



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

**LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE NEL CONTESTO  
INDUSTRIALE: DEFINIZIONE DI METODI A  
SUPPORTO DELL'ECO-PROGETTAZIONE**

**Environmental sustainability in industrial contexts: definition  
of methods to support eco-design**

Relatore:

**Prof. Michele Germani**

Correlatore:

**Ing. Marta Rossi**

Tesi di laurea di:

**Nicola Palazzo**

Anno Accademico 2019/2020

*Alla mia famiglia*

# Indice

## Introduzione

<b>Capitolo 1 – <i>Ecodesign: stato dell'arte</i></b>	<b>1</b>
<b>1.1 Principi e strategie di ecodesign</b>	<b>3</b>
1.1.1 Strategie di ecodesign	3
<b>1.2 Valutazione del ciclo di vita</b>	<b>8</b>
1.2.1 Origini e sviluppo della metodologia LCA	9
1.2.2 Contesto normativo di riferimento	10
1.2.3 Fasi dell'analisi LCA	11
1.2.3.1 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione	12
1.2.3.2 Analisi di inventario	14
1.2.3.3 Valutazione degli impatti ambientali	15
1.2.3.4 Interpretazione dei risultati e analisi di miglioramento	16
<b>Capitolo 2 – <i>Metodologia di progettazione</i></b>	<b>17</b>
<b>2.1 Introduzione alla metodologia</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Fasi della metodologia</b>	<b>18</b>
2.2.1 Definizione del problema	20
2.2.2 Componenti del problema	20
2.2.3 Raccolta dati	21
2.2.4 Analisi dati	22
2.2.5 Sintesi e creatività	23
2.2.6 Materiali e tecnologie	23
2.2.7 Sperimentazione	24
2.2.8 Modello	24
2.2.9 Verifica	25
2.2.10 Soluzione del problema	25

<b>Capitolo 3 – <i>Caso di studio</i></b>	<b>26</b>
<b>3.1 Nuova Simonelli: la storia dell’azienda</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Applicazione della metodologia</b>	<b>31</b>
3.2.1 Raccolta dati	32
3.2.2 Analisi dati	33
3.2.3 Sintesi e creatività	38
3.2.3.1 Individuazione delle criticità progettuali e stesura di regole di eco progettazione	39
3.2.4 Materiali e tecnologie	52
3.2.4.1 Processo di progettazione nella Nuova Simonelli	52
3.2.4.2 Strumenti	55
<b>Capitolo 4 – <i>Risultati e discussione</i></b>	<b>61</b>
<b>4.1 Questionario di valutazione</b>	<b>61</b>
<b>4.2 Configurazioni alternative degli strumenti</b>	<b>62</b>
<b>Conclusioni</b>	<b>66</b>
<b>Appendice A</b>	<b>68</b>
<b>Appendice B</b>	<b>71</b>
<b>Bibliografia e sitografia</b>	<b>74</b>

## Indice delle figure

<b>Figura 1.1</b> – Esempi applicativi di ecodesign	2
<b>Figura 1.2</b> – Strategie di eco progettazione distribuite per fasi del ciclo vita	4
<b>Figura 1.3</b> – Fasi della valutazione del ciclo di vita del prodotto	11
<b>Figura 2.1</b> – Metodologia proposta	19
<b>Figura 3.1</b> – Macchina da caffè “1936” di Simonelli	29
<b>Figura 3.2</b> – A sinistra viene mostrata una macchina da caffè tradizionale. Al centro, una super automatica. A destra, una macinacaffè	32
<b>Figura 3.3</b> – Modello CAD del componente coprigruppo della macchina da caffè VA358	40
<b>Figura 3.4</b> – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “coprigruppo”	41
<b>Figura 3.5</b> – Modello CAD del componente carena retro della macchina da caffè VA358	42
<b>Figura 3.6</b> – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “carena retro”	43
<b>Figura 3.7</b> – Modello CAD del componente fianco laterale della macchina da caffè VA358	44
<b>Figura 3.8</b> – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “fianco laterale”	45
<b>Figura 3.9</b> – Modello CAD del componente basamento portante della macchina da caffè VA358	46
<b>Figura 3.10</b> – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “basamento portante”	47
<b>Figura 3.11</b> – Modello CAD del componente parete portagruppi della macchina da caffè VA358	48
<b>Figura 3.12</b> – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “parete portagruppi”	49

<b>Figura 3.13</b> – Modello CAD del componente fianco telaio della macchina da caffè VA358	50
<b>Figura 3.14</b> – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “fianco telaio”	51
<b>Figura 3.15</b> – Fase di pre progettazione	53
<b>Figura 3.16</b> – Fase di progettazione	54
<b>Figura 3.17</b> – Diagramma di flusso relativo all’alluminio	58
<b>Figura 3.18</b> – Diagramma di flusso relativo all’acciaio INOX	59
<b>Figura 3.19</b> – Diagramma di flusso relativo all’acciaio al carbonio	60
<b>Figura 4.1</b> – Diagramma a barre degli impatti dei materiali calcolati a parità di volume, alternativo alla Tabella 3.4	62
<b>Figura 4.2</b> – Diagramma a barre degli impatti dei materiali calcolati a parità di peso	63
<b>Figura 4.3</b> – Diagramma a barre alternativo al diagramma di flusso di Figura 3.17	64
<b>Figura 4.4</b> – Diagramma a barre alternativo al diagramma di flusso di Figura 3.18	64
<b>Figura 4.5</b> – Diagramma a barre alternativo al diagramma di flusso di Figura 3.19	65

## Indice delle tabelle

<b>Tabella 3.1</b> – Risultato della revisione dell’analisi LCA della macchina da caffè tradizionale Eagle One	35
<b>Tabella 3.2</b> – Risultato della revisione dell’analisi LCA della macchina da caffè tradizionale Eagle One	36
<b>Tabella 3.3</b> – Risultato della revisione dell’analisi LCA della macchina da caffè tradizionale Eagle One	37
<b>Tabella 3.4</b> – Impatti ambientali dei materiali per categorie d’impatto	56

# Introduzione

Le aziende sono costantemente sollecitate a tenere il passo con le esigenze dei consumatori e con i nuovi prodotti lanciati sul mercato dai loro concorrenti. Ciò mentre si occupano di gestire il rischio intrinseco costituito dal lanciare sul mercato prodotti creati con nuovi metodi di produzione e nuovi design.

Per avere successo è essenziale investire in ricerca e sviluppo, compiere investimenti strategici mirati e valutare le opportunità di riduzione dei costi. Le ambizioni odierne comprendono non soltanto la crescita economica, ma anche obiettivi di sostenibilità. Quest'ultima non è una sfida da poco. Il fine è preservare il pianeta, in un'epoca storica in cui i problemi che lo affliggono sono essenzialmente di origine umana e in gran parte dovuti proprio alla produzione industriale e al consumismo.

Il 'climate change' non è altro che una conseguenza del comportamento irresponsabile che l'uomo ha avuto fino ad ora nei confronti dell'ecosistema terrestre. Il mondo del caffè non è immune da questa responsabilità poiché tutte le fasi della sua filiera hanno un impatto ambientale. Ogni macchina da caffè, in base ai materiali utilizzati, ai processi produttivi richiesti, alla localizzazione delle fasi produttive e del mercato di riferimento, ai consumi, può avere un impatto ambientale più o meno elevato. Si rende necessario dunque, anche in tale settore, provare a correggere quelle pratiche che non sono propriamente eco sostenibili.

Su questo fronte Nuova Simonelli da diversi anni è attiva, avendo avviato, attraverso una stretta collaborazione con i ricercatori dell'Università Politecnica delle Marche, una serie di ricerche con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale delle proprie macchine da caffè espresso professionali.

Il presente lavoro di tesi si inserisce dunque in un contesto di ricerca volto alla riduzione degli impatti ambientali di macchine da caffè espresso professionali. L'obiettivo è quello di individuare e proporre soluzioni nuove e più sostenibili, passando per la revisione dei



lavori dell'azienda al fine di rintracciarne le principali criticità, fino a studiare alternative progettuali sfruttando le conoscenze in materia di ecodesign.

Nel primo capitolo viene introdotto il concetto stesso di ecodesign, dando risalto all'integrazione dei criteri di protezione ambientale ed ecosostenibilità nell'intero ciclo di vita di un prodotto. In secondo luogo, viene data rilevanza al Life Cycle Assessment, il principale strumento metodologico standardizzato a livello internazionale che permette di quantificare i potenziali effetti sull'ambiente e sulla salute umana associati ad un bene, un servizio o un'attività.

Nel secondo capitolo viene definita una metodologia per l'implementazione dell'ecodesign nel contesto industriale. La metodologia è ispirata al principio del problem solving. Consta di dieci fasi che vanno dalla definizione del problema progettuale alla sua soluzione, passando per una minuziosa raccolta, successiva analisi e sintesi dei dati del problema, cui seguono le fasi di identificazione dei materiali e delle tecnologie, sperimentazione delle soluzioni, definizione di modelli o prototipi e verifica degli stessi.

Nel terzo capitolo è proposta l'applicazione di tale metodologia al caso di studio Nuova Simonelli.

Il problema risiede nella necessità di realizzare macchine da caffè professionali che abbinino alle esigenze di design e prestazioni anche requisiti di ecosostenibilità. Si è reso necessario dettagliare e circoscrivere il problema. Ciò ha richiesto innanzitutto una raccolta e successiva analisi dei dati disponibili. È stata creata una mappatura dei componenti delle macchine da caffè realizzate in passato al fine di calcolare l'impatto ambientale di ognuno di essi e quindi individuare le principali criticità progettuali, in maniera tale da avviare un processo di sintesi e così facilitare la definizione di regole eco progettuali da fornire ai progettisti. Lo step successivo ha riguardato la creazione di strumenti di eco progettazione, ideati con lo scopo di guidare i progettisti nella scelta di materiali e tecnologie a basso impatto con cui realizzare sotto assiemi o componenti.

Nel quarto ed ultimo capitolo sono infine presentati i risultati derivanti dall'applicazione della metodologia proposta ed in particolare relativi all'impiego delle regole e all'utilizzo degli strumenti di eco progettazione ideati.

# Capitolo 1

## *Ecodesign: stato dell'arte*

A partire dalla seconda metà degli anni '80, le tematiche ambientali, legate alla insostenibilità degli stili di vita, di produzione e di consumo, all'eccessivo sfruttamento delle risorse ambientali ed energetiche, all'inquinamento e al cambiamento climatico, sono salite alla ribalta del dibattito economico e sociopolitico della comunità internazionale, avviando un processo di forte sensibilizzazione che ha investito le istituzioni, le imprese e i consumatori.

In tale contesto si inserisce l'ecodesign, una filosofia o approccio metodologico che consiste nell'integrare criteri di protezione ambientale ed ecosostenibilità nella progettazione e nello sviluppo di un prodotto o di un servizio.

Tale approccio fornisce un nuovo punto di vista nel processo di progettazione di un prodotto, affermando di fatto la necessità di integrare i criteri ambientali nei requisiti di progettazione di base del prodotto stesso, quali costi, utilità, estetica, affidabilità, sicurezza, e così via. Integrare gli aspetti della sostenibilità nell'intero ciclo di vita, dall'ideazione al processo di produzione fino all'utilizzo e smaltimento, ha per scopo la riduzione al minimo dell'impatto ambientale del prodotto, tenendo conto dei materiali utilizzati, dei processi di produzione e della sua durata nel tempo.

Da questo punto di vista, l'ecodesign supporta l'intero ciclo di vita del prodotto in una prospettiva di economia circolare, risparmiando e ottimizzando al meglio le risorse naturali.

Scegliere l'ecodesign significa dunque sostenere una scelta etica per la conservazione delle risorse del pianeta e per la sua sopravvivenza.



**Figura 1.1** – Esempi applicativi di eco-design

Valutare e migliorare l'impatto ambientale di un prodotto durante l'intero ciclo di vita può risultare in alcuni casi un'operazione piuttosto articolata soprattutto per prodotti complessi, caratterizzati cioè da molteplici componenti e materiali.

A tale riguardo, è importante definire le strategie di intervento e gli obiettivi che ci si pone di raggiungere, come ad esempio la riduzione del consumo di risorse ambientali, l'impiego di materiali derivanti da risorse rinnovabili o dal riuso e riciclo di altri prodotti, la riduzione della produzione di rifiuti, dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti.

Dal momento che ogni prodotto, processo o attività comporta estrazione e uso di materie prime, uso di risorse ed energia, trasporti, operazioni di smaltimento e così via, generando emissioni di CO<sub>2</sub>, definire le modalità di intervento più opportune non è affatto immediato, semplicemente perché occorre capire dove si determinano i maggiori impatti ambientali del prodotto.

L'approccio metodologico della LCA – Life Cycle Assessment – interviene in aiuto consentendo di quantificare l'impatto ambientale di un prodotto, processo o servizio lungo l'intero ciclo di vita.

In sostanza, tale approccio fonda le sue radici sul principio per il quale un prodotto va seguito e analizzato in ogni fase della sua vita, dalla culla alla tomba, da quando è fabbricato a quando è smaltito, in quanto ogni azione associata ad una fase può avere riflessi su quelle precedenti o successive e porta con sé un carico ambientale.

## 1.1 Principi e strategie di eco design

Aiutare a prevenire, ridurre o minimizzare l'impatto ambientale di un prodotto, associato al suo intero ciclo di vita, è il principale obiettivo delle diverse strategie in materia di eco design. Sulla base di esse è semplice estrapolare considerazioni o vere e proprie regole che andrebbero applicate durante lo sviluppo di un nuovo prodotto. Ognuna di tali strategie presenta infatti dei principi applicabili ad ogni fase del processo di trasformazione del prodotto. Ad ogni modo, è bene ricordare che tutte le strategie sviluppate in materia di eco design derivano da due premesse fondamentali, di cui la prima è la necessità di ridurre il consumo di risorse, quali materie prime, componenti, energia, e così via, e la seconda è l'esigenza di ridurre o minimizzare la creazione di rifiuti.

### 1.1.1 Strategie di eco design

Ogni prodotto è diverso dagli altri. Ciascuno ha la propria storia, partendo dalla sua ideazione, passando attraverso l'intero processo creativo fino al settore di applicazione finale. In tale ottica, ogni prodotto presenta esigenze diverse. Ed è per tale ragione che le strategie di eco design da implementare devono essere scelte in funzione della natura del prodotto.

È possibile separare la metodologia di implementazione delle strategie in quattro livelli distinti [1]:

1) *ideazione*;

2) *produzione*;

3) *applicazione*;

4) *fine ciclo di vita*.

Ciascuno dei precedenti livelli ingloba differenti strategie di eco progettazione a seconda della fase del ciclo vita corrispondente, così come mostrato nella figura seguente.



Figura 1.2 – Strategie di eco progettazione distribuite per fasi del ciclo vita

### *Strategia 1 - Nuovo concetto*

La strategia del “Nuovo concetto” è legata alla fase di ideazione, una delle più importanti dell’intero processo. È in tale fase che si definiscono le scelte riguardanti l’utilizzo di strategie di eco design. Occorre operare un’attenta riflessione sulla quantità di risorse che saranno utilizzate nel “sistema prodotto”. Inoltre si dovrà anche tenere in considerazione il ruolo giocato dal prodotto stesso.

All’interno di tale strategia, è possibile adottare diverse indicazioni, tra le quali si hanno:

- la dematerializzazione, ovvero la riduzione della quantità di materia necessaria per soddisfare la funzione del prodotto;
- la multifunzionalità, ossia l’integrazione di nuove funzionalità nel prodotto, il quale risulterà così essere utile per diverse funzioni senza necessitare di alcuna modifica, moltiplicando le sue possibilità di utilizzo;
- la condivisione del prodotto, per favorire la massimizzazione del suo utilizzo;

- la capacità del prodotto di soddisfare i bisogni generati da un servizio, che sostituisce l'utilizzo di un prodotto.

### *Strategia 2 - Utilizzo di materiali a basso impatto*

L'obiettivo di tale strategia è quello di ridurre quanto più possibile l'impatto ambientale legato all'utilizzo di materiali, passando attraverso una selezione degli stessi. A tal fine, ad esempio è possibile utilizzare le seguenti linee guida:

- evitare materiali e additivi che possano danneggiare lo strato di ozono;
- evitare materie prime e componenti ad elevato utilizzo di energia;
- individuare materiali alternativi a quelli a rischio di esaurimento.

Diverse sono le indicazioni che possono essere adottate in questo caso. Alcuni esempi sono di seguito riportati:

- utilizzo di materiali derivati da fonti naturali;
- impiego di materiali riciclabili;
- impiego di materiali privi di sostanze pericolose;
- utilizzo di materiali ottenuti mediante processi ecologici;
- impiego del minor numero possibile di materiali diversi.

L'estremizzazione dell'ultima delle precedenti regole riguarda lo sviluppo di un prodotto con un solo materiale. Ciò ovviamente semplifica enormemente sia il processo di produzione che il riciclaggio del materiale al termine del ciclo di vita.

### *Strategia 3 - Riduzione dei materiali*

Si tratta in poche parole di minimizzare le quantità di materia prima o componenti utilizzati nel processo di produzione di un prodotto. Per ottenere una ottimizzazione del quantitativo di materiale impiegato, si possono seguire le seguenti indicazioni:

- ottimizzare peso e volume;

- considerare la possibilità di utilizzare sistemi pieghevoli o sistemi di impilaggio;
- cercare di ridurre quanto più possibile il numero di componenti che non aggiungono alcun valore al prodotto finale.

#### *Strategia 4 - Ottimizzazione della produzione*

La strategia presente si riferisce alla valutazione del processo di produzione del prodotto, al fine di cercare di minimizzarne l'impatto ambientale. Le raccomandazioni che possono essere seguite a tal fine sono:

- cercare di evitare processi aggiuntivi, quali quelli di taglio, rimozione di frammenti, levigatura, lucidatura, saldatura e così via;
- utilizzare, per quanto possibile, processi informatizzati.

Diverse sono inoltre le sotto strategie che possono essere adottate, come ad esempio:

- la riduzione del numero di processi di produzione;
- l'utilizzo di tecniche e metodi di produzione alternativi, più economici e più puliti;
- la riduzione del consumo di energia, associata alla valutazione della possibilità di integrare energia ottenuta da fonti rinnovabili;
- la riduzione dei rifiuti e degli sprechi, aumentando la durata di vita del prodotto e dei suoi componenti attraverso il riciclaggio e il riutilizzo continuo.

#### *Strategia 5 - Ottimizzazione del sistema di distribuzione*

L'ottimizzazione del sistema di distribuzione prevede la massima riduzione possibile dell'impatto derivante dall'utilizzo dei mezzi di trasporto e degli imballaggi, tenendo conto per questi ultimi delle quantità e tipologie di materiali impiegati per realizzarli, della loro successiva gestione ed eventuale recupero. A tale scopo, si possono seguire le seguenti linee guida:

- inviare il prodotto smontato, in modo che l'assemblaggio venga effettuato a destinazione;
- valutazione e ottimizzazione della fase di carico (su autocarro, container, ecc.);
- valutazione e ottimizzazione dei percorsi stradali da seguire (nel processo di consegna);
- utilizzo di imballaggi riutilizzabili;
- uso di imballaggi a basso impatto e di facile gestione.

All'interno di tale strategia, è possibile adottare diverse sotto strategie, quali ad esempio:

- la minimizzazione della quantità di materiale di imballaggio impiegata;
- la riduzione del peso del prodotto;
- l'ottimizzazione del volume occupato in stoccaggio e trasporto;
- la scelta di materiali a basso impatto;
- la propensione ad utilizzare veicoli e mezzi di trasporto a basso impatto.

Ovviamente, compattare il più possibile e realizzare design intelligenti per forme e dimensioni consente di risparmiare materiale e diminuire i consumi legati al trasporto.

