



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

**Analisi dell'inventario per un Robomaster 60 EVO**

**Robomaster 60 EVO Inventory analysis**

Relatore:

Chiar.mo Prof. Ing. Michele Germani

Tesi di Laurea di:

Alice Bruni

1069565

A.A. 2023/2024



# Sommario

Abstract.....	0
1.    Analisi del Ciclo Vita (LCA) .....	1
1.1    Introduzione e Normativa.....	1
1.2    Fasi dell’analisi del ciclo vita (LCA) .....	3
1.2.1    Goal and scope definition (Definizione dell’obiettivo e del campo di applicazione) .....	4
1.2.2    Inventory analysis (Analisi dell’inventario) .....	14
1.2.3    Impact assessment (Valutazione degli impatti) .....	17
1.2.4    Interpretation (Interpretazione) .....	27
2.    Azienda SCHNELL .....	28
2.1    Storia di un’azienda locale che ha raggiunto importanti traguardi .....	28
2.1.1    Calcestruzzo armato.....	32
3.    CASO STUDIO: INVENTORY ANALYSIS DI UN ROBOMASTER 60/15 EVO V1 cULus	33
3.1    Le footprint strumento fondamentale per il mercato .....	33
3.2    EPD: la certificazione a misura di SCHNELL.....	35
3.3    ROBOMASTER 60 EVO PRESO COME CASO DI STUDIO .....	37
3.4    CASO STUDIO .....	41
3.4.1    Mix di vendita dei ROBOMASTER nel 2023 .....	42

3.4.2	Descrizione del sistema .....	48
3.4.3	Pesatura diretta: dati primari.....	54
3.4.4	Confronto tra pesi della DB e pesi pesati.....	57
4.	Conclusioni.....	60
5.	Ringraziamenti .....	62
6.	Bibliografia .....	64

## Abstract

L'uomo ha sempre avuto un impatto sul pianeta, in misura variabile a seconda delle sue attività. Ogni azione umana, infatti, lascia un'impronta ambientale. *Possiamo definire l'impatto ambientale come l'alterazione da un punto di vista qualitativo e quantitativo dell'ambiente, considerato come insieme delle risorse naturali e delle attività umane a esse collegate, conseguente a realizzazioni (installazioni industriali, tracciati ferroviari o autostradali, reti di distribuzione dell'energia ecc.) di rilevante entità* (Impatto Ambientale, 2022). Tra i principali fattori che determinano l'impatto ambientale troviamo sicuramente l'inquinamento atmosferico e idrico, la perdita di biodiversità, l'inquinamento sia dell'aria che dell'acqua, il consumo eccessivo di risorse naturali, gli impatti sulla salute umana, la dislocazione delle comunità ed infine il più rappresentativo ovvero il cambiamento climatico. *Quello in cui viviamo è un secolo in cui l'ambiente globale si trova ad affrontare minacce significative dovute ai cambiamenti climatici, che vanno da inondazioni e siccità alle ondate di caldo e altri eventi meteorologici estremi* (Abbas, et al., 2023). È quindi fondamentale prendere coscienza dell'impatto delle nostre azioni sull'ambiente e adottare comportamenti sostenibili per ridurre il nostro contributo al degrado ambientale. Governi, aziende e singoli individui devono lavorare insieme per costruire un futuro più verde e garantire un pianeta sano per le generazioni future.

# 1. Analisi del Ciclo Vita (LCA)

## 1.1 Introduzione e Normativa

Agli inizi degli anni '60 del Novecento inizia gradualmente a farsi strada un approccio sempre più sensibile nei confronti dell'ambiente, totalmente differente rispetto a quello al quale si era abituati fino a quel momento; si inizia a comprendere la necessità di essere più rispettosi verso il pianeta e verso le risorse alle quali attingiamo costantemente, a comprendere quali tipologie di energia possono essere sfruttate per i vari impieghi e si cerca di capire la tipologia di impatto che le diverse attività umane possano avere nell'ambiente e in tutto ciò che esso comprende; tutto questo, però, è inizialmente per lo più teorico e concettuale, e si sente quindi il bisogno di renderlo concreto ed applicabile.

Ed è proprio l'accrescersi di questa nuova consapevolezza a fare sì che si iniziasse a ricercare un metodo rigoroso e sistematico che dettasse delle regole da seguire al fine di valutare, per ogni ambito, il ciclo di vita dei prodotti e dei servizi derivanti dalle molteplici attività umane. Le prime ad adottare questo nuovo approccio sensibile verso l'ambiente sono state le industrie le quali, in questi anni, *iniziano ad applicare alcune tecniche di analisi energetica e si interessano a temi quali il risparmio di energia e risorse nonché il monitoraggio di reflui ed emissioni in ambiente* (Magatti, 2015).

Si prosegue su questa strada per i successivi 30 anni, nei quali ci si concentra sempre più su queste tematiche riguardanti l'impatto ambientale e si iniziano a mettere in maniera graduale le fondamenta di quella che oggi è conosciuta come la metodologia per eseguire l'analisi LCA (Life Cycle Assessment), termine che viene coniato soltanto negli anni '90 al congresso Setac (Society of Environmental Toxicology and Chemistry).

Con analisi LCA si intende una metodologia analitica e standardizzata che ha il compito di quantificare e valutare l'impatto sull'ambiente e sulla salute umana di un prodotto (o un servizio), prendendo in considerazione il suo intero ciclo di vita, "from cradle to grave" (dalla culla alla tomba), che ha l'obiettivo di individuare i consumi legati alle materie prime, all'energia ed ai rifiuti, e da questi poter poi valutare le emissioni nell'ambiente che ne conseguono.

L'ente che ha regolamentato questa metodologia a livello internazionale è stato l'ISO (International Organization for Standardization), la più grande organizzazione a livello mondiale che ha come compito quello di definire le norme di tipo tecnico. In particolare la metodologia LCA è regolamentata dalle norme ISO della serie 14040; la prima norma, redatta nel 1997, è la ISO 14040 (1997) che riguarda "Principles and framework"; susseguono poi la ISO 14041 (1998) "goal and scope definition and inventory analysis", e nel 2000 la UNI EN 14042 Life "Cycle Impact Assessment" e la UNI EN ISO 14043 "Life Cycle Interpretation". Si arriva così alle due norme che sono in vigore tutt'ora e che definiscono il Life Cycle Assessment (LCA); esse sono:

UNI EN ISO 14040 (2006) che riguarda "Gestione ambientale-Valutazione del ciclo di vita-Principi e quadro di riferimento": è la più generale delle due e descrive la struttura di base della metodologia LCA.

UNI EN ISO 14044 (2018) che riguarda "Valutazione del ciclo di vita, Requisiti e Linee guida": è il supporto principale per la metodologia LCA dal punto di vista pratico.

Bisogna specificare che *una valutazione del ciclo di vita ambientale esplora l'impatto ecologico di un prodotto nel corso della sua vita. Il suo focus è l'ambiente: non si occupa di questioni sociali o economiche* (ASHBY, 2024); quindi in nessun'analisi di questo tipo si potrà

mai trovare alcun riferimento ad una sostenibilità economica del prodotto o del servizio protagonista, in quanto il suo compito è quello di *esaminare i flussi di energia e materiali nell'acquisizione, lavorazione e produzione dei materiali, distribuzione, uso, manutenzione e riparazione, opzioni di riciclaggio e gestione dei rifiuti* (ASHBY, 2024), allo scopo di determinare l'impatto sull'ambiente dell'intero ciclo di vita di un servizio, attività o prodotto.

## 1.2 Fasi dell'analisi del ciclo vita (LCA)

L'analisi LCA è una metodologia con step ben delineati e ben definiti, e si articola in 4 fasi principali, tra loro correlate:

- Goal and scope definition (Definizione dell'obiettivo e del campo applicazione);
- Inventory analysis (Analisi dell'inventario);
- Impact assessment (Valutazione degli impatti);
- Interpretation (Interpretazione del ciclo di vita).

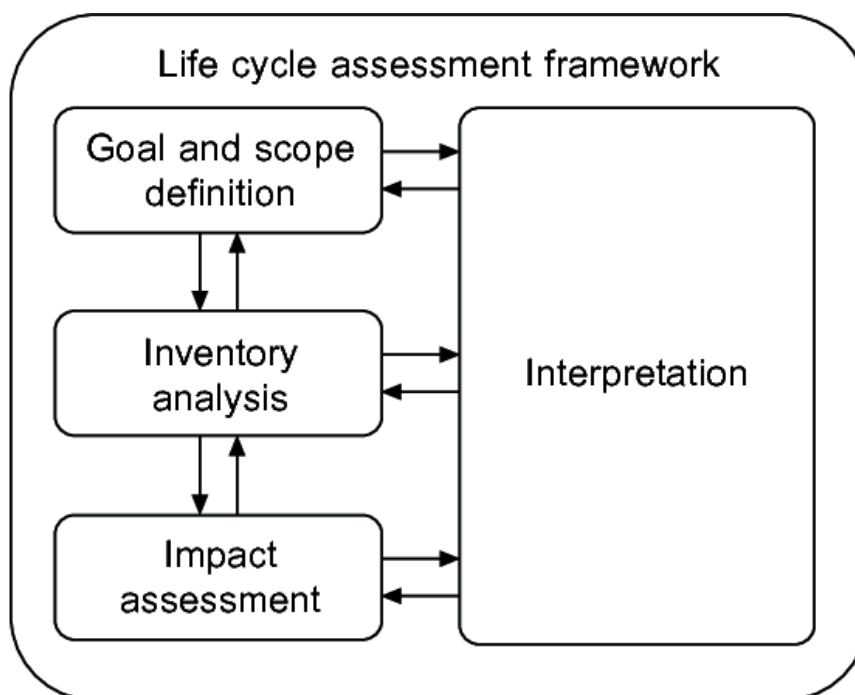


Figura n. 1 Life cycle assessment framework



È necessario, però, puntualizzare che questa divisione in fasi dell'analisi LCA viene fatta semplicemente per fare più chiarezza, dal punto di vista esplicativo, su quelli che debbano essere i vari step e i passaggi da seguire. Infatti, il modus operandi al quale attenersi non deve essere quello per blocchi in cui una volta finita una fase la si può considerare conclusa e completata, passando poi a quella successiva senza dover più guardare indietro. Nella pratica, le quattro fasi vanno considerate come un tutt'uno e facenti parte di un unico processo iterativo in quanto, quando con l'andare avanti dello studio e in fasi successive vengono acquisite nuove informazioni e specifiche, sarà quasi sempre necessario dover tornare indietro, revisionare i punti trattati in precedenza ed apportare, se necessario, delle modifiche alla luce dei nuovi dati: questo spiega il perché, in tutte le rappresentazioni e figure che si hanno del framework della LCA, sono presenti sempre le doppie frecce sia entranti che uscenti dalle varie fasi.

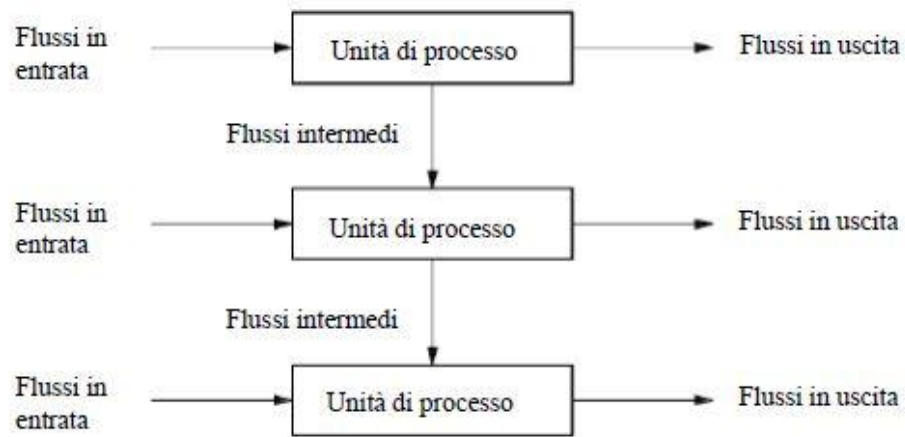
### 1.2.1 Goal and scope definition (Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione)

Questo primo momento dell'analisi rappresenta quella che è la fase preliminare dello studio LCA, nella quale viene fornita una presentazione schematica del sistema che si vuole andare a studiare in tutta la sua interezza; principalmente vengono qui definiti l'obiettivo e il campo d'applicazione del sistema oggetto di studio.

- Obiettivo dello studio LCA: in questo stadio si individuano tutte le motivazioni e le ragioni per le quali si è giunti alla decisione di effettuare tale analisi. Viene inoltre descritta qual è l'applicazione prevista dei risultati che si otterranno successivamente alla fine dello studio; numerose possono essere le applicazioni e le motivazioni per le quali si decide di effettuare un'analisi di questo tipo. Essa può servire per quantificare e successivamente confrontare gli impatti ambientali di vari

sistemi tra loro; oppure identificare quali siano, all' interno di un unico sistema, le parti o i componenti maggiormente impattanti, con lo scopo di apportare, nel caso in cui sia possibile, cambiamenti dal punto di vista del materiale o dal punto di vista progettuale di tale prodotto ed ottenerne una versione migliorata e che abbia un impatto minore nell'ambiente; in altri casi invece è il principale strumento per l'ottenimento di alcune certificazioni ambientali, come la Footprint e l'EPD. Infine, in questa fase viene delineata qual è la tipologia di pubblico alla quale viene destinata l'indagine e alla quale, successivamente, verranno comunicati i risultati finali dell'analisi.

- Campo di applicazione dello studio LCA: qui viene determinato e descritto qual è il prodotto che deve essere preso in analisi ed il metodo preciso con cui quest' ultima deve essere effettuata; i fattori da considerare in questa parte sono i seguenti.
  - Il SISTEMA DI PRODOTTO da analizzare: occorre innanzitutto definire cosa sia un'unità di processo ovvero il più piccolo elemento per il quale sono quantificati i flussi in input ed in output lungo un ciclo di vita. Il sistema di prodotto è l'insieme delle unità di processo (con i loro input e output) connesse tra loro dai vari flussi intermedi che vanno a comporre il ciclo di vita di un qualsiasi prodotto.



*Figura n. 2 Grafico del sistema di prodotto*

- La FUNZIONE che svolge il sistema oggetto di studio: essa deve essere ben definita in quanto non tutti i sistemi possiedono obbligatoriamente un'unica funzione, ma possono esistere alcuni che hanno anche due o più funzioni; è necessario quindi, se esso non ne possiede soltanto una, scegliere quella che, tra tutte, sia coerente con l'obiettivo che è stato scelto e prefissato, ed è importante che questa sia facilmente definibile e misurabile.
- L'UNITÀ FUNZIONALE (FU); essa può essere considerata come la vera e propria unità di misura delle prestazioni del sistema di prodotto e serve ad individuare, in maniera misurabile, il riferimento rispetto al quale i dati di input e di output (ovvero i flussi di materia ed energia entranti ed uscenti) devono essere normalizzati; è una parte fondamentale poiché è il mezzo che consente di comparare e confrontare i risultati ottenuti dall' LCA del sistema oggetto dell'analisi con quelli di un altro sistema, altrimenti senza la FU non si potrebbero paragonare. La scelta della FU deve essere fatta con estrema attenzione ed accuratezza, in quanto essa deve essere coerente con quello che è l'obiettivo dell'analisi che stiamo realizzando. Dopodiché, individuata l'unità funzionale, si

deve definire anche il flusso di riferimento, ovvero il quantitativo di prodotto e di energia di cui si necessita al fine di poter svolgere la funzione descritta nella FU.

- I CONFINI del sistema oggetto di studio: rappresentano l'interfaccia tra il sistema che si sta analizzando e l'ambiente circostante o altri sistemi con i quali lo si vuole mettere a confronto; è importante che anche i confini risultino definiti in accordo con quello che è l'obiettivo dell'analisi. Questi confini definiscono quali unità di processo del ciclo di vita di un prodotto si vogliono includere o, al contrario, escludere dallo studio, intendendo con UNITÀ DI PROCESSO, come abbiamo già detto, le singole operazioni che compongono il processo assieme ai vari input e output; è fondamentale tenere a mente il fatto che si debba utilizzare lo stesso grado di dettaglio nell'analisi di ognuno dei processi che rientrano nei confini prefissati. Esistono tre tipologie di confini per un sistema:

1. Confini tecnologici i quali precisano quale sia il livello, dal punto di vista tecnologico, assunto dall'analisi.
2. Confini temporali che rappresentano il periodo di tempo lungo il quale vengono raccolti i dati dell'inventario; nel caso in cui ci siano alcuni parametri che dipendono dal tempo e che quindi variano con esso, allora si dovrà avere l'accortezza di mediarli prendendo in considerazione un determinato intervallo di tempo.
3. Confini geografici i quali rappresentano la copertura geografica dell'analisi; è necessario specificarli per lo studio che si sta effettuando in quanto contesti geografici diversi portano a risultati decisamente differenti.

