenza della singola seduta della poltrona.

Per poter confrontare i dati in possesso, banalmente, si è diviso ogni singolo indicatore degli impatti del divano per le tre sedute ottenendo i risultati ipotetici per la singola seduta.

Seppur tale metodo non risulti essere completamente corretto permette comunque di ottenere un buon paragone.

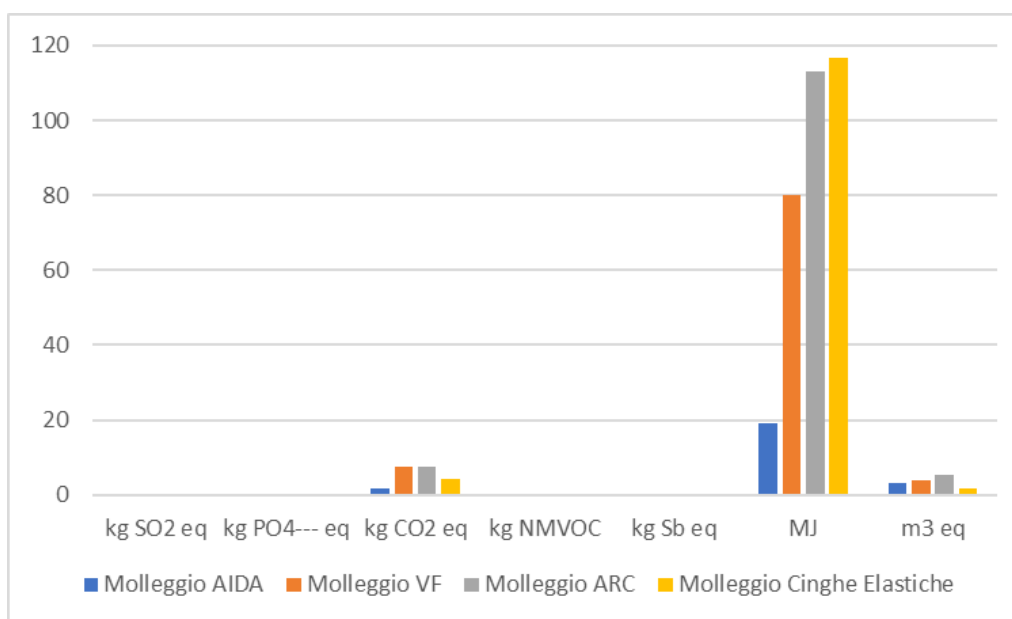


Figura 47 - Confronto Molleggio Cinghe Elastiche (grande scala)

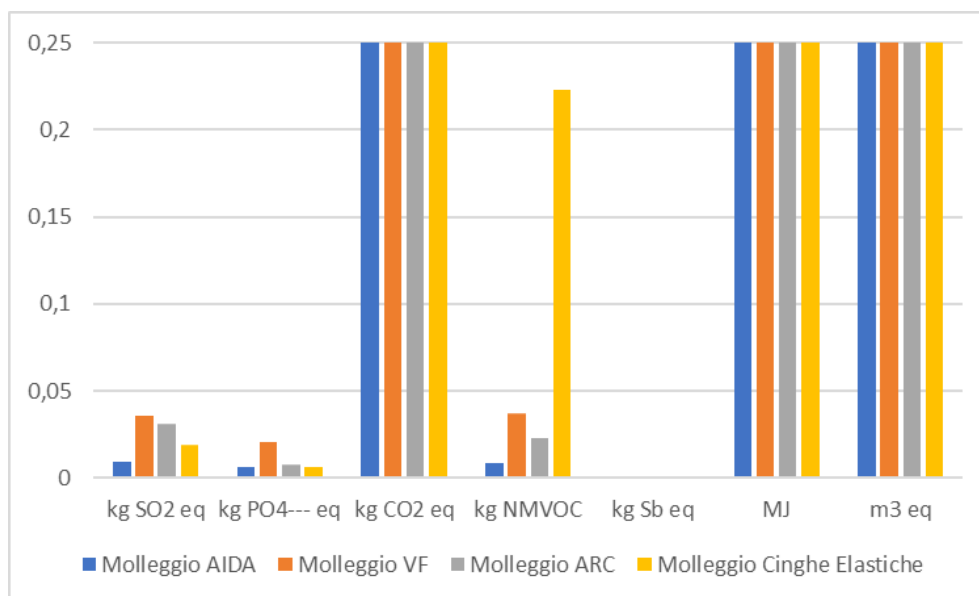


Figura 48 - Confronto Molleggio Cinghie Elastiche (piccola scala)

Tabella 8 - Valori Indicatori delle Diverse Tipologie di Molleggio

| Categoria d'impatto | Unità | Tipologia Molleggio | | | |
|---------------------------------|--------------|---------------------|----------|----------|-------------------|
| | | AIDA | VF | ARC | Cinghie Elastiche |
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,010 | 0,0356 | 0,0309 | 0,019 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,006 | 0,0209 | 0,00791 | 0,006 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 1,863 | 7,64 | 7,40 | 4,17 |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,009 | 0,0371 | 0,023 | 0,223 |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,000075 | 0,000315 | 0,000032 | 0,000066 |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 19,002 | 80,2 | 113 | 116,688 |
| Water scarcity | m3 eq | 3,063 | 3,78 | 5,47 | 1,695 |

L'applicazione della tipologia di molleggio con cinghie elastiche comporta un aumento rispetto a tutte le altre tipologie di molleggio in relazione agli indicatori di potenziale di formazione di ozono troposferico e del potenziale di esaurimento delle risorse fossili mentre abbiamo una riduzione di tutti gli altri indicatori sia per quanto riguarda la poltrona Archibald sia per la poltrona Vanity Fair. La poltrona Aida risulta però essere ancora la meno impattante rispetto al modulo del molleggio.

4.2 CONFRONTO MANUFACTURING

La realizzazione delle poltrone passa attraverso quelle che sono le lavorazioni interne all'azienda Poltrona Frau. Per ogni lavorazione viene utilizzato lo stesso mix energetico spiegato nei capitoli precedenti. Il maggior impatto dato dalla poltrona Vanity Fair è dunque dovuto ad un utilizzo di lavorazioni con un tempo ciclo totale maggiore rispetto sia alla poltrona Archibald che alla poltrona Aida, come visibile dalle Figure 51, 52 e 53.

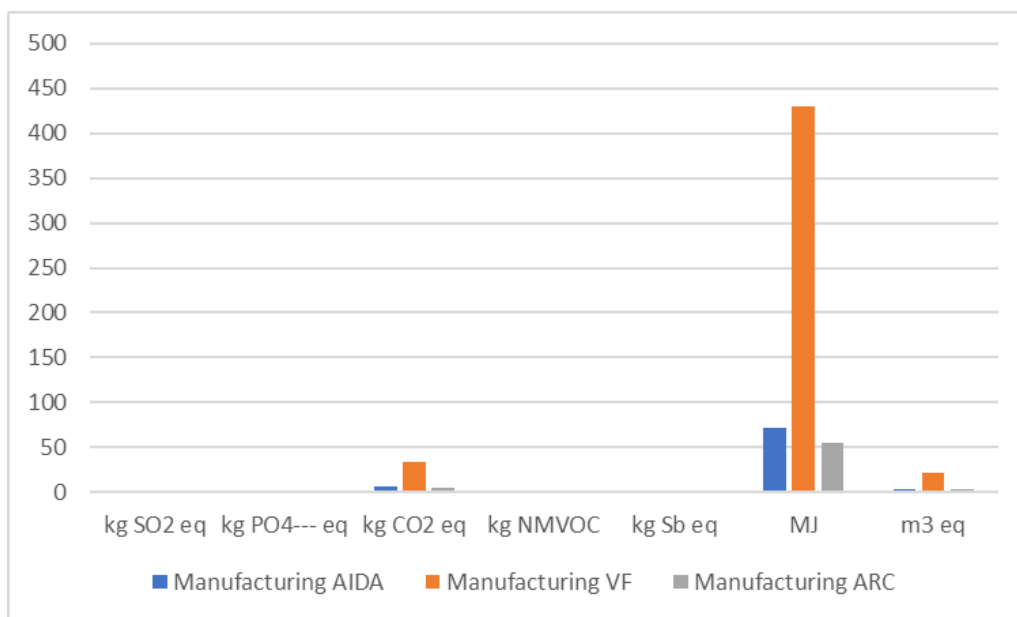


Figura 49 - Confronto Analisi LCA relativo al Manufacturing (grande scala)