### *Strategia 6 - Riduzione dell'impatto ambientale durante l'uso*

Tale strategia si basa su un approccio che considera l'utilizzo futuro del prodotto e la sua manutenzione. Per garantire una riduzione dei consumi associati all'uso del prodotto e legati ad operazioni di manutenzione durante il ciclo di vita, è possibile adottare le seguenti indicazioni:

- progettare il prodotto in modo da facilitarne l'accessibilità per eseguire interventi di manutenzione;
- progettare il prodotto in modo da minimizzare il numero di interventi di manutenzione eventualmente necessari;
- valutare l'opportunità di eseguire interventi di manutenzione utilizzando prodotti o processi a basso impatto;



- riduzione del consumo di energia necessaria per utilizzare il prodotto;
- valutare fonti di energia alternative per alimentare il prodotto.

### *Strategia 7 - Ottimizzazione del ciclo di vita*

L'obiettivo di tale strategia è quello di cercare di aumentare il più possibile la durabilità di un prodotto, garantendone al contempo la funzionalità. Allungare quanto più possibile il ciclo di vita del prodotto mantenendo elevate affidabilità e durata garantisce l'ecosostenibilità dello stesso. Infatti, un oggetto risulta tanto più rispettoso dell'ambiente quanto più la sua durata è lunga, poiché più è lungo il suo ciclo, tanto più tempo passerà prima della sua sostituzione.

Questa strategia la si può implementare semplicemente adottando materiali e design che durano nel tempo.

### *Strategia 8 - Ottimizzazione del fine vita*

Quest'ultima strategia si basa sulla riduzione dell'impatto finale del prodotto che, giunto ormai al fine vita, deve essere trattato e gestito come rifiuto. È possibile adottare le seguenti raccomandazioni:

- progettare e realizzare prodotti smontabili con semplicità, e dunque rapidamente;
- fornire istruzioni per lo smontaggio e la separazione dei componenti;
- fornire manuali per la gestione del prodotto come rifiuto, con il fine di assicurare uno smaltimento facile e sicuro.

## **1.2 Valutazione del ciclo di vita**

Le aziende d'oggi tendono ad accontentarsi sempre meno di adottare semplici strategie di prevenzione dell'inquinamento e sistemi di gestione ambientale per migliorare le proprie prestazioni, ma ambiscono all'obiettivo dell'eco efficienza e della qualità globale.

Ovviamente, il perseguimento di questi obiettivi comporta nuovi modi di pensare e di operare all'interno delle aziende stesse: il progetto e la produzione di nuovi prodotti dovrà necessariamente essere accompagnato dalla “valutazione del loro ciclo di vita”.

Riprendendo la definizione elaborata dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) nel 1993, la “valutazione del ciclo di vita” o LCA - Life Cycle Assessment - è un procedimento oggettivo che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente, e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti. L'analisi riguarda l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla culla alla tomba, dunque dall'estrazione e trattamento delle materie prime, alla produzione, trasporto e distribuzione del prodotto, al suo uso, riuso e manutenzione, fino al riciclo e allo smaltimento finale.

### **1.2.1 Origini e sviluppo della metodologia LCA**

Le origini del Life Cycle Assessment possono essere rintracciate negli anni '60, quando alcuni ricercatori che si occupavano del problema del consumo di risorse e della generazione di rifiuti nei processi industriali, decisero di studiare i sistemi produttivi da un punto di vista ambientale seguendo il cammino percorso dalle materie prime, a partire dalla loro estrazione, passando per la trasformazione e il trasporto, fino alla loro conversione in rifiuti. Ben presto, tale metodologia iniziò ad essere utilizzata anche al di fuori del settore industriale.

L'evento che si ritiene abbia dato vita alle fondamenta dell'attuale metodologia è da rintracciarsi negli USA degli anni '70 [2], quando l'Agenzia per l'ambiente EPA (Environmental Protection Agency) decise di promuovere le indagini REPA (Resource and Environmental Profile Analysis) finalizzate per la prima volta a studiare e confrontare il ciclo di vita dei principali materiali utilizzati nelle grandi produzioni industriali, come Coca Cola e Mobil Chemical Company.

Grazie a tutto ciò, vennero messe le basi della attuale metodologia LCA che da allora divenne strumento di supporto per l'analisi ed il miglioramento delle attività produttive.

Alla fine degli anni '80 esisteva però una situazione di enorme confusione, in quanto rapporti riguardanti LCA condotte sugli stessi prodotti contenevano spesso risultati contrastanti, basati su dati, metodi e terminologie differenti. La scarsa uniformazione delle valutazioni, fece presto emergere la necessità di una metodologia univoca e standardizzata.

Nel 1993, durante il congresso della SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) di Vermont in Canada venne finalmente coniato il termine LCA - Life Cycle Assessment - per definire, caratterizzare ed unificare in maniera univoca gli obiettivi delle analisi sul ciclo di vita [2].

## **1.2.2 Contesto normativo di riferimento**

La necessità di disporre di una metodologia univoca e standardizzata, vista la situazione di confusione data dal gran numero di approcci metodologici, nonché la conseguente scarsa uniformità delle valutazioni, spinse nel giugno 1993 l'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO) ad istituire il Comitato Tecnico 207, il cui obiettivo era quello di sviluppare norme e regole internazionali per la gestione ambientale. Si giunge così alla definizione delle norme della serie EN UNI ISO 14000.

Esse possono essere suddivise in due sezioni, di cui la prima contiene le norme relative ai sistemi di gestione ambientale, mentre la seconda contiene le norme relative alla gestione ambientale di prodotto.

La prima versione delle norme ISO è stata oggetto di successivi cambiamenti, l'ultimo dei quali nel 2006.

Attualmente, il riferimento normativo internazionale per lo sviluppo degli studi LCA è rappresentato principalmente dalle seguenti norme:

- UNI EN ISO 14040 [3], che fornisce in un quadro generale le pratiche, le applicazioni e le limitazioni dell'LCA, ed è destinata ad una vasta gamma di potenziali utenti e parti interessate, anche con una conoscenza limitata della valutazione del ciclo di vita;

- UNI EN ISO 14044 [4], che è stata elaborata per la preparazione, la gestione e la revisione critica del ciclo di vita e rappresenta il principale supporto per l'applicazione pratica di uno studio di LCA.

La prima norma, di carattere più generale, riporta dunque i principi e descrive la struttura di una LCA, mentre la seconda, di carattere più operativo, è il principale supporto per l'applicazione pratica di uno studio del ciclo di vita.

### 1.2.3 Fasi dell'analisi LCA

Come definito dalle norme ISO 14040 [3] e ISO 14044 [4], la metodologia LCA si articola in quattro fasi distinte e consecutive:

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione;
2. Analisi di inventario;
3. Valutazione degli impatti ambientali;
4. Interpretazione dei risultati e analisi di miglioramento.

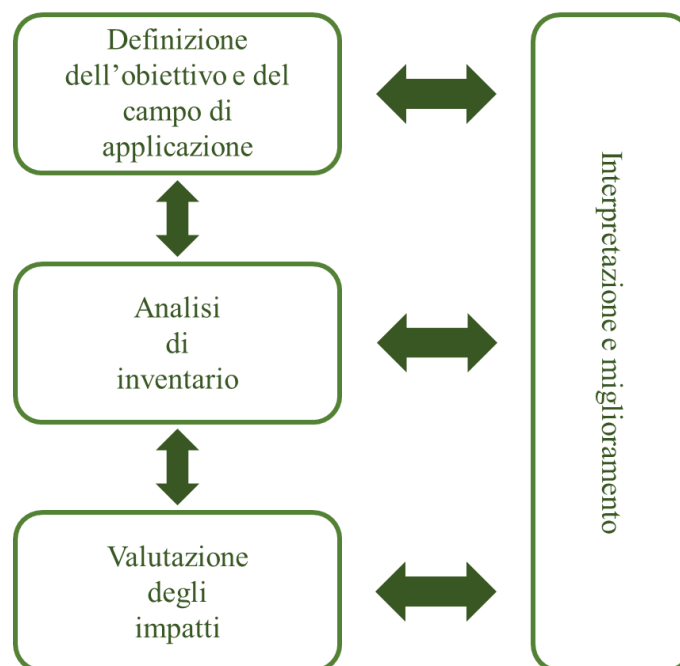


Figura 1.3 – Fasi della valutazione del ciclo di vita del prodotto

### 1.2.3.1 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

La fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione di una valutazione del ciclo di vita, definita dalla norma UNI EN ISO 14040 [3], costituisce la fase preliminare e fondamentale di una LCA dal momento che chiarisce il motivo per il quale si svolge lo studio, descrive il sistema preso in considerazione ed elenca le categorie di dati da sottoporre allo studio.

Per quanto riguarda la definizione dell'obiettivo, la norma UNI EN ISO 14044 [4] afferma che “nel definire gli obiettivi di una LCA, devono essere chiaramente descritti quali siano l'applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio, il tipo di pubblico a cui esso è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i dati dello studio e se i risultati verranno utilizzati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico”.

Sempre secondo la norma UNI EN ISO 14044 [4], definire il campo di applicazione richiede di specificare:

#### *a) il sistema oggetto di analisi*

Il sistema prodotto, oggetto di uno studio LCA, può essere inteso come prodotto vero e proprio, come processo o come servizio.

La norma UNI EN ISO 14040 [3] lo definisce come un “insieme elementare di unità di processo, connesse tra loro per quanto riguarda materia ed energia, che perseguono una o più funzioni definite”.

Ciascuna delle unità di processo in cui il sistema prodotto è suddiviso include tutte le attività relative ad un'operazione o ad un gruppo di operazioni. Queste sono connesse tra loro da flussi intermedi e con l'ambiente da flussi elementari.

La descrizione di un sistema di prodotto tiene conto dunque delle unità di processo, dei flussi elementari o dei flussi di prodotti che oltrepassano i confini del sistema, nonché dei flussi intermedi all'interno del sistema.

Per flusso elementare si intende un flusso di materia o energia entrante nel sistema, prelevato dall'ambiente senza alcuna trasformazione da parte dell'uomo, o un flusso di

materia o energia uscente dal sistema che non subisce alcuna altra trasformazione da parte dell'uomo.

Per flusso intermedio si intende invece un flusso di materia o energia entrante nel sistema proveniente dalla cosiddetta “tecno-sfera”, e dunque prodotto dall'uomo. Esso può essere anche inteso come flusso non elementare.

*b) la funzione del sistema*

La funzione, ovvero la caratteristica di prestazione, è la proprietà fondamentale che caratterizza un sistema di prodotto.

*c) l'unità funzionale*

L'unità funzionale rappresenta l'unità di misura di riferimento dello studio di interesse alla quale tutti i dati in ingresso e in uscita saranno normalizzati.

Per la norma UNI EN ISO 14040 [3], “lo scopo principale dell'unità funzionale è di fornire un riferimento a cui legare i flussi in uscita ed in entrata. Questo riferimento è necessario per consentire la comparabilità dei risultati della LCA che risulta essere critica quando si valutano sistemi differenti, perché ci si deve assicurare che il confronto venga fatto su base comune”.

*d) i confini del sistema*

I confini del sistema di prodotto identificano le unità di processo da includere nell'LCA.

I fattori che determinano i confini del sistema sono:

- le applicazioni previste dallo studio;
- le ipotesi assunte;
- i criteri di esclusione;
- i vincoli prodotti dai dati e dai costi;
- il pubblico destinatario dei risultati.

e) *le categorie d'impatto e i metodi di valutazione degli impatti*

È necessario definire le categorie di impatto da valutare e i rispettivi metodi per la valutazione degli impatti.

La scelta delle categorie di impatto deve essere coerente con l'obiettivo dello studio e deve essere effettuata in modo da coprire per quanto possibile tutti i potenziali effetti del sistema analizzato sull'ambiente.

f) *i requisiti di qualità dei dati*

La descrizione della qualità dei dati è importante per comprendere l'affidabilità dello studio ed interpretarne correttamente i risultati.

### **1.2.3.2 Analisi di inventario**

L'analisi di inventario o LCI - Life Cycle Inventory - consiste nella redazione dell'inventario. Essa rappresenta la parte più ardua dell'analisi essendo la fase in cui vengono raccolti i dati e rendicontati tutti i flussi di energia e di materia del sistema preso in esame. Si basa sulla descrizione dettagliata di tutti i flussi in entrata e in uscita.

Lo scopo dell'inventario è quello di fornire dati oggettivi che in un secondo momento potranno essere elaborati e commentati. Infatti, non entrano in gioco valutazioni o giudizi che riguardano gli effetti ambientali che gli input e output possono avere [2].

Un inventario deve essere caratterizzato da elevata affidabilità. A tal proposito, la norma ISO 14040 [3] fornisce le linee guida per lo svolgimento dell'analisi al fine di evitare che presenti caratteri di soggettività.

Per la raccolta dei dati è necessario conoscere in maniera dettagliata tutte le unità di processo del sistema.

I dati possono essere di duplice tipologia:

- primari, quando vengono raccolti presso le aziende che hanno commissionato lo studio;
- secondari, quando ci si riferisce ad appositi database contenuti all'interno dei software per LCA, manuali tecnici e bibliografia, non essendo disponibili dati da fonti dirette.

### 1.2.3.3 Valutazione degli impatti ambientali

Quanto ricavato attraverso la fase di inventario costituisce la base di partenza per la fase di valutazione degli impatti ambientali, quella fase di stima dei danni potenziali sulla salute umana e sull'ambiente associati ai consumi di risorse e di energia e ai rilasci nell'ambiente documentati nell'analisi di inventario stessa.

In accordo con la norma ISO 14044 [4], la valutazione degli impatti ambientali o LCIA - Life Cycle Impact Assessment - comprende:

*a) la scelta e definizione delle categorie d'impatto*

Nella fase presente vengono identificate le categorie d'impatto su cui agisce il sistema in esame. Per la definizione delle categorie d'impatto occorre tenere conto dei criteri di completezza, indipendenza e praticità. Bisogna dunque considerare tutte le categorie a breve e a lungo termine su cui il sistema potrebbe agire, evitare intersezioni tra le categorie o conteggi multipli e considerare che la lista formulata non dovrà comunque contenere un numero eccessivo di categorie.

Tipicamente vengono utilizzate categorie ambientali già esistenti, ma in taluni casi potrebbe essere necessario introdurre nuove categorie d'impatto.

Scelte le categorie d'impatto è essenziale definire anche l'indicatore di categoria che è la rappresentazione quantitativa di una categoria d'impatto.

Importante è anche il fattore di caratterizzazione, un fattore di calcolo usato per convertire i risultati dell'inventario del ciclo di vita ad una unità di misura comune per ciascun indicatore di categoria e misurare l'intensità dell'effetto della sostanza sul problema ambientale considerato.

*b) la classificazione*

La seconda fase dell'LCIA ha per oggetto la classificazione, che prevede l'assegnazione di una o più categorie d'impatto ai dati raccolti nell'inventario.



*c) la caratterizzazione*

La caratterizzazione è la fase della LCIA in cui si quantifica l'impatto attraverso dei fattori di caratterizzazione e si aggregano gli effetti ambientali all'interno delle categorie prescelte. Il cosiddetto "profilo ambientale", fase terminale di una caratterizzazione e generalmente rappresentato con un istogramma a barre, è costituito da una serie di valori numerici d'impatto per ogni categoria.

*d) la normalizzazione*

La normalizzazione ha lo scopo di contestualizzare gli impatti. Prevede l'elaborazione dei risultati ottenuti dalla caratterizzazione in modo tale da ottenere degli indici con cui valutare il sistema oggetto dello studio.

*e) la valutazione*

L'ultima fase della LCIA è la valutazione, o ponderazione, e consiste nell'assegnazione di un peso relativo alle varie categorie d'impatto e nella stima finale dei risultati. Infine, per avere un indice ambientale finale, i fattori di peso vanno moltiplicati per i punteggi ottenuti e sommati.

È bene precisare che, secondo la norma ISO 14040 [3], la quarta e quinta fase dell'LCIA non sono obbligatorie.

### **1.2.3.4 Interpretazione dei risultati e analisi di miglioramento**

L'interpretazione dei risultati rappresenta l'ultima fase dell'analisi del ciclo di vita ed ha quale obiettivo quello di interpretare i risultati, verificare il raggiungimento degli obiettivi dello studio, la qualità dei dati e i limiti del sistema, comparare le possibili opzioni oggetto dell'analisi e identificare ipotesi di miglioramento [2].

## Capitolo 2

### *Metodologia di progettazione*

#### **2.1 Introduzione alla metodologia**

L'idea alla base dello sviluppo della metodologia progettuale di seguito proposta è da individuarsi nella definizione di un problema e nella ricerca della sua soluzione. Saper progettare significa fondamentalmente saper risolvere problemi. Il progettare sistematico consiste nella scelta razionale, da parte del progettista, di una strategia o sequenza che egli ritiene il miglior metodo disponibile per formulare e risolvere le questioni che sono pertinenti al suo problema.

Risulta ovvio, dunque, che il punto di partenza è quello di definire quanto più precisamente il problema, dettagliarlo, circoscriverlo. Il problema di base contiene infatti già in sé tutti gli elementi per la sua soluzione e definendolo meglio è possibile rendere espliciti i vincoli che sarà necessario rispettare. Bisogna avere ben presenti gli scopi del lavoro, l'utente a cui esso è indirizzato e il mezzo attraverso cui si esprimerà. Il problema posto può sempre venire suddiviso in una serie di sotto problemi da approfondire singolarmente. In questo modo si riesce ad affrontare ciò che poteva sembrare irrisolvibile. Prima di impiegare la fantasia per dare delle risposte a questi singoli problemi, una fase fondamentale è la raccolta dei dati. È necessario conoscere cosa è stato realizzato in precedenza, per avvalersi dell'esperienza altrui e non ripetere ciò che è stato già fatto, oltre che per chiarire meglio la questione con cui si ha a che fare. Questa ricerca può essere utile per escludere ciò che si è rivelato inadeguato in passato e permette di operare scelte consapevoli. I dati raccolti vanno poi analizzati, per ottenere tutti i suggerimenti possibili e trarre vantaggio dall'esperienza passata. Proprio a questo punto deve intervenire la creatività, sia per proporre soluzioni ai singoli sotto problemi evidenziati, sia per coordinare, attraverso un processo di sintesi, queste soluzioni in un tutto coerente. Le soluzioni vanno elaborate sempre restando dentro il confine definito dai vincoli che sono stati evidenziati nelle fasi iniziali (di costi, di sostenibilità ambientale, ecc.) e attenendosi alle caratteristiche base, in particolare allo scopo del progetto, al

mezzo da utilizzare e all'utente a cui quel prodotto è destinato. Le soluzioni ipotizzate devono poi confrontarsi con le modalità e le tecnologie produttive dell'industria, sperimentando anche nuovi utilizzi di materiali noti. Si arriva così a produrre dei modelli nei quali le varie soluzioni vengono unite in un tutt'uno. Questi modelli vengono verificati, sottoponendoli ad un campione di possibili utenti e successivamente è possibile realizzare delle rappresentazioni grafiche che contengano tutte le informazioni per la produzione della soluzione definitiva.

Il metodo proposto si adatta a diversi tipi di problemi progettuali. La spiegazione sviluppata in questo capitolo verrà pertanto condotta con termini generici ma prende come esempio la progettazione di una lampada, orientandosi dunque in generale alla produzione di un oggetto di design industriale.

## **2.2 Fasi della metodologia**

La metodologia che verrà di seguito illustrata è ispirata al principio del problem solving. Consta di dieci fasi, mostrate nella Figura 2.1, che vanno dalla definizione del problema progettuale alla sua soluzione, passando attraverso una minuziosa raccolta, successiva analisi e sintesi dei dati del problema, cui seguono le fasi di identificazione dei materiali e delle tecnologie, sperimentazione delle soluzioni, definizione di modelli o prototipi e verifica degli stessi.