È assolutamente importante definire con precisione tutti i confini in quanto se viene analizzato lo stesso sistema utilizzando però confini differenti allora le due

analisi condurranno a risultati ben diversi; analogamente sistemi differenti possono essere confrontati soltanto se entrambi hanno i medesimi confini. Si è soliti includere in queste analisi tutte le fasi facenti parte della vita di un prodotto, partendo dall'acquisizione delle materie prime fino ad arrivare al fine vita; in questo caso si dice che i confini ricoprono un periodo di vita che viene denominata, come è stato già anticipato all'inizio, from-cradle-to-grave (dalla culla alla tomba).

Possiamo suddividere questo intero ciclo di vita utile di un sistema (from-cradle-to-grave) nelle seguenti fasi:

1. Processi a monte, detti upstream processes (from cradle-to-gate dalla culla al cancello), che vanno dalla fase di estrazione fino all'uscita dallo stabilimento. Includono l'estrazione e la produzione delle materie prima, i processi di riciclaggio di materiali derivanti da cicli di vita di altri prodotti; comprendono inoltre gli imballaggi, i trasporti e la generazione dei vari vettori energetici.
2. Processi core, detti core processes (from gate-to-gate da cancello a cancello). Essi, invece, includono tutte le attività centrali coinvolte nella produzione effettiva del sistema, comprendendo tutto ciò di cui si ha bisogno per realizzarli e ciò che ne consegue dalla loro realizzazione, sempre dal punto di vista di materiali, di energia, di trasporto, di imballaggi e di collaudi. Se necessario per il processo, si deve tenere conto anche dei viaggi e dello spostamento del personale, e delle attività di ricerca e sviluppo.
3. Processi a valle, detti downstream processes (from gate-to-grave dal cancello alla tomba). Tutto ciò che avviene dal cancello dell'azienda in poi, quindi il

trasporto, l'installazione (se necessario), la generazione di energia e gli imballaggi utilizzati per il trasporto. Poi si passa all' utilizzo ed al funzionamento del prodotto comprendendo anche i consumi e le emissioni che ne conseguono; si considera anche la manutenzione ordinaria e la sostituzione di parti; si arriva così al trattamento di fine vita del prodotto e dell'imballaggio.

Esistono casi in cui è possibile imbattersi anche su analisi LCA che sono state effettuate considerando come periodo di tempo soltanto una o due di queste fasi, ma nella maggior parte dei casi viene preso in considerazione, come detto pochi istanti fa, l'intero ciclo di vita di un prodotto al fine di avere una maggior completezza dell'analisi stessa.

Per rendere il discorso dei confini più chiara e comprensibile, vengono spesso utilizzati dei diagrammi di flusso che descrivono, in maniera grafica, il sistema ed i confini che sono stati presi. Nella Figura n. 3 qui di seguito, un esempio di diagramma di flusso:

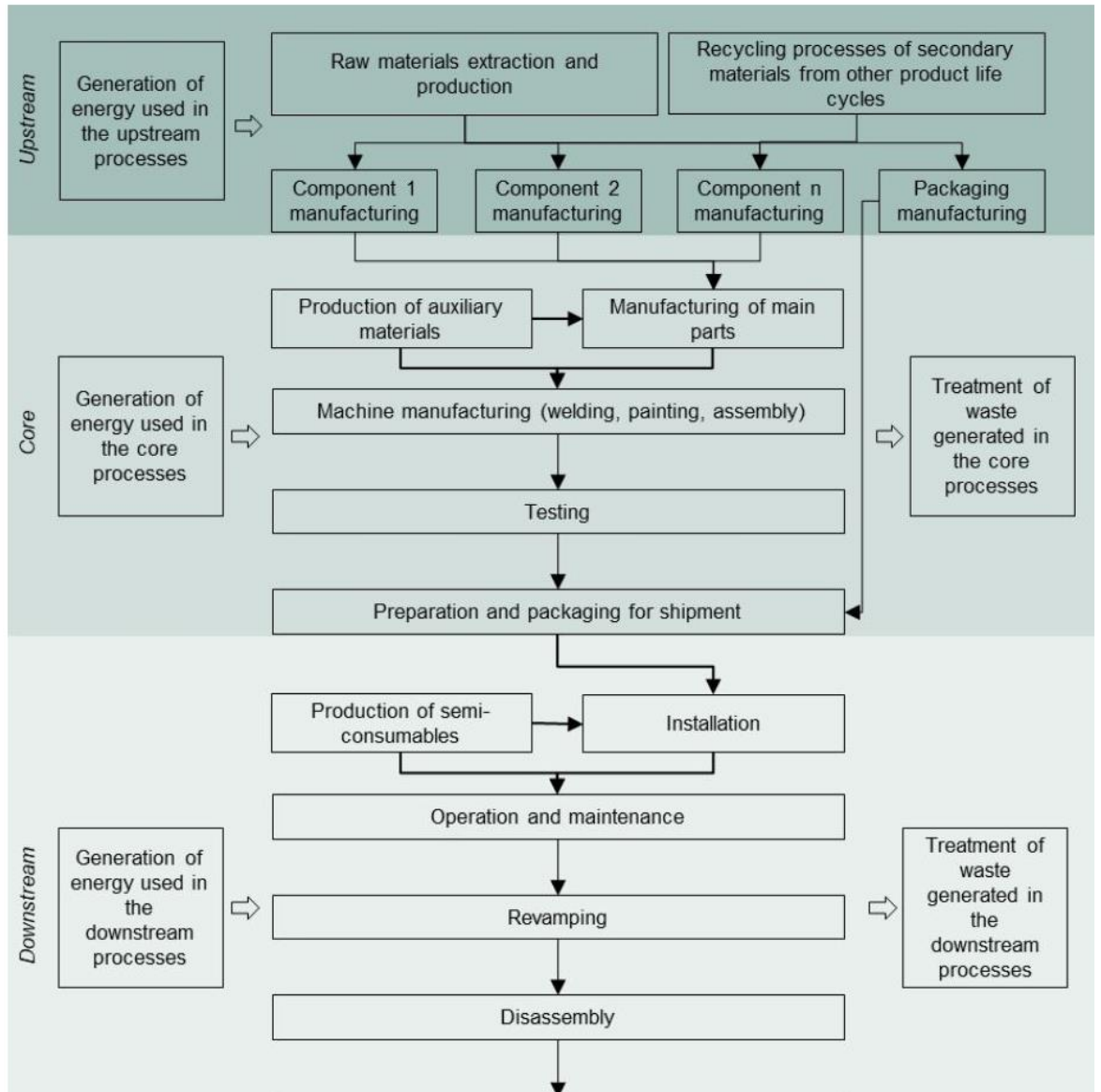


Figura n. 3 Diagramma di flusso

La situazione ideale per un LCA sarebbe quella in cui viene inclusa, all' interno dell'analisi, ogni elemento facente parte dell' intero ciclo di vita del prodotto; questo, però, non sempre è fattibile, poiché non tutti i dati risultano sempre facilmente reperibili o misurabili; è possibile quindi, in alcuni casi, fare lievi modifiche e cambiare i confini del sistema; si può decidere di omettere alcuni dati associati alle fasi del ciclo di vita, alle unità di processo o ai flussi in input o

output nel caso in cui questa esclusione non implichi variazioni significative all'intera analisi; questo taglio, però, deve sempre essere giustificato ed indicato, e soprattutto non deve essere fatto in maniera casuale ma deve seguire e rispettare un certo criterio, denominato regola di CUT-OFF. In particolare, le norme definiscono tre criteri di cut-off che ci suggeriscono quali siano gli input e output associati alle unità di processo da dover obbligatoriamente includere o da poter escludere basandoci sui principi di:

1. Massa secondo il quale possono essere esclusi tutti i flussi in ingresso che nella loro totalità contribuiscono per meno dell'1% (in genere viene utilizzata questa percentuale) al flusso di massa in ingresso.
  2. Energia secondo la quale possono essere esclusi tutti i flussi in ingresso che nella loro totalità contribuiscono per meno dell'1% (in genere viene utilizzata questa percentuale) al flusso di energia in ingresso.
  3. Rilevanza ambientale secondo la quale possono essere esclusi tutti i flussi in ingresso che contribuiscono per meno dell'1% (in genere viene utilizzata questa percentuale) ad una specifica categoria di impatto.
- I REQUISITI DELLA QUALITÀ DEI DATI; in base alla credibilità ed all'affidabilità che si vuole dare allo studio è necessario definire, fin da subito, quale debba essere la qualità dei dati che verranno raccolti, poiché da questo dipenderanno poi i metodi usati per la raccolta dati, il carico lavorativo associato ad essa ed il conseguente tempo impiegato. Le norme ISO ci indicano che tali requisiti debbano essere in grado di rispettare le seguenti caratteristiche.



1. Rappresentatività temporale: comprende sia il tempo di durata della raccolta dati, sia l'anno a cui tali dati fanno riferimento.
  2. Rappresentatività geografica: definisce lo spazio geografico in cui tali dati devono essere raccolti.
  3. Rappresentatività tecnologica: indica quale tipo o quali tipi di tecnologia devono essere utilizzate per effettuare la raccolta.
  4. Precisione dei dati: è intuibile che maggiore è la precisione dei dati ottenuti, maggiore sarà l'attendibilità dell'analisi e minore la variabilità dei dati.
  5. Rappresentatività: valuta, qualitativamente, se i dati rispecchiano o meno la realtà.
  6. Completezza: è necessario che, il quadro dei dati, sia il più completo possibile.
  7. Riproducibilità: i dati devono poter essere riprodotti.
  8. Incertezza delle informazioni.
  9. Affidabilità dei dati: accertarsi nel caso in cui si abbiano dubbi sulla veridicità di alcuni dati.
  10. Fonti dei dati recuperati: specificare da dove sono stati recuperati e raccolti.
- 
- **L'ALLOCAZIONE:** è la ripartizione dei consumi (di materia ed energia) e degli impatti, relativi ai vari co-prodotti e sottoprodotti generati da uno stesso processo produttivo. Con co-prodotti si intendono due o più prodotti finiti che vengono ottenuti dallo stesso sistema produttivo o dalla stessa unità di processo, mentre i sottoprodotti possono essere definiti come scarti che verranno poi utilizzati come materie prime secondarie per dare vita ad un altro prodotto, differente da quello per cui il sottoprodotto è stato generato. A differenza di quello che si potrebbe pensare, infatti, nella gran parte dei processi produttivi

non viene generato un unico prodotto, ma spesso ne vengono ottenuti più di uno; questo è il caso delle produzioni che vengono denominate produzioni accoppiate, ovvero quelle produzioni in cui, oltre al prodotto desiderato e che si intende analizzare, vengono generati anche prodotti secondari. In primo luogo, le norme ISO sostengono che occorre evitare quanto più possibile o al più minimizzare l'allocazione anziché tentare fin da subito di volerla risolvere; esse suggeriscono di farlo o suddividendo il sistema in sotto-processi, affinché ad ognuno di essi sia associata la produzione di un unico prodotto, oppure tramite l'espansione dei confini. Nei casi in cui, però, l'allocazione non sia evitabile, è necessario utilizzare un approccio in cui si cerca di assegnare in maniera diretta i flussi in input e output ai vari prodotti. Le norme stabiliscono che ci si debba affidare a criteri di natura fisica e scientifica, ovvero relazioni che si basano sul rapporto tra input e output dei vari prodotti. Dal punto di vista fisico, il metodo di allocazione più facile ed affidabile è sicuramente quello in massa: esso consiste nel dividere input e output per il rapporto tra la massa dei vari prodotti. Questo non è l'unico metodo di allocazione di tipo fisico esistente; infatti, un altro molto utilizzato è anche l'allocazione in volume. Ciò che importa è scegliere il metodo di allocazione fisico più adatto per ciò che si deve analizzare al fine di ottenere risultati che risultino riproducibili. Se nessuno dei metodi fisici di allocazione dovesse essere soddisfacente, si passa allora ad una ripartizione che invece si basa su relazioni economiche; questo criterio, però, non è sempre molto affidabile e per questo è allo stesso tempo poco utilizzato; infatti, attraverso questo metodo si incappa spesso sul problema dell'irriproducibilità dei risultati dovuta al fatto che i prezzi non sono qualcosa di fisso, ma sono dati possono variare anche nel tempo. In ogni caso, a prescindere da quale sia il metodo scelto,

la cosa importante è che esso venga chiaramente specificato e dichiarato all'interno dell'analisi.

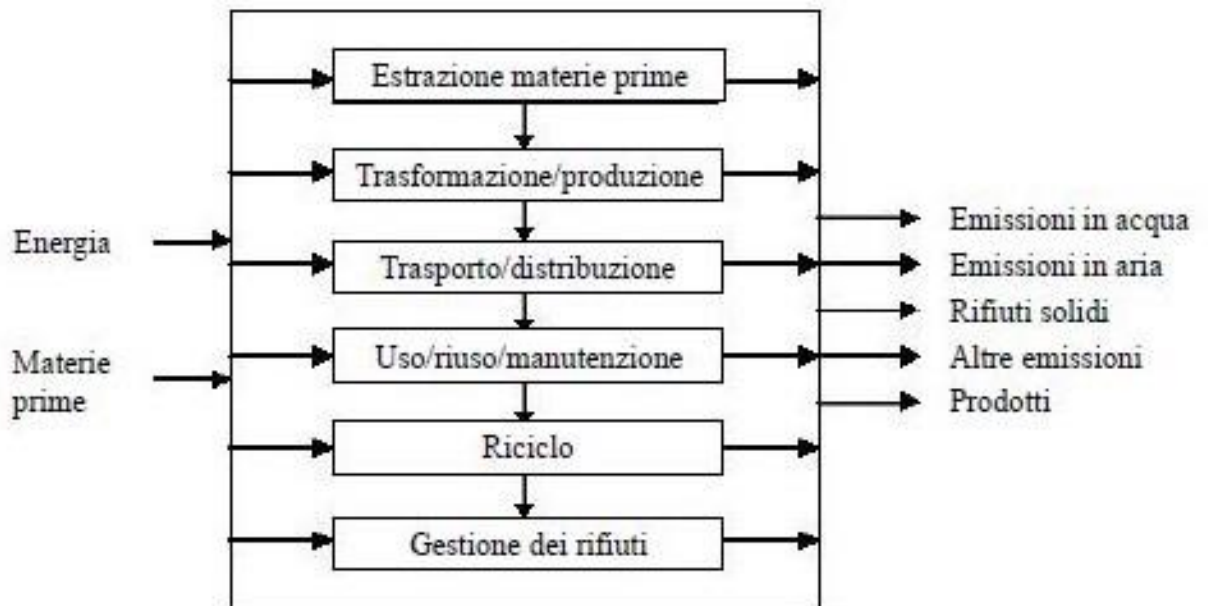
### 1.2.2 Inventory analysis (Analisi dell'inventario)

L'analisi dell'inventario viene chiamata anche Life Cycle Inventory (LCI); la norma ISO 14040 (2006) definisce questa seconda fase come quella in cui vengono raccolti e quantificati i flussi di input e di output di un sistema di prodotto generalmente per tutto il suo intero ciclo di vita e cioè, nello specifico, per ogni processo unitario che prende parte alla creazione del sistema nella sua totalità. È necessario, innanzitutto, reperire i dati che riguardano ciò di cui si è parlato nella fase precedente, ovvero concordi con quelli che sono l'obiettivo dell'analisi ed il suo campo di applicazione; in seguito, è opportuno quantificare tutti questi dati tramite dei metodi di calcolo, in quanto lo scopo è proprio quello di andare ad attribuire un valore numerico a tutti i vari flussi. Più precisamente vengono identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, materiali, prodotti riciclati, acqua), consumi di energia (elettrica, termica, solare) e le emissioni (in acqua, in aria, nel suolo) al fine di ottenere un vero e proprio bilancio ambientale. Questo momento dell'analisi rappresenta sicuramente la fase più complessa, costosa ed impegnativa delle 4, sia dal punto di vista delle risorse necessarie ad effettuarla, sia dal punto di vista del tempo impiegato per compierla e portarla a termine.

Questa seconda fase è composta da quattro sottofasi principali. La prima cosa da fare è costruirsi un Flow Chart (Diagramma di Flusso) ovvero realizzare un modello analogico ed approssimato della realtà, nel quale vengono rappresentate graficamente e qualitativamente tutte le unità di processo che compongono il sistema oggetto di analisi (con i loro flussi di input e output di materiali ed energia) e con esse i vari flussi intermedi. Per completezza è utile inserire anche una descrizione delle unità di processo che

compongono il sistema, questo per avere ben chiari quelli che sono tutti i passaggi che prendono parte alla creazione del processo totale; ovviamente tali processi unitari devono rispettare i confini che sono stati delineati precedentemente nella fase 1. I flussi vengono espressi in unità fisiche e riguardano:

- i materiali nelle sue fasi, quindi l'estrazione e l'acquisizione delle materie prime, la sua trasformazione in prodotti finiti, co-prodotti, sottoprodotti, rifiuti, utilizzo di acqua;
- l'energia, quindi il prelievo delle fonti di energia, l'utilizzo;
- emissioni in acqua, aria, suolo.