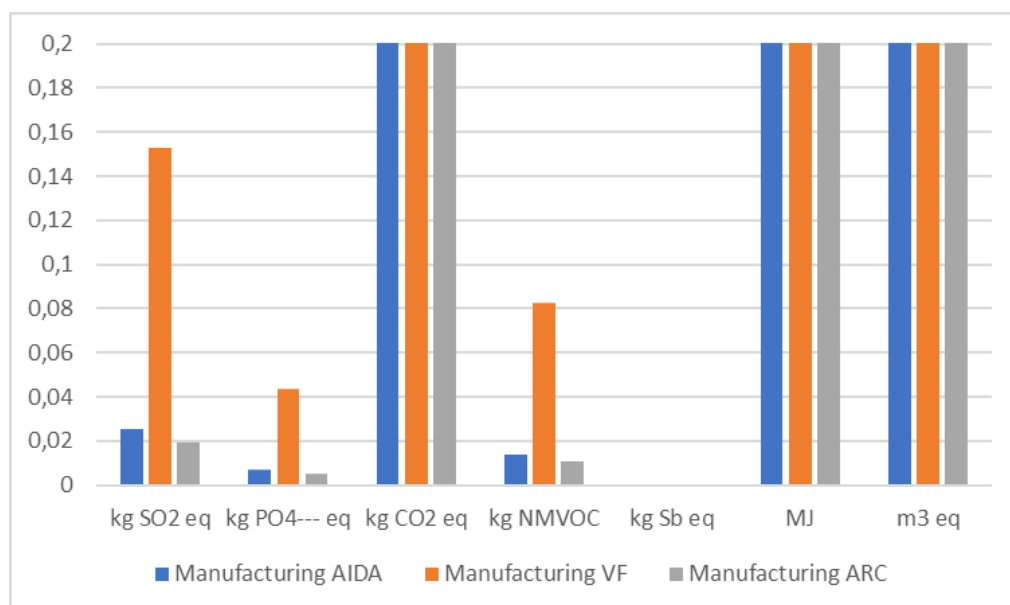


Figura 50 - Confronto Analisi LCA Relativo al Manufacturing (piccola scala)

| Lavorazioni Poltrona AIDA | Tempo Ciclo [min] |
|--------------------------------|-------------------|
| TAGLIO POLIURETANI | 3,5 |
| PREPARAZIONE CRINE - TELA | 0,5 |
| APPLICAZIONE MOLLEGGI/TRACCIAT | 2 |
| TAGLIO MANUALE | 41 |
| TAGLIO TESSUTI / TELE | 6 |
| SISTEMAZIONE TAGLIATO | 13 |
| LAV. ACCESSORIE AL TAGLIO | 1 |
| RICOPERTURA | 115 |
| MONTAGGIO/ASSEMBLAGGIO | 12 |
| FINIZIONE | 9,2 |
| CONTROLLO, PULIZIA E IMBALLO | 33 |
| SPEDIZIONE | 5 |
| TEMPO CICLO TOTALE | 241,2 |

Figura 51 - Lavorazioni Poltrona Aida

| Lavorazioni Poltrona ARCHIBALD | Tempo Ciclo [min] |
|--------------------------------|-------------------|
| LAVORAZIONE ESTERNA ARREDO | 55 |
| TAGLIO MANUALE | 32,9 |
| TAGLIO TESSUTI/TELE | 1 |
| SISTEMAZIONE TAGLIATO | 3 |
| RICOPERTURA | 56 |
| MONTAGGIO/ASSEMBLAGGIO | 19 |
| INSACCATURA CUSCINI | 26 |
| CONTROLLO,PULIZIA E IMBALLO | 23 |
| SPEDIZIONE | 3,4 |
| TEMPO CICLO TOTALE | 219,3 |

Figura 52 - Lavorazioni Poltrona Archibald

| Lavorazioni Poltrona VANITY FAIR | Tempo Ciclo [min] |
|---|-------------------|
| TAGLIO POLIURETANI | 11 |
| PREPARAZIONE CRINE-TELA | 25 |
| APPLICAZIONE MOLLEGGI/TRACCIAT | 565 |
| TAGLIO MANUALE | 60 |
| TAGLIO TESSUTI/TELE | 3,6 |
| SISTEMAZIONE TAGLIATO | 20 |
| LAVORAZIONI ACCESSORIE AL TAGLIO | 12 |
| LAVORAZIONI ACCESSORIE REPARTO CUCITURA | 0 |
| CUCITURA MACCHINA PIANA | 18 |
| CONTROLLO CUSCINI-RIVOLTATURA | 0 |
| RICOPERTURA | 225 |
| MONTAGGIO/ASSEMBLAGGIO | 2 |
| FINIZIONE | 135 |
| INSACCATURA | 0 |
| CONTROLLO, PULIZIA E IMBALLO | 26 |
| SPEDIZIONE | 4,3 |
| TEMPO CICLO TOTALE | 1106,9 |

Figura 53 - Lavorazioni Poltrona Vanity Fair

4.3 CONFRONTO TRASPORTI

Per quanto riguarda i trasporti sono stati utilizzati gli stessi scenari con la stessa media del chilometraggio per tutte e tre le poltrone. Essendo l'unità di misura da utilizzare all'interno di Simapro [Km·Kg] i diversi impatti delle tre poltrone dipendono essenzialmente dai tre diversi pesi delle poltrone. La Vanity Fair con un peso di circa 72 [Kg] è la più impattante, quindi l'Aida con un peso di circa 44 [Kg] ed infine l'Archibald che pesa circa 40 [kg].

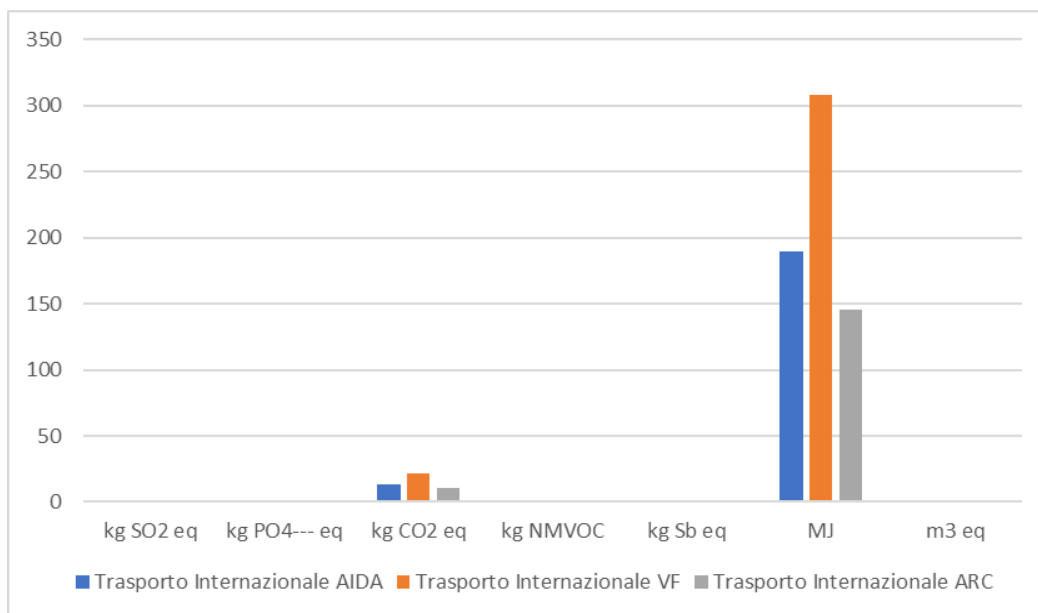


Figura 54 - Confronto Analisi LCA Relativo al Trasporto Internazionale (grande scala)

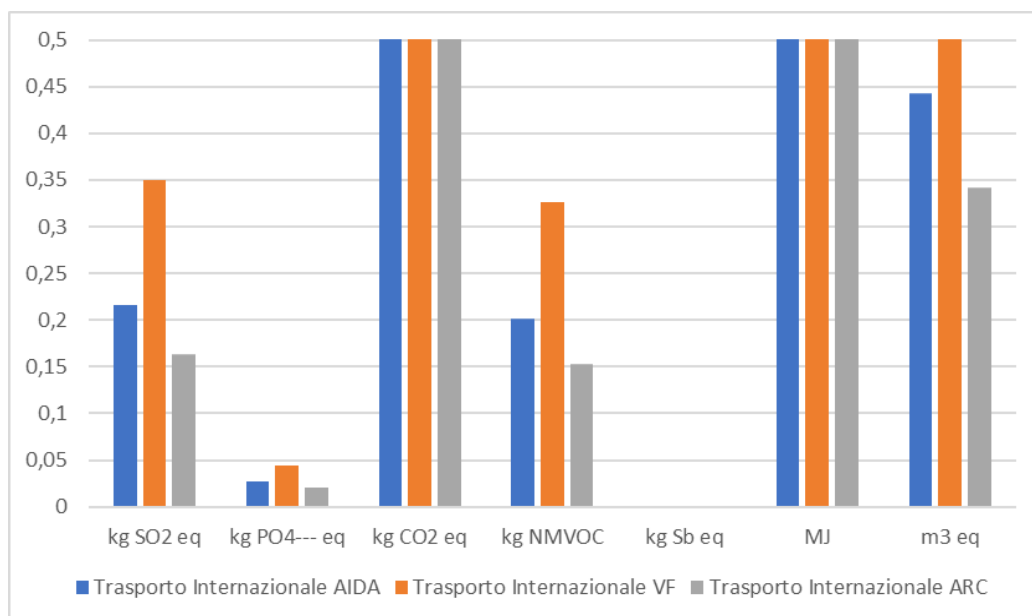


Figura 55 - Confronto Analisi LCA Relativo al Trasporto Internazionale (piccola scala)

5 LINEE GUIDA SUI MATERIALI

Le analisi esposte nei capitoli precedenti hanno mostrato come alcuni moduli e quindi alcuni componenti hanno un maggior peso sui vari indicatori di impatto ambientale, quantificati tramite la metodologia e strumento LCA.