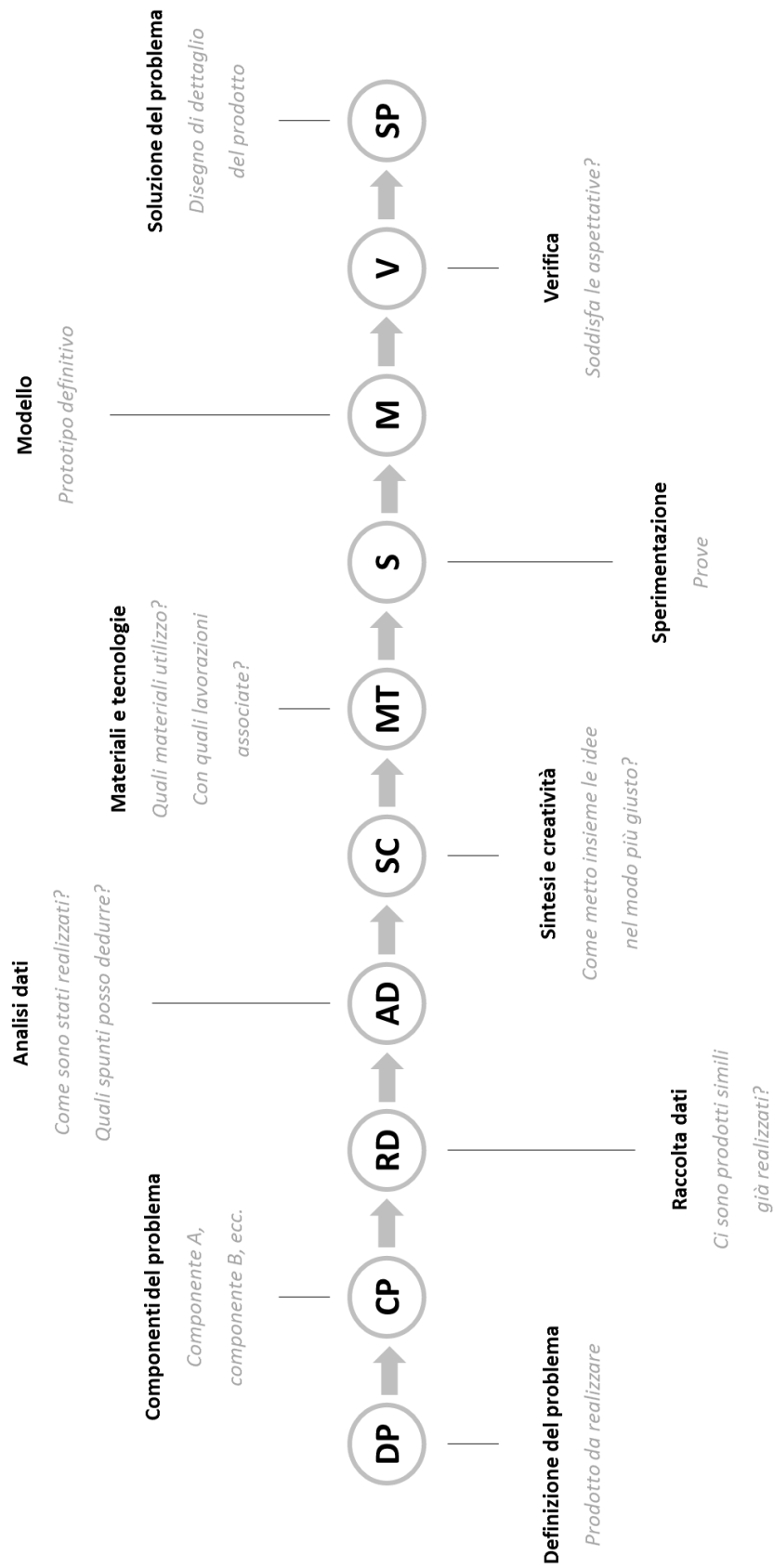


Figura 2.1 – Metodologia proposta

## 2.2.1 Definizione del problema

Come prima cosa è necessario iniziare con la definizione del problema, del modo in cui si manifesta concretamente, del contesto, delle ipotetiche cause che lo determinano in modo da poter definire i limiti entro i quali il progettista dovrà operare.

Ipotizzando che il problema sia quello di progettare una lampada, occorrerà definire se si tratta di una lampada da tavolo o da muro, da studio o da lavoro, per il soggiorno o per la notte. Se questa lampada dovrà essere ad incandescenza o fluorescente o a luce diurna o altro. Se deve avere un prezzo limite, se sarà distribuita nei grandi magazzini, se dovrà essere smontabile o pieghevole, se dovrà avere un termostato per regolare l'intensità luminosa, e via dicendo.

## 2.2.2 Componenti del problema

Qualunque sia il problema lo si può scomporre nelle sue componenti per conoscerlo meglio e facilitarne la risoluzione. Questa operazione facilita la progettazione perché tende a individuare i piccoli singoli problemi che si nascondono nei sotto problemi.

Il principio di smontare il problema nelle sue componenti per poterlo analizzare risale al mondo cartesiano. Poiché, oggi specialmente, i problemi sono diventati molto complessi e talvolta complicati, è necessario che il progettista abbia una serie di informazioni su ogni singolo problema per una maggiore sicurezza nella progettazione.

Scomporre il problema nelle sue componenti vuol dire scoprire tanti sotto problemi. Un singolo problema di design è un insieme di molti sotto problemi. Ognuno di essi può essere risolto in modo da ottenere un campo di soluzioni accettabili.

Ogni sotto problema ha una sua soluzione ottimale che però può contrastare con le altre. La parte più ardua del lavoro del progettista sarà quella di conciliare le varie soluzioni con il progetto globale. La soluzione del problema generale sta nel coordinamento creativo delle soluzioni dei sotto problemi.

Supponendo, come precedentemente accennato, che il problema dato sia quello di progettare una lampada ed ipotizzando anche di aver definito che si tratta di una lampada per il soggiorno di una abitazione media, i sotto problemi sono:

- che tipo di luce deve dare questa lampada;
- se questa luce dovrà essere graduata da un reostato;
- con che materiale va costruita;
- con quale tecnologia viene lavorato questo materiale per fare la lampada;
- dov'è l'interruttore;
- come si trasporta, con che imballaggio;
- come si tiene nel magazzino;
- ci sono parti già prefabbricate (portalampade, reostato, interruttore, ecc.);
- che forma avrà;
- quanto dovrà costare.

### **2.2.3 Raccolta dati**

In questa fase è fondamentale stabilire che tipo di dati sarà bene raccogliere per decidere poi gli elementi costitutivi del progetto. È opportuno recuperare tutti i dati necessari a studiare i componenti del problema uno ad uno.

Se un designer vuole rendersi conto del perché gli oggetti sono quello che sono, dovrà esaminarli sotto tutti gli aspetti possibili; non soltanto quindi sotto l'aspetto di valori personali, ma anche riferendosi a dati oggettivi che sarà opportuno raccogliere, come le dimensioni, il peso, la forma, il materiale col quale gli oggetti sono costruiti, le tecniche con cui sono fabbricati, la funzionalità, la manovrabilità, l'ergonomia, il costo, la tossicità, e così via.

Mantenendo l'esempio del progetto della lampada, prima di tutto il designer dovrà raccogliere tutti quei cataloghi di industrie che producono lampade simili a quella che si dovrà progettare. In più, nell'eventualità che l'industria commissionante abbia commercializzato in passato lampade che hanno ispirato l'ideazione del nuovo concept, è compito del progettista avvalersi di tutto il materiale già elaborato. È necessario verificare che la soluzione individuata non sia già stata implementata. È sbagliato pensare

a un tipo di soluzione senza sapere se la lampada alla quale si sta lavorando non esista già sul mercato. Si troveranno certamente molti esempi da scartare ma, alla fine, eliminando i doppi e i tipi che non potranno mai essere concorrenziali, si avrà una buona raccolta di dati. Per ogni componente del problema poi, si dovranno cercare ancora degli altri dati: quanti tipi di lampadine ci sono oggi sul mercato, quanti tipi di reostati, quanti tipi di interruttori, ecc. È bene dunque raccogliere tutti i dati necessari a studiare i diversi componenti uno per volta.

Inoltre, se l'interesse aziendale è prioritariamente rivolto alla volontà o necessità di progettare prodotti eco compatibili e nell'ipotesi in cui prodotti simili a quello di nuova ideazione siano stati realizzati in passato proprio dall'azienda commissionante, la strategia d'elezione in questa fase suggerisce di sviluppare delle analisi del ciclo di vita di tali prodotti che permettano, nelle successive fasi di valutazione ed elaborazione delle informazioni, di far emergere le maggiori criticità progettuali in termini di materiali e/o processi impiegati. Da questo punto di vista, l'analisi dei dati raccolti potrà fornire suggerimenti utili soprattutto su come non si deve fare per progettare bene un prodotto e potrà orientare la progettazione verso altri materiali, altre tecnologie, altri costi.

## 2.2.4 Analisi dati

Tutti i dati raccolti vengono a questo punto analizzati per vedere nei particolari come sono stati risolti certi sotto problemi.

Può essere utile al progettista disporre di un metodo con cui analizzare i dati relativi agli oggetti di produzione industriale, allo scopo di conoscerne pregi e difetti sotto tutti gli aspetti.

Tornando all'esempio proposto, si analizzano i vari tipi di lampade raccolte per cercare di scoprirne i difetti. A parte le considerazioni estetiche, si possono individuare dei difetti come ad esempio il calore della lampadina ad incandescenza che fa sciogliere la plastica del paraluce o fa bruciare altre parti vicine per mancanza di aerazione. Si può scoprire che una lampada molto decorata o costruita con materiale non adatto, trattiene l'80% di luce con grande dispersione di energia. Si può scoprire che l'interruttore non è al punto

giusto, che le dimensioni sono sbagliate in rapporto alla lampadina, che il colore non serve, che le parti metalliche non legano col resto e via dicendo.

La compilazione di analisi LCA di prodotti simili a quello di interesse realizzata in precedenza pone le basi per estrapolare facilmente difettosità progettuali da non replicare e far emergere criticità in riferimento soprattutto alla scelta di materiali e processi per la realizzazione di ogni singolo componente del problema. Sarà possibile in sostanza verificare di poter risolvere un sotto problema in modi alternativi.

Nel caso in esame, ad esempio si potrebbe riscontrare che uno stesso interruttore, presente anche in lampade simili a quella di nuova ideazione, sia stato realizzato sfruttando differenti soluzioni: geometrie diverse, materiali e/o lavorazioni differenti, ecc.

## **2.2.5 Sintesi e creatività**

A questo punto si ha già a disposizione abbastanza materiale per cominciare la progettazione vera e propria. Il processo progettuale cambia: la ricerca di un'idea risolutiva viene messa da parte a vantaggio di un altro modo più creativo di procedere. Sarà appunto la creatività a sostituire l'idea intuitiva. Mentre l'idea, legata alla fantasia, può proporre soluzioni anche irrealizzabili per ragioni tecniche o materiche, oppure economiche, la creatività si mantiene nei limiti del problema, limiti che risultano dall'analisi dei dati e dei sotto problemi. Con la creatività il progettista, dopo aver analizzato il problema da risolvere, cerca una sintesi tra i dati ricavati dalle varie componenti per trovare una soluzione ottimale inedita, dove ogni singola soluzione sia fusa con le altre secondo il modo che si ritiene migliore per giungere ad un equilibrio totale.

## **2.2.6 Materiali e tecnologie**

L'operazione successiva consiste in un'ulteriore piccola raccolta di dati relativi ai materiali e alle tecnologie che il progettista ha a disposizione in quel momento per realizzare il suo progetto. Diversi sono gli aspetti che indirizzano la scelta del progettista verso uno specifico materiale e/o una particolare lavorazione. Tra gli altri aspetti si



menzionano quello estetico, il costo, l'ecosostenibilità. Guardando prioritariamente a quest'ultimo, è opportuno che i dati raccolti siano corredati di indicazioni quantitative, oltre che qualitative, riguardanti l'impatto ambientale derivante dalla scelta di taluni materiali e/o lavorazioni. Peraltro, l'industria che ha posto il problema al progettista avrà certamente tecnologie adatte a lavorare certi tipi di materiali e non altri.

### **2.2.7 Sperimentazione**

È a questo punto che il progettista compirà una sperimentazione sui materiali e sulle tecniche disponibili per realizzare il suo progetto. Molto spesso materiali e tecniche vengono usati in uno solo o in pochi modi secondo la tradizione. Invece con la sperimentazione si possono scoprire nuovi usi di un materiale o di uno strumento.

### **2.2.8 Modello**

Dalle sperimentazioni vengono fuori campioni, prove, informazioni che possono condurre alla costruzione di modelli dimostrativi.

È possibile a questo punto cominciare a stabilire relazioni tra i dati raccolti e provare a mettere assieme dei sotto problemi e fare qualche schizzo per costruire modelli parziali. Questi schizzi, sempre in scala o al vero, possono mostrare soluzioni parziali di accoppiamento di due o più sotto problemi.

Per esempio, il diffusore della lampada, se è rigido, può anche servire da interruttore: basta toccarlo e la lampada si accende. Il reostato può essere incorporato nella base che funge anche da portalampade. Si può studiare un incastro speciale che permetta di unire facilmente due parti. Può essere necessario studiare un giunto pieghevole che permetta di ridurre il volume della lampada per farla stare in un imballaggio più piccolo della lampada aperta. E via dicendo. Questi schizzi possono essere realizzati al vero isolatamente o anche assemblati nell'oggetto globale finito.

Si avrà così un modello di ciò che potrà eventualmente essere la soluzione del problema.

## **2.2.9 Verifica**

Si rende necessaria a questo punto una verifica del modello, o dei modelli (può darsi che le soluzioni possibili siano più di una). Si presenta il modello funzionante a un certo numero di probabili fruitori e si chiede loro di dare un giudizio sincero sull'oggetto in questione.

Sulla base di questi ulteriori dati (giudizi) si può cominciare a preparare i disegni costruttivi in scala o al vero, con tutte le misure precise e tutte le indicazioni necessarie alla realizzazione del prodotto.

## **2.2.10 Soluzione del problema**

Solo a questo punto possono essere elaborati i dati raccolti che prenderanno corpo in disegni costruttivi definitivi. Questi ultimi dovranno servire a comunicare ad una persona che non è al corrente del progetto, tutte le informazioni utili per procedere alla realizzazione del prodotto. Occorre che tali disegni vengano eseguiti in modo chiaro e leggibile, in quantità e qualità sufficienti per capire bene ogni particolare.

## Capitolo 3

### *Caso di studio*

Il tema del rispetto ambientale, fino a qualche anno fa poco considerato da parte degli operatori del food-service, sta pian piano assumendo sempre maggiore importanza, sia perché il consumatore è sempre più sensibile alle tematiche ambientali e sia perché si è presa coscienza che senza una economia più sostenibile si rischia di compromettere irrimediabilmente le condizioni di vita sul pianeta.

Qual è l'impatto sull'ambiente di una macchina per caffè espresso? Come una macchina da caffè espresso può ridurre la sua impronta sull'ambiente?

Da alcuni anni gli ingegneri della Nuova Simonelli, insieme ai ricercatori dell'Università Politecnica delle Marche, si sono posti queste due domande per cercare di realizzare macchine da caffè non solo performanti, ma che siano sempre più sostenibili dal punto di vista ambientale.

Una delle misure più comuni per la misurazione dei danni ambientali realizzati da un oggetto è quella relativa ai kg di CO<sub>2</sub> equivalenti emessi. Tale indicatore esprime l'impronta che il prodotto rilascia sull'ambiente tenendo conto della sua realizzazione, del suo uso e del suo smaltimento. Il calcolo di tale misuratore risulta essere particolarmente complesso poiché tiene conto, per ogni materiale che concorre alla produzione dell'oggetto esaminato, dell'energia necessaria alla sua estrazione, alla sua trasformazione, alla sua lavorazione e al trasporto. Tante sono quindi le variabili che concorrono alla sua stima: uno stesso materiale, quale potrebbe essere ad esempio l'alluminio o l'acciaio, presenta indici di kg di CO<sub>2</sub> equivalenti diversi a seconda che esso venga estratto e lavorato in un paese con un sistema energetico basato sul carbone o in un paese in cui la produzione di energia elettrica avviene prevalentemente attraverso risorse rinnovabili. Il calcolo tiene inoltre in considerazione anche della tipologia di processo di lavorazione realizzato per ottenere il materiale nel formato necessario per l'assemblaggio nel prodotto esaminato.

Gli ingegneri, nella progettazione della macchina non possono fermarsi a questa prima informazione, poiché il peso specifico e le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari materiali risultano diverse; realizzare uno stesso componente in acciaio inox o in alluminio o in materiale polimerico significa cambiare notevolmente la massa di materiale impiegata. Il peso specifico dei materiali metallici risulta infatti superiore a quello dell'alluminio e ancor di più di quello dei materiali polimerici. Ciò significa ad esempio che realizzare un componente in un materiale plastico determinerà un peso notevolmente inferiore rispetto allo stesso componente realizzato in acciaio inox o in ottone. Andando a comparare gli impatti dei vari materiali sull'unità di volume, si nota come i materiali più pesanti (rame, ottone, acciaio) vanno quasi a pareggiare gli impatti dell'alluminio, mentre i materiali polimerici risultano avere impatti inferiori per effetto della loro bassa densità.

Tuttavia, oltre alla diversa quantità di materiale impiegato e quindi al diverso peso, cambiano anche le prestazioni fisico-meccaniche degli stessi, per cui, laddove occorra garantire una stessa prestazione (vedi ad esempio la capacità di resistenza ad una determinata pressione), sarà necessario dimensionare il componente in modo diverso a seconda del materiale impiegato. Il rame presenta una capacità di resistenza meccanica inferiore rispetto all'acciaio inox, per cui per poter garantire le stesse proprietà di tenuta col rame occorrerà utilizzare spessori molto superiori. Per ogni componente in progettazione occorre, inoltre, tener conto anche delle altre proprietà fisiche di ogni singolo materiale: nel caso ad esempio di un componente che deve svolgere una funzione isolante, l'intercambiabilità fra un materiale ed un altro avviene a parità di coefficiente di conduttività.

Questi aspetti sono importanti nella progettazione delle macchine da caffè in quanto esse sono strumenti per la produzione di bevande che vengono consumate dall'uomo e che quindi debbono garantire al tempo stesso la massima sicurezza igienico-alimentare.

Un ulteriore fattore da tenere in considerazione è la possibilità di recupero del materiale a fine ciclo vita del prodotto. Alcuni materiali possono infatti essere recuperati, mentre altri sono difficilmente recuperabili. Inoltre, anche laddove ve ne sia la possibilità, non tutti i materiali vengono comunque recuperati, per cui solo una parte di quanto potenzialmente recuperabile viene poi effettivamente riciclata, a volte perché a fine vita il prodotto viene immesso in una discarica, a volte perché si perde la tracciabilità del

prodotto stesso e quindi si ignora dove esso sia finito, a volte perché i costi di recupero risultano superiori al valore commerciale del materiale stesso, e così via. Tante possono quindi essere le ragioni che ostacolano il recupero integrale dei materiali presenti in una macchina e tali ragioni variano da paese a paese, così come varia da paese a paese la probabilità di recupero dei vari materiali. Ciò significa che una stessa macchina se termina il ciclo vita negli Usa ad esempio, avrà una quantità di materiale recuperato diversa rispetto alla stessa che ha terminato il ciclo vita in Cina, o in Russia o in Europa o in Iraq o in Giappone. Per poter tener conto anche di questa variabile gli ingegneri possono avvalersi di statistiche internazionali basate su dati storici, che indichino la percentuale media di recupero di ogni tipologia di materiale nelle varie nazioni. Secondo tali statistiche in Italia per esempio viene mediamente recuperato il 70% del rame e dei materiali ferrosi, una percentuale un po' più contenuta per l'alluminio (intorno al 50%) ed una porzione ancora inferiore (25%) per l'ottone, mentre la parte di recupero dei materiali polimerici risulta essere del tutto insignificante.

L'impatto complessivo di ogni materiale impiegato sarà quindi pari alla somma algebrica fra il valore di kg di CO<sub>2</sub> equivalenti per la sua produzione e la parte recuperabile nel fine vita del prodotto. Per valutare l'impatto di una macchina da caffè occorrerà sommare l'insieme di tali valori ponderati alla massa di ciascun materiale all'interno del prodotto.

Come anticipato, da alcuni anni, grazie alla collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche, Nuova Simonelli ha avviato una serie di ricerche con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale delle macchine da caffè espresso, avendo peraltro sviluppato e lanciato tecnologie che, oltre a migliorare le performance prestazionali delle proprie attrezzature, permettono di realizzare prodotti più ecosostenibili.

