

ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITA' DI BOLOGNA

Corso di laurea magistrale in  
*Analisi e Gestione dell'Ambiente*

***Implementazione di processi funzionali ad uno studio LCA  
applicato ad un servizio di pulizia in ottica di etichettatura  
ecologica***

Tesi di laurea in

*Sistemi di gestione ambientale, di politica ed economia ambientale*

Relatore

Prof.ssa Serena Righi

Presentata da

Beatrice Bandera

Correlatore

Ing. Michele Braglia

Sessione Unica Anno Accademico 2019/2020

## Sommario

<b>1</b>	<b>Glossario.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>5</b>
2.1	Caso studio del servizio di pulizia presso il Politecnico di Torino - Mirafiori.....	5
2.2	Il contesto normativo.....	6
2.2.1	Il settore della pulizia professionale.....	8
2.3	La metodologia LCA – Analisi del Ciclo di Vita.....	10
2.4	PCR settoriale di riferimento e EPD di settore.....	14
<b>3</b>	<b>Scopo del lavoro.....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Materiali e Metodi.....</b>	<b>16</b>
4.1	Materiali.....	17
4.2	Metodi di lavoro.....	17
4.2.1	La PCR di riferimento: Professional cleaning services for buildings.....	18
4.2.1.1	Le fasi fondamentali del ciclo di vita secondo la PCR settoriale.....	24
4.2.2	PCR di settore: versioni a confronto.....	26
4.2.3	Le EPD del Servizio di Pulizia.....	29
4.2.4	Approfondimenti su Prodotti e Attrezzature: le altre EPD settoriali.....	35
4.2.4.1	Prodotti per la pulizia.....	36
4.2.4.2	Panni in microfibra.....	39
4.2.4.3	Carrelli per la pulizia professionale.....	40
4.3	Il modello analitico per il ciclo di vita del Servizio presso la sede Mirafiori del Politecnico di Torino in chiave etichettatura ecologica.....	42
4.4	I processi fondamentali nel modello.....	43
4.4.1	Analisi dettagliata dei Processi, Risorse e Materiali.....	46
4.4.1.1	Imballaggi plastici.....	54
4.4.1.2	Lavorazione delle fibre tessili.....	56
4.5	Analisi d’inventario.....	59
4.5.1	Il Dataset GaBi Professional a confronto con i processi fondamentali.....	62
4.5.2	Approfondimento sui prodotti chimici per le pulizie: la loro modellazione in uno studio LCA.....	64
4.5.2.1	Modellazione dei composti chimici.....	66
4.5.2.2	Criticità e possibili soluzioni per la rappresentatività nel modello dei composti chimici.....	68
4.5.3	Approfondimento e modellazione dei prodotti tessili.....	72
4.6	Metodo di valutazione degli impatti del ciclo di vita - LCIA.....	74
<b>5</b>	<b>Risultati e discussione.....</b>	<b>74</b>

<b>5.1</b>	<b>Implementazione del modello nel software GaBi: il Servizio di Pulizia presso il Politecnico di Torino, Sede Mirafiori.....</b>	<b>74</b>
<b>5.2</b>	<b>Goal and scope definition del modello .....</b>	<b>75</b>
5.2.1	Goal: l'obiettivo dello studio.....	75
5.2.2	Scope: l'ambito dello studio.....	75
<b>5.3</b>	<b>Fase Upstream.....</b>	<b>77</b>
5.3.1	Modellazione nel software GaBi.....	79
5.3.1.1	Prodotti chimici.....	82
5.3.1.2	Prodotti tessili .....	93
5.3.1.3	Trasporti.....	101
<b>5.4</b>	<b>Core.....</b>	<b>103</b>
5.4.1	Modellazione nel software GaBi.....	106
<b>5.5</b>	<b>Downstream .....</b>	<b>110</b>
5.5.1	Modellazione nel software GaBi.....	112
<b>5.6</b>	<b>Grouping.....</b>	<b>115</b>
<b>5.7</b>	<b>Valutazione degli impatti .....</b>	<b>116</b>
<b>5.8</b>	<b>Interpretazione dei risultati.....</b>	<b>118</b>
<b>6</b>	<b>Conclusioni e prossimi passi.....</b>	<b>124</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografia e sitografia .....</b>	<b>125</b>
<b>8</b>	<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>130</b>