Si andranno dunque ad ipotizzare alcune soluzioni alternative cercando di andare ad abbassare quelli che sono gli impatti ambientali pur mantenendo la stessa funzionalità del componente e dunque del prodotto in questione.

5.1 PELLE E TESSUTO

La pelle rappresenta sicuramente il materiale più impattante non solo del modulo rivestimento ma dell'intera poltrona.

Come già anticipato, il suo essere così gravoso da un punto di vista ambientale, dipende dal processo di concia al quale viene sottoposta per ottenere le caratteristiche desiderate.

I prodotti principali utilizzati nel processo conciario si suddividono in:

- Chimici inorganici: sali di cromo (solfati basici di cromo), calce idrata, solfuro di sodio, cloruro di sodio denaturato, nonché, in quantità minore, pigmenti, sali di alluminio e zirconio, solfidrato di sodio, solfato e cloruro di ammonio, acidi cloridrico e solforico, carbonato e bicarbonato di sodio, solfato di magnesio, solfito, bisolfito, caolino.
- Organici di sintesi: resine impiegate per la rifinitura (acriliche, uretaniche, butadieniche, viniliche e stiroliche), i coloranti, gli emulsionanti e gli imbibenti, i tannini sintetici o sintani.
- Organici naturali: estratti tannici, oli e grassi (ingrassanti), enzimi.

L'impatto ambientale dell'industria conciaria determinato dall'utilizzo di questi prodotti è rappresentato dalla produzione di acque reflue, fanghi, altri rifiuti, conciati e non.

Gli effluenti conciari contengono inquinanti di origine organica (derivanti dalla degradazione della pelle grezza e dai residui organici impiegati nelle varie lavorazioni), e di origine inorganica (additivi chimici). Le problematiche riguardanti acque reflue ai fini

del conseguimento dei limiti di legge sono causate dalla salinità globale (cloruri e solfati) e una frazione di COD (Chemical Oxygen Demand) resistente alla biodegradazione. Dopo il trattamento di depurazione gli inquinanti che si trovano negli effluenti e non degradati rimangono nei fanghi di risulta.

La tipologia e quantità di emissioni in atmosfera (sia volatili che di particolati), dipendono principalmente dal diverso materiale utilizzato inizialmente (pelli grezze o semilavorate) e dal ciclo di lavorazione (in particolare nelle fasi di calcinazione, rifinitura e tintura). Nella fase di calcinazione il problema sorge dall'utilizzo del solfuro di sodio, che nelle fasi successive, può sviluppare idrogeno solforato a causa dell'abbassamento del pH nei bagni; mentre in quella di rifinitura e tintura le criticità sono rappresentate da sostanze volatili inorganiche e organiche, le polveri, i solventi organici, l'ammoniaca, l'SO₂ e l'acido formico. Per ridurre tali problematiche negli ultimi anni è stato introdotto il sistema a rullo anziché il processo di rifinitura a spruzzo ed anche l'utilizzo di preparati a base acquosa o solventi meno nocivi in sostituzione di quelli a base metallica (Cr, Co, Cd).

I rifiuti derivanti dal processo conciario rappresentano più del 50% in peso della materia prima lavorata, oltre ai fanghi. Le principali tipologie di rifiuti e reflui sono:

- Il carniccio: sono residui eliminati meccanicamente dalle pelli dopo trattamento con calce e solfuro.
- I bagni di sgrassatura esausti derivano dal residuo di grasso, con solvente, derivante dal trattamento con solventi in macchina a sgrassare e sono considerati rifiuti pericolosi.
- Il liquido esausto di concia contenente cromo può essere destinato con gli altri reflui ad altri reparti di conceria o agli impianti di depurazione, oppure può essere destinato ad aziende che effettuano il recupero del sale di cromo mentre quello derivante dai bagni di concia vegetale viene riutilizzato varie volte nel ciclo.
- I fanghi rappresentano un rifiuto solo per le aziende dotate di autonomi impianti di depurazione ma la maggior parte (circa 85%) delle aziende conciarie invia i propri reflui agli impianti di depurazione consortili.
- Altri rifiuti: cuoio conciato, scarti, cascami, ritagli, polveri di lucidatura contenenti cromo comprendono la rasatura ed i ritagli conciati, residui originati da trattamenti meccanici della pelle conciata.

Una soluzione da poter adottare sarebbe quella della sostituzione della pelle con il tessuto. Dall'analisi LCA difatti, andando a comparare pelle e tessuto, emerge come la pelle risulti essere, facendo riferimento agli indicatori utilizzati, molto più dannosa all'ambiente rispetto al tessuto a meno che nel potenziale di scarsità d'acqua.

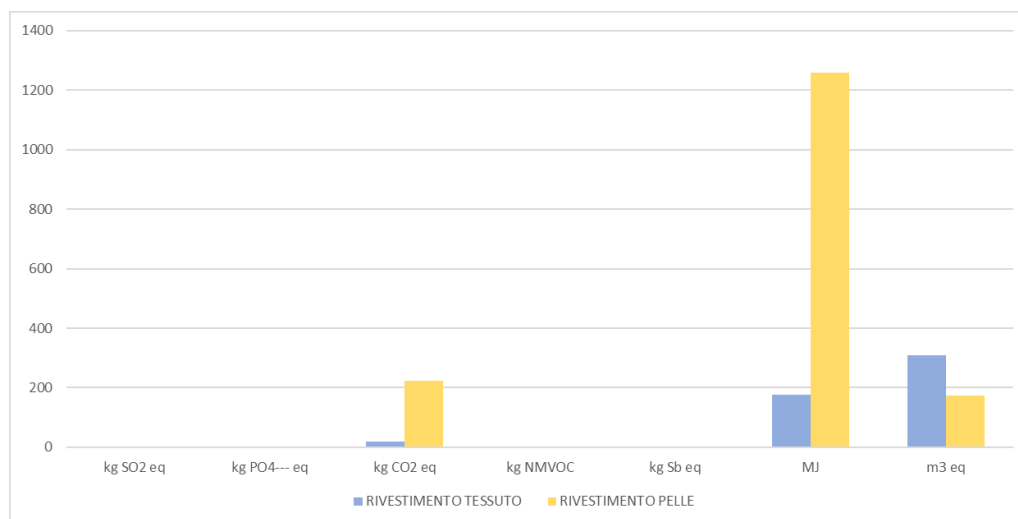


Figura 56 - Confronto Analisi LCA tra Pelle e Tessuto (grande scala)

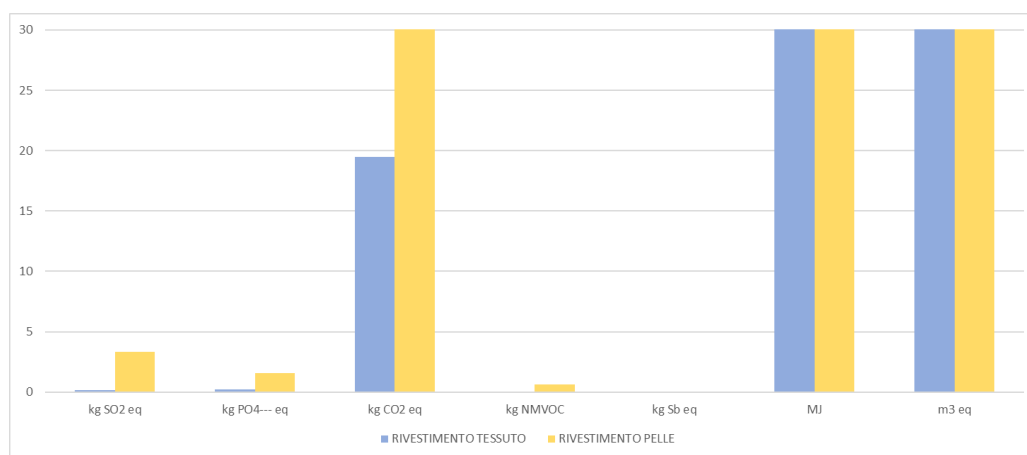


Figura 57 - Confronto Analisi LCA tra Pelle e Tessuto (piccola scala)

Questo è dovuto al fatto che anche la produzione di tessuti non risulta essere del tutto “innocua” dal punto di vista ambientale; la produzione tessile ha bisogno di utilizzare molto acqua, senza contare l'impiego dei terreni adibiti alla coltivazione del cotone e di altre fibre. Si stima che l'industria tessile e dell'abbigliamento abbia utilizzato globalmente 79 miliardi di metri cubi di acqua nel 2015, mentre nel 2017 il fabbisogno dell'intera economia dell'UE ammontava a 266 miliardi di metri cubi. Alcune stime indicano che per fabbricare una sola

maglietta di cotone occorrono 2.700 litri di acqua dolce, un volume pari a quanto una persona dovrebbe bere in 2 anni e mezzo [22].