### **3.1 Nuova Simonelli: la storia dell'azienda**

In una società ancora prevalentemente rurale, un uomo tanto creativo quanto ingegnoso pone le basi per un grande progetto. È il 1936 e in un piccolo laboratorio, ricavato sotto la propria abitazione in un borgo in provincia di Macerata, Orlando Simonelli realizza la prima macchina per caffè espresso da lui stesso progettata. La chiama 1936 e, da buon artigiano, si occupa in prima persona della commercializzazione del prodotto [5].



**Figura 3.1** – Macchina da caffè “1936” di Simonelli

Sfidando le difficoltà del dopoguerra, Orlando Simonelli rilancia i suoi obiettivi imprenditoriali e pian piano il suo business cresce. Nel 1948 decide quindi di trasferire l'attività a Tolentino e assumere alcuni operai. Seguono anni di grande lavoro e di ulteriore crescita del mercato, che culminano nell'inaugurazione di un nuovo stabilimento a Tolentino nel 1960.

Il 9 maggio 1971, dopo una lunga malattia, Orlando Simonelli si spegne nella sua casa di Tolentino. L'anno successivo, per non lasciare che la Nuova Simonelli S.p.A. finisca in mani sconosciute, i dipendenti Nando Ottavi, Graziano Boldrini, Giovanni Feliziani e Carlo Gesuelli, decidono con coraggio di farsi imprenditori e acquisiscono la società. Due anni dopo entra a far parte della società anche Sandro Feliziani.

Per portare avanti l'azienda così riconfigurata occorre fare scelte oculate e condivise. Guardando al futuro con ambizione e consapevolezza, i nuovi soci decidono di trasferire l'attività in una nuova sede, con spazi adeguati alla costruzione di uno stabilimento più grande. Così nel 1976, l'azienda si trasferisce a Belforte del Chienti.

Gli sforzi cominciano a portare i loro frutti: tra gli anni Ottanta e Novanta la produzione si espande, con la messa a punto di modelli dalla tecnologia avanzata. Si apre la strada verso il mercato internazionale con l'esportazione delle macchine in America e nel 1993 si giunge alla fondazione della filiale USA con sede a Ferndale, nello Stato di Washington.

La Nuova Simonelli diventa un'azienda multibrand e si afferma anche nel settore delle "macchine di lusso", grazie all'acquisizione del prestigioso marchio Victoria Arduino, sinonimo di qualità italiana dal 1905.

Con l'obiettivo di rafforzare la propria presenza nel sempre più vasto mercato asiatico, viene inaugurata una filiale a Singapore che è sede di ufficio commerciale, ma anche show room e training centre, ospitando costantemente distributori, clienti e tecnici, sia per attività di vendita, sia di formazione professionale.

Nel 2017, per festeggiare gli 80 anni di attività, l'azienda si regala una nuova denominazione: Simonelli Group. La scelta, nata dall'esigenza di rappresentare al meglio l'evoluzione organizzativa, racchiude la storia di un gruppo di persone che nel corso dei decenni è cresciuto, ma che non ha mai perso l'approccio creativo e ingegnoso di quel piccolo laboratorio dove tutto ebbe inizio.

L'evoluzione dell'azienda si traduce in nuovi traguardi, con l'apertura di diversi Experience Lab in giro per il mondo: degli show room immersivi in cui è possibile vivere l'esperienza dei due brand del Gruppo, così come la si vivrebbe nella sede di Belforte del Chienti, attraverso una serie di eventi e sessioni formative. Nel 2018 viene inoltre inaugurata una nuova filiale in Francia, con sede a Lione.

Oltre alle tre sedi distributive all'estero (Usa, Singapore e Francia) Simonelli Group conta su una rete di oltre 600 tra importatori e concessionari con i quali nel tempo è stato conquistato il 10% del mercato mondiale delle macchine professionali per caffè. Le macchine con i marchi Nuova Simonelli e Victoria Arduino sono oggi esportate in 121 Paesi di tutti i continenti [6].

L'export rappresenta oltre il 90% della produzione con l'area del Pacifico (Asia e Oceania) che nel 2016 ha assorbito il 46% del fatturato. L'Europa copre il 23% del mercato di Simonelli Group, l'America il 17% e il restante 14% è il risultato della penetrazione commerciale in Medio Oriente e Africa.

Nell'ultimo decennio il fatturato complessivo è sempre andato in crescendo, passando dai 17 milioni del 2009 ai 77 milioni del 2016 fino ai 90 del 2019 [7].

Simonelli Group considera le risorse umane un grande patrimonio dell'azienda e investe costantemente nel personale, anche attraverso una formazione mirata.

La forza lavoro negli ultimi anni è notevolmente cresciuta. Si pensi che il numero medio complessivo dei dipendenti, infatti, è salito dalle 61 unità del 2009 alle oltre 120 unità del 2019. L’inserimento di molti giovani ha contribuito inoltre ad abbassare l’età media del team che risulta attualmente di 35 anni [6].

Per l’enciclopedia Treccani, l’azienda è uno dei 90 emblemi della storia del design italiano. Nuova Simonelli è inoltre al 17° posto tra le 550 aziende italiane dell’agroalimentare.

## 3.2 Applicazione della metodologia

Viene ora affrontata l’applicazione della metodologia precedentemente illustrata al caso specifico del processo di progettazione della Nuova Simonelli.

In prima istanza è stato definito il problema. Realizzare macchine da caffè professionali, che alle esigenze di design e prestazioni abbinino anche requisiti di ecosostenibilità, è l’obiettivo ambizioso che è stato posto.

In tal senso, il lavoro portato avanti ha previsto innanzitutto una revisione critica delle analisi LCA realizzate in passato, in un contesto di collaborazione tra gli studenti dell’Università Politecnica delle Marche e Nuova Simonelli, su numerose macchine da caffè professionali, in maniera tale da facilitare l’identificazione delle maggiori criticità progettuali per fornire ai progettisti delle regole o indicazioni di ecodesign utili sia in fase di progettazione che di riprogettazione.

Le analisi LCA prese in considerazione sono relative a macchine da caffè appartenenti a tre differenti categorie di funzionamento: le tradizionali, le super automatiche e le macinacaffè.

Le tradizionali sono macchine da caffè destinate ad usi commerciali, come bar e ristoranti, nei quali l’utilizzo del prodotto è di tipo intensivo, e caratterizzate da design accattivanti e in grado di offrire prestazioni elevate.

Le seconde sono macchine da caffè pensate per quei locali dotati di spazi operativi limitati nei quali lo scenario di consumo giornaliero è di tipo medio.



Infine, le macinacaffè sono macchine dotate di una macina interna che permette appunto di macinare i chicchi di caffè immediatamente prima di erogare il caffè stesso.



**Figura 3.2** – A sinistra viene mostrata una macchina da caffè tradizionale. Al centro, una super automatica. A destra, una macinacaffè

Sulla scia dei risultati conseguiti, si è proceduto infine a definire degli strumenti che potessero guidare il progettista nella scelta dei materiali e delle tecnologie da adoperare in sede di processo, con il fine di realizzare macchine da caffè accattivanti ma allo stesso tempo a ridotto impatto ambientale.

### 3.2.1 Raccolta dati

In questa fase si è provveduto al recupero delle analisi LCA disponibili, elaborate in SimaPro ed in seguito revisionate utilizzando il medesimo software.

SimaPro è attualmente il software LCA più diffuso al mondo. Consente di raccogliere, analizzare e monitorare i dati relativi alle prestazioni ambientali di prodotti e servizi. Permette inoltre diverse applicazioni, come il calcolo del Carbon footprint e del Water footprint, e fornisce le basi per l'ecodesign del prodotto e le dichiarazioni ambientali di prodotto.

Come anticipato, le analisi LCA prese in considerazione sono relative a macchine da caffè appartenenti a tre differenti categorie di funzionamento: le tradizionali, le super automatiche e le macinacaffè.

Della categoria delle tradizionali, si avevano a disposizione le analisi LCA delle seguenti macchine:

- Victoria Arduino 358 e Victoria Arduino 388;
- Aurelia II T3, Aurelia II Digit ed Aurelia Wave;
- Appia II Volumetrica ed Appia Life;
- Eagle One;
- Oscar.

Delle super automatiche è stata considerata la Prontobar, mentre per la categoria della macinacaffè, la Mythos 2 GV.

Inoltre, si è tenuto conto anche della distinta base delle macchine, al fine di avere una visione più ampia e strutturata dei singoli componenti, sotto assiemi, semilavorati e materie prime necessari per realizzare i prodotti.

La disponibilità di prototipi virtuali accessibili mediante software CAD ha permesso in ultimo di avere un'idea più precisa della collocazione spaziale dei diversi componenti nelle singole macchine, del loro assemblaggio e soprattutto del loro rapporto dimensionale.

### **3.2.2 Analisi dati**

In questa fase si è provveduto alla revisione critica delle analisi LCA delle macchine da caffè precedentemente indicate. Tali analisi considerano la stima degli impatti ambientali cumulativi derivanti da tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto. Tuttavia, nel processo di revisione portato avanti nel presente lavoro, i confini dello studio sono stati limitati alla fase “Material and Manufacturing”. Quest’ultima risulta essere la fase che determina l’impatto ambientale della macchina dal punto di vista di materiali e processi necessari per la sua realizzazione. Porre l’attenzione così in modo specifico su “Material and

Manufacturing” ha permesso di ottenere come output dell’analisi regole di eco-progettazione relative chiaramente alla ottimizzazione dell’impatto ambientale in tale fase.

Per la revisione delle analisi LCA mediante SimaPro è stato scelto il metodo ILCD 2011 Midpoint +. Le categorie d’impatto considerate sono state le seguenti:

- Climate change (kg CO<sub>2</sub> eq);
- Ozone depletion (kg CFC-11 eq);
- Photochemical ozone formation (kg NMVOC eq);
- Terrestrial eutrophication (molc N eq);
- Freshwater eutrophication (kg P eq);
- Marine eutrophication (kg N eq);
- Mineral, fossil & ren resource depletion (kg Sb eq).

Come specificatamente richiesto dall’azienda stessa, è stata posta maggiore attenzione all’indicatore Climate Change.

L’attività di revisione è stata condotta compilando tabelle in Excel che riassumessero i principali risultati delle analisi LCA e permettessero l’identificazione delle maggiori criticità ambientali in termini di materiali e processi utilizzati per le macchine analizzate.

Vengono di seguito illustrati, a titolo esemplificativo, i risultati relativi all’attività di revisione dell’analisi LCA della macchina da caffè Eagle One.

MACCHINA METODO	EAGLE ONE ILCD 2011 Midpoint +							
Categoria d'impatto Climate change	Unità kg CO2 eq	Totale 641,91	Scarto valori inferiori al 6% del totale	38,51	kg CO2 eq			
Assiemi	%	kg CO2 eq	Livello I		Livello II		%	kg CO2 eq
				Profilo retro inferiore Al lucido	27,70%	17,30	Alluminio	94,40%
Assieme Carena	9,73%	62,44	Parete frontale inf 2gr	21,70%	13,55	Acciaio cromato 18/8	42,90%	5,81
			Platto raccogliacqua 2gr	15,40%	9,62	Tornitura acciaio	57,10%	7,74
			Portatazze sup sx e dx	25,20%	15,73	Acciaio cromato 18/8	77,60%	7,46
			Retina piano lavoro	9,05%	5,65	Acciaio cromato 18/8	55,60%	8,75
Assieme Carena Retro	16,09%	103,29	Carena retro sup 2gr	90,00%	92,96	Fresatura alluminio	75,80%	70,46
Assieme Gruppo Erogazione	8,17%	52,42	Supporto carena retro sup 2gr	9,40%	9,71	Acciaio cromato 18/8	77,50%	7,52
			Corpo gruppo erogazione	56,90%	29,83	Ottone	86,70%	25,86
			Anello gruppo + sede OR cromato	31,00%	16,25	Ottone	87,90%	14,28
			Basetta	9,93%	5,21	Ottone	74,00%	3,85
Assieme Fianco	26,75%	171,71	Fianco dx + sx Al lucido	99,60%	171,02	Alluminio	81,10%	138,70
Assieme Coprigruppo + Scheda Erogazione	6,19%	39,74	Coprigruppo cromato	100,00%	39,74	Alluminio	79,00%	31,39
Assieme Telaio	11,85%	76,07	Piede macchina	34,30%	26,09	Fusione di alluminio a cera persa	88,50%	23,09
			Parete portagruppi 2gr + basamento portante 2gr	31,20%	23,73	Acciaio cromato 18/8, laminato a caldo	92,90%	22,05

E A G L E O N E

Tabella 3.1 – Risultato della revisione dell'analisi LCA della macchina da caffè tradizionale Eagle One

<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>							
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	0,0000349							
<b>Assiemi</b>	%	kg CFC-11 eq	<b>Livello I</b>	%	kg CFC-11 eq	<b>Livello II</b>	%	kg CFC-11 eq	
Assieme fianco	21,34%	7,45393E-06	Fianco dx + sx	99,40%	7,40921E-06	Alluminio	77,60%	0,0000057	
Assieme carena retro	14,80%	0,00000517	Carena retro sup 2gr	87,70%	4,53409E-06	Fresatura alluminio	74,40%	0,0000034	
<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>							
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	3,22621586							
<b>Assiemi</b>	%	kg NMVOC eq	<b>Livello I</b>	%	kg NMVOC eq	<b>Livello II</b>	%	kg NMVOC eq	
Assieme fianco	18,95%	0,611364219	Fianco dx + sx	99,40%	0,607696034	Alluminio	82,60%	0,50	
Assieme gruppo erogazione	18,25%	0,588912646	Corpo + anello + basetta	99,21%	0,584260236	Ottone	85,00%	0,50	
<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>							
Terrestrial eutrophication	molc N eq	10,9403499							
<b>Assiemi</b>	%	molc N eq	<b>Livello I</b>	%	molc N eq	<b>Livello II</b>	%	molc N eq	
Assieme gruppo erogazione	19,38%	2,119758874	Corpo + anello + basetta	99,24%	2,103648707	Ottone	86,00%	1,81	
Assieme fianco	19,17%	2,097118818	Fianco dx + sx	99,60%	2,088730343	Alluminio	82,70%	1,73	

**Tabella 3.2** – Risultato della revisione dell'analisi LCA della macchina da caffè tradizionale Eagle One

<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>							
Freshwater eutrophication	kg P eq	1,5983253							
<b>Assiemi</b>	<b>%</b>	<b>kg P eq</b>	<b>%</b>	<b>kg P eq</b>	<b>%</b>	<b>kg P eq</b>	<b>%</b>	<b>kg P eq</b>	<b>%</b>
Assieme gruppo erogazione	39,06%	0,624374716		Corpo + anello + basetta	99,70%	0,622501592		Ottone	86,00%
									0,54
<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>							
Marine eutrophication	kg N eq	1,2324050							
<b>Assiemi</b>	<b>%</b>	<b>kg N eq</b>	<b>%</b>	<b>kg N eq</b>	<b>%</b>	<b>kg N eq</b>	<b>%</b>	<b>kg N eq</b>	<b>%</b>
Assieme gruppo erogazione	21,43%	0,264108537		Corpo + anello + basetta	99,30%	0,262259777		Ottone	83,00%
Assieme fianco	16,56%	0,204085982		Fianco dx + sx	99,40%	0,202861466		Alluminio	81,40%
									0,17
<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>							
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	1,7313853							
<b>Assiemi</b>	<b>%</b>	<b>kg Sb eq</b>	<b>%</b>	<b>kg Sb eq</b>	<b>%</b>	<b>kg Sb eq</b>	<b>%</b>	<b>kg Sb eq</b>	<b>%</b>
Assieme gruppo erogazione	48,67%	0,842612265		Corpo + anello + basetta	99,70%	0,840084428		Ottone	85,00%
									0,71

Tabella 3.3 – Risultato della revisione dell'analisi LCA della macchina da caffè tradizionale Eagle One

La tabella 3.1 rappresenta il risultato della revisione dell'analisi LCA della macchina Eagle One relativamente all'indicatore Climate Change. Sono ivi riportati gli assiemi maggiormente impattanti, cioè quelli responsabili più di altri di contribuire a determinare l'impatto ambientale complessivo della macchina, individuati scartando gli assiemi con un impatto ambientale inferiore al 6% del totale (nel caso in esame pari a 641,91 kg CO<sub>2</sub> eq). Ciascun assieme, a seconda della complessità progettuale, è stato poi ripartito in sotto assiemi o componenti in uno o più livelli di scomposizione fino ad individuare la combinazione materiale/processo responsabile di indici di impatto elevati.

Le tabelle 3.2 e 3.3 definiscono invece l'assieme più impattante relativamente agli altri indicatori considerati. Ciascuno è stato scomposto, così come in precedenza, fino ad individuare la combinazione materiale/processo responsabile di indici di impatto elevati.

Per quanto riguarda le analisi di differenti versioni di macchine appartenenti alla medesima famiglia, è necessaria una riflessione. Per ciascuna famiglia è stata considerata una macchina di riferimento, per la quale sono stati sviluppati i risultati così come mostrato in precedenza per la Eagle One. Per le restanti macchine della famiglia è stato ritenuto opportuno analizzare soltanto gli assiemi comuni a quella di riferimento aventi però un differente valore di impatto ambientale, così da far emergere gli aspetti costruttivi responsabili di tali discrepanze, facilitando allo stesso tempo il lavoro di ricerca di regole eco progettuali.

### **3.2.3 Sintesi e creatività**

In questa fase, si è provveduto a sintetizzare i risultati ottenuti dalla precedente attività di revisione delle analisi LCA. Sintetizzare ha portato sostanzialmente ad individuare le maggiori criticità progettuali in termini di impatto ambientale derivanti dall'utilizzo di taluni materiali/processi, per poter definire di conseguenza linee guida generali di eco progettazione.

D'altronde, una sintesi dei dati a disposizione è ciò che serve al progettista per mettere in moto la propria creatività, ovvero per sviluppare nuove ed ottimali soluzioni al problema che ha dinanzi, a partire proprio dalla consapevolezza di ciò che è stato già realizzato, in positivo o in negativo, e di come è stato realizzato, con quali materiali o con quali

processi. Da questo punto di vista, egli potrà iniziare a pensare di sostituire un materiale con un altro meno impattante ma altrettanto performante o di confermare l'utilizzo dei medesimi materiali adottati in passato per specifici componenti; potrà pensare di testare processi consolidati, per la realizzazione di taluni componenti, anche su altre tipologie di componenti, oppure pensare di integrare nuove lavorazioni, e così via.

### **3.2.3.1 Individuazione delle criticità progettuali e stesura di regole di eco progettazione**

Il processo di sintesi dei risultati ottenuti dalla precedente attività di revisione ha previsto la realizzazione di confronti tra diverse versioni di macchine appartenenti alla medesima famiglia e confronti tra macchine differenti appartenenti alla medesima categoria di funzionamento.

Vista la carenza di modelli a disposizione relativamente alle categorie di macchine super automatiche e macinacaffè, l'attenzione è stata posta a quelle tradizionali. Tale scelta ha visto la sua giustificazione nella considerazione del fatto che regole di eco progettazione ricavate per le macchine tradizionali risultano ovviamente estendibili ed utilizzabili anche per le macchine appartenenti alle altre due categorie di funzionamento.

Comparare tra loro macchine da caffè diverse ha permesso l'individuazione di un certo numero di assiemi/componenti comuni. Tra essi è stato impostato un confronto con lo scopo di identificare le scelte progettuali responsabili di eventuali discrepanze a livello di impatto ambientale. Tale lavoro ha permesso di mostrare come le differenti combinazioni di materiali e processi utilizzati caso per caso contribuiscano a produrre un diverso effetto sull'ambiente.

Il confronto tra componenti è stato realizzato attraverso SimaPro, sia considerando i volumi reali che ipotizzando secondariamente un medesimo volume e variando le combinazioni di materiali/processi impiegati per modellarlo, tenendo conto delle diverse densità dei materiali.