*Figura n. 4 Flussi in Input e Output*

Come si può vedere dal diagramma in Figura n. 4, in particolare, i dati di input sono i materiali, l'energia e i trasporti, mentre quelli di output sono i prodotti, i co-prodotti, i sottoprodotti, i rifiuti e le emissioni in acqua, aria e suolo. Se nel corso di questa fase, per un qualsiasi motivo, vengono fatte eventuali omissioni è necessario, come sempre, giustificarle specificandolo all'interno dell'LCA.

Subito dopo la costruzione del diagramma di flusso si ha la raccolta dei dati (Data collection) che viene solitamente realizzata tramite tabelle o fogli di calcolo; i dati possono essere di tre tipologie, primari, secondari e terziari. Con dati primari si intendono tutti quei dati che sono stati raccolti e misurati in maniera diretta sul campo e sono specifici del processo produttivo che si sta esaminando; i dati secondari, invece, sono molto più generali, non sono specifici del caso in esame, ma sono quelli contenuti nei database (banche dati) che sono presenti all'interno dei vari software; infine, i dati terziari sono quelli provenienti dalla letteratura scientifica e da manuali tecnici che però, a differenza dei secondari, non hanno la possibilità di essere man mano revisionati e riaggiornati. Un'analisi perfettamente ideale prevederebbe l'impiego dei soli dati primari nello studio, ma essendo questo nella pratica sostanzialmente impossibile, la norma stabilisce di utilizzare in ordine i dati primari come prima scelta, quando questi sono difficili da reperire o insufficienti ci si affida ai dati secondari e solo come ultima scelta, quando non è possibile ottenere i precedenti in alcun modo, i dati terziari. È importante che tutti i dati in ingresso e in uscita rispettino i criteri di qualità di cui si è parlato nella fase 1 ed inoltre è fondamentale che vengano specificati tutti i dettagli (provenienza, tempo preso in considerazione, tipologia di dato) al fine di non incappare in alcun tipo di errore.

La parte successiva di questa fase riguarda la risoluzione del problema dell'allocazione; è necessario che il metodo più appropriato per risolvere tale problema, ove presente, debba essere già stato identificato e specificato nella prima fase, cioè in quella di definizione del campo di applicazione.

Si passa poi al quarto momento di questa seconda fase, ovvero l'elaborazione e la presentazione dei risultati suddivisi in diverse categorie, ricordandosi sempre di far riferimento all'unità funzionale individuata nella fase precedente. Questa elaborazione dei

dati può essere effettuata tramite alcuni software di calcolo che vengono impiegati per gli studi di un LCA; in tali software, infatti, è possibile inserire i dati primari che sono stati raccolti grazie alle misurazioni precedenti ed è possibile trovare i dati secondari di cui si necessita i quali sono contenuti all'interno dei database. I software maggiormente impiegati sono Ecoinvent, SimaPro, GaBi.

### 1.2.3 Impact assessment (Valutazione degli impatti)

La terza fase dell'analisi LCA è la Valutazione degli impatti detta anche Life Cycle Impact Assesment (LCIA). Essa è finalizzata a determinare tutti gli impatti ambientali generati dal sistema che si sta studiando, partendo dai dati di input e output che sono stati ottenuti durante l'analisi dell'inventario nella fase precedentemente descritta; viene, quindi, stimata in questa terza fase l'entità dei mutamenti ambientali causati dal sistema esaminato, in particolare, dai consumi di risorse ed energia, e dalle emissioni nell'ambiente. In altre parole, l'obiettivo è quello di imputare alle varie categorie di impatto i consumi e le emissioni calcolate nella seconda fase. Qui, oltre a venire valutati e quantificati gli effetti nocivi sull'ambiente, vengono determinati anche i potenziali danni sulla salute degli esseri umani prodotti dal sistema nel corso del suo intero ciclo di vita. Questa fase è però molto complessa; infatti, non è sempre possibile individuare in maniera oggettiva la correlazione tra il dato dell'inventario e i rispettivi effetti che esso può avere sull'ambiente.

Fondamentale è sapere che ogni categoria di impatto possiede un suo indicatore d'impatto con il quale è poi possibile quantificare, tramite opportuni metodi di caratterizzazione, il contributo dell'intero sistema ad ognuna delle categorie che sono state prese in considerazione.

È, inoltre, necessario tenere a mente sempre ciò che è stato deciso e determinato nelle fasi precedenti; infatti, il livello di dettaglio, la scelta degli impatti sui quali soffermarsi maggiormente e le metodologie da utilizzare non vengono decisi in maniera casuale o al momento, ma dipendono dall'obiettivo e dal campo di applicazione che sono stati definiti nella prima fase. Quindi ogni flusso presente nella tabella dell'inventario viene trasformato in un contributo ambientale secondo specifiche categorie di impatto che definiremo fra non molto.

Nella norma ISO 14044 (2006) viene dichiarato che questa terza fase è composta a sua volta da 5 fasi, le prime 3 sono obbligatorie e le restanti 2, invece, opzionali.

1. Selezione delle categorie di impatto: tra tutte le categorie di impatto esistenti è opportuno selezionare quelle che siano pertinenti al sistema analizzato e che rispettino quelli che sono gli obiettivi ed il campo d'applicazione dell'analisi. Qui di seguito un elenco attendibile delle più comuni categorie di impatto proposto dal Sistema Internazionale EPD:

<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Abbreviazione</b>	<b>Modello di caratterizzazione</b>	<b>Unità</b>
Potenziale di riscaldamento globale	GWP	GWP100, EN 15804. Versione: Agosto 2021 IPCC (2013)	kg CO <sub>2</sub> eq.
Potenziale di acidificazione	AP	AP, superamento accumulato, EN 15804. Versione: Agosto 2021. Seppälä et al. 2006, Posch et al. 2008	mol H <sup>+</sup> eq.
Potenziale di eutrofizzazione, acqua dolce	EPf	EP, acquatico d'acqua dolce, modello EUTREND, EN 15804. Versione: Agosto 2021. Struijs et al. 2009 come implementato in ReCiPe	kg P eq.
Potenziale di eutrofizzazione, marino	EPm	EP, acquatico marino, modello EUTREND EN 15804. Versione: Agosto 2021. Struijs et al. 2009 come implementato in ReCiPe	kg N eq.
Potenziale di eutrofizzazione, terrestre	EPT	EP, terrestre, accumulato, superamento EN 15804. Versione: Agosto 2021.	mol N eq.

		Seppälä et al. 2006, Posch et al. 2008	
Potenziale di creazione di ossidanti fotochimici	POCP	POCP, LOTOS-EUROS come applicato in ReCiPe, EN 15804. Versione: Agosto 2021. Van Zelm et al. 2008, ReCiPe 2008	kg NMVOC eq.
Potenziale di riduzione dell'ozono	ODP	ODP, EN 15804. Versione: Agosto 2021. WMO 2014	kg CFC 11
Potenziale di esaurimento abiotico per i minerali e i metalli (risorse non fossili)	ADPmm	ADP minerali e metalli, EN 15804. Versione: Agosto 2021. Guinée et al. 2002, van Oers et al. 2002, CML 2001 baseline (Versione: gennaio 2016)	kg Sb eq.
Potenziale di esaurimento abiotico per i combustibili fossili	ADPff	ADP combustibili fossili, EN 15804. Versione: Agosto 2021. Guinée et al. 2002, van Oers et al. 2002, CML 2001 baseline (Versione: gennaio 2016)	MJ
Potenziale di deprivazione idrica	WDP	Metodo dell'acqua disponibile residua (AWARE) Boulay et al (2017)	m <sup>3</sup> mondo eq. privato

*Tabella n. 1 Categorie di Impatto EPD*

Descriviamo ora alcune delle principali categorie di impatto.

- Il **Potenziale di riscaldamento globale**: innanzitutto bisogna parlare più in generale Climate change (cambiamento climatico), che è l'impatto ambientale più osservato a livello mondiale; esso interessa tutte le regioni del mondo, le quali quotidianamente si trovano di fronte a quelle che sono le conseguenze di questo cambiamento climatico. Con cambiamenti climatici si intendono tutte quelle modificazioni riguardati il clima che siano a lungo termine ed irreversibili, in modo particolare i mutamenti che riguardano gli eventi atmosferici e le temperature. Numerose sono le tipologie di cambiamenti climatici alle quali stiamo assistendo; tra le più note troviamo sicuramente le tempeste violente, l'innalzamento dei mari e degli oceani, l'aumento della siccità, ma ne esistono molte altre che possono essere differenti da luogo a luogo. Quella che, però, è



percepibile quotidianamente ed avvertibile ovunque, a prescindere dalla parte del mondo in cui ci si trova è proprio il riscaldamento globale, da cui prende il nome questa tipologia di categoria. Di tutti i raggi solari che vengono emessi dal Sole e che successivamente raggiungono la terra, una parte viene assorbita dalla superficie terrestre ed una parte viene riflessa e rimandata indietro. Di questa fetta che viene riemessa, una porzione viene poi trattenuta dall'atmosfera grazie ai gas serra (anidride carbonica, vapore acqueo, metano, ozono ed altri gas): questo fenomeno viene chiamato Effetto Serra, è un fenomeno naturale, il quale consente il mantenimento di una temperatura adatta alla vita sul nostro pianeta, altrimenti le temperature sarebbero molto più basse, ovvero circa  $-18^{\circ}$ . A questo effetto serra naturale però, negli ultimi secoli, in particolare a partire dal periodo della Rivoluzione industriale fino ad oggi, si è sommato un effetto serra dovuto all'uomo, denominato spesso Effetto Serra antropico; le attività umane, infatti, hanno portato ad un aumento esponenziale della concentrazione di gas serra nell'atmosfera, gas come l'anidride carbonica, il metano, il protossido di azoto e i gas fluorurati (denominati Greenhouse gases GHGs) i quali hanno trattenuto sempre più raggi solari, e quindi calore, facendo aumentare a dismisura le temperature e quindi riscaldamento globale. Dal punto di vista pratico, per valutare e quantificare il diverso contributo all'effetto serra di tali emissioni di gas viene utilizzato un metodo in cui è necessario moltiplicare le quantità in massa di tali gas per i relativi fattori di conversione chiamati Global Warming Potential (GWP). Il Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) è un parametro che indica il rapporto tra il forzante radiativo di un gas a effetto serra su un determinato periodo (generalmente 100 anni) rispetto a quello dell'anidride carbonica  $\text{CO}_2$  nello stesso periodo di tempo. In altre parole, ogni emissione di gas dovrà essere

convertita in GWP ovvero in CO<sub>2</sub> equivalenti, questo perché l'anidride carbonica viene utilizzata come parametro di riferimento e conseguentemente il valore di GWP che le viene associato è 1. Il metano, ad esempio, ha come valore di GWP 30, questo significa che l'emissione in atmosfera di 1 kg di metano equivale all'emissione di 11 kg di anidride carbonica. Maggiore è il valore dell'indice GWP di un determinato gas e maggiore sarà il contributo di tale gas all'effetto serra.

<b>Composto</b>	<b>Formula</b>	<b>GWP<sub>100</sub> [kg CO<sub>2</sub>/kg gas]</b>
Diossido di carbonio	CO <sub>2</sub>	1
Ossido di carbonio	CO	2
Metano	CH <sub>4</sub>	30
Ossido di azoto	N <sub>2</sub> O	265

*Tabella n. 2 Fattori di standardizzazione per i principali responsabili dell'effetto serra basati sul loro diretto contributo al riscaldamento globale con un tempo-orizzonte di 100 anni*

- Il **Potenziale di acidificazione** è un fenomeno che rappresenta l'abbassamento del pH degli ambienti acquatici (come oceani, mari, laghi ed altri) e terrestri (come suolo, foreste, ed altri) causato dall'emissione di sostanze inquinanti derivanti dalla combustione dei combustibili fossili come diossido di zolfo SO<sub>2</sub>, ossido di azoto NO<sub>x</sub> ed ammoniaca NH<sub>3</sub> i quali ritornano verso il suolo sottoforma di ciò che comunemente chiamiamo pioggia acida. L'indicatore attraverso il quale possiamo valutare e quantificare questa categoria di impatto è l'Acidification Potential (AP) denominato Potenziale di Acidificazione che ha il compito di convertire tutte le emissioni in kg di anidride solforosa SO<sub>2</sub>.

Formula	AP [kg SO <sub>2</sub> /kg composto]
SO <sub>2</sub>	1
SO <sub>3</sub>	0,80
S	2,00
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,65
H <sub>2</sub> S	1,88
NO <sub>2</sub>	0,70
NO <sub>x</sub>	0,70
NO	1,07
NH <sub>3</sub>	1,88
HCl	0,88

Tabella n. 3 Fattori di standardizzazione per i principali responsabili dell'acidificazione

- Il **Potenziale di eutrofizzazione** è un fenomeno che riguarda l'aumento della concentrazione negli ecosistemi acquatici di sostanze nutritive, in modo particolare si parla di una sovrabbondanza di nitrati e fosfati, ovvero sostanze contenenti Azoto N e Fosforo P. Questa elevata concentrazione di sostanze è causata dalle attività umane come i fertilizzanti usati nell'agricoltura (in particolar modo in quella intensiva) e gli scarichi di acque reflue sia industriali sia urbani. Questi sono nutrienti in esubero in quanto, quelli di cui gli ambienti acquatici hanno normalmente bisogno, gli vengono forniti in maniera naturale attraverso deflusso dell'acqua sul suolo e attraverso tutte le attività di tipo biologico che vi si svolgono. Tale eccesso rende la vita di alcune specie impossibile poiché comporta l'aumento della torbidità delle acque, la formazione di alghe. Il potenziale di eutrofizzazione (EP, detto anche Nutrifcation Potential NP) è espresso in kg PO<sub>4</sub>3eq.
- Il **Potenziale di riduzione dell'ozono** è un altro tra i potenziali impatti ambientali; lo strato di ozono (detto anche ozonofera) si trova nella stratosfera, il secondo strato che compone l'atmosfera, ed ha il compito di proteggere il nostro pianeta dalle radiazioni ultraviolette (UV) del Sole. Le sostanze colpevoli di questo

assottigliamento sono le *Sostanze Ozono Lesive (Ozone Depleting Substances = ODS)*; portano questo nome perchè sono in grado di distruggere le molecole di ozono ( $O_3$ ) trasformandole in semplice ossigeno, assottigliando così lo strato di ozono stratosferico. Quando lo strato di ozono si assottiglia, i pericolosi raggi ultravioletti (UV) riescono ad attraversarlo e raggiungono la superficie terrestre causando danni agli umani, agli animali e alle piante (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica, 2013). Queste sostanze sono i Clorofluorocarburi (CFC), gli Idroclorofluorocarburi (HCFC), ed altre sostanze presenti in minore quantità rispetto le due precedenti, che hanno in comune il fatto di contenere all'interno della loro molecola un atomo di Cloro o di Bromo. Per calcolare la riduzione della fascia di ozono viene utilizzato l'Ozone Depletion Potential (ODP) ovvero il Potenziale di Riduzione dell'Ozono; esso corrisponde al rapporto tra la riduzione dell'ozono causata da un determinato composto chimico rispetto a quella causata dal triclorofluorometano (CFC-11) considerando un'egual massa. Il triclorofluorometano, essendo preso come riferimento, ha un indice ODP uguale ad 1.

<b>Composto</b>	<b>Formula</b>	<b>ODP [g CFC11/g composto]</b>
CFC-11	$CFCl_3$	1
CFC-12	$CF_2Cl_2$	0,82
CFC-113	$C_2F_3Cl_3$	1,07
CFC-114	$C_2F_4Cl_2$	0,90
CFC-115	$C_2F_5Cl$	0,85

*Tabella n. 4 Fattori di standardizzazione dei principali responsabili dell'assottigliamento della fascia di ozono stratosferico, basati sul loro contributo fino al raggiungimento dell'equilibrio*

Possiamo suddividere le varie categorie di impatto in base all' area sulla quale esse hanno effetto; esse possono essere di tipo globale come l'effetto serra (cambiamento climatico), l'assottigliamento della fascia di ozono ed il consumo delle risorse (energia e materiali) non rinnovabili; quelle di tipo regionale sono l'acidificazione, l'eutrofizzazione, la formazione dello smog fotochimico e la tossicità ambientale ed umana; infine, quelle di tipo locale come la degradazione del paesaggio. Per quanto riguarda le categorie d'impatto è importante tenere a mente 3 criteri:

- Completezza: devono essere prese in considerazione le categorie a lungo e a breve termine su cui il sistema agisce;
- Indipendenza: è necessario non effettuare un conteggio multiplo delle categorie ed evitare le intersezioni tra le stesse;
- Praticità: non si deve eccedere con il numero delle categorie.