L'industria tessile utilizza dunque milioni di galloni d'acqua ogni giorno. Ciò è dovuto al fatto che per produrre 1kg di tessuto, in media, vengono consumati 200 litri d'acqua durante fasi come il lavaggio del tessuto, la decolorazione, la colorazione e il lavaggio del prodotto finito.

Il problema, tuttavia, non consiste nell'elevato utilizzo d'acqua ma nel fatto che spesso le acque di scarico non sono adeguatamente trattate per rimuovere le sostanze inquinanti prima di essere riversate nell'ambiente.

Come conseguenza, secondo alcuni studi il 20% dell'inquinamento mondiale delle acque chiare è prodotto dai trattamenti e dalle colorazioni tessili.

Gli elevati volumi di sostanze non neutralizzate scaricate nell'ambiente sono responsabili della tossicità delle acque. Sostanze come la formaldeide, il cloro e i metalli pesanti vengono assorbiti dai corsi d'acqua e quindi consumati dalle persone nelle normali attività quotidiane.

Tabella 9 - Variazioni Percentuali Indicatori tra Pelle e Tessuto (riferimento Pelle)

| Categoria d'impatto | Unità | Rivestimento PELLE | Rivestimento TESSUTO | Δ % |
|---------------------------------|--------------|--------------------|----------------------|--------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 3,4 | 0,183 | -1737% |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,5 | 0,219 | -604% |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 222,2 | 19,5 | -1039% |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,6 | 0,074 | -719% |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,000195 | 0,00029 | 33% |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 1258,5 | 176 | -615% |
| Water scarcity | m3 eq | 172,8 | 309 | 44% |

In aggiunta all'ipotesi di sostituzione della pelle con il tessuto si è presa in considerazione la possibilità di utilizzare un'ecopelle ovvero una tipologia di prodotto che recupera la pelle che verrebbe persa nel processo di produzione per creare un materiale più leggero del 40% e cinque volte più resistente alle abrasioni rispetto alla pelle pieno fiore. Il processo riduce l'utilizzo di acqua del 90% e l'impatto ambientale rispetto alla produzione di pelle tradizionale, con un'impronta di carbonio inferiore dell'80%.

Tale pelle è realizzata per il 55% con la pelle di scarto della produzione del cuoio: le fibre della pelle vengono unite a fibre sintetiche e ad un'armatura di tessuto attraverso un processo di "fusione idrica" che le compatta in un unico materiale. A questo punto passa

attraverso varie fasi di finissaggio, tra cui la pigmentazione, per poi presentarsi sotto forma di rotolo. La spalmatura è ottenuta con PU ad acqua DMF free [23].

5.2 POLIURETANO RIGIDO E PVC

Il componente più impattante all'interno del modulo della struttura risulta essere la Scocca Imbottita Schienale che viene realizzata in poliuretano rigido.

Le soluzioni ipotizzate per poter sostituire questo componente strutturale della poltrona sono essenzialmente due:

- il legno, in quanto, risulta essere più leggero del poliuretano rigido riuscendo comunque ad essere abbastanza resistente per gli scopi strutturali. La problematica riscontrata nell'utilizzo del legno è che di tale materiale non permetta di ottenere la forma, abbastanza complessa, dello schienale si dovrebbe, quindi, andare a riprogettare una struttura con forme più semplici e ciò non risulta possibile;
- la seconda ipotesi è stata quella di sostituire il poliuretano rigido con un altro materiale plastico come il PVC. L'utilizzo di quest'ultimo permetterebbe attraverso la tecnica dello stampaggio di ottenere forme complesse ma avendo una densità maggiore comporterebbe un maggior peso del componente come visibile dalla Tabella 10.

Tabella 10 - Diversi Pesì della Scocca Imbottita Schienale

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------|
| SCOCCA IMBOT.SCH.P AIDA | Volume [m ³] | Densità [Kg/m ³] | Peso [Kg] |
| Poliuretano Rigido | 0,023833333 | 600 | 14,3 |
| SCOCCA IMBOT.SCH.P AIDA | Volume [m ³] | Densità [Kg/m ³] | Peso [Kg] |
| Legno Pioppo | 0,023833333 | 450 | 10,725 |
| SCOCCA IMBOT.SCH.P AIDA | Volume [m ³] | Densità [Kg/m ³] | Peso [Kg] |
| PVC | 0,023833333 | 1400 | 33,36666667 |

Osservando il grafico in Figura 58 si può notare come la soluzione del legno risulti la più sostenibile da un punto di vista ambientale ma anche la più complessa da un punto di vista progettuale in quanto comporterebbe una riprogettazione delle "linee" della poltrona. La soluzione in PVC risulta essere invece meno impattante della soluzione in poliuretano rigido ma come detto precedentemente molto più pesante.

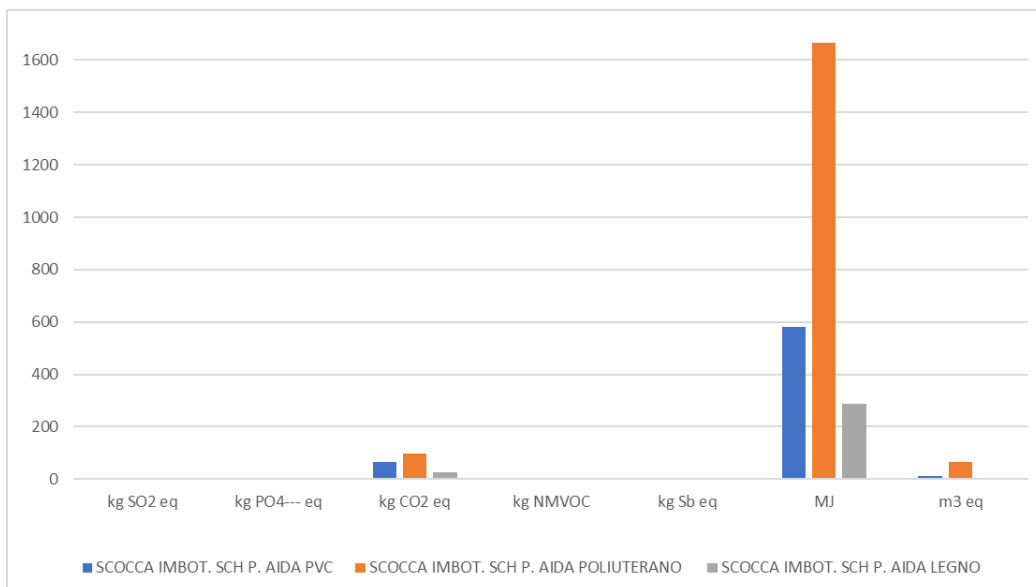


Figura 58 - Confronto Analisi LCA Scocca Imbottita Schienale



Figura 59 - Scocca Imbottita Schienale in Poliuretano Rigido

Tabella 11 - Variazioni Percentuali Indicatori Scocca Imbottita Schienale (riferimento Scocca Poliuretano

| Categoria d'impatto | Unità | Scocca POLIUTERANO | Scocca PVC | Δ % Scocca PVC | Scocca PVC | Δ % Scocca LEGNO | Scocca LEGNO | Δ % Scocca LEGNO |
|---------------------------------|--------------|--------------------|------------|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,500 | 0,18 | -178% | 0,17 | -200% | | |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,206 | 0,08 | -166% | 0,06 | -237% | | |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 99,329 | 65,75 | -51% | 26,97 | -268% | | |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,436 | 0,13 | -247% | 0,16 | -180% | | |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,002 | 0,0003 | -397% | 0,0002 | -790% | | |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 1666,013 | 582,35 | -186% | 289,34 | -476% | | |
| Water scarcity | m3 eq | 67,299 | 13,46 | -400% | 5,50 | -1123% | | |

5.3 POLIURETANO ESPANSO E COTONE DI PIOPPO

Per quanto riguarda l'imbottitura della poltrona Aida i materiali utilizzati risultano essere il poliuretano espanso nel kit Espanso (articolo 124440) e nello Schiumato Sedile (articolo 134474) e dell'ovatta nel componente denominato come Valfort 2000 (articolo 112463).