D'altronde, realizzare uno stesso componente in acciaio inox o in alluminio o in materiale polimerico significa cambiare notevolmente la massa di materiale impiegata proprio perché le densità differiscono. Inoltre, comparare gli impatti dei vari materiali, con gli



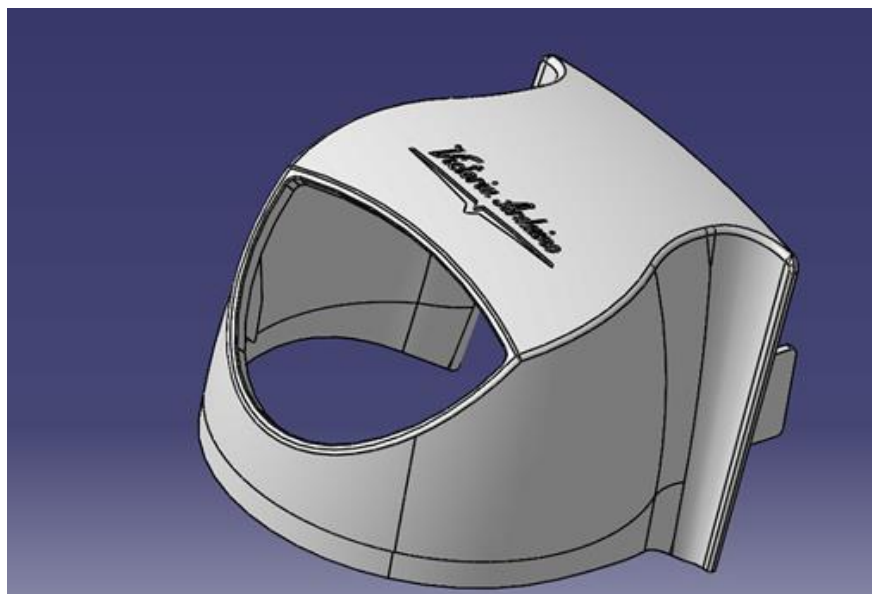
annessi processi, sull'unità di volume, restituisce certamente risultati più validi ed oggettivi ai fini progettuali.

Si anticipa che i confronti eseguiti e ivi riportati sono relativi a quelle tipologie di componenti che, individuati nelle precedenti attività di analisi e revisione, hanno mostrato le maggiori discrepanze da un punto di vista dell'impatto ambientale tra macchina e macchina.

I risultati di ogni confronto sono riportati sotto forma di diagrammi, relativi ognuno ad una diversa categoria d'impatto, in ciascun caso indicata nel titolo. Per semplicità di lettura, nella legenda di ogni diagramma sono indicate le macchine di appartenenza per ognuno dei componenti e a lato la corrispondente combinazione di materiali/processi caratterizzante. A completamento della discussione è riportata l'indicazione o regola di eco progettazione dedotta.

Il primo confronto è relativo ai componenti “coprigruppo” delle macchine VA358, Eagle One, Aurelia II T3 e Appia II Vol.

Il coprigruppo è il componente estetico destinato alla copertura e alla protezione del gruppo erogazione della macchina. Necessita di design accattivanti e di buone caratteristiche resistenziali.



**Figura 3.3** – Modello CAD del componente coprigruppo della macchina da caffè VA358

Si riportano di seguito i risultati del confronto.

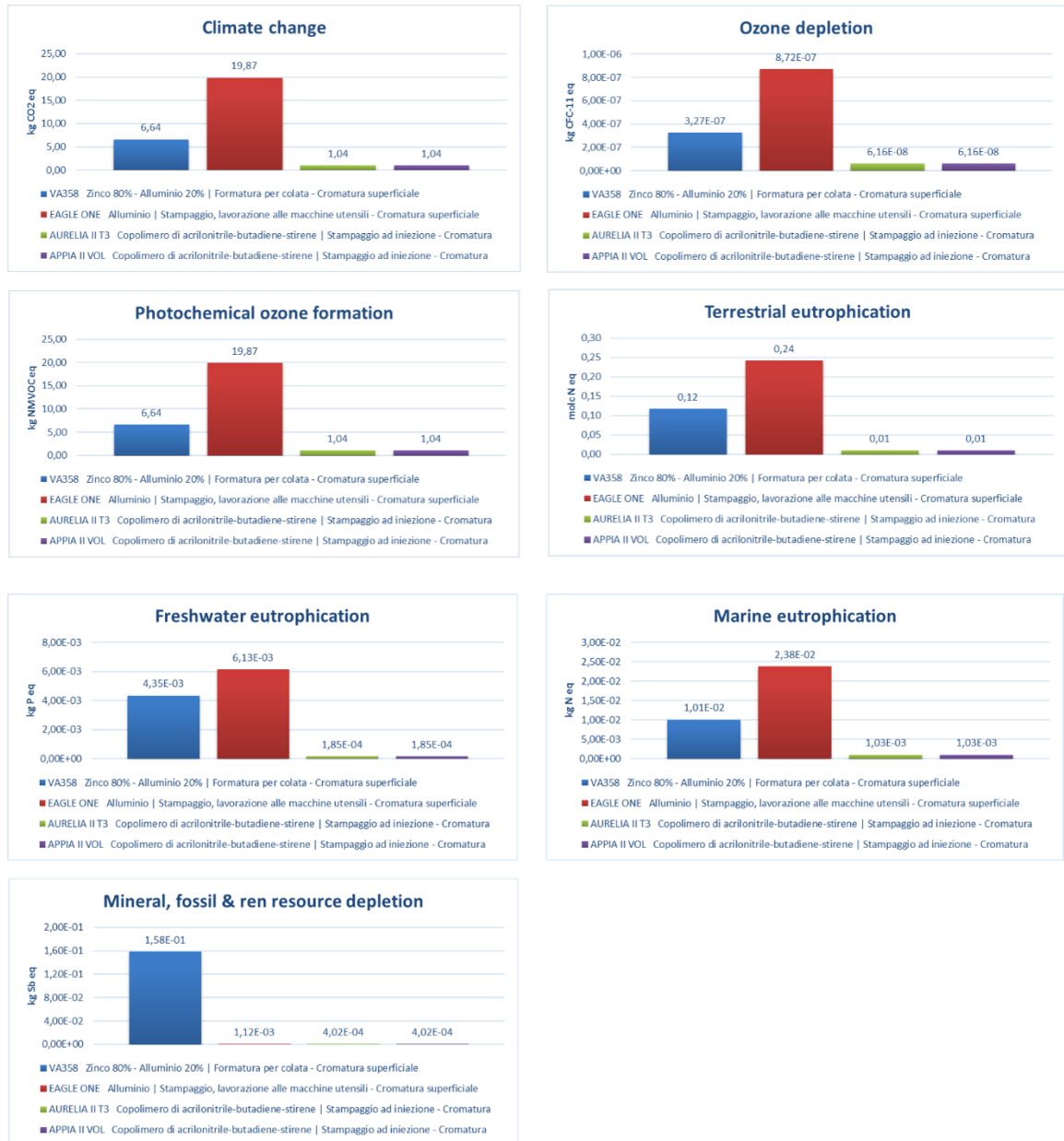


Figura 3.4 – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “coprigruppo”

Dai diagrammi si nota che i coprigruppi delle diverse macchine hanno impatti diversi dal momento che la combinazione Alluminio con Stampaggio, lavorazione alle macchine utensili e Cromatura superficiale della Eagle One determina un impatto molto maggiore della combinazione Copolimero di acrilonitrile-butadiene-stirene con Stampaggio ad iniezione e Cromatura delle Aurelia II T3 ed Appia II Vol. ed un impatto più che doppio

rispetto alla combinazione Zinco 80% – Alluminio 20% con Formatura per colata e Cromatura superficiale della VA358.

Di conseguenza, una prima regola di eco progettazione che è stato possibile dedurre da quanto emerso è la seguente:

*Preferire, quando non vi sono vincoli di carattere estetico, materiali meno impattanti dell'alluminio.*

Il successivo confronto è relativo ai componenti “carena retro” delle macchine VA358, Eagle One, Aurelia II T3 e Appia II Vol.

La carena retro rappresenta il rivestimento esterno del lato posteriore della macchina. Essendo un componente estetico, necessita di design accattivanti.



**Figura 3.5** – Modello CAD del componente carena retro della macchina da caffè VA358

Si riportano di seguito i risultati del confronto.



Figura 3.6 – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “carena retro”

Le carene retro delle diverse macchine hanno impatti diversi dal momento che la combinazione Alluminio con Lavorazione alle macchine utensili (Taglio, smusso dei bordi e foratura) della Eagle One presenta, a parità di volume considerato, un impatto maggiore della combinazione Acciaio INOX (AISI 430) con Taglio, contornatura e piegatura delle Appia II Vol, Aurelia II T3 e VA358. Tuttavia, considerando i volumi

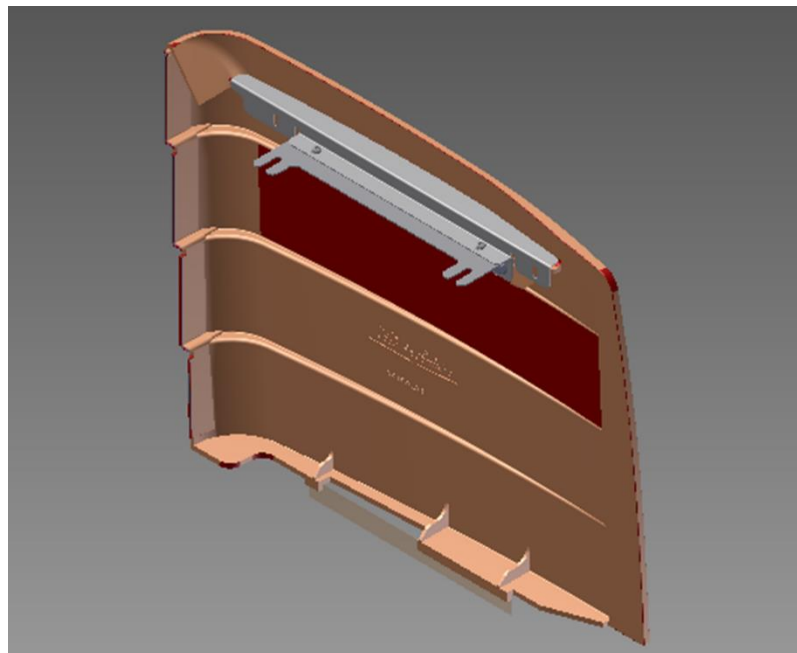
reali e non unitari dei componenti delle varie macchine, emerge una differenza molto più marcata dell’impatto nel caso della Eagle One rispetto a quello delle altre tre macchine. Ciò testimonia il fatto che la differenza di impatti tra la carena retro della Eagle One e quelli delle altre tre macchine è da ricercarsi sia nella combinazione materiali/processi impiegati sia nella sostanziale differenza di volumi di materiale impiegato (volume delle carene delle Appia, Aurelia e VA358 inferiore rispetto alla Eagle One).

La regola di eco progettazione ottenuta da tale confronto è la seguente:

*Per la realizzazione della carena retro, preferire la combinazione acciaio INOX con taglio, contornatura e piegatura all’alluminio con taglio, smusso dei bordi e foratura.*

Il prossimo confronto è relativo ai componenti “fianco laterale” delle macchine VA358, Eagle One, Aurelia II T3 e Appia II Vol.

Il fianco laterale rappresenta il rivestimento esterno dei lati destro e sinistro della macchina. Essendo un componente estetico, necessita di design accattivanti. Sono richieste inoltre buone caratteristiche di resistenza meccanica e al deterioramento superficiale.



**Figura 3.7** – Modello CAD del componente fianco laterale della macchina da caffè VA358

Si riportano di seguito i risultati del confronto.



Figura 3.8 – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “fianco laterale”

I fianchi laterali delle diverse macchine hanno impatti diversi dal momento che, a parità di volume, le combinazioni Alluminio con Pressofusione della VA358 e Alluminio con Fresatura - Cromatura e satinatura della Eagle One determinano un impatto molto

maggiore della combinazione Copolimero di acrilonitrile-butadiene-stirene con Stampaggio ad iniezione delle Aurelia II T3 ed Appia II Vol. Se si confrontano i fianchi laterali della VA358 e della Eagle One, emerge che la differenza di impatto deriva dal processo di lavorazione: la Fresatura – Cromatura e satinatura nella Eagle One determina un impatto maggiore rispetto alla Pressofusione nella VA358.

In questo caso, è stato possibile definire due regole di eco progettazione:

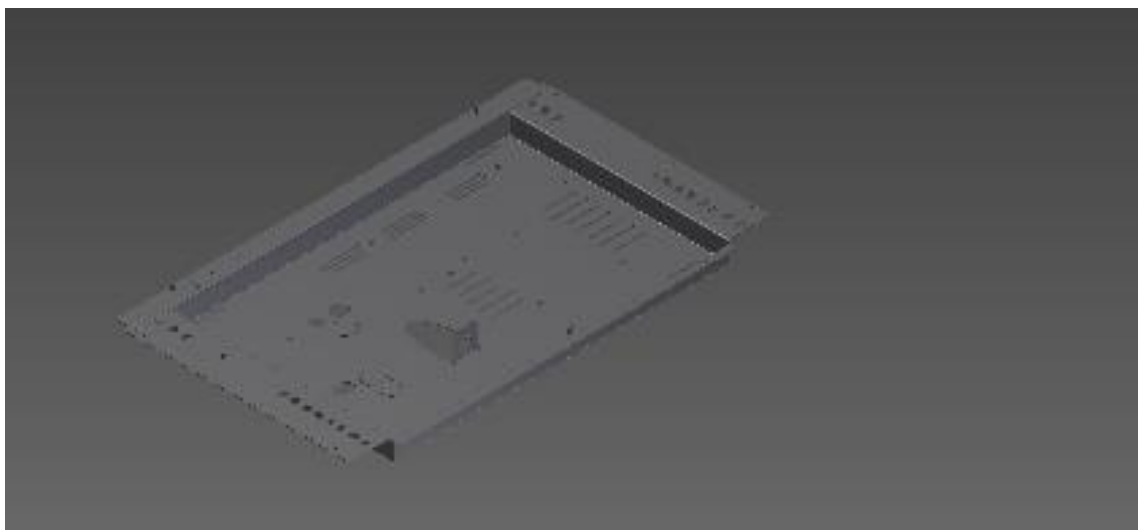
*Preferire, quando possibile, materiali meno impattanti dell'alluminio;*

*Preferire, per la lavorazione dell'alluminio, la pressofusione alla fresatura con cromatura e satinatura.*

Di seguito, è riportato il confronto eseguito tra gli assiemi telaio delle diverse macchine. Come oggetto di confronto sono stati considerati i tre componenti maggiormente impattanti comuni tra gli assiemi telaio delle varie macchine. Pertanto essi saranno analizzati uno per volta.

Il primo confronto è relativo ai componenti “basamento portante” delle macchine VA358, Eagle One, Aurelia II T3, Aurelia Wave e Appia II Vol.

Il basamento è il componente del telaio che funge da base, cioè quello collocato nel punto più basso della macchina con funzione portante. Pertanto richiede caratteristiche resistenziali ottimali.



**Figura 3.9** – Modello CAD del componente basamento portante della macchina da caffè VA358

Si riportano di seguito i risultati del confronto.

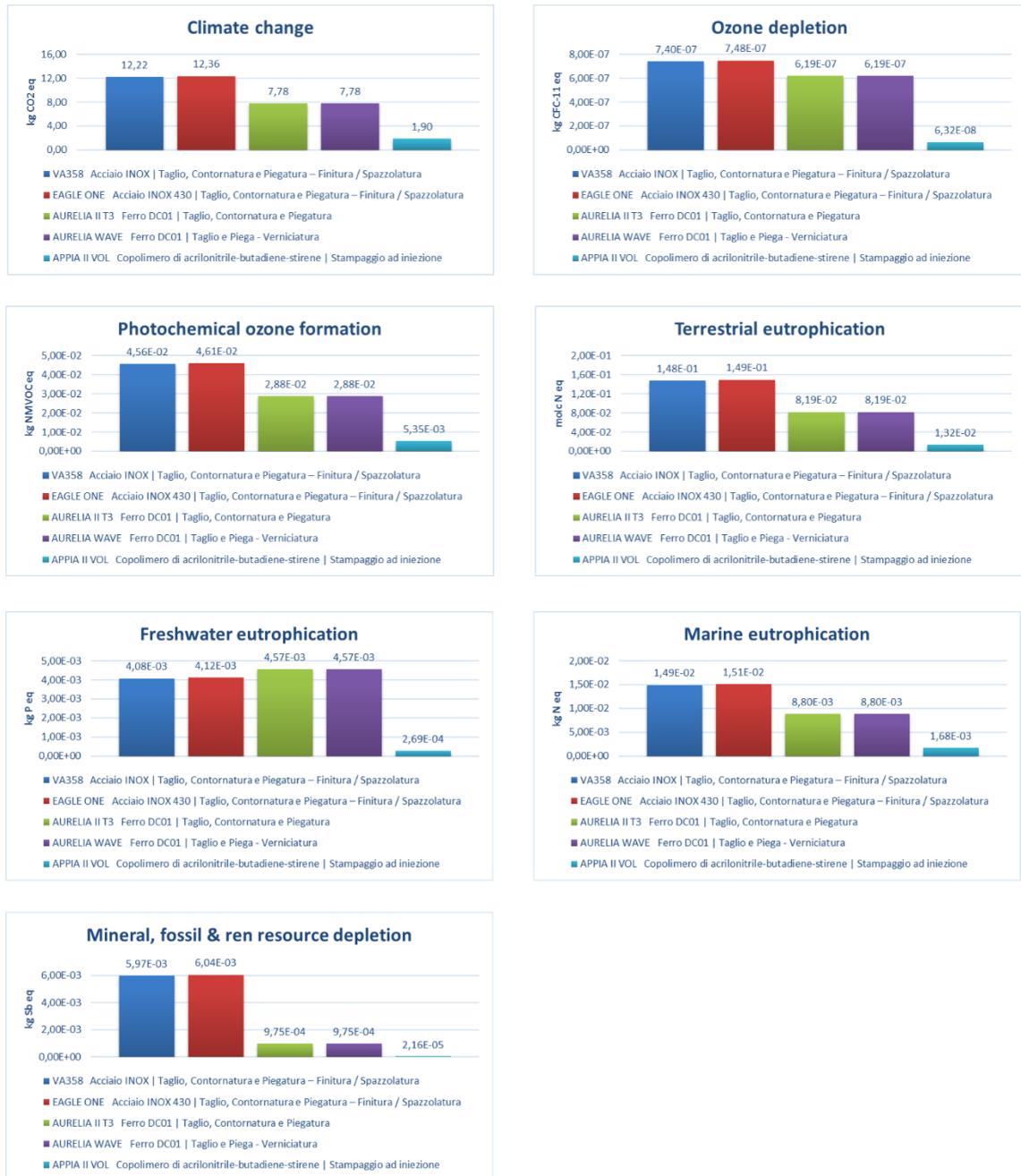


Figura 3.10 – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “basamento portante”

I basamenti delle diverse macchine hanno impatti diversi dal momento che, a parità di volume, le combinazioni Acciaio INOX con Taglio, Contornatura e Piegatura – Finitura / Spazzolatura Scotch Brite della VA358 e Acciaio INOX 430 con Taglio, Contornatura



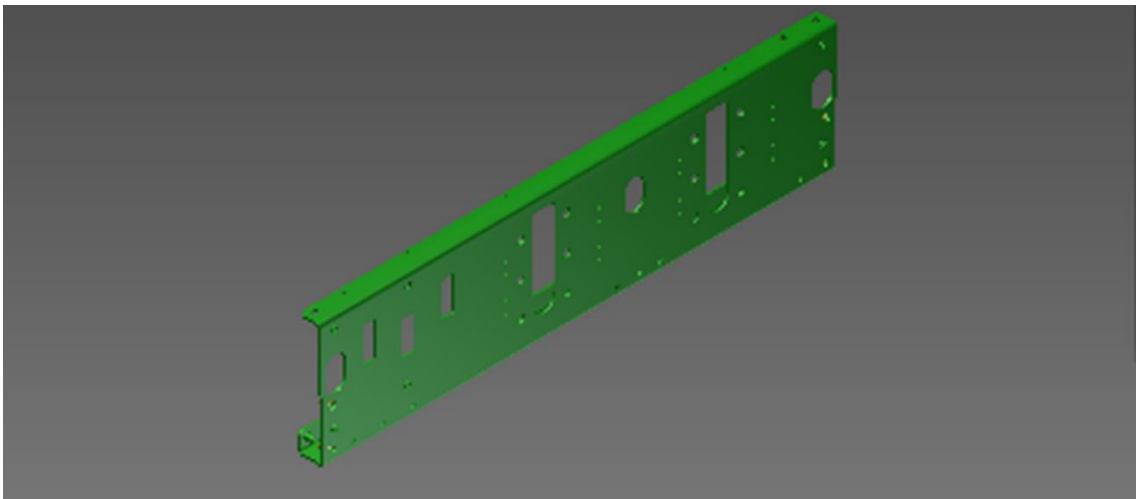
e Piegatura – Finitura / Spazzolatura Scotch Brite della Eagle One determinano un impatto maggiore delle combinazioni Ferro DC01 con Taglio, Contornatura e Piegatura della Aurelia II T3 e Ferro DC01 con Taglio e Piega – Verniciatura della Appia II Vol. Rispetto alle precedenti, la combinazione Copolimero di acrilonitrile-butadiene-stirene con Stampaggio ad iniezione della Appia II Vol. si caratterizza per un impatto pressochè trascurabile.