2. Classificazione: consiste nell'assegnazione di tipo qualitativo di tutti i consumi e le emissioni raccolti e quantificati nell'inventario ad una o più categorie di impatto ai quali essi contribuiscono; essi, infatti, possono contribuire anche a più di una categoria di impatto ambientale. Per esempio, emissioni come il CH<sub>4</sub> (metano) fornisce sia un contributo al *Riscaldamento globale* sia all'Assottigliamento della fascia d'ozono; anche gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) forniscono due contributi, ovvero Tossicità umana e Formazione di ossidanti fotochimici altre emissioni, invece, come quella di CO<sub>2</sub> danno come unico contributo quello al problema del Riscaldamento globale. Vediamo nella seguente Figura n. 5 come le diverse emissioni contribuiscono alle diverse categorie di impatto:

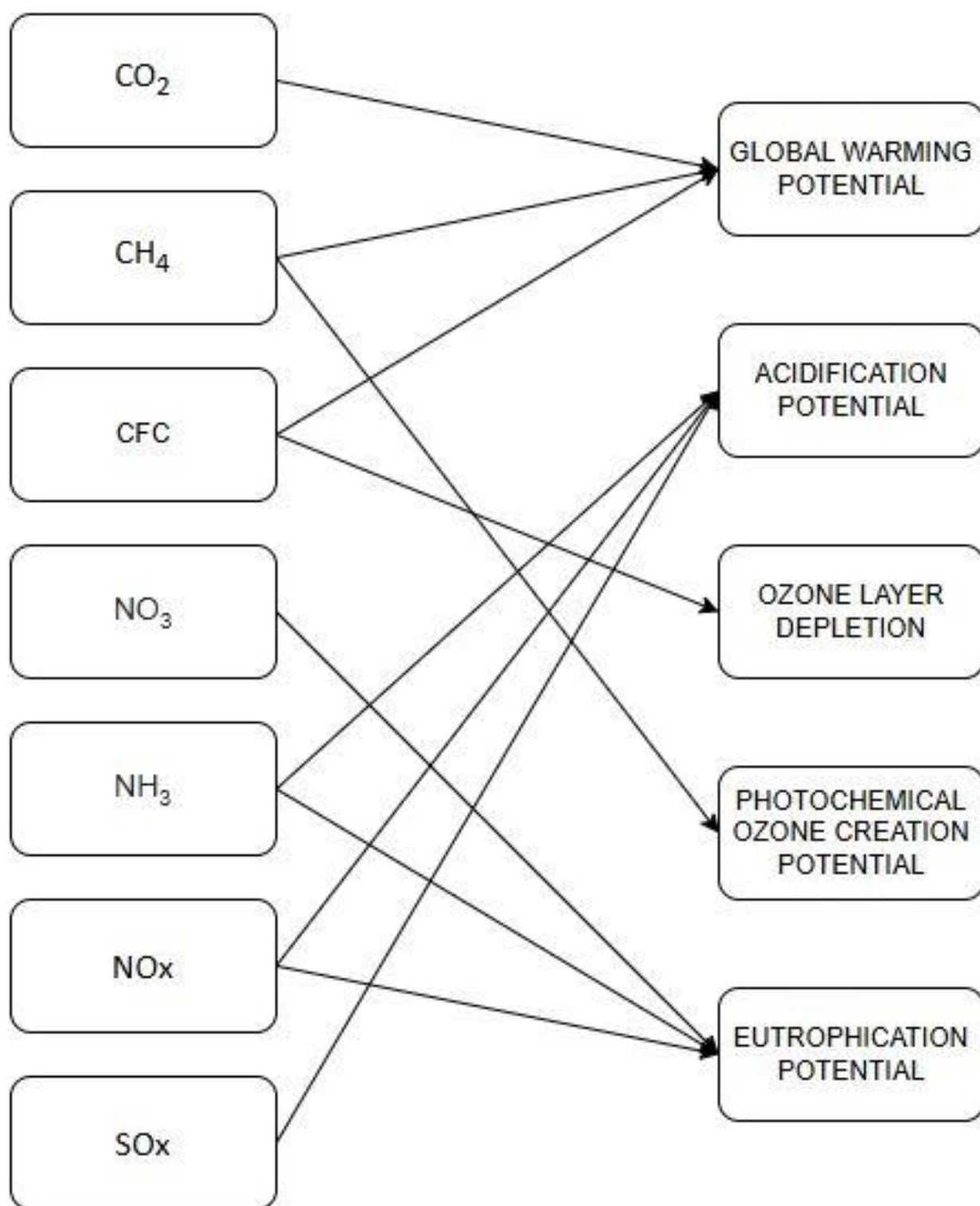


Figura n. 5 Emissioni e categorie d'impatto alle quali contribuiscono

3. Caratterizzazione: tramite questa fase ci spostiamo da un approccio di tipo qualitativo ad un approccio di tipo quantitativo; essa è una fase decisamente necessaria in quanto ogni sostanza può apportare un contributo differente ad una stessa categoria ambientale; è quindi essenziale che ogni sostanza, precedentemente assegnata ad una determinata categoria di impatto, venga convertita, moltiplicando la propria quantità per un fattore di conversione CF, ad una sostanza di riferimento che funge da unità di misura nella categoria di impatto della quale fa parte. Infine, tali valori vengono poi sommati tra loro così da ottenere come risultato la misura di un possibile danno ambientale. I differenti fattori sono stati precedentemente descritti per ogni categoria di impatto.

<b>Categoria di impatto</b>	<b>Abbreviazione</b>	<b>Unità di misura</b>
Riscaldamento Globale	GWP	Kg CO <sub>2</sub> equivalente
Distruzione fascia di ozono	ODP	Kg CFC-11 equivalente
Acidificazione	AP	Kg SO <sub>2</sub> equivalente
Eutrofizzazione	EP	Kg PO <sub>4</sub> equivalente
Formazione ossidanti fotochimici	PoCP	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equivalente
Consumo risorse non rinnovabili	ADP <sub>f</sub>	MJ

*Tabella n. 5 Categorie di impatto, abbreviazione ed unità di misura*

4. Normalizzazione: questa è la prima fase di tipo opzionale; esse ha lo scopo di esprimere i valori di tipo relativi degli indicatori calcolati nella precedente fase rispetto ad un valore di riferimento.
5. Raggruppamento: fase in cui si va a raggruppare indicatori in base alle categorie di danno alle quali prendono parte.

#### 1.2.4 Interpretation (Interpretazione)

L'interpretazione dei risultati rappresenta l'ultima fase di uno studio LCA. È una fase che ha l'obiettivo di correlare ed omogeneizzare tutte le fasi precedenti. Infatti, in questa fase si ha il compito di valutare se ciò che era stato prefissato nella fase iniziale di definizione degli obiettivi e del campo di applicazione è stato rispettato. Si devono inoltre confrontare i dati ottenuti dall'inventario con quelli ottenuti durante la valutazione degli impatti verificando che tra essi ci sia conformità, tenendo sempre a mente quelli che sono gli obiettivi ed il campo di applicazione della prima fase. Durante questa fase è fondamentale evidenziare le problematiche che sono state riscontrate durante tutta l'analisi e dichiarando anche, ove presente, la mancanza di alcuni dati nell'inventario o l'imprecisione di alcuni di essi

È fondamentale che i dati riguardanti l'impatto ambientale vengano riportati sia dal punto di vista globale, sia dal punto di vista delle specifiche categorie d'impatto che sono state considerate; questa parte è molto importante al fine di rendere noto sia l'impatto che il prodotto nella sua totalità ha nei confronti del pianeta, sia per comprendere quale tra le varie categorie di impatto sia quella maggiormente compromessa.

Devono poi essere tratte le conclusioni dell'intera analisi LCA; è infatti necessario identificare su quali parti del prodotto o servizio analizzato debbano essere apportati cambiamenti o modificazioni al fine di ridurre quello che è l'impatto ambientale che è stato valutato. Infine, è necessario comunicare i dati all'azienda; essi dovranno essere esposti in un modo chiaro e comprensibile affinché tali risultati possano essere letti anche da un pubblico non specializzato in LCA.



## 2. Azienda SCHNELL

### 2.1 Storia di un'azienda locale che ha raggiunto importanti traguardi

SCHNELL fu fondata il 2 agosto del 1962 come azienda a gestione familiare da un gruppo di imprenditori fanesi, composto da Sandro Rupoli insieme ad altri tre amici, che diventarono poi soci.



Figura n.6 : Azienda SCHNELL

L'obiettivo iniziale era quello di produrre il legaccio, un piccolo oggetto di ferro impiegato per legare assieme i tondini da cemento armato. Il legaccio, in quegli anni, veniva già largamente utilizzato in Germania ed essi, insieme, hanno visto il legaccio come un'ottima soluzione da importare anche in Italia. Il connubio tra la provenienza tedesca di tale prodotto ed il fatto che la sua funzione fosse quella di rendere più rapida e veloce la legatura, ha portato gli imprenditori ad una scelta originale per il nome dell'azienda, decidendo così di chiamarla SCHNELL, che proprio in tedesco significa "veloce". Nel 1969, affianco alla produzione di legacci, viene introdotta la produzione della prima macchina da

cantiere, il cui scopo era quello di tagliare e piegare i ferri per le armature per il cemento armato nei cantieri stessi.

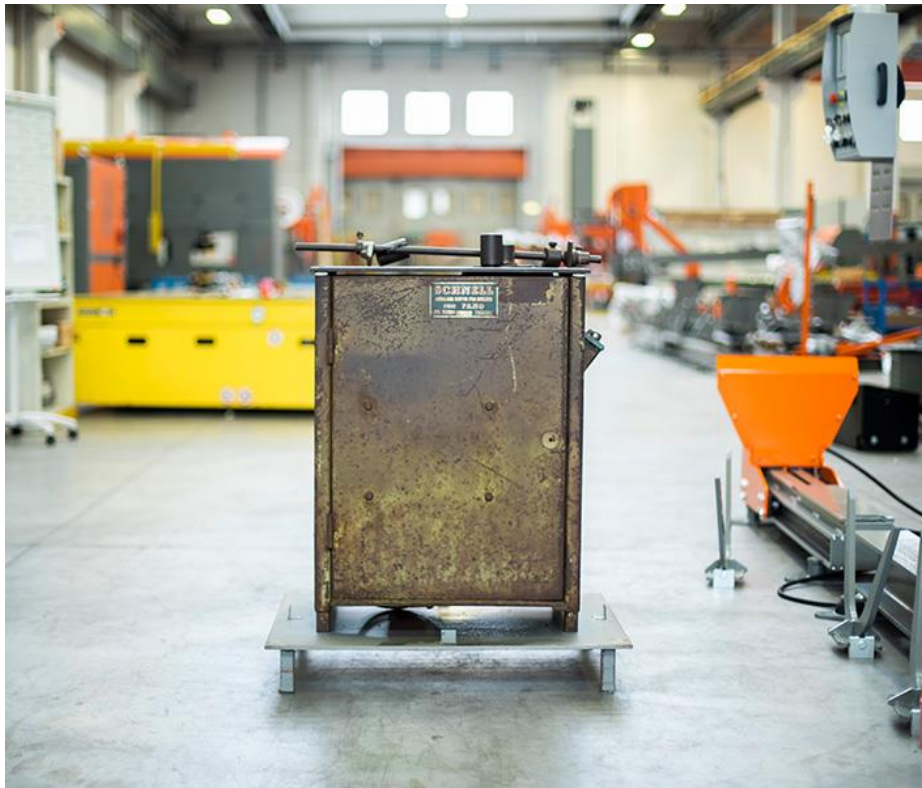


Figura n. 7: Prima macchina da cantiere

Con il proseguire degli anni, all'incirca nel corso degli anni '80, per il settore edile e civile inizia ad esserci aria di cambiamento; esso, infatti, subisce una graduale trasformazione: mentre fino a quel momento si era soliti lavorare il ferro direttamente in cantiere, in quel periodo tale modalità non era più conveniente per le aziende, le quali hanno deciso di seguire una diversa modalità che consisteva nel commissionare la lavorazione del ferro a terzi, i quali poi consegnavano al cantiere il prodotto già finito. Ci si addentra così in una nuova epoca in cui è necessario virare la rotta ed esplorare settori che fino a quel momento non erano stati considerati, ovvero il mercato delle macchine automatiche. Nel 1987, affianco alla produzione di macchine automatiche, SCHNELL decide di introdurre una nuova

tipologia di macchina del tutto innovativa per quegli anni, per la produzione di gabbie cilindriche.



Figura n. 8: ROLL macchina per la produzione di gabbie cilindriche.

A pochi anni di distanza, nel 1989, altre due novità tecnologiche vengono adottate dall'azienda per rendere sempre più innovativi i loro prodotti: viene sviluppato il primo computer grafico e si iniziano ad utilizzare, nelle macchine per la lavorazione del ferro, i servomotori di tipo elettrico. Questa è stata una delle numerose scelte coraggiose di SCHNELL; tale azienda è infatti stata una tra le prime aziende a comprendere il vantaggio nell'utilizzo di servomotori elettrici, i quali rendono le macchine notevolmente precise, facili da controllare, di basso costo, poco rumorose e soprattutto rispettose dell'ambiente.

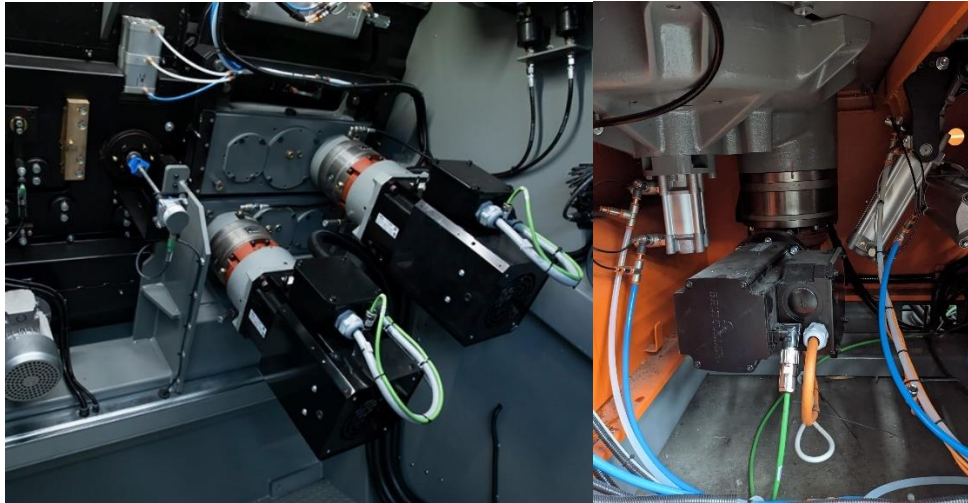


Figura n. 9: Servomotori elettrici

Da qui in poi l'azienda allarga sempre più i propri orizzonti ingegnandosi e progettando macchine moderne ed al passo con i tempi, che possano trovare un impiego che soddisfi le svariate funzioni di cui si necessita nell'ambito edile e civile. Vengono così progettate e prodotte, anno dopo anno, tutte le macchine che sono arrivate fino ai nostri giorni come staffatrici, Robomaster, sagomatrici e macchine per la produzione di rete elettrosaldata; vengono brevettati nuovi software per agevolare le lavorazioni fatte attraverso le macchine, nuovi joystick per un migliore controllo delle macchine stesse da parte degli operatori e moderne tecnologie utili per il carico e lo scarico automatico di barre.



Figura n. 10: Multi Assembler per la produzione di reti piane o tridimensionali o per pre-assemblare parti di grandi gabbie

Tutto questo è stato e continua ad essere possibile soltanto grazie al loro approccio innovativo con i clienti il cui scopo era quello di non ampliare semplicemente la gamma di macchine da produrre, ma era quello di allargare le vedute e fornire ai clienti soluzioni personalizzate e su misura, al fine di soddisfare le richieste di ognuno.

### 2.1.1 Calcestruzzo armato

Il calcestruzzo armato, denominato nel linguaggio comune cemento armato, è uno dei materiali più impiegati per la costruzione sia in ambito edilizio e sia in ambito civile. Esso è composto da calcestruzzo, realizzato a sua volta da cemento, acqua ed aggregati, nel quale vengono immerse barre di acciaio, chiamate in gergo tondini; è proprio la presenza di questi tondini opportunamente tagliati, fusi e sagomati il motivo per cui viene utilizzato il termine armato; è importante che i tondini, per legge, abbiano opportuni risalti nella loro superficie esterna, al fine di possedere una maggiore aderenza al calcestruzzo. L'unione di questi due materiali comporta un notevole vantaggio; il calcestruzzo, infatti, è un materiale tradizionale che possiede un'elevata resistenza alla compressione ma una bassa resistenza alla trazione, mentre l'acciaio è noto per avere una notevole resistenza alla trazione; quindi, il loro impiego è molto utile dove è necessario che il calcestruzzo sia sufficientemente resistente anche a trazione.