L'utilizzo di questi materiali, sebbene il peso non sia eccessivo, risulta avere un non trascurabile impatto ambientale sulla realizzazione della poltrona Aida.

Alla base del poliuretano espanso, comunemente chiamato gommapiuma, vi sono tre materie prime principali: il poliolo, il toluene di isocianato e l'acqua che è proprio il reagente che porta all'espansione e alla crescita della schiuma.

Le materie prime vengono dosate all'interno della testa miscelatrice nella quale si ha l'innescò della reazione. La schiuma passa dalla testa miscelatrice, a una vasca e infine a un nastro trasportatore, si ha poi la reazione di "polimerizzazione" nell'arco di 1-3 minuti. Il completamento di reazione del poliuretano si ha nelle successive 72 ore.

La gommapiuma, dunque, è un prodotto realizzato artificialmente ed è realizzato con elementi che derivano dal petrolio, per rendere la poltrona sostenibile è fondamentale sostituire anche questo elemento con materie prime il più naturali possibili.

Si è quindi pensato di sostituire il poliuretano espanso con un elemento sconosciuto al mercato attuale italiano: il cotone di pioppo.

Nei Paesi stranieri, il pioppo viene chiamato "cotton tree" ovvero l'albero del cotone, grazie alla sua infiorescenza chiamata pappo. Il pappo è l'appendice piumosa dei semi avente la funzione di dispersione di questi ultimi per l'azione del vento. I pappi sono composti da cellulosa, come il cotone e sono completamente anallergici contrariamente ai semi.

Fin dall'800 il cotone di pioppo veniva usato come imbottitura per i cuscini, oggi gli usi del cotone di pioppo sono meno conosciuti ma specialmente nel Nord America vengono utilizzati ancora utilizzati come imbottiture per materassi e cuscini o come materiale di isolamento.

La raccolta del cotone di pioppo avviene in seguito all'abbattimento dei pioppi volti alla produzione del legno. Una volta raccolte le capsule che contengono la fibra del cotone, queste vengono sgranate attraverso una ginnatrice che separa la fibra dalla capsula. Per questa ragione, come si vede in tabella (Simapro modellazione), è stato inserito un dato sull'elettricità, che è quella che serve alla sgranatrice per ottenere 1 kg di cotone.

Dalla Tabella 12 si può osservare come l'imbottitura in cotone di pioppo risulti essere molto meno gravosa a livello ambientale rispetto a quella in poliuretano espanso.

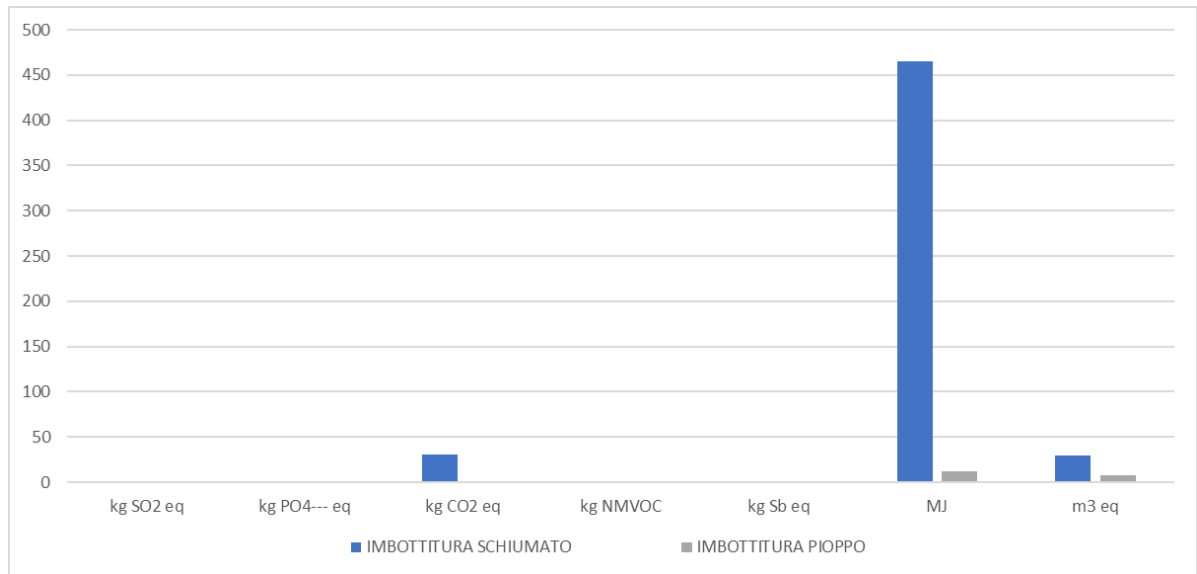


Figura 60 - Confronto Analisi LCA Imbottitura (grande scala)

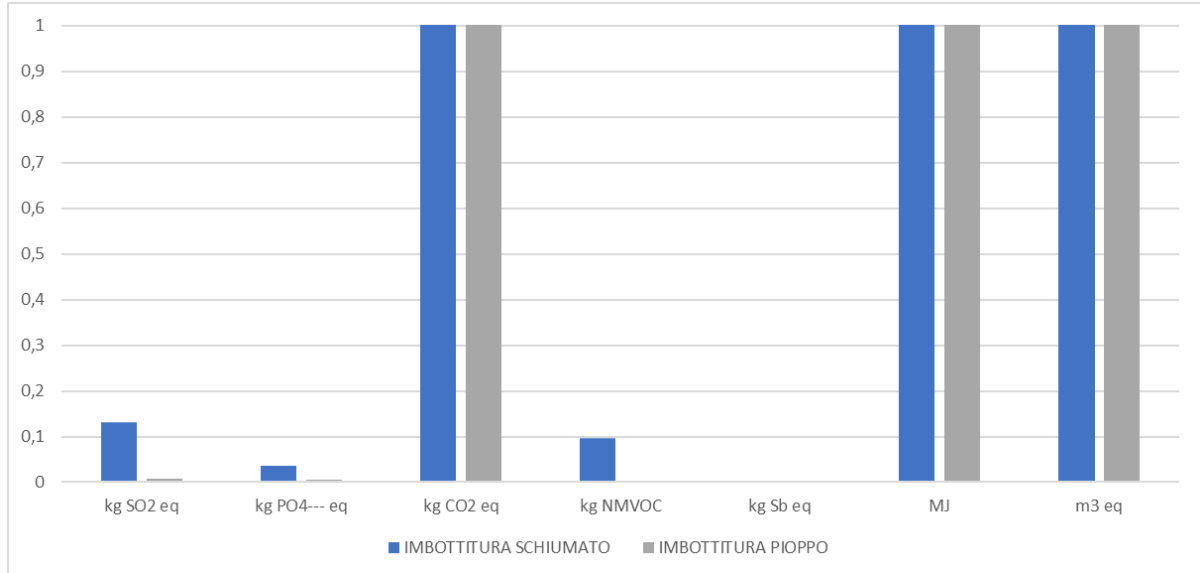


Figura 61 - Confronto Analisi LCA Imbottitura (piccola scala)

+

Tabella 12 - Variazione Percentuale del Modulo Imbottitura (riferimento Imbottitura Schiumato)

| Categoria d'impatto | Unità | Imbottitura SCHIUMATO | Imbottitura PIOPPO | Δ % |
|--|--------------|-----------------------|--------------------|--------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,13090163 | 0,008196468 | -1497% |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,036382635 | 0,004778354 | -661% |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 30,527476 | 1,1055956 | -2661% |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,096298684 | 0,002410729 | -3895% |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,000147373 | 1,15279E-05 | -1178% |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 465,22773 | 11,532676 | -3934% |
| Water scarcity | m3 eq | 29,732348 | 8,107743 | -267% |
| Ozone layer depletion (ODP) (optional) | kg CFC-11 eq | 7,1271E-07 | 1,14051E-07 | -525% |

5.4 ADESIVO A BASE SINTETICA ED ADESIVO A BASE SOIA

Un ulteriore passo che può essere fatto verso la sostenibilità è la sostituzione degli adesivi a base sintetica con degli adesivi a base naturale. Questo seppur abbassi di poco gli impatti nei vari indicatori può comunque essere utilizzato come linea guida per realizzare un progetto che possa essere il più “green” possibile.