## 1 Glossario

BAU: Business As Usual

CAM: Criteri Ambientali Minimi

DAP: Dichiarazione Ambientale di Prodotto

EPD: Environmental Product Declaration

GPP: Green Public Procurement

GWP: Global Warming Potential

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

IPP: Integrated Product Policy

ISO: International Organization for Standardization

LCA: Life Cycle Assessment

LCI: Life Cycle Inventory

LCIA: Life Cycle Impact Assessment

LCT: Life Cycle Thinking

PCR: Product Category Rules

PDCA: Plan-Do-Check-Act

SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SP: Soluzione Pulente

TMB: Trattamento Meccanico Biologico

## 2 Introduzione

La presente tesi è incentrata sullo sviluppo di un modello analitico per la realizzazione di uno studio LCA avente per oggetto il Servizio di Pulizia professionale erogato presso la Cittadella Politecnica del Design e della Mobilità Sostenibile, sede distaccata del Politecnico di Torino, definita anche in tale documento come sede Mirafiori.

Le operazioni di pulizia vengono svolte dall'azienda cooperativa L'Operosa, con sede a Cadriano di Granarolo dell'Emilia (BO).

Lo studio viene condotto presso l'azienda di consulenza ambientale Punto 3 che si occupa, tra gli altri temi per lo sviluppo sostenibile, di analisi ambientali incentrate sul settore del *cleaning* professionale.

L'analisi comparativa ambientale e il Protocollo Green di Pulizia, che sono applicati e analizzati nell'oggetto della tesi, sono il risultato di un processo PDCA, Plan – Do – Check – Act, approccio tipico dei sistemi di gestione mirati al miglioramento continuo delle performance (ad es. ISO 14001 – sistemi di gestione della qualità ambientale). Il processo PDCA rappresenta lo strumento più efficace in termini di qualità e miglioramento per verificare i benefici ambientali ed economici derivanti dall'implementazione di due protocolli migliorativi Ecolabel (Base e Top) rispetto al protocollo tradizionale già in essere sul cantiere (BAU).

### 2.1 Caso studio del servizio di pulizia presso il Politecnico di Torino - Mirafiori

Il cantiere preso in esame come caso studio per l'applicazione del modello analitico è, come detto poco sopra, la sede del Politecnico di Torino – Mirafiori.

L'edificio si sviluppa su due piani, ciascuno dei quali è costituito da tre moduli equidimensionali. Il piano di pulizie prevede un servizio che include sia interventi di carattere ordinario, con frequenze ricadenti nell'arco della settimana, sia di carattere periodico, con un'esecuzione più sporadica, sull'arco della mensilità o meno frequente della ricorrenza mensile nell'annualità (ad esempio, bi- tri- o semestrale).

Le attività di pulizia oggetto dello studio ricadono nel primo gruppo sopra descritto, ossia quelle a carattere ordinario, che per frequenza ed estensione sono connesse ad un maggior contributo in termini di impatto. Inoltre, vista la ricorrenza ordinaria, tali attività risultano maggiormente semplici da osservare attraverso campionamenti e valutare tramite modelli analitici, realizzando in questo modo un campione d'analisi rilevante per popolosità di dati.

Le attività di pulizia presso la sede Mirafiori del Politecnico di Torino sono state osservate per la durata di un mese di operatività, dal 18 novembre al 17 dicembre 2019. Tra le attività

monitorate rientrano le pulizie dei pavimenti e degli arredi, di spazi distributivi, aule e uffici e la pulizia completa dei servizi igienici.

Attraverso checklist dedicate per il monitoraggio delle attività e con l'ausilio di strumentazioni di misura quali contatori idrici ed elettrici sono stati rilevati i consumi di acqua, elettricità e prodotti chimici per le attività di pulizia e le derivanti attività di lavanderia per il ricondizionamento della strumentazione tessile utilizzata. Non sono state oggetto di studio operazioni di pulizia meccanizzata, quali l'utilizzo di aspirapolveri o lavasciuga, tantomeno interventi di sanificazione. La scelta legata al non campionamento di tali aspetti è dovuta all'esclusione di questi dai criteri Ecolabel UE (Decisione 2018/680).

Tali dati rilevati costituiscono pertanto il campione su cui lo studio è stato realizzato, fornendo valori di input per l'applicazione del modello analitico per la valutazione dell'impatto sul ciclo di vita.

## 2.2 Il contesto normativo

Nell'ottica dello sviluppo sostenibile, la Commissione europea emanò nel 2003 la Comunicazione sulla Politica Integrata di Prodotto (COM(2003)302), nota anche come IPP, un documento basato sul *Life Cycle Thinking* e costituente un pilastro per l'attuazione di leggi e politiche in campo ambientale e per la valutazione dell'impronta ambientale dei prodotti (European Commission, 2003).