Figura n. 11: Calcestruzzo Armato

## 3. CASO STUDIO: INVENTORY ANALYSIS DI UN ROBOMASTER

### 60/15 EVO V1 cULus

#### 3.1 Le footprint strumento fondamentale per il mercato

Negli ultimi decenni sul panorama italiano ed europeo hanno ottenuto una notevole importanza e notorietà le footprint, chiamate anche impronte ambientali; con questo termine ci si riferisce alla metrica adottata per indicare i risultati di uno studio di analisi del ciclo di vita relativi ad una specifica "area of concern" (Passaporto Ambientale: Eco-Design per il miglioramento dell'impronta ambientale, 2019). La "footprint" è uno strumento che consente di calcolare in modo scientificamente robusto l'impatto dei nostri prodotti e della nostra organizzazione rispetto a diverse problematiche ambientali (ad esempio l'effetto serra, le risorse idriche, l'eutrofizzazione, il consumo di risorse, ecc.) e di comunicarlo in modo sintetico ed efficace ai nostri consumatori (Impronta di carbonio: un nuovo traguardo green di Fresia Alluminio, 2024). Esse si basano sull'utilizzo della metodologia di analisi LCA di un prodotto o servizio per un tempo che, come abbiamo già visto, si protrae "dalla culla alla tomba"; il risultato a cui portano le footprint è un insieme di indicatori relativi alle diverse categorie di impatto ambientale, come emissione di gas serra, riduzione dello strato di ozono, eccessivo consumo idrico ed altri. È proprio tramite queste footprint che si giunge all'ottenimento di certificazioni di impatto ambientale di prodotti e servizi, certificazioni alle quali molte imprese italiane ed internazionali ambiscono negli ultimi anni; tali certificazioni, tra le tante cose, servono infatti a valorizzare ed a far in modo che venga riconosciuto l'impegno costante che un'azienda dimostra nei confronti dell'ambiente ai fini di essere competitiva sul mercato in cui si trova a lavorare, grazie anche ad un lavoro di marketing e comunicazione; spesso queste certificazioni sono fondamentali per un'impresa nel caso in cui un cliente si trova a dover scegliere tra due aziende simili tra loro e grazie a tali

certificazioni si possono ottenere informazioni chiare e trasparenti riguardo il prodotto o il servizio; altre volte, invece, queste certificazioni vengono utilizzate internamente ad un'azienda, non per un fatto di competitività, ma semplicemente per acquisire conoscenze maggiori sui propri prodotti, dal punto di vista dell'impatto, così da poter modificare o addirittura riprogettare prodotti con lo scopo di minimizzare quanto più il suo impatto nei confronti dell'ambiente.

Tra le certificazioni più richieste c'è sicuramente la Carbon Footprint che rappresenta *un indicatore utile ad esprimere il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto/servizio o ad un'organizzazione. E' espressa in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, assumendo come riferimento, per tutti i gas serra considerabili, l'effetto associato al principale di essi, il biossido di carbonio o anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)* (Sassone, 2021). Un'altra fondamentale certificazione che, per quanto riguarda la sua emanazione risulta una tra le più recenti, è la Product Environmental Footprint (PEF); è un metodologia emessa dalla Commissione Europea che permette di quantificare l'impatto ambientale di prodotti o servizi tenendo conto di tutte le attività che partecipano alla catena di approvvigionamento per l'ottenimento di un determinato prodotto o servizio, e quindi partendo dall'estrazione delle materie prime fino ad arrivare al metodo di gestione del fine vita.



Figura n. 12: Carbon Footprint

Un'altra certificazione molto richiesta è sicuramente l'Environmental Product Declaration (EPD), in italiano Dichiarazione Ambientale di Prodotto; tramite questa certificazione i produttori segnalano dati comparabili, oggettivi e verificati da terze parti che mostrano il buono e il cattivo riguardo alle prestazioni ambientali dei loro prodotti e servizi; le prestazioni ambientali del prodotto devono essere descritte da una prospettiva di ciclo di vita eseguendo una valutazione del ciclo di vita (LCA) del prodotto. I risultati dello studio LCA e altre informazioni richieste dal PCR di riferimento e dalle Istruzioni generali del programma devono essere compilati nel formato di reporting EPD. L'EPD deve quindi essere verificato da un verificatore indipendente approvato prima di essere registrato e pubblicato presso l'International EPD System tramite il nostro Portale EPD (The International EPD® System, s.d.).

### 3.2 EPD: la certificazione a misura di SCHNELL

Tra le varie certificazioni ambientali presenti, SCHNELL ha valutato che quella più conforme alle proprie esigenze e richiesta nel proprio settore e dai propri clienti sia la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD), applicata secondo i requisiti della ISO 14025. È una certificazione riconosciuta a livello internazionale attraverso la quale è possibile comunicare con accuratezza tutte le informazioni ricavate dall'analisi in maniera oggettiva, credibile e confrontabile con altri prodotti o servizi appartenenti allo stesso settore.



Figura n. 13: Environmental Product Declaration EPD



L'ottenimento di tale EPD è raggiungibile attraverso alcuni fondamentali ed indispensabili step:

1. Il primo passo è sicuramente quello di verificare la disponibilità delle cosiddette Regole di Categoria di Prodotto, Product Category Rules, (PCR); esse sono delle documentazioni che stabiliscono quali sono i principi e i requisiti per poter eseguire la redazione dell'EPD di una specifica categoria di prodotti o servizi, alle quali chi compie l'analisi del ciclo vita (LCA) deve attenersi, secondo la norma ISO 14040. Questo è un passo fondamentale in quanto avere disponibili queste EPD, consente poi di poter comparare in maniera omogenea prodotti simili che appartengono ad una medesima categoria.
2. Nel caso in cui non fossero già disponibili delle PCR per la propria categoria, è necessario questo step intermedio, nel quale si devono elaborare le PCR adatte per poi farle approvare.
3. Questo passaggio è il più complesso ed è quello in cui viene impiegato più tempo: la redazione dell'analisi LCA del prodotto o servizio interessato.
4. I risultati ottenuti dall'LCA sono fondamentali per redigere la Dichiarazione Ambientale di Prodotto
5. È necessario redigere anche un rapporto descrittivo dell'analisi LCA che è stata realizzata
6. Sottoporre ad un ente terzo, ovvero ad un organismo di controllo, sia la Dichiarazione Ambientale di Prodotto, sia l'analisi LCA; tale ente, essendo un soggetto indipendente, ha il compito di verificare i due documenti e, eventualmente, rilasciare la certificazione.

SCHNELL si è posta come obiettivo quello di ottenere la certificazione EDP riguardante le prestazioni ambientali di una determinata famiglia di macchine. La decisione di certificare le macchine stesse, quindi il prodotto, e non l'impatto ambientale dell'azienda nella sua totalità è giustificata dal fatto che essa non realizza da zero le macchine che produce; SCHNELL ha il compito di assemblare tutti i componenti ed i gruppi che danno vita alla macchina completa.

### 3.3 ROBOMASTER 60 EVO PRESO COME CASO DI STUDIO

Il ROBOMASTER 60 EVO appartiene alla famiglia di macchine dei ROBOMASTER viene prodotto per la prima volta, grazie ad un'intuizione, esattamente nel 1991 e ne esistono cinque versioni;

1. ROBO BENDER 45: robot automatico di piega per barre, utilizzato per realizzare pieghe positive (in senso orario) di tipo C ed L fino ad un diametro massimo di 40 mm; esso presenta un sistema automatico per il carico e lo scarico delle barre.
2. ROBOMASTER 45: differisce dal precedente per la capacità di effettuare pieghe sia positive che negative e per avere due differenti velocità di piega regolabili.
3. ROBOMASTER 60: è in grado di piegare barre fino ad un diametro massimo di 50 mm; possiede 2 velocità di piega regolabili in più rispetto al precedente; in aggiunta ai due precedenti esso dispone di un cilindro espulsore, ovvero un elemento di tipo pneumatico che ha la funzione di estrarre con più facilità le sagome e i mandrini di peso maggiore; inoltre, esso viene azionato tramite dei servomotori di tipo elettrico e digitale.
4. ROBOMASTER 60 UN.O.: è il più moderno della famiglia ROBOMASTER, ed è completamente robotizzato; questo significa che, a differenza degli altri esso ha la capacità di piegare ogni tipo di sagomato senza il bisogno dell'intervento di un

operatore, fattore molto importante per la questione della sicurezza, al fine di minimizzare il rischio di incidenti.

Il ROBOMASTER preso come caso di studio è il 60 EVO, che cronologicamente è situato prima del 60 UN.O. Esso è un robot automatico capace di sagomare e piegare barre con un diametro che può arrivare fino a 50 mm, in senso orario ed antiorario. Tra le varie opzioni, possiede braccia per caricare e scaricare automaticamente le barre e che permettono di realizzare pieghe con un interasse minimo di 980 mm. Anch'esso gode della comodità del cilindro espulsore e, come il precedente, è azionato da servomotori elettrici digitali.



Figura n. 14: ROBOMASTER 60/15 EVO V1 cULus

La realizzazione del ROBOMASTER viene denominata flusso di un ROBOMASTER e si compone di vari passaggi trasportando ciò che serve alla sua creazione dai vari fornitori fino all'azienda SCHNELL. Vengono utilizzati materiali, componenti e gruppi provenienti da varie fonti; per quanto riguarda le materie prime di tipo metallico, gli imballaggi, i materiali a consumo e tutti i componenti commerciali di tipo elettrico, pneumatico ed elettronico che compongono il ROBOMASTER, SCHNELL si rifornisce da fornitori esterni che producono tali elementi tramite loro lavorazioni e, attraverso trasporti via terra come tir, trasferiscono tutte queste materie prime per la maggior parte ai fornitori di filiera, ed in parte minore presso l'azienda SCHNELL per le proprie lavorazioni interne. La politica che segue la SCHNELL è quella di fidelizzare i propri fornitori, mantenendo con essi ottimi rapporti e per tempi lunghi; sono fornitori per lo più locali innanzitutto per una questione pratica, essendo gli oggetti che vengono trasportati generalmente molto grandi e voluminosi, ed è quindi più comodo e meno dispendioso rifornirsi localmente; inoltre, la scelta di fornitori localizzata è motivata anche dal fatto di voler arricchire il proprio territorio e favorire l'economia locale. Tali fornitori di filiera hanno il compito di fare lavorazioni meccaniche e di carpenteria, effettuare dove è previsto trattamenti di tipo termico, realizzare la verniciatura dove necessario ed infine assemblare il tutto in gruppi e sottogruppi. Con tali gruppi e sottogruppi che vengono anche essi trasportati in SCHNELL, in aggiunta agli elementi provenienti da fornitori esterni di cui abbiamo parlato inizialmente, viene creato l'assemblaggio finale, ovvero il ROBOMASTER completo. In sede viene effettuato il collaudo finale utilizzando tondini di ferro di svariate dimensioni per verificare il corretto funzionamento della macchina e, se tutto funziona come prefissato, si passa all'imballaggio della macchina per poterla poi spedire. SCHNELL si preoccupa di installare il ROBOMASTER

negli stabilimenti dei propri clienti che si possono trovarsi in tutto il mondo, in cui viene effettuata oltretutto l'annessa messa in servizio, così da consegnare al cliente la macchina del tutto operativa e funzionante. Anche il post-vendita viene seguito da SCHNELL e con esso le varie manutenzioni ordinarie e straordinarie. L'intera vita del ROBOMESTER si conclude con la rottamazione. È possibile osservare graficamente nella Tabella n. 6 il flusso di un ROBOMASTER:

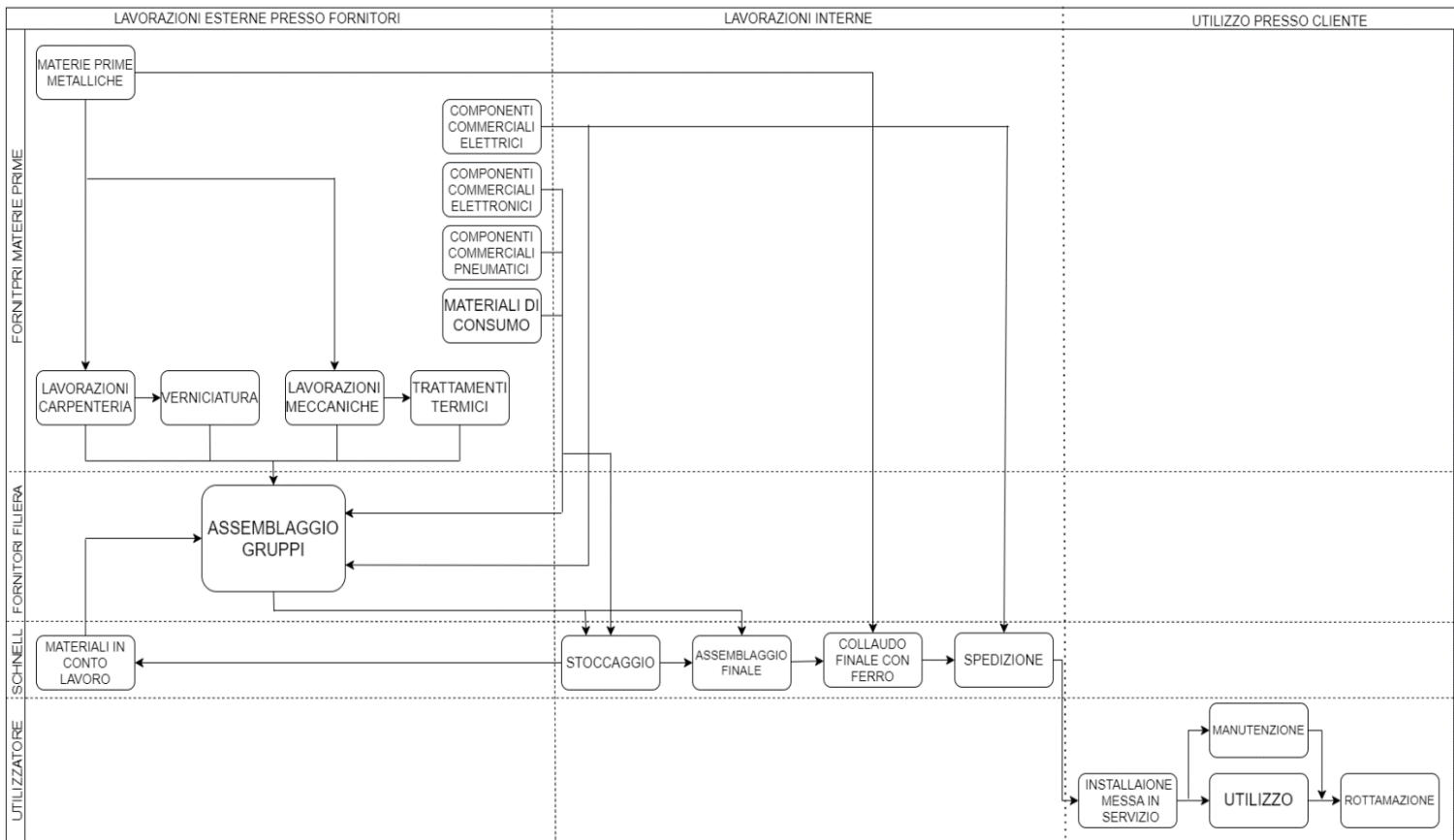


Tabella n. 6: Flusso ROBOMASTER 60 EVO

### 3.4 CASO STUDIO

All'interno dell'azienda è stato creato un team composto da dipendenti interni all'azienda, ognuno dei quali occupa lavorativamente un ruolo che si è dimostrato fondamentale ai fini dell'analisi ed indispensabile per ricoprire tutte le aree necessarie alla sua realizzazione. Il team interno è affiancato da consulenti di Ergo Srl, impresa spin-off della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, con comprovata esperienza nel settore della quantificazione delle performance ambientali di un prodotto o un servizio.

Fin da subito è stata organizzata una riunione in cui si è parlato del progetto, un progetto definito "pilota" essendo il primo di questo tipo ad essere stato svolto all'interno dell'azienda. L'idea di progetto è stata quella di partire con l'analizzare il ROBOMASTER 60 EVO e, se l'analisi avesse dato buon esito con l'ottenimento della certificazione, allargare lo studio alle restanti macchine appartenenti alla stessa famiglia.

All'interno di questo ampio progetto, il caso studio si è incentrato nella seconda fase dell'LCA, definita analisi dell'inventario (Inventory analysis), in particolare nel momento di raccolta e quantificazione dei dati.

Lo scopo finale di questo studio è quello di riuscire ad individuare e suddividere l'intero ROBOMASTER nei vari assiemi principali che lo compongono. Si devono, poi, pesare realmente tali macrogruppi, i quali devono essere confrontati con i pesi che sono già presenti nella Distinta Base (DB) della macchina: i primi servono per validare e verificare i pesi che sono stati scritti nella DB. Nel caso in cui non coincidano si deve verificare quale sia il problema di questa incongruenza, se è la misurazione ad essere stata fatta male o se è il valore contenuto nella DB ad essere errato. Il caso studio si conclude con la verifica della veridicità della DB o, se necessario, con la correzione della stessa.