Le colle sintetiche infatti sono ampiamente usate, ma la maggior parte dei componenti adesivi presenta elevati rischi per la salute dell'essere umano e per l'ambiente. In alcuni di questi adesivi, ci sono composti che sono classificati come cancerogeni, ad esempio, le resine urea-formaldeide, che sono ampiamente utilizzate come adesivo nelle industrie del legno, causano l'emissione di gas formaldeide cancerogeno.

Al giorno d'oggi, risulta possibile utilizzare adesivi naturali e rispettosi dell'ambiente, quali: la farina di soia e adesivi proteici di soia. Tali adesivi sono grandi potenzialità di applicazione grazie alle loro proprietà di adesione ecologiche e adeguate, ai metodi di preparazione rapidi e semplici e ai prezzi più convenienti.

Gli adesivi innovativi a base di soia, senza emissione di formaldeide, diventano dunque la scelta perfetta per sostituire le resine sintetiche con elevato rischio di cancro nell'uomo.

Le proprietà e le applicazioni della soia dipendono dalla sua composizione chimica ed in alcuni casi, il raggiungimento di un buon adesivo richiede la modifica l'alterazione delle proprietà della soia.

I semi di soia contengono circa il 20% di olio, il 34% di carboidrati, il 40% di proteine e il 4,9% di ceneri. L'olio di soia è composto principalmente da trigliceridi saturi e insaturi, i carboidrati di soia sono costituiti da polisaccaridi complessi comprendenti cellulosa, emicellulosa e pectina. Le proteine di soia sono principalmente proteine di riserva che forniscono aminoacidi durante la germinazione dei semi e la sintesi proteica. Gli aminoacidi della proteina sono collegati da legami di ammidici in catene di poli-peptidi. Le catene poli-peptidiche sono associate e intrecciate con una struttura tridimensionale complicata da legami disolfuro e idrogeno. La maggior parte delle proteine di soia sono globuline, contenenti circa il 25% di aminoacidi acidi, il 20% di aminoacidi basici e il 20% di aminoacidi idrofobici.

In base al contenuto di proteine, i prodotti a base di soia sono classificati come farina, semola e concentrato di proteine (70% in peso di proteine) e isolato di proteine di soia

(minore del 90% in peso di proteine). Gli adesivi a base di soia, sono stati ampiamente utilizzati nella produzione dei compositi in legno dagli anni '30 agli anni '60, presentano molti vantaggi come il basso costo, la facilità di manipolazione e la bassa temperatura della pressa [24].

Nella Tabella 14 possiamo osservare come si è modellato l'adesivo a base all'interno di Simapro: le materie prime che servono a produrre 1 [Kg] di adesivo a base soia sono 0.25 [Kg] di farina fosforilata 0.75 [Kg] di acqua.

La farina fosforilata si ottiene facendo reagire il tricloruro di fosforo $POCl_3$ con la farina di soia (SF), che aumenta la forza legante. Le quantità ottimali per ottenere 1 kg di farina fosforilata sono 0.15 kg di $POCl_3$ e 0.85 kg di farina [25].

Tabella 13 – Variazioni Percentuali delle due Tipologie di Adesivo (riferimento Adesivo a base Sintetica)

| Categoria d'impatto | Unità | Adesivo Sintetico | Adesivo Base Soia | Δ % |
|---------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|--------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,0031 | 0,000148121 | -1965% |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0012 | 0,000300239 | -309% |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,8437 | 0,1005356 | -739% |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,0027 | 0,000139881 | -1856% |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,000011 | 6,54769E-07 | -1639% |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 13,7631 | 0,28180961 | -4784% |
| Water scarcity | m3 eq | 0,5075 | 0,013170854 | -3753% |

Tabella 14 - Adesivo Base Soia Modellato su Simapro

| Nome | Stato | Commento |
|--|---------|----------|
| ADESIVO BASE SOIA | Nessuno | |
| Materiali/assemblaggi | | |
| Water, ultrapure {GLO} market for Cut-off, U | | |
| Soybean {GLO} market for Cut-off, U | | |
| Phosphoryl chloride {RER} market for phosphoryl chloride Cut-off, U | | |

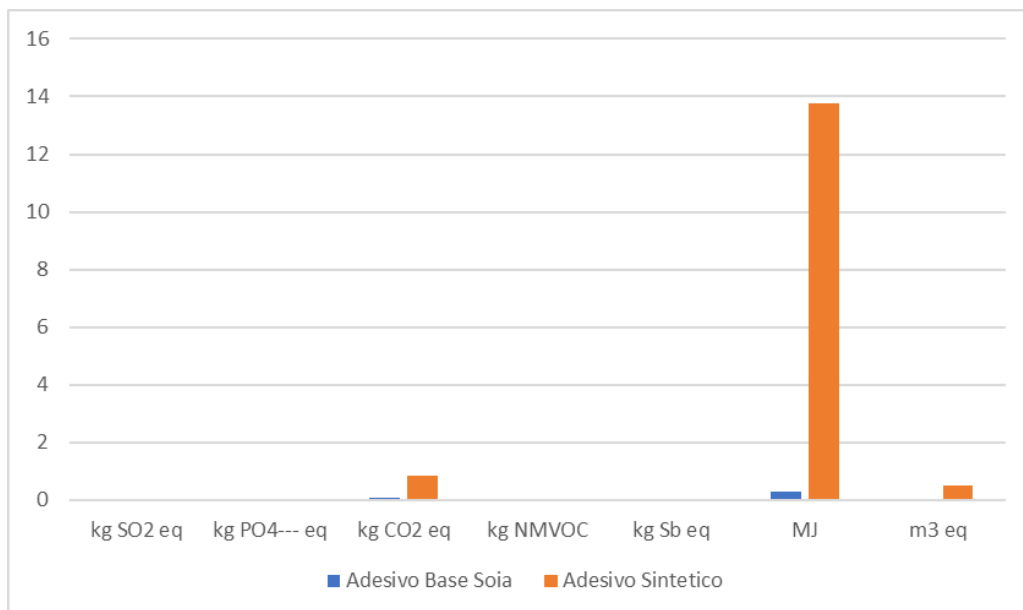


Figura 62 - Confronto Analisi LCA Adesivi (grande scala)

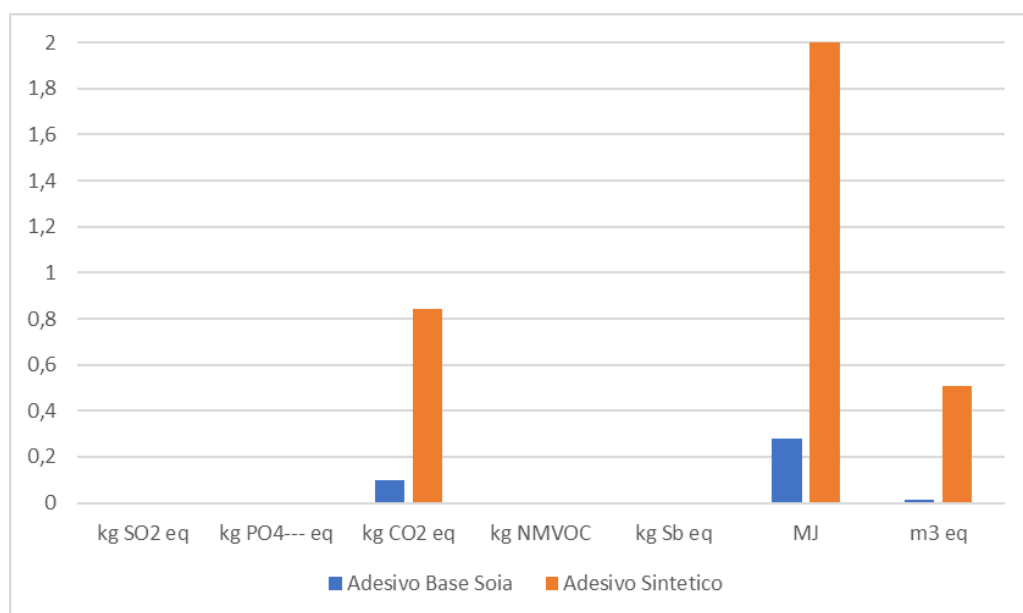


Figura 63 - Confronto Analisi LCA Adesivi (piccola scala)

5.5 SCENARIO DI FINE VITA

Secondo la Commissione europea, l'industria del riciclo diviene sempre più strategica per la riduzione dell'impiego di risorse naturali e per migliorare l'efficienza energetica. Nel Vecchio Continente il settore del riuso produce un fatturato di 24 miliardi di euro grazie a 60 mila imprese che impiegano mezzo milione di addetti. L'UE ospita circa il 50% delle industrie che nel mondo lavorano partendo dai rifiuti [26].