La regola di eco progettazione dedotta da tale confronto è la seguente:

*Preferire, per la realizzazione del basamento portante, il copolimero di acrilonitrile-butadiene-stirene, o al più il Ferro DC01, all'acciaio INOX.*

Il secondo confronto è relativo ai componenti “parete portagruppi” delle macchine VA358, Eagle One, Aurelia II T3, Aurelia Wave e Appia II Vol.

La parete portagruppi è il componente sul quale vengono fissati i gruppi erogazione della macchina. Esso necessita di caratteristiche resistenziali ottimali.



**Figura 3.11** – Modello CAD del componente parete portagruppi della macchina da caffè VA358

Si riportano di seguito i risultati del confronto.

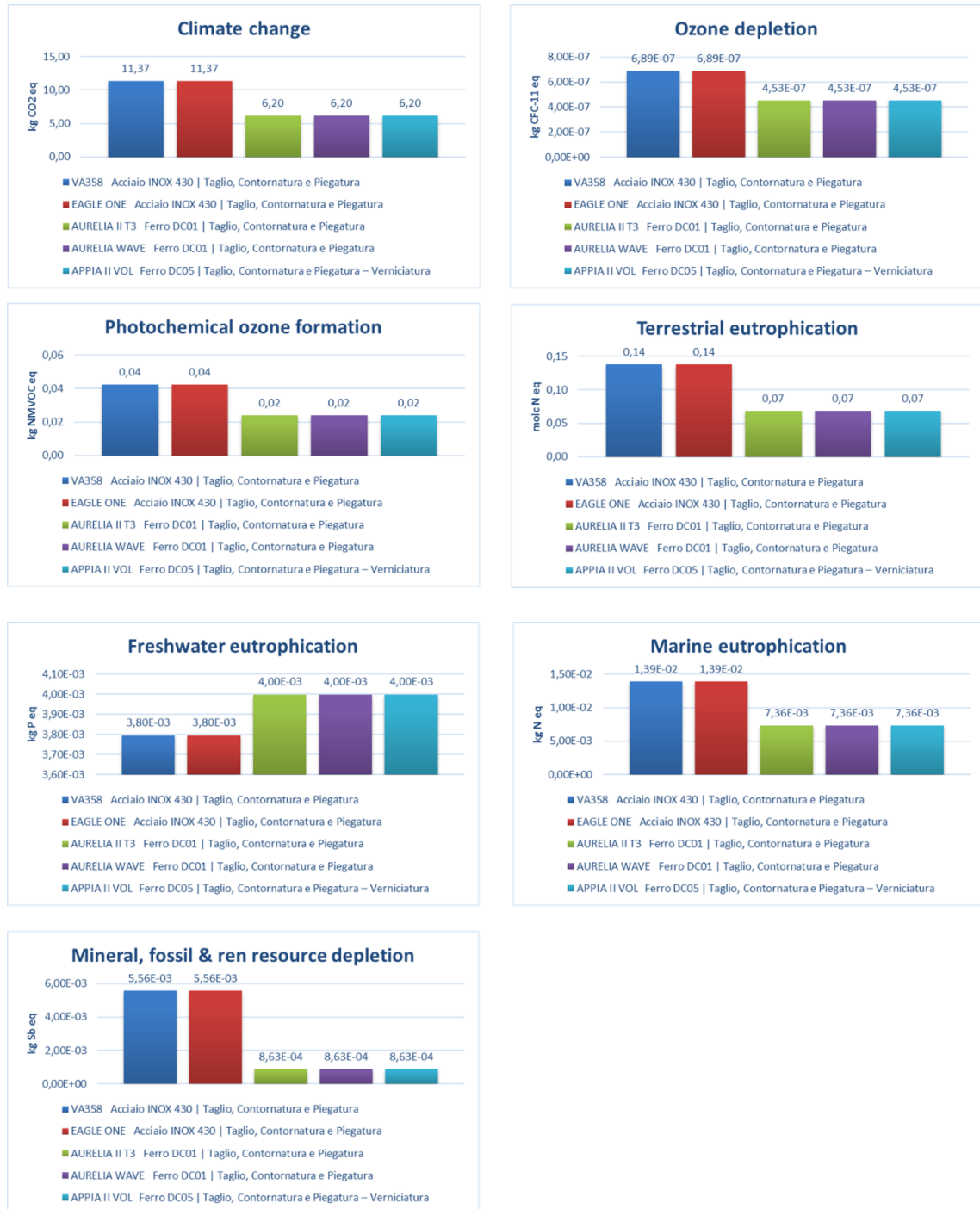


Figura 3.12 – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “parete portagruppi”

Le pareti portagruppi delle diverse macchine hanno impatti diversi dal momento che la combinazione Acciaio INOX 430 con Taglio, Contornatura e Piegatura delle VA358 ed

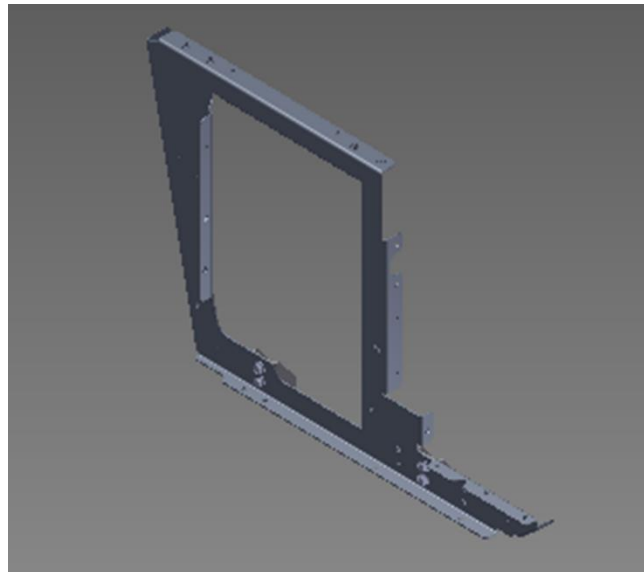
Eagle One presenta, a parità di volume considerato, un impatto maggiore della combinazione Ferro DC01 con Taglio, Contornatura e Piegatura delle Aurelia II T3 ed Aurelia Wave e della combinazione Ferro DC05 con Taglio, Contornatura e Piegatura – Verniciatura della Appia II Vol. La differenza di impatti è dunque imputabile al solo materiale e non al processo, essendo quest'ultimo il medesimo per tutte le macchine.

Regola di eco progettazione individuata:

*Per la realizzazione della parete portagrappi, preferire il Ferro DC01 o DC05 all'Acciaio INOX.*

Il terzo, ed ultimo, confronto è relativo ai componenti “fianco telaio” delle macchine VA358, Eagle One, Aurelia II T3, Aurelia Wave e Appia II Vol.

Il fianco è il componente laterale, di destra o di sinistra, del telaio con funzione portante. Pertanto, anch'esso necessita di caratteristiche resistenziali ottimali.



**Figura 3.13** – Modello CAD del componente fianco telaio della macchina da caffè VA358

Si riportano di seguito i risultati del confronto.

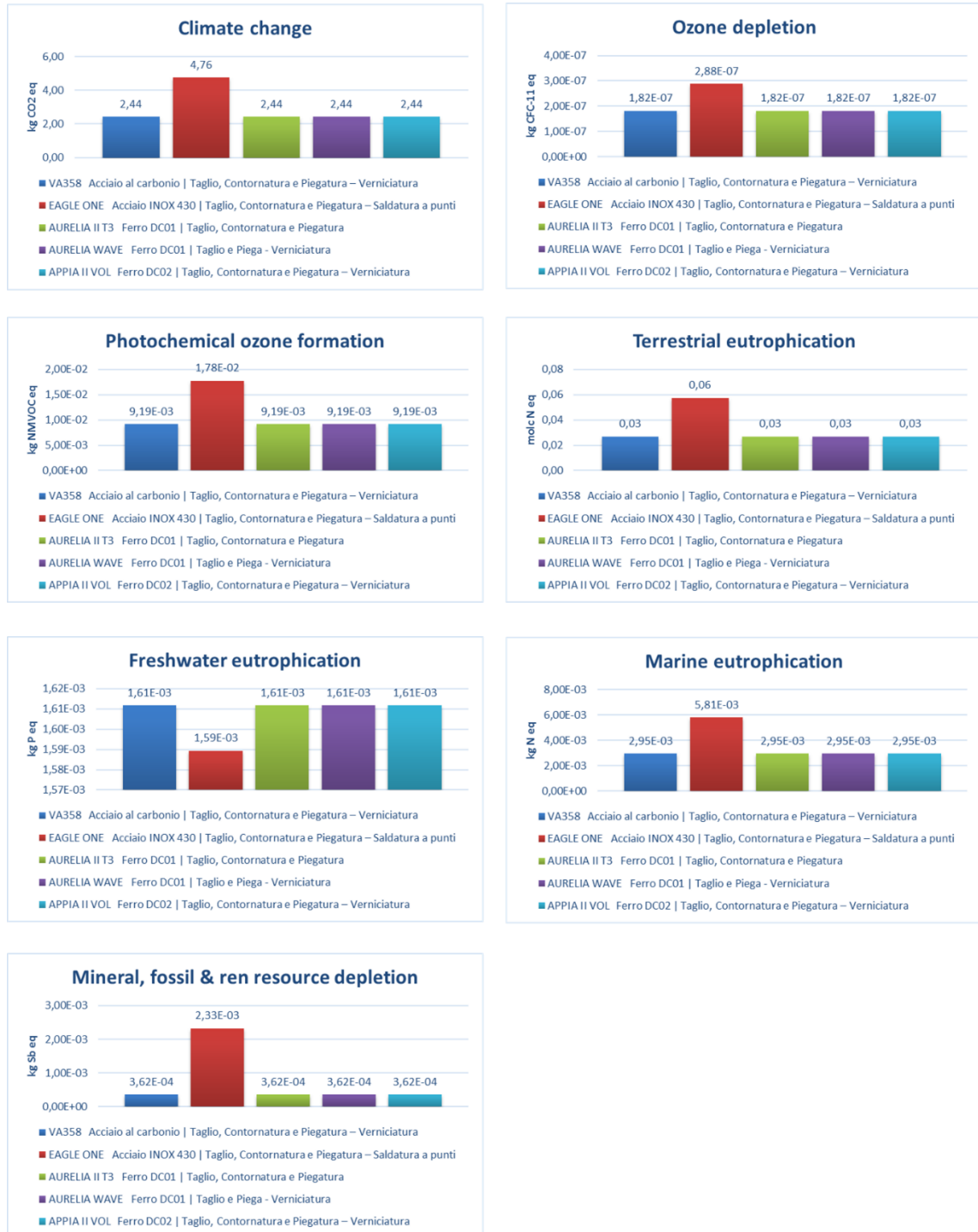


Figura 3.14 – Diagrammi relativi al confronto tra i componenti “fianco telaio”

I fianchi telaio delle diverse macchine hanno impatti diversi dal momento che la combinazione Acciaio INOX 430 con Taglio, Contornatura e Piegatura – Saldatura a punti della Eagle One presenta, a parità di volume considerato, un impatto maggiore delle combinazioni materiali/processi delle Appia II Vol, Aurelia II T3, Aurelia Wave e VA358. Inoltre, considerando i volumi reali e non unitari dei fianchi telaio delle varie macchine, emerge una differenza molto più marcata tra l’impatto del componente della Eagle One rispetto a quello delle altre quattro macchine, dal momento che il volume reale di materiale impiegato nel fianco telaio della Eagle One è esattamente la metà di quello impiegato nella realizzazione del fianco telaio delle altre quattro macchine.

Regola di eco progettazione dedotta:

*Per la realizzazione del fianco telaio, preferire il Ferro DC01 o DC02 oppure l’Acciaio al carbonio al più impattante Acciaio INOX 430.*

### **3.2.4 Materiali e tecnologie**

In questa fase, sulla scia dei confronti impostati nella precedente attività di sintesi dei dati con conseguente individuazione di indicazioni eco progettuali, si è provveduto ad identificare strumenti di eco progettazione che potessero da un lato facilitare il lavoro del progettista nella fase di scelta dei materiali/processi da impiegare, dall’altro “stuzzicare” la sua creatività circa la sperimentazione di nuove combinazioni progettuali.

A tal proposito, è stato ritenuto opportuno approfondire la conoscenza del processo di progettazione della Nuova Simonelli, al fine di poter meglio comprendere le forme più idonee in cui sviluppare tali strumenti e le modalità con cui permetterne un’agevole fruizione. L’indagine è stata eseguita attraverso la formulazione di un questionario [vedere Appendice A] rivolto al personale aziendale.

#### **3.2.4.1 Processo di progettazione nella Nuova Simonelli**

In sede di realizzazione di un nuovo prodotto in Nuova Simonelli, la produzione è preceduta da due fasi principali, la pre progettazione e la progettazione vera e propria.

Le figure professionali coinvolte, le attività svolte, i tempi necessari e gli strumenti utilizzati in pre progettazione sono riassunti nella figura seguente.

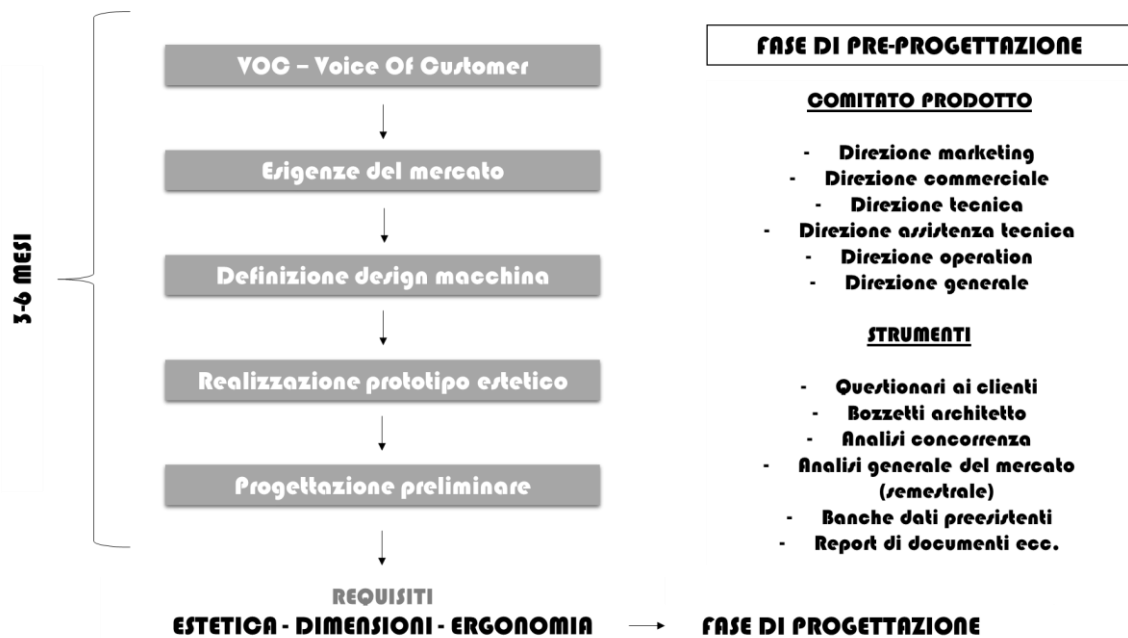


Figura 3.15 – Fase di pre progettazione

L'obiettivo perseguito in fase di pre progettazione è quello di trasformare il bozzetto dell'architetto in un prototipo estetico costruibile ed assemblabile, e che possa essere visionato da tutto il comitato prodotto prima di ricevere l'approvazione definitiva per avviare la progettazione vera e propria.

Il bozzetto è uno sketch o disegno realizzato con sistemi CAD che fornisce indicazioni di ingombro, di forma e geometrie, e dunque di design.

Ciò che si intende fare è rendere tale bozzetto più o meno realizzabile: ipotesi dimensionali, geometriche e di design avanzate dall'architetto dovranno infatti essere approvate dal progettista, il quale ha il compito di verificare se le stesse possono effettivamente essere implementate oppure è necessario rivalutarle. Si cerca in sostanza di coniugare il design di prodotto con gli aspetti tecnico-realizzavi e con il costo di produzione, per giungere così ad un prototipo che possa trasmettere un'idea dell'estetica di prodotto.

Se è vero che già in fase di pre progettazione si hanno indicazioni, in misura specifica per i componenti estetici, sui materiali da utilizzare per realizzarli, al contrario i componenti interni vengono tenuti in considerazione soltanto a livello di spazio. Sarà oggetto della successiva fase di progettazione pensare alla tipologia di componenti da utilizzare, a come fissarli o collegarli, e così via.

Ottenuta l'approvazione del prototipo estetico da parte del comitato prodotto, si procede con la progettazione vera e propria.

Le figure professionali coinvolte, le attività svolte, i tempi necessari e gli strumenti utilizzati in progettazione sono riassunti nella figura seguente.

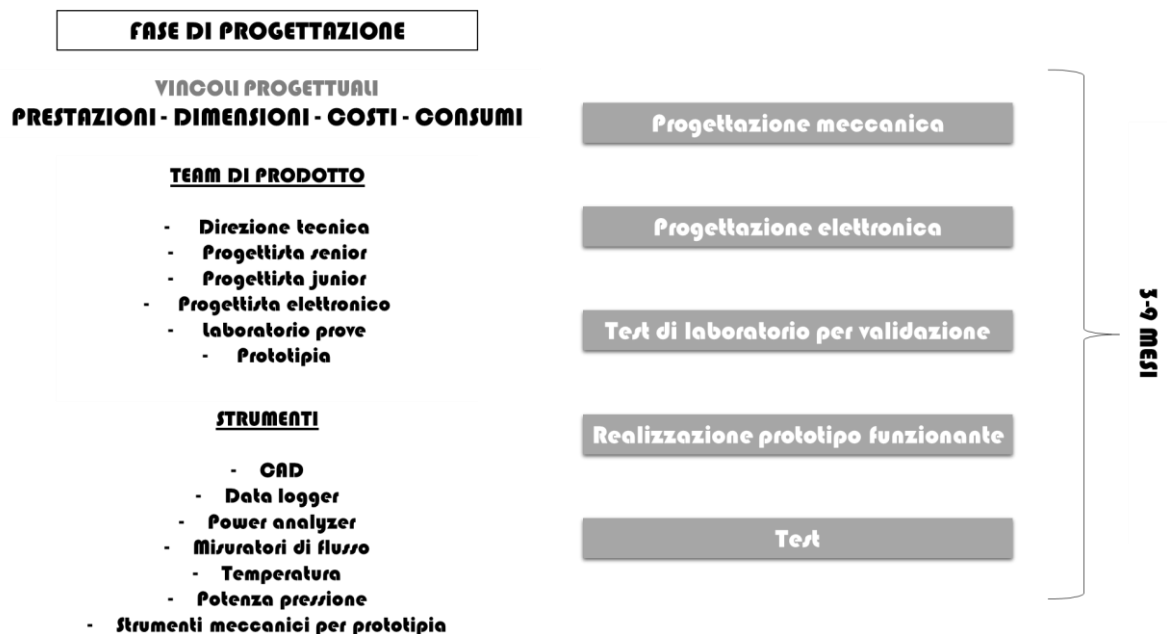


Figura 3.16 – Fase di progettazione

In questa fase la figura rilevante è quella del progettista senior, il cui compito è innanzitutto quello di valutare e validare le ipotesi avanzate dall'architetto. Dunque, per prima cosa vengono messe in discussione, se necessario, le scelte operate in pre progettazione: i materiali ipotizzati in precedenza per i componenti estetici potrebbero ad esempio essere rivisti e i motivi possono essere diversi, sia di carattere economico, che normativo, o funzionale; occorrerà scegliere i componenti interni della macchina e

verificare che i volumi ipotizzati in precedenza riescano effettivamente a contenerli; e così via.