Per poter raggiungere l'obiettivo è stato necessario svolgere alcuni passaggi propedeutici al non compiere errori durante la misurazione e raccolta dei dati escludendo parti o facendo pesature in eccesso. A seguire sono riportati i passaggi eseguiti:

- Il primo passo da fare è stato quello di verificare la disponibilità delle Regole di Categoria di Prodotto per la macchina in questione; le PCR prese in considerazione e valutate come applicabili al ROBOMASTER sono state quelle per le "Presse per la lavorazione del metallo", PCR 2022:09, versione 1.0, UN CPC 44217.
- Dopo aver asseverato la loro presenza è stata valutata una vita utile di riferimento (RSL) di 20 anni; dato che, per le PCR riguardanti questa tipologia di macchine la RSL deve essere di 30 anni, al fine di far risultare lo studio comparabile e conforme, si è considerato di sommare ai 20 anni, un supplemento di 10 anni nei quali tenere in considerazione un certo numero di manutenzioni aggiuntive oltre.
- È stata poi valutata che l'unità funzionale di un ROBOMASTER dovesse corrispondere alla piegatura di tondini di ferro per mezzo di un ROBOMASTER durante una vita utile di riferimento di 30 anni.
- Per quanto riguarda la rappresentatività temporale, è stato deciso di considerare tutti i ROBOMASTER che sono stati venduti nell'anno 2023, anno più prossimo a quello in cui è stata fatta l'analisi.

#### 3.4.1 Mix di vendita dei ROBOMASTER nel 2023

Raccogliendo ed analizzando tutti i documenti riguardanti le caratteristiche dei ROBOMASTER 60 EVO venduti nel 2023 è stato possibile osservare che di tale macchina non ne è presente una sola tipologia. I vari ROBOMASTER, infatti, presentano notevoli differenze tra loro in quanto di alcuni degli elementi che la compongono sono state realizzate più

varianti. I clienti poi, a seconda delle proprie esigenze scelgono, tra le varianti, quella che meglio soddisfa le proprie necessità. È stato quindi creato dal team un documento Excel del quale è possibile osservare nella Tabella n. 6 e nella Tabella n. 7 e nella Tabella n. 8, nel quale è stato realizzato un mix di vendita; in altre parole, sono stati inseriti al suo interno tutti i ROBOMASTER venduti in quello specifico anno e di essi sono state innanzitutto specificate, per ogni elemento che le possiede, le due o tre rispettive varianti, specificando quale tra queste era presente in quella specifica macchina. Inoltre, sono state specificate anche le parti opzionali, ovvero parti che il cliente può decidere o meno di aggiungere alla propria macchina.



M AC	Modello	Matricola	Numero ODV	Paese	Modalità di trasporto	Q.E. cULus
029	ROBOMASTER 60/12 EVO MIRROR V1	0291XXY117	VE2200168	SG	CONTAINERS (8x40' OPEN TOP+1x20' OPEN TOP) GENOVA, ITALY EUROPEAN PORT SINGAPORE PORT	No
029	ROBOMASTER 60/18 EVO MIRROR V1 P cULus	0291XXY118	VE2200210	US	CONTAINER (1x40' OPEN TOP) LIVORNO, ITALY KANSAS CITY RR, US (VIA NEW YORK) 65301 SEDALIA, MO - US	Si
029	ROBOMASTER 60/18 EVO MIRROR V1 cULus	0291XXY119	TE2200006	US	CONTAINER (1x40' OPEN TOP) LIVORNO, ITALY MONTREAL, CANADA VICTORIAVILLE, QC G6T 1V5 - CANADA	Si
029	ROBOMASTER 60/15 EVO MIRROR V1	0291XXY120	VE2200349	AU	CONTAINER (1x40' OPEN TOP HIGH CUBE) ANCONA, ITALY MELBOURNE, AUSTRALIA	No
029	ROBOMASTER 60/14 EVO MIRROR V1	0291XXY122	VC2300017	DE	COMPLETE TRUCK 1x13,60 COLLIAL METAURO (PU), ITALY 01591 RIESA 13, GERMANY	No
029	ROBOMASTER 60/12 EVO MIRROR V1 P cULus	0291XXY123	VE2300041	US	CONTAINER (1x40' OPEN TOP HIGH CUBE) LIVORNO, ITALY CINCINNATI RR, US (NORFOLK) 40511 LEXINGTON, KY - US	Si
029	ROBOMASTER 60/18 EVO MIRROR V1 cULus	0291XXY125	VE2300076	US	CONTAINER (1x40' OPEN TOP) LIVORNO, ITALY DENVER RR, US (VIA HOUSTON) AUTOTA, CO 80011 - US	Si
029	ROBOMASTER 60/12 EVO MIRROR V1	0291XXY129	VE2300223	UK	COMPLETE TRUCK 1x13,60 COLLIAL METAURO (PU), ITALY SCUNTHORPE, NORTH LINCOLNSHIRE, UK	No
029	ROBOMASTER 60/14 EVO V1	0293XXY156	VC2100304	BE	COMPLETE TRUCK (1x13,60) CALMAZZO (PU), ITALY 9880 AALTER, BELGIO	No

Tabella n. 7: Mix di vendita 2023 ROBOMASTER 60 EVO prima parte

M Ac	Modello	LUNGH EZZA	DOTAZIONE SAGOME	DOTAZIONE MANDRINI	Pianali solle	Pinza 3D (10)	Anno Produzione
029	ROBOMASTER 60/12 EVO MIRROR V1	12	D.50 D.F. 10-12; D.70 D.F. 14-16; D.100 D.F.20-25; D.150 D.F.20-26; D.200 D.F.25-40;	100mm; 150mm; 200mm; 300mm;	No	No	2022
029	ROBOMASTER 60/18 EVO MIRROR V1 P cULus	18	D.3" D.F.#4-5; D.4-1/2" D.F.#6; D.6" D.F.#8; D.9-1/2" D.F.#9-14;	3-3/4"; 5-1/4"; 6"; 9-1/2"; 10-3/4"; 12"; ovali 400/500mm; ovali 600/700mm; 320mm; 360mm; 400mm; 500mm;	Si	Si	2023
029	ROBOMASTER 60/18 EVO MIRROR V1 cULus	18	D.3" D.F.#4-5; D.4-1/2" D.F.#6; D.6" D.F.#8; D.9-1/2" D.F.#9-14;	3-3/4"; 3-3/4"; 6"; 9-1/2"; 10-3/4"; 12"; 400/500mm; 600/700mm;	No	No	2023
029	ROBOMASTER 60/15 EVO MIRROR V1	15			No	Si	2023
029	ROBOMASTER 60/14 EVO MIRROR V1	14	D.50 D.F.10-12; D.70 D.F.10-12; D.70 D.F.14-16; D.100 D.F.16-18; D.100 D.F.20-25; D.120 D.F.20-22; D.150 D.F.20-26; D.200 D.F.25-40;	50mm; 70mm; 80mm; 100mm; 125mm; 130mm; 140mm; 150mm; 200mm; 250mm; 300mm; ovali 400/500mm; ovali 600/700mm;	No	No	2023
029	ROBOMASTER 60/12 EVO MIRROR V1 P cULus	12	D.2" D.F.#3; D.2 1/2" D.F.#4; D.3 3/4" D.F.#5; D.5-1/4" D.F.#7; D.6" D.F.#8; D.8" D.F.#10; D.9 1/2" D.F.#8-11; D.9-1/2" D.F.#9-14;	3-3/4"; 5-1/4"; 6"; 8"; 9-1/2"; 10-3/4"; 12"; ovali 400/500mm, ovali 600/700mm;	Si	No	2023
029	ROBOMASTER 60/18 EVO MIRROR V1 cULus	18	D.2" D.F.#3; D.2 1/2" D.F.#4; D.3" D.F.#4-5; D.3" D.F.#4; D.3 3/4" D.F.#5; D.4-1/2" D.F.#6; D.5-1/4" D.F.#7; D.6" D.F.#8; D.8" D.F.#10; D.9 1/2" D.F.#8-11; D.9-1/2" D.F.#9-14;	3-3/4"; 4-1/2"; 5-1/4"; 6"; 8"; 9-1/2"; 10-3/4"; 12"; ovali 400/500mm; ovali 600/700mm;	No	No	2023
029	ROBOMASTER 60/12 EVO MIRROR V1	12	D.50 D.F.10-12; D.70 D.F.10-12; D.70 D.F.14-16; D.100 D.F.16-18; D.100 D.F.20-25; D.120 D.F.20-22; D.150 D.F.20-26; D.240 D.F.32-40;	50mm; 70mm; 80mm; 100mm; 120mm; 130mm; 140mm; 150mm; 200mm; 225mm; 250mm; 300mm; ovali 400/500mm; ovali 600/700mm;	No	No	2023
029	ROBOMASTER 60/14 EVO V1	14	D.50 D.F.10-12; D.70 D.F.14-16; D.100 D.F.20-25; D.150 D.F.20-26; D.200 D.F.25-40;	100mm; 150mm; 200mm; 300mm;	No	No	2022
029	ROBOMASTER 60/15 EVO V1	15		320mm; 360mm; 400mm; 500;	No	No	2023

Tabella n. 8: Mix di vendita 2023 ROBOMASTER 60 EVO seconda parte

La prima variante riguarda la differente lunghezza che possono avere contemporaneamente il banco a rulli, il binario ed il raccogli sagomati. Sono infatti presenti, per il 60 EVO, tre diverse lunghezze 12 m, 15 m e 18 m, caratteristica che salta subito all'occhio in quanto tale valore (12, 15 o 18) è presente affianco al termine ROBOMASTER 60 andandone quindi a determinare il nome stesso del modello. Una seconda variante riguarda il quadro elettrico (Q.E.); esso può infatti essere di tipo standard oppure avere il marchio di certificazione cULus. Si può notare come la scelta tra le due varianti dipenda, non da una caratteristica aggiuntiva che si vuole dare alla macchina ma, dal paese in cui la macchina è destinata a lavorare; in particolare le macchine destinate ad essere importate negli Stati Uniti ed in Canada presentano a fianco al nome del ROBOMASTER ed al nome della lunghezza, proprio la sigla cULus. Nelle macchine che invece devono raggiungere i restanti paesi, il quadro elettrico possiede una certificazione standard e quindi non presentano alcuna sigla. Un'opzione, sempre riguardante il quadro elettrico, è la presenza o meno del riscaldatore. In nessuno dei ROBOMASTER venduti nel 2023 però era presente l'aggiunta di questo riscaldatore, il quale viene scelto come opzione nel caso in cui la macchina debba lavorare in condizioni di temperature molto basse. Per quanto riguarda il discorso i pianali sollevabili (P), anche essi non rappresentano un'opzione aggiuntiva e comoda che il cliente può decidere di aggiungere o meno alla propria macchina per poter sollevare i tondini più facilmente. Altre varianti che dipendono dal paese su cui le macchine si trovano a lavorare sono la tensione (V) e la frequenza (Hz). Negli STATI uniti e nel Canada, infatti, la tensione è di 480 V mentre la frequenza è di 60 Hz; nei restanti paesi esse sono rispettivamente 400 e 50. La modalità di trasporto varia, ovviamente, in base al paese di destinazione; per le destinazioni europee viene utilizzato solo ed esclusivamente il trasporto via terra tramite truck. Per le destinazioni oltreoceano, il truck è lo step iniziale che compie la macchina, per poi essere trasferita e trasportata tramite container su navi apposite fino al punto d'arrivo.

Un discorso a parte deve essere fatto per quanto riguarda le dotazioni di sagome e mandrini. Le dotazioni standard sono già incluse nella macchina stessa, se il cliente ne desidera di aggiuntive, esse possono essere scelte ed acquistate, come opzione, a parte. La misura dei diametri può essere espressa in mm o in pollici, diversificazione dipendente da quello che è il paese di destinazione. Ma per quanto riguarda il numero di dotazioni aggiuntive e le loro dimensioni, la scelta è solo ed esclusivamente dipendente dal cliente: esso valuterà quelle più adatte alle sue esigenze in base a quelli che sono le dimensioni del diametro dei tondini su cui è solito lavorare e la tipologia di sagomatura che vuole effettuare durante le proprie lavorazioni.

Quindi è chiaro ora come la scelta di alcune varianti rispetto ad altre, e la scelta di aggiungere elementi opzionali alla propria macchina dipenda a volte da quella che è la necessità e la comodità che vuole raggiungere il cliente, altre volte dalla meta del ROBOMASTER ed altre volte da una questione di spazi disponibili.

A questo punto, avendo già dichiarato che l'unità funzionale di tale categoria è un solo ROBOMASTER 60 EVO e non un mix di essi, è stato necessario effettuare una media tra tutti i ROBOMASTER 60 EVO veduti nel 2023 considerando tutte le varianti e le opzioni che appartengono ad ognuno di esse. Dopo aver quindi esaminato tutte le macchine facenti parte del mix di vendita si è giunti alla conclusione che il ROBOMASTER 60 EVO che meglio approssimava tutti quelli venduti nel 2023 dovesse essere il ROBOMASTER 60/15 EVO V1 cULus con tensione 480 V e frequenza 60 Hz.

### 3.4.2 Descrizione del sistema

Dopo aver ricavato dal mix di vendita il tipo di ROBOMASTER oggetto dell'analisi, è stato necessario studiare la composizione vera e propria della macchina. Sono stati utilizzati vari documenti al fine di comprendere a pieno le parti che lo costituiscono. Il primo documento analizzato è stato il catalogo ricambi; esso ha una composizione standard. In ogni prima pagina è rappresentato il disegno dell'assieme, del gruppo o del premontaggio descritto e nelle successive pagine sono presenti tabelle nelle quali trovare, tramite dei numeri che ne indicano la posizione, la descrizione (il nome) dei vari articoli che compongono tale assieme, gruppo, premontaggio. Viene qui inoltre inserita la quantità che è presente di tale articolo ed il suo codice.