Lo scenario di smaltimento ipotizzato per la poltrona Aida, come riportato nel capitolo precedente, non risulta essere in linea con gli ideali dell'ecodesign e dell'economia circolare, in quanto non va a massimizzare il valore del prodotto nel fine vita.

Attraverso l'applicazione delle linee guida appena indicate si potrebbe andare verso uno scenario diverso. Difatti, l'utilizzo di un'imbottitura in cotone di pioppo potrebbe garantire un semplice disassemblaggio tra quest'ultimo modulo e la struttura in modo da poter riutilizzare, in svariati modi, le parti in legno ed in poliuretano rigido. Nella tipologia di poltrona Aida attuale ciò non è possibile in quanto il poliuretano espanso, ovvero il materiale utilizzato per l'imbottitura della poltrona, risulta essere stampato sulle parti strutturali. Tale configurazione rende difficile o quasi impossibile la separazione dei vari elementi nel fine vita.

Sempre nella fase di fine vita si potrebbero inoltre recuperare tutte le varie parti in metallo come le molle, che potrebbero essere separate dallo spago, ed i bordioni.

Applicate queste indicazioni la fase di fine vita della poltrona ottiene un notevole guadagno da un punto di vista ambientale difatti modellando il tutto all'interno del software Simapro (Figura 64) notiamo come ci sia una diminuzione di tutti gli indicatori come riportato nella Tabella 15. Inoltre, alcuni indicatori sono caratterizzati da un segno meno: questo sta a significare come questo nuovo scenario di fine vita potrebbe avere degli "impatti positivi" sull'ambiente.

Tabella 15 - Confronto Scenari Fine Vita

| Categoria d'impatto | Unità | Scenario di Smaltimento | |
|---------------------------------|--------------|--------------------------|-----------|
| | | Discarica + Inceneritore | Riciclo |
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,035 | 0,004 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,011 | -0,006 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 27 | -4,838 |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,031 | -0,018 |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,0000020 | -0,000012 |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 18,5 | -30,453 |
| Water scarcity | m3 eq | 1,87 | 0,072 |

Figura 64 - Modellazione Scenario Nuovo Scenario Fine Vita

I tipi di materiale e/o rifiuto sono separati dallo stream rifiuto
(Inserisci linea qui)

| | Tipo di Materiale / Rifiuto | Percentuale | Commento |
|--|-----------------------------|-------------|----------|
| Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill APOS, U | Textile | 100 % | |
| Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill APOS, U | Steel | 100 % | |
| Waste wood, untreated (RoW) treatment of, sanitary landfill APOS, U | Wood | 100 % | |
| Waste plastic, mixture (RoW) treatment of waste plastic, mixture, sanitary landfill APOS, U | Plastics | 100 % | |

Flussi di rifiuto rimasti dopo la separazione
(Inserisci linea qui)

| | Percentuale | Commento |
|---|-------------|----------|
| Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill APOS, U | 50 % | |
| Municipal solid waste (waste scenario) (RoW) treatment of municipal solid waste, incineration APOS, U | 50 % | |

L'applicazione delle linee guida, permettendo un più semplice disassemblaggio, potrebbe, oltre a favorire il riciclo della poltrona Aida, anche permettere di riutilizzare delle parti del modulo della struttura, che essendo interne alla poltrona, non dovrebbero subire danni durante la fase d'uso. In questo caso è stato considerato riutilizzabile la Scocca Imbottita Schienale (articolo 134476) ed il Fusto Legno Sedile (articolo 134425). Anche in questo caso, nel bilancio globale di impatto della poltrona, otterremo un notevole guadagno in tutti gli indicatori.

Tabella 16 - Valori Indicatori con il Recupero della Struttura

| Categoria d'impatto | Unità | Totale Poltrona Linee Guida | Totale Poltrona Linee Guida + Recupero Struttura | Δ % |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|-------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 0,82 | 0,45 | -80% |
| Eutrophication | kg PO4 ⁻⁻⁻ eq | 0,43 | 0,29 | -50% |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 136,64 | 41,27 | -231% |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 0,45 | 0,15 | -199% |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,0296 | 0,03 | -2% |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 1361,78 | 461,04 | -195% |
| Water scarcity | m3 eq | 363,49 | 344,01 | -6% |

5.6 RISULTATI

Se tutte le linee guida indicate precedentemente fossero applicate durante la realizzazione della poltrona Aida, si otterrebbe un notevole miglioramento di quelli che sono gli impatti ambientali della poltrona (come visibile negli istogrammi).

L'unico indicatore che mostra una crescita è il potenziale di scarsità d'acqua rappresentato dai metri cubi di acqua equivalenti. Questo accade in quanto la scelta del tessuto al posto della pelle, come detto, comporta un utilizzo maggiore di acqua nel processo che poi porta all'ottenimento del tessuto stesso

Oltre a questo scenario si è però presa in considerazione l'ipotesi dell'applicazione di tutte le linee guida ad eccezione della sostituzione della pelle con un tessuto. L'utilizzo di tale soluzione è dovuto al fatto che la pelle risulta essere un materiale di vanto e di enorme importanza per l'azienda Poltrona Frau. Inoltre, nella fascia di mercato in cui quest'ultima si colloca è indispensabile l'utilizzo di materiali lussuosi come la pelle.

Anche con quest'ultima soluzione, come riportato nella Tabella 17, comunque otteniamo delle ottime riduzioni percentuali in molte categorie.

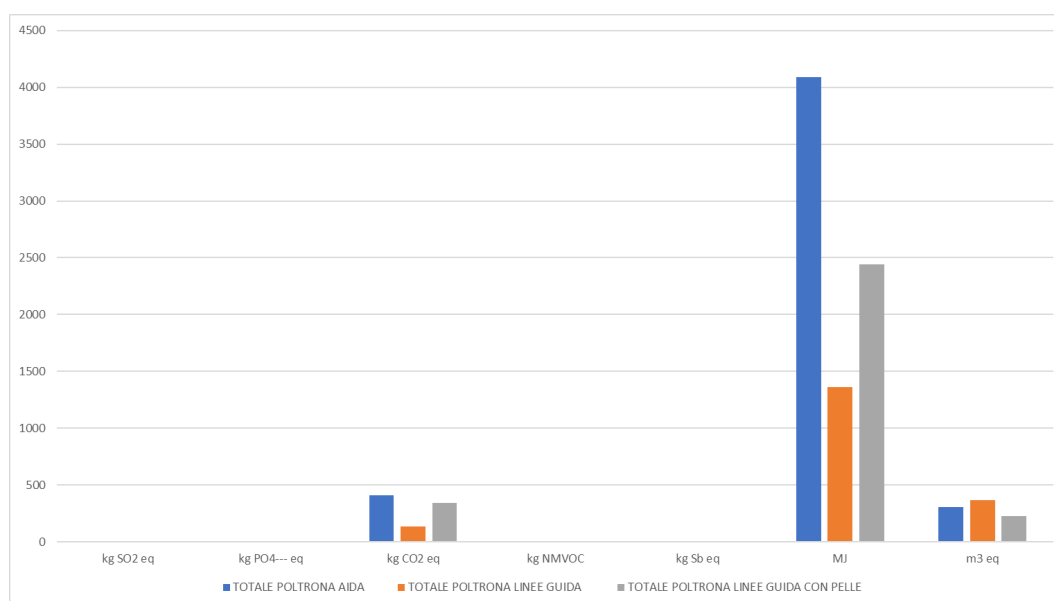


Figura 65 - Confronto Analisi LCA completa (grande scala)