Solo a questo punto sarà possibile definire le modalità di fissaggio dei componenti, i collegamenti necessari, i metodi realizzativi, i processi di fabbricazione. Si giunge in sostanza ad operare una ingegnerizzazione del prodotto.

Il risultato è un prototipo funzionale che dovrà superare i test necessari prima che si possa procedere con la fase di produzione.

### **3.2.4.2 Strumenti**

È certamente quella presente la fase cruciale del lavoro portato avanti sin qui. Le ragioni sono piuttosto ovvie, dal momento che saranno proprio i materiali selezionati e le tecnologie scelte per lavorarli a decretare l'eco sostenibilità di un prodotto o componente.

Da questo punto di vista, è indispensabile che il progettista abbia a disposizione strumenti che facilitino le sue scelte. Occorre in sostanza abbinare alle indicazioni di costo e alle caratteristiche fisico-meccaniche usualmente disponibili per ciascun materiale altre informazioni, relative all'impatto generato sull'ambiente per via dell'estrazione, della lavorazione ed utilizzo, ed infine dello smaltimento.

Gli strumenti idonei per far fronte a tale esigenza possono essere diversi. Nel caso della Nuova Simonelli si è pensato innanzitutto di realizzare una tabella che contenesse indicazioni quantitative relative all'impatto ambientale associato ai materiali di più comune impiego aziendale. La fase di pre progettazione è stata quella ritenuta ottimale per permettere agli addetti ai lavori di fruire di tali indicazioni.

Di seguito sono riportate le assunzioni operate per ricavare le informazioni di sostenibilità di materiali e processi e viene mostrato lo strumento ideato per permetterne un confronto.

Si è scelto di considerare un elemento cubico con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Volume =  $0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3$ ;

- Area della faccia =  $0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$ .

I materiali considerati e le relative densità sono stati:



- Alluminio (2700 kg/m<sup>3</sup>);
- Acciaio inossidabile (7860 kg/m<sup>3</sup>);
- Acciaio al carbonio (7860 kg/m<sup>3</sup>);
- ABS (1060 kg/m<sup>3</sup>);
- Rame (8920 kg/m<sup>3</sup>);
- Ottone (8700 kg/m<sup>3</sup>).

Gli impatti per ciascun materiale sono stati calcolati utilizzando come massa il prodotto tra il volume di riferimento sopra indicato e la relativa densità del materiale considerato. I risultati sono mostrati nella tabella seguente.

Categoria d'impatto	Unità	Rame	Ottone	Alluminio	Acciaio INOX	Acciaio al carbonio	ABS
Climate change	kg CO2 eq	36,14	39,43	54,45	37,83	13,35	4,82
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	2,47E-06	2,50E-06	2,26E-06	2,27E-06	8,17E-07	6,31E-08
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,56	0,47	0,20	0,14	0,06	0,01
Terrestrial eutrophication	molc N eq	1,98	1,70	0,68	0,46	0,16	0,03
Freshwater eutrophication	kg P eq	7,16E-01	5,08E-01	1,65E-02	1,28E-02	1,19E-02	3,58E-04
Marine eutrophication	kg N eq	2,66E-01	2,11E-01	6,49E-02	4,34E-02	1,52E-02	3,13E-03
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	5,60E-02	7,05E-01	8,40E-04	1,89E-02	1,93E-03	4,20E-05

**Tabella 3.4** – Impatti ambientali dei materiali per categorie d'impatto

Lo step successivo ha riguardato la definizione di uno strumento analogo al precedente, ma sottoforma di diagrammi di flusso, utile a guidare ed agevolare la scelta delle lavorazioni da associare ai materiali.

Come accennato nel paragrafo precedente, se per i materiali le scelte si compiono fondamentalmente già in fase di pre progettazione, al contrario è solamente nella successiva fase di progettazione che ci si pone il problema relativo all'identificazione dei processi da abbinarvi ed è dunque tale contesto quello ritenuto opportuno per mettere a disposizione degli operatori le indicazioni necessarie.

Con un diagramma di flusso è facile rendersi conto degli effetti ambientali dei processi di lavorazione e soprattutto dei kg di CO<sub>2</sub> equivalente prodotti in più dal materiale per effetto della lavorazione cui è soggetto.

Anche in questo caso, si riportano di seguito le assunzioni operate e viene mostrato lo strumento ideato.

Si è scelto di considerare un elemento cubico con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Volume =  $0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3$ ;

- Area della faccia =  $0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$ .

I materiali (e le relative densità) e i processi considerati per ognuno di essi sono stati:

- Alluminio ( $2700 \text{ kg/m}^3$ ), con associati tornitura, fresatura, foratura, taglio, finitura superficiale e smusso dei bordi;

- Acciaio inossidabile ( $7860 \text{ kg/m}^3$ ), con associati tornitura, fresatura, foratura, taglio, finitura superficiale, smusso dei bordi e contornatura;

- Acciaio al carbonio ( $7860 \text{ kg/m}^3$ ), con associati tornitura, fresatura, foratura, taglio, finitura superficiale, smusso dei bordi, contornatura e verniciatura.

Gli impatti iniziali dei materiali indicati nei diagrammi sono stati calcolati utilizzando come massa il prodotto tra il volume di riferimento sopra indicato e la relativa densità del materiale considerato.

Per ciascuna delle lavorazioni indicate si consideri quale quantitativo di materiale asportato il 30% della massa iniziale.

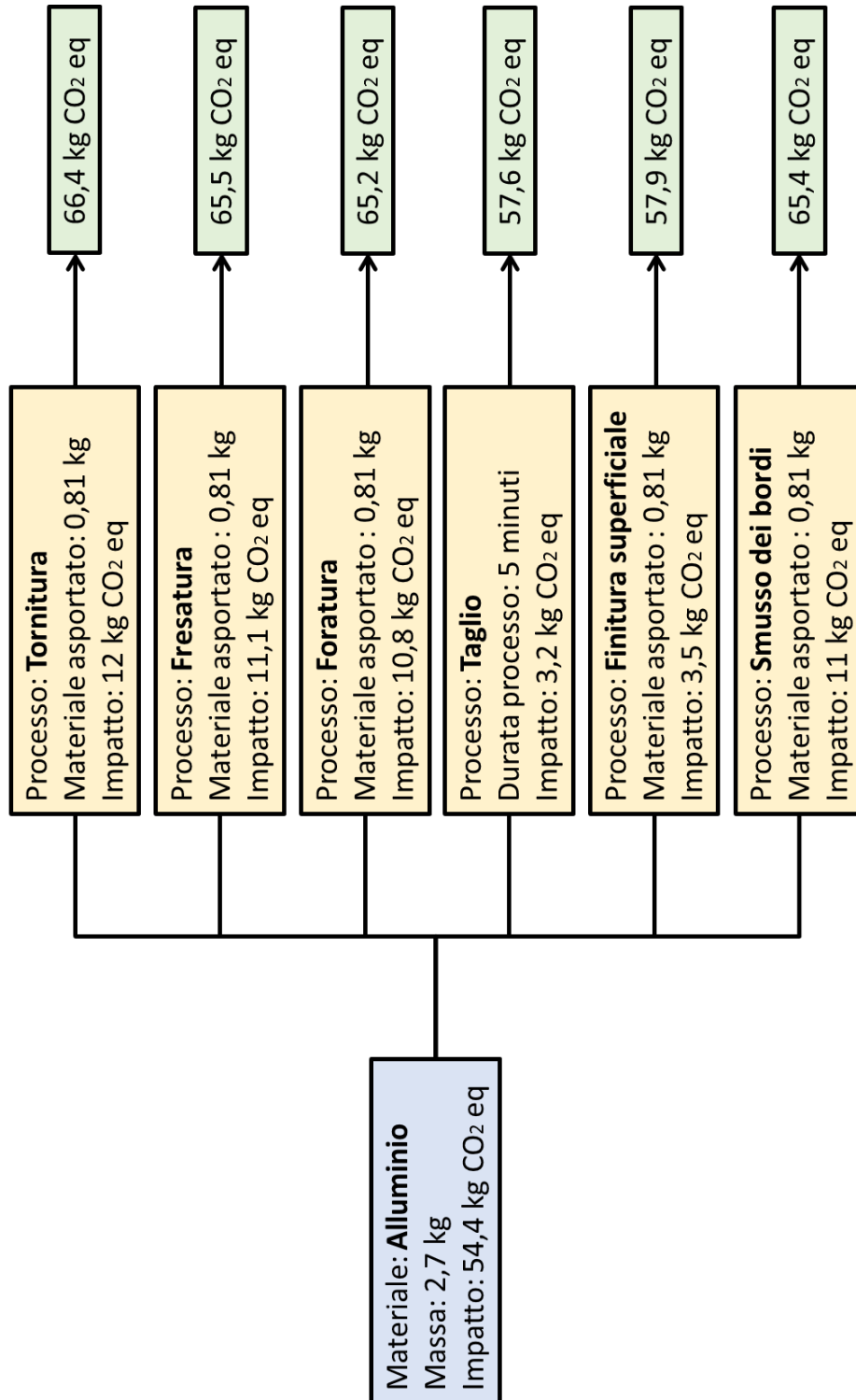


Figura 3.17 – Diagramma di flusso relativo all'alluminio



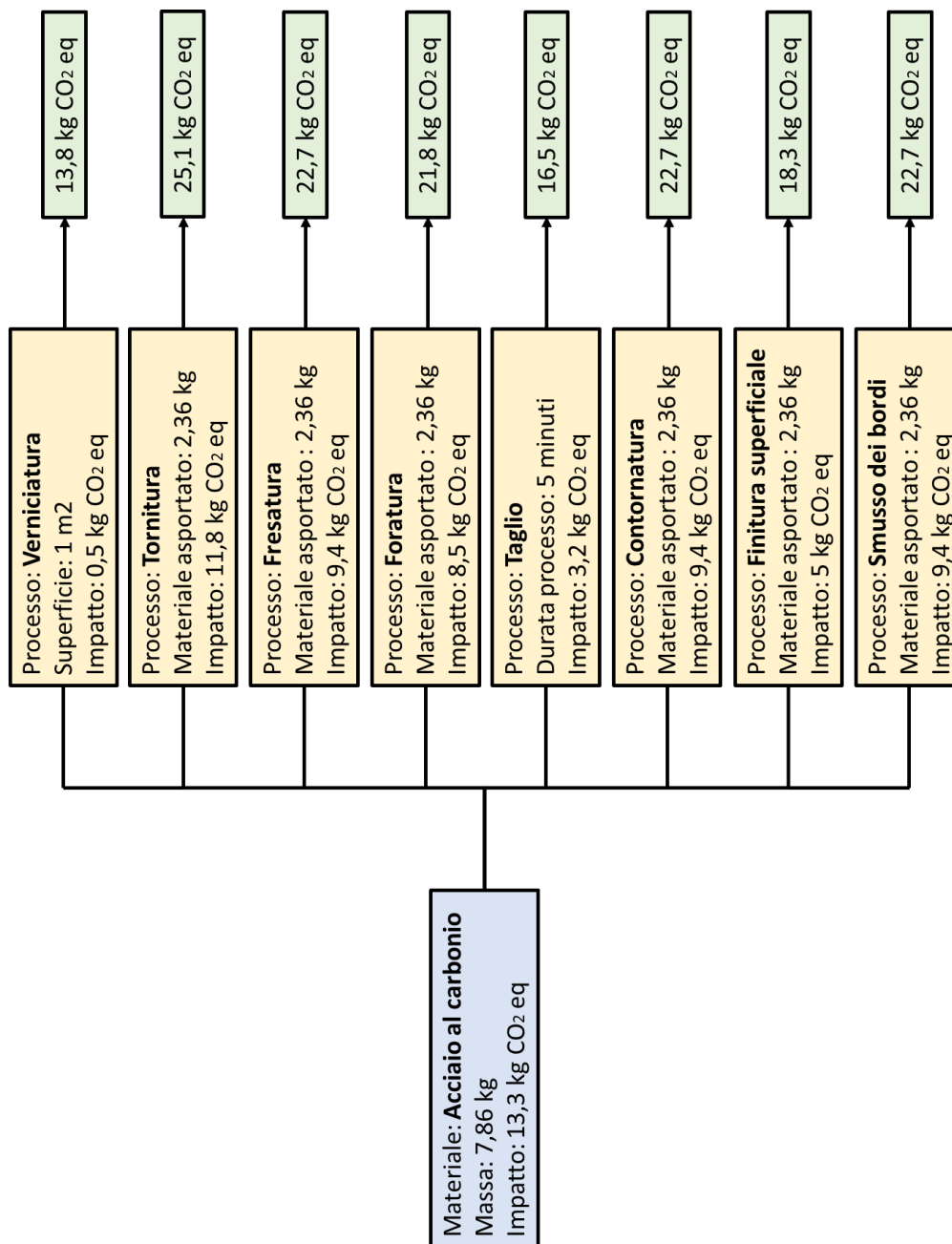


Figura 3.19 – Diagramma di flusso relativo all'acciaio al carbonio

## Capitolo 4

### *Risultati e discussione*

Nel presente capitolo vengono discussi i principali risultati derivanti dall'applicazione della metodologia progettuale illustrata in precedenza al caso di studio della Nuova Simonelli.

La valutazione dell'efficacia della metodologia ha richiesto l'elaborazione di un questionario sottoposto ai responsabili dell'area di progettazione dell'azienda [vedere Appendice B]. È stato richiesto di valutare l'utilità, la potenziale efficacia e la fruibilità legate all'utilizzo delle linee guida e degli strumenti di eco progettazione mostrati nel precedente capitolo e di indicare eventuali idee migliorative per potenziare tali strumenti.

#### **4.1 Questionario di valutazione**

Il questionario di valutazione è stato compilato da quattro addetti dell'area di progettazione dell'azienda.

Le principali considerazioni emerse dal questionario sono di seguito riassunte:

- viene considerato utile disporre nella fase di progettazione dei componenti o sotto assieme di una macchina da caffè di linee guida di eco progettazione e di strumenti che evidenzino l'impatto ambientale dei materiali e processi di impiego aziendale; integrare i criteri ambientali nei requisiti di progettazione di base del prodotto contribuisce a promuovere la riduzione degli effetti ambientali associati alla fase di progettazione dello stesso;
- in alcuni casi, emergono valutazioni non ottimali relativamente alla fruibilità degli strumenti ideati. Ciò ha spinto a rimodellare tali strumenti in una forma alternativa, che verrà di seguito mostrata;
- in riferimento alla Tabella 3.4, tra i suggerimenti migliorativi emerge la necessità di integrare nuovi materiali, non ancora utilizzati dall'azienda, e di realizzare ulteriori

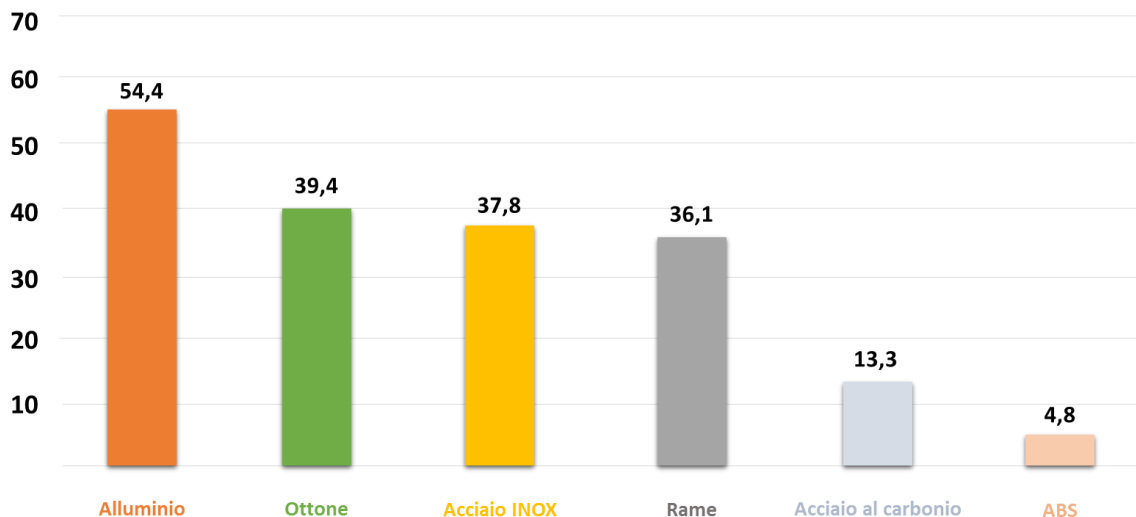
tabelle, per effettuare confronti sia a parità di volume che a parità di peso ed avere così più punti di vista per il confronto stesso;

- in riferimento ai diagrammi di flusso di Figura 3.17, Figura 3.18 e Figura 3.19, tra i suggerimenti migliorativi emerge la necessità di suddividere le materie prime per formati di partenza, come lamiere, tubi, e così via.

## 4.2 Configurazioni alternative degli strumenti

Come anticipato nel paragrafo precedente, alcune valutazioni emerse dal questionario hanno evidenziato una non ottimale fruibilità degli strumenti di eco progettazione nelle configurazioni proposte. Per questo, sono state ideate delle forme alternative di tali strumenti, che possono essere intese anche come integrazione alle prime.

Come configurazione alternativa alla Tabella 3.4 si è optato per il diagramma a barre. Le assunzioni operate per la costruzione di tale diagramma, mostrato in Figura 4.1, sono ovviamente le medesime considerate per la Tabella 3.4 nel paragrafo 3.2.4.2.



**Figura 4.1** – Diagramma a barre degli impatti dei materiali calcolati a parità di volume, alternativo alla Tabella 3.4

Il diagramma a barre che segue, di Figura 4.2, diversamente dal precedente, riporta per i medesimi materiali il confronto tra i relativi impatti ambientali calcolati a parità di peso (1 kg di materiale), e non di volume. In questo modo si rende possibile comparare tra loro i materiali sia a parità di volume che a parità di peso, disponendo dunque di due differenti basi di confronto.