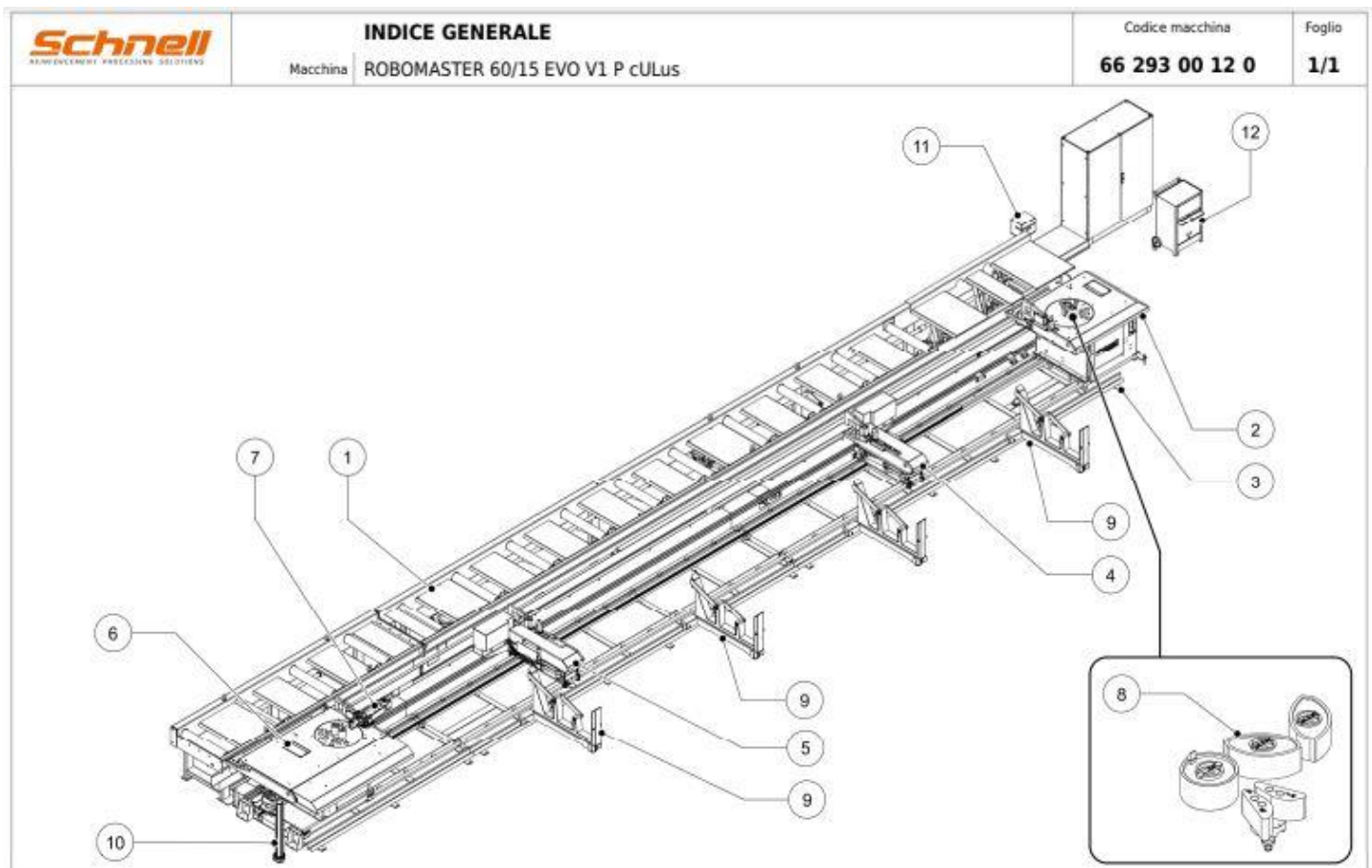



Figura n. 15: Catalogo Ricambi di un ROBOMASTER 60/15 EVO V1 P cULus

		Titolo tavola <b>BANCO (ASSIEME) 15 M</b>		Codice tavola	Foglio				
		Macchina <b>ROBOMASTER 60/15 EVO V1 P cULus</b>		<b>35 293 50 03 0</b>	<b>1/1</b>				
Pos.	Codice articolo	Q.tà	Descrizione	PAG.	Pos.	Codice articolo	Q.tà	Descrizione	PAG.
5	30 293 50 04 0	1	BANCO (GRUPPO)	16					
10	24 293 50 08 0	1	CATENA PORTACAVI (PREMONTAGGIO) L=7300	28					
15	24 293 50 09 0	1	CATENA PORTACAVI (PREMONTAGGIO) L=3100	30					
20	24 293 50 10 0	1	CATENA PORTACAVI (PREMONTAGGIO) L=5200	32					
25	20 293 50 26 0	2	DISTRIBUTORE OLIO						
30	54 305 10 10 2	1	FINECORS A PISTONCINO 2NC ART.NAB020BB-DN2H0 (PIZZATO)						
35	54 371 00 10 1	1	CONNETTORE M12 5MT JFFD04M1205C-SCH (HUMMEL)						
40	59 056 04 01 6	2	VITE TCEI M4X16 P.FIL.-UNI 5931-8.8						
45	56 501 00 17 7	1	CENTRALINA OLEODINAMICA						
50	59 405 50 01 0	8	ROSETTA ø10 UNI 6592R40						
55	59 364 10 01 0	4	DADO AUTOBLOCCANTE M10 UNI 7473- 8.8						
60	59 016 10 03 0	4	VITE TE M10X30 T.FIL.-UNI 5739-8.8						
70	56 300 65 21 7	2	SENSORE MZT8-03VPS-KPQ_1044458 (SICK)						
75	54 371 00 10 6	2	CAVO M8 5MT JFFD03M8050C-SCH (HUMMEL)						
80	56 302 01 02 5	1	ELETTROVALVOLA VUVG-L18-P53C-T-G14-1R8L_8031534 (FESTO)						
85	54 371 00 11 5	2	CONNETTORE A 90 GRADI						

*Tabella n. 16: Tabella presente nel Catalogo Ricambi di un ROBOMASTER 60/15 EVO V1 P cULus*

È proprio tramite questo codice articolo che è possibile affiancare questo catalogo ricambi al secondo documento utilizzato, la Distinta Base (DB) in quanto lo stesso codice è presente anche in quest'ultimo documento. La DB è sicuramente il documento più completo tra i due. È una tabella più articolata di quella presente nel catalogo ricambi. Fondamentale è la colonna riguardante i livelli. Attraverso tale colonna è stato possibile comprendere quali sono gli elementi appartenenti ai livelli inferiori, che assemblati vanno a comporre gradualmente i livelli superiore. Bisogna considerare la numerazione al contrario, ovvero a numeri bassi corrispondono livelli superiori e viceversa. Il livello superiore in assoluto è

indicato con lo 0 e rappresenta il ROBOMASTER; il livello 1 rappresenta un assieme e così via fino ad arrivare a singoli componenti (come, ad esempio, viti) con il livello 7. Altre colonne fondamentali sono quella riguardante il materiale dove per ogni articolo è descritto il materiale di cui è fatto. La colonna che risulta più interessante nel caso studio è sicuramente quella dei pesi: proprio questa la colonna che deve essere utilizzata successivamente per confrontare i pesi “pesati” ovvero misurati realmente.

id	Liv.	Posizione	CODICE C	DENOMINAZIONE	Quantità	PESO	Materiale
0001	.....	0	3529300060	ASSIEME GE	0,0000	8771,4	Vedere Distinta Base
0002	1.....	5	3529300170	ASSIEME M	1,0000	1032,3	Vedere Distinta Base
0003	2....	5.5	3029305011	ASSIEME CA	1,0000	364,19	Vedere Distinta Base
0004	3...	5.5.5	2029305030	ASSIEME PI	1,0000	62,049	Vedere Distinta Base
0005	4..	5.5.5.5	1329305014	LAMIERA PI	1,0000	58,248	Acciaio Hardox 400
0006	4..	5.5.5.10	5930410010	DADO M10 I	4,0000	0,012	Commerciale
0007	4..	5.5.5.15	1829305100	PERNO Ø=3	7,0000	0,510	Acciaio S275 JR (Fe430)
0008	4..	5.5.5.20	1829335120	DISTANZIAL	3,0000	0,039	Acciaio S275 JR (Fe430)
0009	4..	5.5.5.25	5930410016	DADO M16 I	2,0000	0,035	(none)
0010	3...	5.5.10	2029305010	ASSIEME CA	1,0000	178,32	Vedere Distinta Base
0011	4..	5.5.10.5	1329305001	LAMIERA PI	1,0000	55,933	Acciaio DD11 (decapato e oliato)
0012	4..	5.5.10.10	1829305010	ASSIEME SA	1,0000	22,381	
0013	5..	5.5.10.10.5	1329305002	LAMIERA PI	1,0000	14,142	Acciaio S275 JR (Fe430)
0014	5..	5.5.10.10.10	1829305020	ASSIEME SU	1,0000	4,066	
0015	6....	5.5.10.10.10	1829305030	LAMIERA PA	1,0000	1,867	Acciaio S275 JR (Fe430)
0016	6....	5.5.10.10.10	1329205074	PIATTO 40X	1,0000	2,255	Acciaio Fe 430C
0017	5..	5.5.10.10.15	5930410016	DADO M16 I	1,0000	0,035	(none)
0018	5..	5.5.10.10.20	1829330040	ASSIEME SU	1,0000	1,119	Vedere Distinta Base
0019	6....	5.5.10.10.20	1329305003	PIATTO	1,0000	0,373	Acciaio S275 JR (Fe430)
0020	6....	5.5.10.10.20	1829305040	LAMIERA PA	1,0000	0,745	Acciaio S275 JR (Fe430)
0021	5..	5.5.10.10.25	1829305050	ASSIEME SU	1,0000	1,119	Vedere Distinta Base
0022	6....	5.5.10.10.25	1329305003	PIATTO	1,0000	0,373	Acciaio S275 JR (Fe430)
0023	6....	5.5.10.10.25	1829305040	LAMIERA PA	1,0000	0,745	Acciaio S275 JR (Fe430)
0024	5..	5.5.10.10.30	5940550012	ROSETTA P	4,0000	0,010	Commerciale
0025	5..	5.5.10.10.35	5905612035	VITE TCEI M	4,0000	0,050	Acciaio Fe 430C
0026	5..	5.5.10.10.40	1829305060	LAMIERA PA	1,0000	1,766	Acciaio S275 JR (Fe430)
0027	5..	5.5.10.10.45	5940550010	ROSETTA P	2,0000	0,004	Commerciale
0028	5..	5.5.10.10.50	5905710040	VITE TCEI M	2,0000	0,038	Commerciale
0029	5..	5.5.10.10.55	5954210030	SPINA CILIN	2,0000	0,018	Commerciale
0030	4..	5.5.10.15	1329305004	LAMIERA PI	2,0000	4,099	Acciaio S275 JR (Fe430)
0031	4..	5.5.10.20	1329305005	LAMIERA PI	1,0000	25,251	Acciaio DD11 (decapato e oliato)
0032	4..	5.5.10.25	1329305006	LAMIERA PI	1,0000	4,697	Acciaio S275 JR (Fe430)
0033	4..	5.5.10.30	1829305070	PIASTRA 13	2,0000	15,041	Acciaio S275 JR (Fe430)
0034	4..	5.5.10.35	1329305007	LAMA 70X73	2,0000	6,017	Acciaio S275 JR (Fe430)
0035	4..	5.5.10.40	1329305008	LAMIERA PI	1,0000	0,509	Acciaio S275 JR (Fe430)
0036	4..	5.5.10.45	1329305009	LAMIERA PI	1,0000	0,181	Acciaio S275 JR (Fe430)
0037	4..	5.5.10.50	1829205091	PIATTO 75X	2,0000	0,402	Acciaio Fe 430C
0038	4..	5.5.10.55	1329205114	LAMIERA PI	2,0000	0,395	Acciaio Fe 430C
0039	4..	5.5.10.60	1329205115	LAMIERA PI	9,0000	0,083	Acciaio Fe 430C
0040	4..	5.5.10.65	1329305030	LAMIERA PI	1,0000	0,118	Acciaio S275 JR (Fe430)
0041	4..	5.5.10.75	1829305170	STAFFA 56X	1,0000	0,076	Vedere Distinta Base
0042	5..	5.5.10.75.5	1329305031	LAMIERA	1,0000	0,030	Acciaio S275 JR (Fe430)
0043	5..	5.5.10.75.10	5638210003	RACCORDO	1,0000	0,050	Acciaio Fe 360B UNI EN 10025
0044	4..	5.5.10.80	1329305010	LAMIERA PA	2,0000	0,641	Acciaio S275 JR (Fe430)
0045	4..	5.5.10.85	1329305011	LAMA 40X22	1,0000	1,063	Acciaio S275 JR (Fe430)
0046	4..	5.5.10.90	1329305012	LAMA 40X27	1,0000	1,270	Acciaio S275 JR (Fe430)
0047	4..	5.5.10.95	5930410008	DADO M8 N	9,0000	0,006	Commerciale
0048	4..	5.5.10.100	1329305013	LAMIERA PI	1,0000	9,060	Acciaio DD11 (decapato e oliato)
0049	4..	5.5.10.105	1329305018	LAMIERA PI	1,0000	1,301	Acciaio S275 JR (Fe430)
0050	4..	5.5.10.110	1329305019	LAMIERA PI	1,0000	1,760	Acciaio S275 JR (Fe430)
0051	4..	5.5.10.120	1329305026	LAMIERA	8,0000	0,126	Acciaio S275 JR (Fe430)
0052	3...	5.5.15	2429305050	CULLA L=12	1,0000	21,353	Vedere Distinta Base
0053	4..	5.5.15.5	2029305040	CULLA L=12	1,0000	20,379	Acciaio S275 JR (Fe430)
0054	4..	5.5.15.10	2029330170	PERNO Ø=2	1,0000	0,495	Acciaio C45 (bonificato)
0055	4..	5.5.15.15	2029230370	BOCCOLA C	3,0000	0,435	Acciaio C55 (normalizzato)
0056	3...	5.5.20	2029205310	ASSIEME BA	1,0000	11,748	Vedere Distinta Base
0057	4..	5.5.20.5	1329205095	PERNO PER	1,0000	2,592	Acciaio Fe 430C
0058	4..	5.5.20.10	1329205012	LAMIERA CE	1,0000	0,789	Acciaio Hardox 400
0059	4..	5.5.20.15	1829205140	LAMIERA CE	1,0000	3,240	Acciaio Fe 430C UNI EN 10025
0060	4..	5.5.20.20	1029205250	LAMIERA PA	2,0000	0,718	Acciaio Fe 360B
0061	4..	5.5.20.25	1329205014	LAMIERA CE	1,0000	1,640	Acciaio Fe 360B UNI EN 10025
0062	4..	5.5.20.30	1329205093	LAMIERA CA	1,0000	1,671	Acciaio Fe 360B
0063	4..	5.5.20.35	1029205240	LAMIERA PA	2,0000	0,202	Acciaio Fe 360B
0064	3...	5.5.25	2029205040	PIASTRA BA	1,0000	5,260	Acciaio HARDOX 400
0065	3...	5.5.30	5948052008	ROSETTA S	31,0000	0,001	Commerciale
0066	3...	5.5.35	5905608020	VITE TCEI M	4,0000	0,015	Acciaio per classe di resistenza 8.8
0067	3...	5.5.40	5905608035	VITE TCEI M	14,0000	0,021	Acciaio per classe di resistenza 8.8
0068	3...	5.5.45	5554210012	GLYCODUR	2,0000	0,009	Commerciale
0069	3...	5.5.50	5930410016	DADO M16 I	1,0000	0,035	(none)
0070	3...	5.5.55	5901616070	VITE TE M10	1,0000	0,150	Commerciale
0071	3...	5.5.60	5554200001	GLYCODUR	2,0000	0,010	Commerciale
0072	3...	5.5.65	2026505110	PERNO DI F	1,0000	0,100	Acciaio Fe 360B UNI EN 10025
0073	3...	5.5.70	5957500016	ANELLO D'A	2,0000	0,001	(none)
0074	3...	5.5.75	2029305050	PORTELLO	1,0000	11,414	

Tabella n. 9: Distinta Base DB etesa di una piccola parte di componenti



Grazie all'utilizzo di questi due documenti integrato con le visite in officina per osservare realmente com'è composto il prodotto ed avere una visione più concreta della macchina, è stato possibile individuare e suddividere l'intera macchina nei suoi assiemi principali. Essi non coincidono esattamente con gli assiemi generici utilizzati nel catalogo per descriverla e vengono chiamati principali perché sono quelli utili al fine di ottenere dei pesi complessivi validi per la valutazione futura degli impatti. Gli assiemi principali che sono stati individuati sono:

1. Assieme macchina fissa
2. Assieme macchina mobile
3. Assieme binario 15 m
4. Assieme banco 15 m
5. Assieme ribaltatore destro/sinistro
6. Assieme raccogli sagomati e recinzione
7. Gruppo elettrico: quadro elettrico, consolle, pulsantiera, fotocellula e laser scanner
8. Gruppo pneumatico e oleodinamico
9. Dotazione piega
10. Trolley e dotazione commerciale
11. Altro



*Figura n. 17: Assieme macchina/piegatrice fissa e mobile, Assieme ribaltatori sinistro e*



Figura n. 18: Quadro elettrico, consolle



*Figura n. 19: Assieme banco*



Figura n. 20: Dotazione

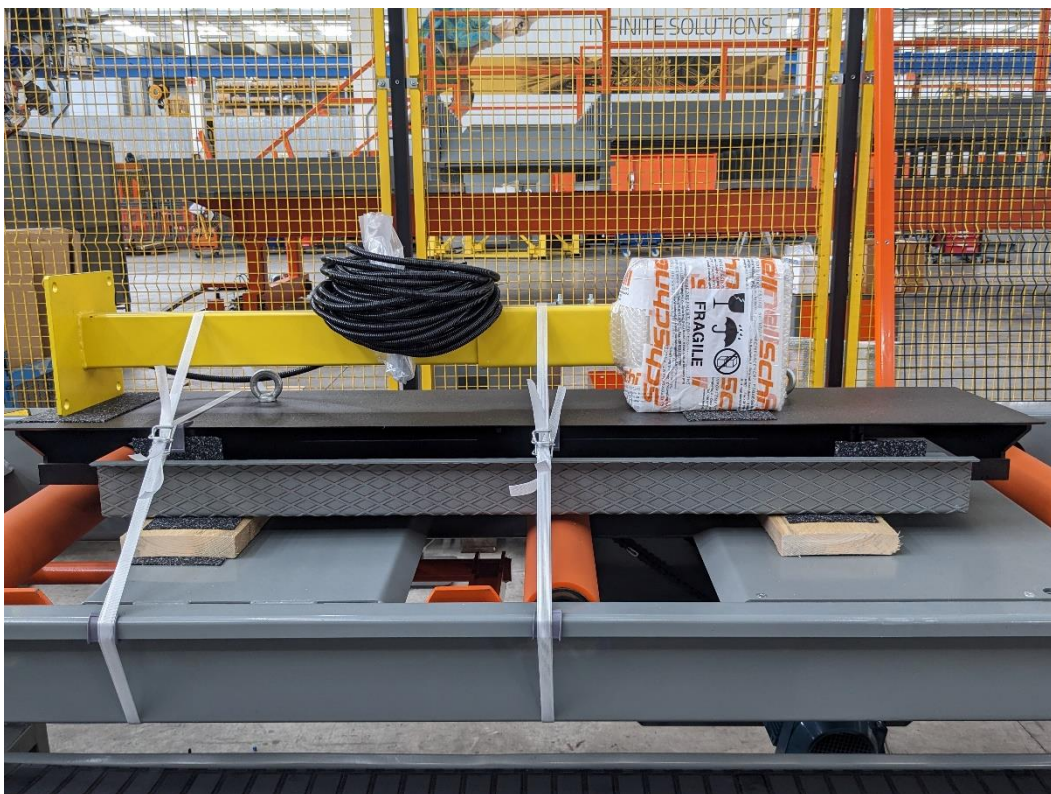
### 3.4.3 Pesatura diretta: dati primari