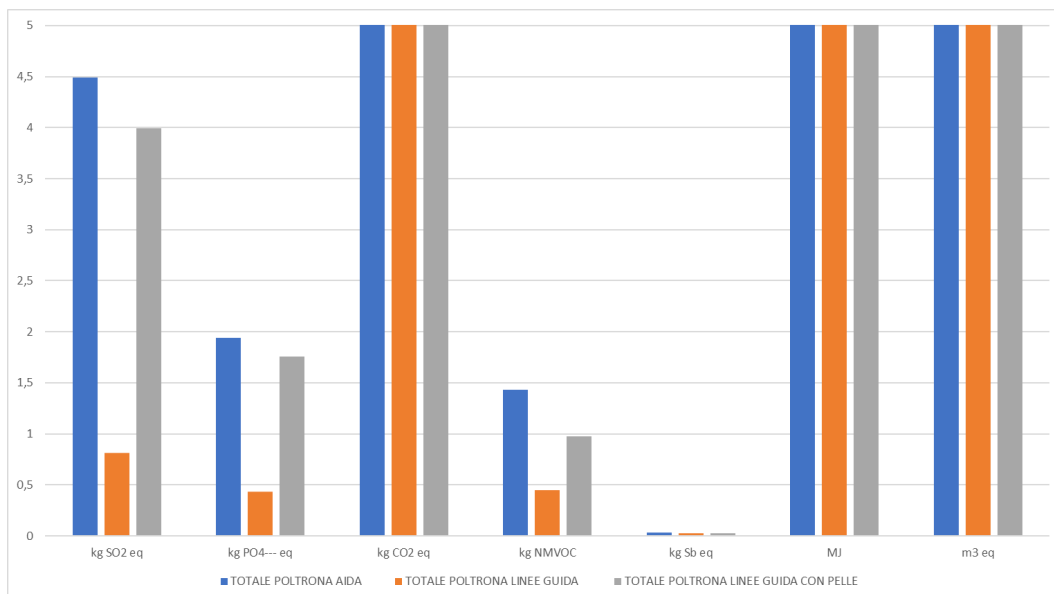


Figura 66 - Confronto Analisi LCA completa (piccola scala)

Tabella 17 - Riduzioni Percentuali dei due Scenari Finali (riferimento alla Poltrona Reale)

| Categoria d'impatto | Unità | Totale Poltrona Aida | Totale Poltrona Linee Guida | Δ % | Totale Poltrona Linee Guida PELLE | Δ % |
|---------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------------|------|
| Acidification (fate not incl.) | kg SO2 eq | 4,49 | 0,82 | -390% | 3,99 | -13% |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,94 | 0,43 | -305% | 1,76 | -10% |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 411,67 | 136,64 | -148% | 339,30 | -21% |
| Photochemical oxidation | kg NMVOC | 1,43 | 0,45 | -120% | 0,98 | -47% |
| Abiotic depletion, elements | kg Sb eq | 0,03 | 0,03 | 0,3% | 0,03 | -5% |
| Abiotic depletion, fossil fuels | MJ | 4087,66 | 1361,78 | -79% | 2444,32 | -67% |
| Water scarcity | m3 eq | 305,00 | 363,49 | 37% | 227,28 | -34% |

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questa tesi era identificare una possibile soluzione innovativa in grado di minimizzare gli impatti sull'ambiente e sull'uomo di un prodotto già esistente: una poltrona di design. A tal fine, è stata svolta una Valutazione del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment, LCA) della poltrona con l'attuale design per identificare i materiali e i processi che contribuiscono maggiormente agli impatti ambientali.

Dai risultati della Valutazione del Ciclo di Vita, si evince che la poltrona con il design attuale è realizzata con materiali e processi che provocano degli effetti dannosi per l'ambiente e per la salute umana. Tali materiali provengono da fonti non rinnovabili, come ad esempio il poliuretano espanso che è un derivato del petrolio.

Nei processi di produzione vengono impiegati degli elementi che rilasciano nell'ambiente sostanze tossiche, come si è visto per la resina di urea formaldeide che è tra i maggiori responsabili degli impatti ambientali.

Nel corso della tesi sono stati analizzati vari materiali ritenuti maggiormente sostenibili ed è stata ipotizzata una nuova proposta progettuale per migliorare le performance ambientali della poltrona senza variarne tuttavia il design. Sono dunque state sostituite le materie prime che contribuiscono maggiormente all'impatto con altri materiali più sostenibili. Inoltre, sono state analizzate varie tipologie costruttive e varie combinazioni di materiali, nei diversi moduli, provenienti da poltrone diverse ma sempre realizzate da Poltrona Frau.

Nel confronto della poltrona Aida con la poltrona Archibald e con la Vanity Fair è emerso prevalentemente quanto l'utilizzo di una struttura di legno e l'utilizzo di un "molleggio tradizionale" possano andare a ridurre quelli che sono gli impatti ambientali.

Nell'analisi dei materiali invece si sono individuate alcune alternative a quelli che erano gli elementi di maggiore impatto come l'utilizzo del tessuto al posto della pelle o come la progettazione di un'imbottitura in cotone di pioppo che eliminerebbe il poliuretano espanso. Inoltre, si è cercato di sostituire il poliuretano rigido nella Scozza Imbottita Schienale attraverso altri materiali come il PVC o il legno.

Come ultima analisi si è cercato di prevedere un nuovo scenario di smaltimento in cui la poltrona potesse essere in parte smontata e riciclata, evitando che vada tutta in discarica o che vada incenerita, andando così ad aumentare quello che è il valore della poltrona nella fase di fine vita.

In conclusione, in questo studio oggetto di tesi, si è cercato di dare delle soluzioni innovative e linee guida per la realizzazione di una poltrona il più possibile ecosostenibile. Si sottolinea che, anche se, quanto detto non tiene conto di nessun'analisi economica e di nessun vincolo di progettazione imposto, rappresenta un buon punto di partenza per possibili analisi future.

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento al Prof. Michele Germani per avermi dato l'opportunità di svolgere questo lavoro di tesi, per la disponibilità e professionalità dimostrata e per l'ottimo consiglio nella scelta del tirocinio.

Vorrei ringraziare la Prof.ssa Marta Rossi per avermi guidato nel percorso di tirocinio e per i suoi preziosi consigli.

Vorrei ringraziare Giandomenico Serboni e Marco Fabrizi che sono stati il mio punto di riferimento per tutta la durata del tirocinio e mi ha aiutato nelle analisi, nella raccolta dati e nell'elaborazione dei risultati del progetto Poltrona Frau.

Ringrazio gli amici dell'università per l'aiuto reciproco e con i quali ho condiviso momenti indimenticabili in questi ultimi cinque anni.

Un ringraziamento speciale alla mia famiglia che con i loro sacrifici e il loro supporto mi hanno sempre sostenuto permettendomi di raggiungere questo traguardo importante.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://blog.ecolstudio.com/life-cycle-assessment-analisi-ciclo-vita-cosa-e-a-cosa-serve/>
- [2] <https://asvis.it/notizie/929-3943/unep-il-consumo-di-risorse-e-insostenibile-e-aumenta-del-32-ogni-anno>
- [3] <https://www.italiachecambia.org/2020/06/sostenibilita-ambientale/>
- [4] <http://www.parchiperkyoto.it/index.php/il-progetto/protocollo-di-kyoto/>
- [5] <https://erionpervoi.it/it/news-iniziative/come-nasce-il-termine-sostenibilita/>
- [6] https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/national_strategy_for_circular_economy_11_2017_it1.pdf
- [7] <https://circulareconomynetwork.it/2021/07/20/eurostat-italia-virtuosa-per-consumo-materie-prime-e-produttivita/>
- [8] <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/#>
- [9] <https://www.innovationpost.it/2021/08/12/sostenibilita-ambientale-che-cosa-significa-e-che-cose-lagenda-2030/>
- [10] <https://ventitrenta.it/la-sostenibilita/>
- [11] <https://www.bureauveritas.it/newsroom/sostenibilita-aziendale-chiave-interpretare-al-meglio-il-futuro>
- [12] <https://economiecircolare.confindustria.it/ecodesign-levoluzione-della-progettazione/>
- [13] https://www.okpedia.it/ciclo_di_vita_dei_materiali
- [14] SETAC. (1993). *A Conceptual Framework for Life Cycle Assessment*, workshop record, Sandestin, Florida, February 1992.
- [15] <https://biblus.acca.it/metodologia-lca-life-cycle-assessment/>
- [165] Pré Consultants. (2013). <http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>. Tratto da www.pre-sustainability.com
- [17] Pré Consultants. (2010). Introduction to LCA with SimaPro 7
- [18] ISO. (2006a). UNI EN ISO 14040. Environmental management, Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Ginevra: International Organization for Standardization (ISO)
- [19] <https://www.certifico.com/newsletter/archive/view/listid-27-normazione/mailid-37522-tutte-le-norme-ambientali-uni-iso-della-serie-14000-rev-2019>
- [20] https://openreplypoltronafrau.s3.amazonaws.com/prod/poltronafrau/contentmanager/content/brochure/POLTRONA_FRAU_MUSEUM2016.pdf
- [21] https://it.wikipedia.org/wiki/Poltrona_Frau
- [22] <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20201208STO93327/1-impatto-della-produzione-e-dei-rifiuti-tessili-sull-ambiente-infografica>
- [23] ByPell by EMM

[24] Ghahri S., Mohebbi B., Soybean as Adhesive for Wood Composites: Applications and Properties, in Intech Open science, 2016

[25] <https://webthesis.biblio.polito.it/6732/1/tesi.pdf>

[26] <https://ares20.it/portfolio/il-fine-vita-dei-prodotti/>