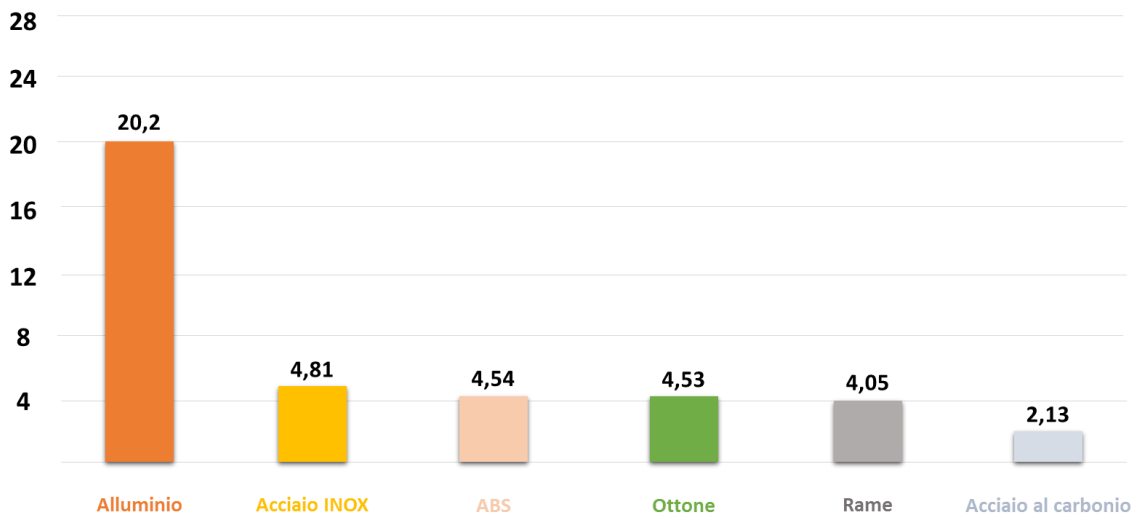


Figura 4.2 – Diagramma a barre degli impatti dei materiali calcolati a parità di peso

I diagrammi di flusso di Figura 3.17, Figura 3.18 e Figura 3.19 sono stati rimodellati utilizzando come nuova configurazione il diagramma a barre impilate.

Le assunzioni operate per la costruzione di tali diagrammi, mostrati in Figura 4.3, Figura 4.4 e Figura 4.5, sono ovviamente le medesime considerate per i diagrammi di flusso nel paragrafo 3.2.4.2.

In un diagramma a barre impilate, le barre vengono divise in segmenti di barra colorati, posizionati l'uno sull'altro. Nel caso in esame, per ciascuna barra le altezze dei due segmenti di barra risultano proporzionali rispettivamente all'impatto ambientale del materiale e a quello della lavorazione che vi è stata associata. Di conseguenza, l'altezza totale di ciascuna barra andrà a rappresentare il valore dell'impatto ambientale cumulato di un materiale per effetto della lavorazione cui è sottoposto.



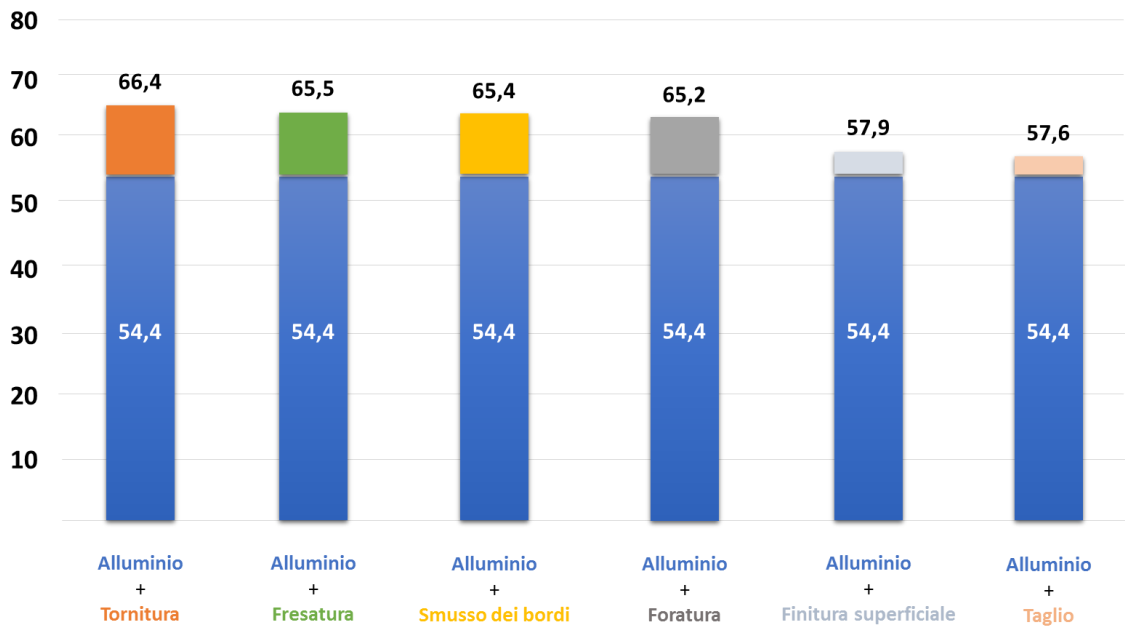


Figura 4.3 – Diagramma a barre alternativo al diagramma di flusso di Figura 3.17

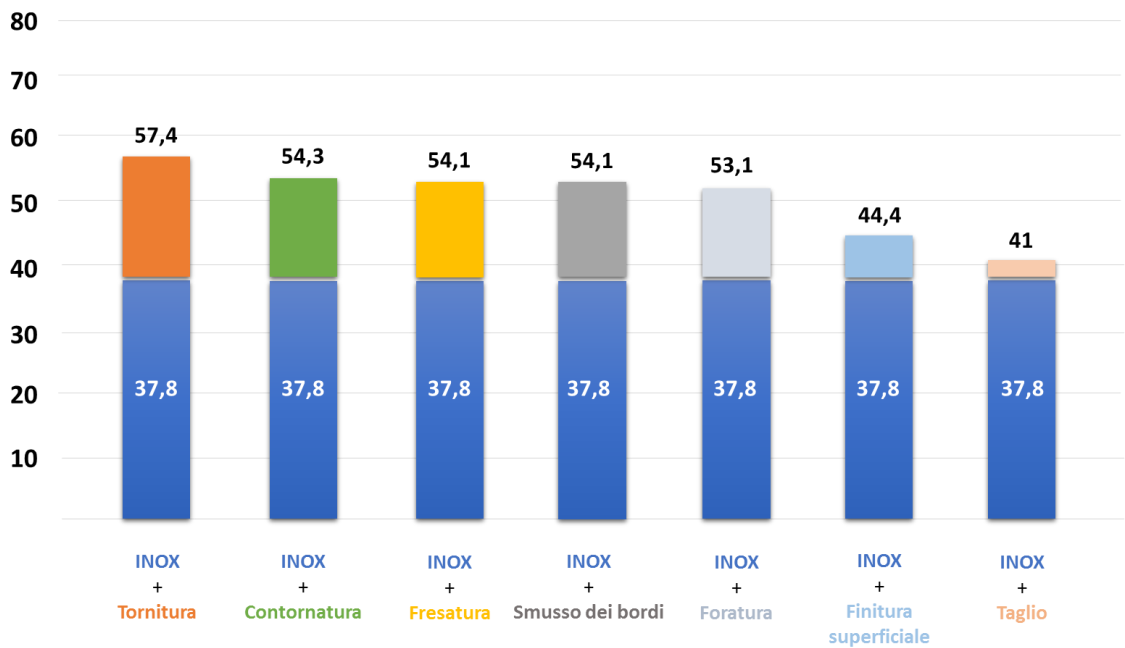


Figura 4.4 – Diagramma a barre alternativo al diagramma di flusso di Figura 3.18

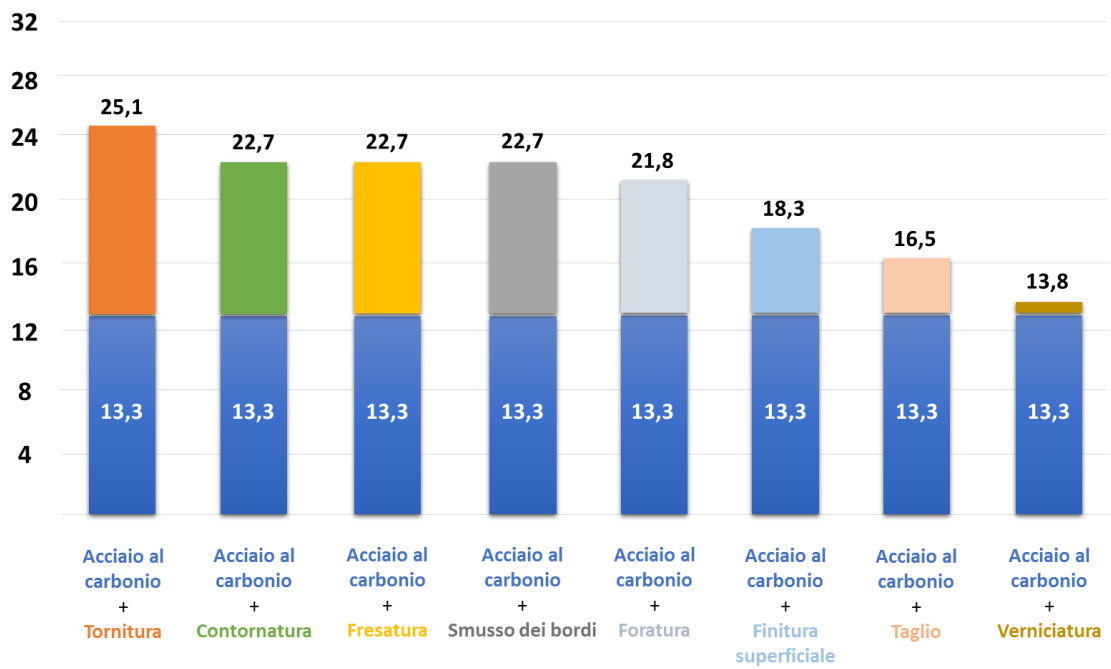


Figura 4.5 – Diagramma a barre alternativo al diagramma di flusso di Figura 3.19

## Conclusioni

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di sviluppare una metodologia progettuale per l'implementazione dell'ecodesign nel contesto industriale e di valutarne l'efficacia attraverso l'applicazione in un caso di studio realizzato in collaborazione con Nuova Simonelli.

Le motivazioni che hanno spinto a sviluppare ed in seguito ad implementare in tale contesto questo metodo sono da ricercarsi nella volontà dell'azienda di favorire la sostenibilità delle proprie macchine da caffè espresso professionali.

Per soddisfare tale esigenza, in primo luogo è stata condotta una scrupolosa attività di revisione di analisi LCA realizzate su numerose macchine da caffè professionali con il fine di individuare le principali criticità progettuali, legate all'impiego di materiali e processi ad alto impatto, e di favorire l'individuazione delle migliori vie di risoluzione dei problemi progettuali, passando attraverso la stesura di linee guida generali di eco progettazione.

In secondo luogo, al fine di agevolare il processo stesso di scelta dei materiali e processi con cui realizzare i singoli componenti o sotto assiemi delle macchine da caffè, sono stati ideati degli strumenti a supporto dell'eco progettazione.

Un questionario di valutazione sottoposto ai responsabili dell'area di progettazione dell'azienda ha permesso infine di comprovare l'utilità di tali regole e strumenti nel favorire l'integrazione dei criteri ambientali nei requisiti di progettazione di base di un prodotto, confermando dunque la loro efficacia nel promuovere la riduzione degli effetti ambientali di prodotto associati alle scelte compiute in sede progettuale.

Un possibile sviluppo futuro del lavoro portato avanti potrebbe riguardare l'estensione delle linee guida di eco progettazione a tutti i gruppi funzionali delle macchine da caffè e la stesura di nuove regole che promuovano la riduzione degli impatti ambientali non soltanto relativamente alla fase di Material and Manufacturing, ma anche in ulteriori fasi

del ciclo di vita non trattate in questo elaborato, come ad esempio quelle d'uso e di fine vita.

Per progetti futuri si potrebbe pensare anche alla creazione di un database che vada a raccogliere i dati sugli impatti ambientali sia dei materiali e processi di utilizzo comune che di quelli mai sperimentati dall'azienda e che sia di facile accesso sia per prelevare informazioni che per inserirne di nuove.

L'attuazione di tali piani di sviluppo porterebbe ad enormi vantaggi per l'azienda soprattutto in termini ambientali ma anche economici.

## Appendice A

### QUESTIONARIO DI VALUTAZIONE DEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE AZIENDALE

---

- Quali figure professionali sono coinvolte nella fase di ideazione di un nuovo prodotto?

*Il Comitato prodotto è composto da direzione marketing, direzione commerciale, direzione tecnica, direzione assistenza tecnica, direzione operation, direzione generale.*

- Definire le principali attività in cui si suddivide la fase di pre-progettazione e la loro sequenza.

- *VOC Voice Of Customer*
- *Esigenze dal mercato*
- *Definizione design macchina*
- *Realizzazione prototipo estetico*
- *Progettazione preliminare*

- Qual è la durata di tali attività?

*Dai 3 ai 6 mesi. Dipende dal modello di macchina.*

- Quali sono i principali strumenti utilizzati nella fase di pre-progettazione?

*Gli strumenti utilizzati sono questionari ai clienti, bozzetti architetto, analisi della concorrenza, analisi generale del mercato.*

- Nella fase di ideazione di un nuovo prodotto, si è soliti attingere informazioni da banche dati preesistenti, report di file, documenti, ecc.?

*Sì, se disponibili.*

- Con quale frequenza vengono svolte le analisi di mercato?

*Semestrale.*

- Generalmente quante idee di prodotto vengono vagliate prima che si pervenga a quella definitiva e si proceda con la progettazione?

*Dipende dal modello di macchina. Generalmente da 1 a 4.*

- Quali sono i requisiti minimi che il concept di prodotto deve soddisfare per poter procedere con la fase di progettazione vera e propria?

*Estetica – dimensione – ergonomia e, in parallelo, prestazioni della tecnologia in laboratorio.*

- Quali figure professionali sono coinvolte nella fase di progettazione di un prodotto?

*Il Team di prodotto è composto da direzione tecnica, progettista senior, progettista junior, progettista elettronico, laboratorio prove, prototipia.*

- Si predilige un approccio alla progettazione di tipo simultaneo (svolgimento in parallelo delle attività) o di tipo sequenziale (step-by-step)?

*Simultaneo.*

- Definire le principali attività in cui si suddivide la fase di progettazione.

- *Progettazione meccanica*
- *Progettazione elettronica*
- *Test di laboratorio per validazione*
- *Realizzazione prototipo funzionante*
- *Test*

- Qual è la durata di tali attività?

*Variabile dai 3 a 9 mesi.*

- Quali sono i principali strumenti (software, ecc.) utilizzati nella fase di progettazione?

*I principali strumenti sono CAD, data logger, power analyzer, misuratori di flusso, temperatura, potenza pressione + strumenti meccanici per prototipia.*

- Quali sono i principali vincoli cui il progettista deve attenersi?

*Dimensioni, prestazioni, consumi, costi.*

- Vi sono componenti/assiemi che l'azienda acquista e non produce internamente?

*Solo materiale commerciale come elettrovalvole, motori, pompanti, pressostati, resistenze ecc.*

- Vi sono componenti per la cui realizzazione si prediligono sempre i medesimi materiali e/o le medesime lavorazioni? Se sì, quali componenti con quali materiali/lavorazioni associate?

*Caldaie in rame per una linea di prodotto, in acciaio per un'altra linea di prodotto; tubi in rame; gruppi in ottone; telaio in ferro verniciato o acciaio ecc.*

- Al contrario, quali sono i componenti per i quali c'è maggiore flessibilità nella scelta dei materiali e/o delle lavorazioni?

*I componenti estetici.*

- Inoltre, per i componenti che conservano la stessa struttura in ogni macchina prodotta, si è soliti utilizzare sempre le medesime modalità di realizzazione (in termini di combinazioni materiali-processi) ormai consolidate, oppure vengono condotte attività parallele di ricerca e sviluppo per valutarne una eventuale riprogettazione?

*Si cerca per quanto possibile l'utilizzo di una piattaforma esistente da cui partire per la progettazione.*

## Appendice B

### QUESTIONARIO DI VALUTAZIONE DEGLI STRUMENTI DI ECO PROGETTAZIONE

Si riportano per ciascuna domanda le risposte o valutazioni di ognuno dei quattro partecipanti.

- Potrebbe essere utile disporre di una serie di linee guida di eco progettazione, comunque preliminari, di cui poter fruire nella fase di progettazione dei componenti di una macchina da caffè?

1 - Sì

2 - Sì

3 - Sì

4 - Sì

- Valutare con un punteggio da 1 a 5 l'importanza di disporre in fase progettuale di uno strumento in forma tabellare (come quello in allegato) che evidenzi l'impatto ambientale dei materiali di impiego aziendale.

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

- Potrebbe essere utile disporre di uno strumento simile al precedente che inglobi anche materiali ancora inesplorati dall'azienda?

1 - Sì

2 - Sì

3 - Sì

4 - Sì

- Se da un'accurata analisi rischi/benefici risultasse l'utilità, in termini di riduzione dell'impatto ambientale, dell'impiego di nuovi materiali, l'azienda guarderebbe di buon occhio l'eventualità di dover acquistare ed integrare nuovi macchinari per lavorarli?



1 - *No.*

2 - *Non saprei.*

3 - *Non sono previste lavorazioni di materiali interne.*

4 - *Le lavorazioni sono fatte esternamente dai fornitori. Acquistiamo componenti finiti su nostro disegno. Si potrebbero però cercare nuovi fornitori per nuovi materiali.*

- In riferimento alla tabella in allegato, quanto da 1 a 5 sono desumibili le informazioni progettuali da essa?

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

- Hai in mente suggerimenti migliorativi? Se sì, quali?

1 - *Riportare i valori al kg di materia prima.*

2 - *Integrare nuovi materiali, non ancora utilizzati dall'azienda.*

3 - *Non è chiaro se il trattamento di fine vita del materiale sia considerato nei kg di CO<sub>2</sub> eq.*

4 - *Realizzare ulteriori tabelle, per effettuare confronti sia a parità di volume che a parità di peso ed avere più punti di vista per il confronto.*

- Valutare con un punteggio da 1 a 5 l'utilità di uno strumento sotto forma di diagramma di flusso (come quelli in allegato) che permetta al progettista di orientare la propria scelta verso processi e/o lavorazioni a ridotto impatto ambientale.

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

1    2    3    4    5

- Potrebbe essere utile disporre di uno strumento simile al precedente che inglobi anche lavorazioni mai effettuate dall'azienda?

1 - *No, non vengono lavorate materie prime internamente.*

2 - *Sì.*

3 - *No.*

4 - *Sì.*

- Se da un'accurata analisi rischi/benefici risultasse l'utilità, in termini di riduzione dell'impatto ambientale, dell'impiego di nuove lavorazioni, l'azienda guarderebbe di buon occhio l'eventualità di dover acquistare ed integrare nuovi macchinari?

1 - *No.*

2 - *Non saprei.*

3 - *Non sono previste lavorazioni interne.*

4 - *No, non vengono lavorate materie prime internamente.*

- In riferimento ai diagrammi di flusso, quanto da 1 a 5 sono desumibili le informazioni progettuali da essi?

<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

- Hai in mente suggerimenti migliorativi o alternative più intuitive ai diagrammi di flusso? Se sì, quali?

1 - *Suddividere le materie prime anche per formati (come lamiere, tubi, ecc.) di partenza.*

2 - *Senza risposta.*

3 - *Senza risposta.*

4 - *Con la % in massa si hanno valori difficili da utilizzare. Potrebbe essere utile avere anche il confronto unitario tra le singole lavorazioni.*

## Bibliografia e sitografia

- [1] [http://www.ecosign-project.eu/wp-content/uploads/2018/09/BASIC\\_UNIT05\\_EN\\_Lecture.pdf](http://www.ecosign-project.eu/wp-content/uploads/2018/09/BASIC_UNIT05_EN_Lecture.pdf)
- [2] Falocco S., 2007. La metodologia dell'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment)
- [3] UNI EN ISO 14040:2006 - Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento
- [4] UNI EN ISO 14044:2006 - Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida
- [5] <https://simonelli-group.com/storia>
- [6] <https://www.beverfood.com/focus-sulla-nuova-simonelli-group-organizzazione-attivita-fatturato-wd88612/>
- [7] [https://www.ansa.it/marche/notizie/2017/07/18/nuova-simonelliverso-fatturato-100-mln\\_149b899c-d54e-453b-8e99-e1dd03733f53.html](https://www.ansa.it/marche/notizie/2017/07/18/nuova-simonelliverso-fatturato-100-mln_149b899c-d54e-453b-8e99-e1dd03733f53.html)

M. Rossi, M. Germani, A. Zamagni, *Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies*

B. Munari, *Da cosa nasce cosa*, Editori Laterza