Durante la fase di pesatura il team è stato affiancato dagli operai della produzione, grazie ai quali è stato possibile movimentare anche le parte più grandi tramite carroponi. La misurazione è quindi stata effettuata in maniera diretta, nei capannoni della produzione al fine di ottenere dati primari e quindi affidabili da utilizzare poi per il confronto. Non sempre però erano disponibili ROBOMASTER della tipologia desiderata e si è dovuto quindi attendere la presenza di tale macchina. La fase di pesatura è una fase che da prassi non viene effettuata durante la produzione di una macchina. È stato necessario quindi inserirla, come fase intermedia, tra altre due: quella di imballaggio (successiva alla fase di collaudo con il ferro) in cui la macchina viene preparata, pronta per essere spedita e quella di spedizione stessa. È possibile osservare nella Tabella n. 10 i pesi delle varie parti della macchina come sono stati pesati in produzione:

DESCRIZIONE	PESO PESATO COLLI (kg)	PESO PESATO (kg)
<b>6129100000 71501 CENTRO DI SAG.ROBOMASTER 60/15 EVO MIRROR V1</b>		
BANCO A RULLI (PRIMA PARTE)	2.692,00	
BATTUTA PNEUMATICA (VI2400050)		
CENTRALINA OLEODINAMICA		
LAMIERA PIEGATA PROTEZIONE CAVI		
CARTER NERO		
CANALINE PORTACAVI NR.12 (peso n.1)		
LASER SCANNER		27,50
SCHERMO DI PROTEZIONE		
BINARIO (PRIMA PARTE)	4.035,00	
PIEGATRICE MOBILE		
PIEGATRICE FISSA		
SCATOLA DOCUMENTAZIONE TECNICA		
RIBALTATORE DX		
RIBALTATORE SX		
TRAVE PER MOVIMENTAZIONE		
CAVI ELETTRICI + GUAINE		
TUBI OLEODINAMICI		
BINARIO (TERZA PARTE)	334,00	334,00
CONSOLLE DI COMANDO (SU PALLET = 15KG)	130,00	130,00
QUADRO ELETTRICO	310,00	310,00
RECINZIONE PROTEZIONE	25,00	25,00
NR. 8 MANDRINI + NR. 12 SAGOME (SU PALLET = 15 KG)	593,00	
TASSELLI DI FISSAGGIO		3,50
RICEVITORE FOTOCELLULA + SUPPORTO		
TROLLEY ATTREZZATURA + OMAGGIO		44,00
SUPPORTO SAGOME		12,50
PULSANTIERA	10,50	
BINARIO (SECONDA PARTE)	810,00	
PROLUNGHE		
BANCO A RULLI (SECONDA PARTE)	580,00	580,00
RACCOGLI SAGOMATI RINFORZATI (NR. 3 A 3 VANI)	278,00	278,00
<b>TOTALE</b>	<b>9.787,00</b>	<b>1.755,00</b>

Tabella n. 10: Tabella ottenuta dalla pesatura

Questa Tabella n. mostra, grazie alla prima colonna, come sono state suddivise le varie parti imballate e pronte ad essere spedite e quindi quali di queste hanno fatto parte del medesimo collo. Non è stato possibile pesare gli assiemi esattamente come sono stati individuati e suddivisi. Infatti, quando la macchina viene imballata pronta per essere spedita, viene scelto il metodo di imballaggio più comodo ed efficace ai fini di una migliore movimentazione e di un vantaggioso trasporto della macchina stessa. Quindi sono stati inizialmente pesati quelli che nella tabella vengono chiamati “PESI PESATI COLLI (kg)” ovvero il peso complessivo di ogni collo. Si è poi riusciti a pesare, successivamente, alcune altre singole parti contenute all’interno dei vari colli.



*Figura n. 21: Collo composto da banco, lamiera piegata, carter nero, canaline, laser scanner*

### 3.4.4 Confronto tra pesi della DB e pesi pesati

La Tabella n. 11 mostra un confronto visibile tra quelli che sono della distinta base e quelli che sono alcuni dei pesi pesati ottenuti sul campo:

COLLO	DESCRIZIONE	PESI DB ORIGINARIA (kg)	PESI DB MODIFICATA (kg)	PESI DB TEORICI (kg)	PESI PESATI COLLI (kg)	PESI PESATI SINGOLI (kg)	DIMENSIONI		
	6129100000 71501 CENTRO DI SAG.ROBOMASTER 60/15 EVO MIRROR V1						L	I	H
1	BANCO A RULLI (PRIMA PARTE)	2.146,64		2.574,16	2.692,00		1198	98	105
1	BATTUTA PNEUMATICA (VI2400050)	131,30							
1	CENTRALINA OLEODINAMICA	91,29							
1	LAMIERA PIEGATA PROTEZIONE CAVI	34,84							
1	CARTER NERO	56,22							
1	CANALINE PORTACAVI NR.12 (peso n.1)	38,40							
1	LASER SCANNER	27,92							
1	SCHERMO DI PROTEZIONE	47,55							
2	BINARIO (PRIMA PARTE)	812,10		3.977,40	4.035,00		670	136	130
2	PIEGATRICE MOBILE	1.237,30							
2	PIEGATRICE FISSA	1.032,30							
2	SCATOLA DOCUMENTAZIONE TECNICA								
2	RIBALTATORE DX	351,43							
2	RIBALTATORE SX	350,67							
2	TRAVE PER MOVIMENTAZIONE	193,60							
2	CAVI ELETTRICI + GUAINE								
2	TUBI OLEODINAMICI								
3	BINARIO (TERZA PARTE)	334,00			334,00	334,00	307	130	26
4	CONSOLLE DI COMANDO (SU PALLET = 15KG)	70,22	130,00		130,00	130,00	160	70	80
5	QUADRO ELETTRICO	302,00			310,00	310,00	144	56	212
6	RECINZIONE PROTEZIONE	100,00	25,00		25,00	25,00	140	4	200

7	NR. 8 MANDRINI + NR. 12 SAGOME (SU PALLET = 15 KG)	211,00							
7	TASSELLI DI FISSAGGIO								
7	RICEVITORE FOTOCELLULA + SUPPORTO	11,88							
7	TROLLEY ATTREZZATURA + OMAGGIO								
7	SUPPORTO SAGOME	12,53							
7	PULSANTIERA								
8	BINARIO (SECONDA PARTE)	812,10							
8	PROLUNGHE	-							
9	BANCO A RULLI (SECONDA PARTE)	536,66							
10	RACCOGLI SAGOMATI RINFORZATI (NR. 3 A 3 VANI)	82,85							
	<b>TOTALE</b>	<b>9.024,80</b>							

*Tabella n. 11: Tabella per il confronto dei pesi della DB e dei pesi pesati*

I pesi presenti nella distinta base di tali parti sono stati estrapolati ed inseriti nella Tabella n. 12, più precisamente nella colonna "PESI DB ORIGINARIA (kg)" all'interno di tale colonna possiamo notare la presenza di valori in rosso, i quali rappresentano quantità che sono state inserite in modo errato nella DB. È stato, quindi, necessario modificare tali pesi nella DB, valori che sono stati appuntati in blu anche nella colonna "PESI DB MODIFICATA (kg)". Sempre all'interno della colonna "PESI DB ORIGINARIA (kg)" sono presenti celle vuote, in quanto gli elementi corrispondenti a tali celle non presentano un peso nella DB; questo perché sono parti che, in generale, non appartengono propriamente alla macchina, ma sono parti per lo più ausiliarie, o necessarie per l'installazione oppure secondarie. Nella colonna "PESI DB TEORICI (kg)" sono stati eseguiti i pesi complessivi delle singole parti della DB in base a come sono suddivisi gli elementi nei colli. A queste colonne sono state poi affiancate le due colonne della Tabella n. (quella di prima) assieme ad una colonna esplicativa che descrive le dimensioni (lunghezza, profondità, altezza) di alcuni degli elementi.



*Figura n. 22: ROBOMASTER 60 EVO V1 cULus in fase di sagomatura di un tondino*



## 4. Conclusioni

L'obiettivo di questo caso studio era quello di verificare se i pesi delle varie parti che compongono la macchina nella distinta base corrispondono ai pesi misurabili realmente delle stesse, al fine di poter utilizzare direttamente, con l'andare avanti del progetto, i valori di tale distinta base per valutare gli impatti ambientali di un ROBOMASTER 60 EVO V1 cULus. Per poter raggiungere questo obiettivo è stato necessario studiare e conoscere a fondo la macchina oggetto di studio. Al fine di comprendere la composizione di tale macchina è stato fondamentale servirsi di documenti interni dell'azienda e recarsi in produzione per osservare dal vivo e concretamente il ROBOMASTER. È proprio attraverso la combinazione tra lo studio e l'esperienza che è stato possibile conoscere quindi la macchina e suddividerla all'interno della DB in assiemi principali. Lo scopo è stato poi quello di poter pesare tali assiemi e confrontarli con la suddivisione fatta. Al momento della misurazione, però, non è stato possibile pesare parti che corrispondessero esattamente agli assiemi principali come era stato prefissato. Questo perché la pesatura è avvenuta in una fase successiva all'imballaggio e perciò le parti del ROBOMASTER erano divise in maniera da essere comode per la spedizione ed il trasporto. Sono quindi stati ottenuti i pesi reali corrispondenti a come la macchina era stata divisa nei vari colli. In momenti successivi si è riusciti a pesare parti singole appartenenti ai vari colli, così da ottenere il maggior numero possibile di pesi. I pesi che sono stati acquisiti dalla pesatura sono poi stati confrontati con quelli della DB. È possibile osservare come il totale dei "PESI DB ORIGINARIA (kg)" non si discosti di molto dal totale dei "PESI PESATI COLLI (kg)". La differenza tra i due totali, ottenibile tramite sottrazione, contiene al suo interno i pesi riguardanti i pallet (che sono di 15 kg, per un totale di 45 essendo presenti tre pallet) ed altri materiali usati per l'imballaggio. Contiene, inoltre, le parti di cui si è parlato in precedenza, ovvero tutti quegli elementi che possiamo definire secondari che non sono propri della macchina come la

scatola della documentazione tecnica, i cavi elettrici con rivestimento in guaina, i tubi oleodinamici, i tasselli utilizzati per fissare la macchina dal cliente, il trolley compreso di dotazione e la pulsantiera.

Il caso studio si è concluso prima di riuscire a pesare esattamente tutte le parti che compongono i vari colli, ma il team che fa parte del progetto pilota continuerà ad effettuare pesature fino all'ottenimento di tutti i pesi la cui cella è per ora rimasta vuota nella Tabella n. al fine di poter poi sommare i vari elementi per ottenere i pesi complessivi dei vari assiemi principali. In particolare, verrà aggiornata poi la colonna "PESI PESATI SINGOLI (kg)" il cui totale per ora risulta relativamente basso in quanto non è stato ancora possibile pesare tutte le singole parti. Sarà poi possibile effettuare un confronto più preciso ed attendibile delle due colonne. Se il confronto porterà ad un esito positivo allora tale distinta base potrà essere utilizzata per la terza fase dell'LCA, ovvero per la valutazione degli impatti. Qui verrà preso in considerazione anche il discorso sul trasporto che fino ad ora non era stato esaminato. Dovranno poi essere interpretati i risultati ottenuti dall'LCA. Tali risultati saranno poi l'elemento fondamentale per redigere la Dichiarazione Ambientale di Prodotto. L'EPD e l'analisi LCA saranno poi sottoposti ad un ente terzo, che, essendo un soggetto indipendente, avrà il compito di verificare i due documenti e, eventualmente, rilasciare la certificazione. Se questo primo progetto andrà a buon fine per il ROBOMASTER 60 EVO, allora SCHNELL estenderà lo studio anche alle restanti macchine facenti parte della stessa famiglia.

## 5. Ringraziamenti

Un sincero ringraziamento va, innanzitutto, al professore Germani Michele per avermi dato l'opportunità di svolgere il tirocinio in azienda, sul quale ho poi sviluppato la tesi, e per aver sempre prontamente risposto ai miei dubbi ed alle mie incertezze.

Vorrei ringraziare i miei amici e le breghe con i quali ho vissuto anni pieni di allegria, divertimento e spensieratezza.

Ringrazio poi le (mie) compagne di squadra con le quali passo la maggior parte del mio tempo; con loro condivido i ricordi più belli e la passione per lo sport che fin da subito ci ha legate. Un ringraziamento particolare va a Federica per essere sempre stata presente quando avevo più bisogno di chiarezze e non essersi mai tirata indietro davanti ogni mia richiesta; a Giada per il suo modo accogliente e mai pregiudizievole nei miei confronti; a Margherita per la sua discrezione e per avermi spronata a suo modo.

Ringrazio sentitamente i miei zii e i miei cugini per avermi fin da subito incoraggiata ed avermi sempre reputata all'altezza del cammino che avevo deciso di intraprendere.

Un ringraziamento affettuoso va ai miei nonni. Anche se non ho il piacere di averli al mio fianco in questa giornata speciale, ho comunque la fortuna di averli comunque sempre con me e nel mio cuore.

Un grazie sincero va alle mie adorato nonne, le quali mi hanno permesso di intraprendere e concludere questo percorso e mi hanno sempre motivata a volte in maniera dolce e paziente, altre volte a suon di "spero de non morì prima" e "c'ho già il vestito pronto".

Vorrei infine ringraziare con tutto il mio cuore mia madre, mio padre e mio fratello per aver sempre creduto in me e nelle mie potenzialità anche quando io ero la prima a non farlo; li

ringrazio per la pazienza e comprensione che hanno avuto nei miei confronti nei momenti di stress ma soprattutto per avermi sempre incoraggiata a non mollare. Il loro amore è da sempre la costante indispensabile nella mia vita.

## 6. Bibliografia

(s.d.). Tratto da The International EPD® System: <https://www.environdec.com/home>

(s.d.). Tratto da SCHNELL s.p.a.: <https://www.schnell.it/it/Prodotti/macchine-per-la-produzione-di-reti-e-trafile/>

Abbas, M., Khan, F., Liou, Y.-A., Ullah, H., Javed, B., & Ali, S. (2023). Assessment of the impacts of climate change on the construction of homogeneous climatic regions and ensemble climate projections using CMIP6 data over Pakistan. *Atmospheric Research*, 304, 107359. doi:<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2024.107359>

ASHBY, M. F. (2024). Environmental Life Cycle Assessment, E-LCA. In *Materials and Sustainable Development* (p. 89-120). doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98361-7.00005-1>

*Fasi di un LCA.* (s.d.). Tratto da Università degli studi di Genova: [http://www.dichep.unige.it/old\\_site/consulenza\\_ambientale/lca-fasi.htm](http://www.dichep.unige.it/old_site/consulenza_ambientale/lca-fasi.htm)

*Impatto Ambientale.* (2022). Tratto da Treccani: <https://www.treccani.it/enciclopedia/impatto-ambientale/>

*Impronta di carbonio: un nuovo traguardo green di Fresia Alluminio.* (2024, 3 4). Tratto da fresia alluminio: <https://www.fresialluminio.com/normative/impronta-di-carbonio-un-nuovo-traguardo-green-di-fresia-alluminio.html>

JACOPO FAMIGLIETTI, C. P. (2017). *WORKSHOP DI LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT Teoria e pratica dell'analisi a ciclo di vita.* Milano.

Magatti, G. (2015). Life Cycle Assessment (LCA): origini, standard normativi e struttura operativa. *greenreport.it*. Tratto da <https://greenreport.it/rubriche/life-cycle-assessment-lca-origini-standard-normativi-e-struttura-operativa/>

*Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica*. (2013, 10 07). Tratto da Un po' di scienza – quali sono le sostanze ozono lesive, perchè sono dannose e come reagiscono: <https://www.mase.gov.it/pagina/un-po-di-scienza-quali-sono-le-sostanze-ozono-lesive-perche-sono-dannose-e-come-reagiscono>

Neri, P. (2009). L'analisi ambientale dei prodotti agroalimentari con il Metodo del Life Cycle Assessment. *ARPA SICILIA AGENZIA REGIONAL E PER LA PROTEZIONE DELL' AMBIENTE DELLA SICILIA*, 120.

*Passaporto Ambientale: Eco-Design per il miglioramento dell'impronta ambientale*. (2019, 11 5). Tratto da <https://www.passaportoambientale.it/approfondimenti/impronta-ambientale-definizione-caratteristiche/>

Sassone, S. (2021, 12 15). *Cos'è la Carbon Footprint e perché è importante misurarla*. Tratto da Insic: <https://www.insic.it/tutela-ambientale/carbon-footprint-definizione-perche-misurarla/>

srl, E. (s.d.). *La life cycle assessment (LCA)*. Pisa.

srl, E. (s.d.). *La life cycle assessment (LCA)*. milano.