Il *Life Cycle Thinking* rappresenta un approccio che considera l'intero ciclo di vita di un prodotto, tenendo conto delle conseguenze ambientali, economiche e sociali, nella prospettiva di individuare ed evitare gli slittamenti dei carichi ambientali potenziali da una fase all'altra del ciclo di vita (European Commission, 2003).

L'IPP incoraggiava gli Stati membri dell'UE a adottare programmi nazionali per la diffusione del GPP (COM(2008)400), uno strumento volontario per la riduzione degli impatti ambientali dei prodotti.

Il *Green Public Procurement*, ossia Acquisti Pubblici Verdi, viene definito il principale strumento di politica ambientale delle Pubbliche Amministrazioni per l'integrazione dei criteri ambientali in tutte le fasi del processo di acquisto. Il GPP costituisce infatti l'approccio volto a favorire la diffusione delle tecnologie ambientali e lo sviluppo di un mercato di prodotti e servizi a ridotto carico ambientale attraverso la ricerca di soluzioni aventi minor impatto lungo l'intero ciclo di vita. Tale contributo risulta determinante per il raggiungimento degli obiettivi

delle principali strategie europee come quella sull'uso efficiente delle risorse o quella sull'Economia Circolare (MATTM, 2017a).

Il GPP è stato introdotto in Italia con il Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2008 con il nome di Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN GPP) e aggiornato con Decreto 10 aprile 2013 (MATTM, 2017b; Punto 3, 2020).

Il PAN GPP:

- fornisce un quadro generale sul *Green Public Procurement*;
- definisce gli obiettivi nazionali;
- identifica le categorie di beni e servizi prioritarie in termini di impatti ambientali;
- identifica i volumi di spesa sulle quali definire i Criteri Ambientali Minimi (CAM).

I CAM costituiscono i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto. Si tratta di criteri che consentono di individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio che presenta il migliore profilo ambientale lungo l'intero ciclo di vita, tenendo conto anche della disponibilità di mercato (MATTM, 2020).

I CAM GPP sono diventati un aspetto obbligatorio nelle gare d'appalto con l'emanazione del Nuovo Codice dei Contratti (D.Lgs. 50/2016). L'obbligatorietà di tali criteri garantisce una forte spinta della politica nazionale sugli appalti pubblici verso l'obiettivo di riduzione degli impatti ambientali e la promozione di modelli produttivi e di consumo più sostenibili (MATTM, 2020).

Di recente approvazione è inoltre il Green Deal Europeo, un patto su scala comunitaria che si caratterizza per un importante e ambizioso obiettivo: la neutralità climatica dell'Europa entro il 2050 (EC, 2019). Questo traguardo può essere raggiunto prima di tutto misurando le prestazioni ambientali di prodotto, pertanto il *Life Cycle Assessment* e la *Carbon Footprint* rappresentano strumenti essenziali in tale contesto.

Per la quantificazione dell'impatto ambientale di un bene o servizio infatti, la metodologia LCA rappresenta uno strumento analitico affidabile e scientifico. Tale analisi, definita dalle norme tecniche UNI EN ISO 14040 e 14044, è alla base anche del calcolo dell'Impronta Climatica.

La metodologia LCA inoltre, si trova alla base del progetto EPD International System, costituito con l'obiettivo di garantire la stesura di Dichiarazioni Ambientali di Prodotto omogenee per la categoria considerata. Tale intento viene realizzato elaborando le PCR (Product Category Rules), documenti che forniscono linee guida univoche allo svolgimento di uno studio di *Life Cycle Assessment* per una determinata tipologia di prodotto.

### 2.2.1 Il settore della pulizia professionale

I servizi di pulizia rappresentano un settore impattante dal punto di vista ambientale a causa degli elevati consumi di risorse, in particolare idriche ed elettriche, connesse alla pulizia di superfici e all'impiego di macchinari.

Il raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile e della neutralità climatica citati al paragrafo 2.2 prevedono in primo luogo un attento impiego di risorse e materiali ed in secondo luogo la valutazione delle performance ambientali di beni e servizi. Tali aspetti vengono realizzati ricorrendo a due strumenti: l'adeguamento ai CAM e la metodologia LCA.

Il settore del *cleaning* professionale rientra infatti in una delle 17 categorie di CAM in vigore previste dal PAN GPP. In particolare, si fa riferimento ai Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di pulizia e per la fornitura di prodotti per l'igiene (DM 24 maggio 2012).

I criteri minimi si suddividono in “di base” e “premiati” (MATTM, 2012).

Fanno parte delle specifiche “di base”:

- detergenti conformi ai CAM ed eventualmente dotati di Ecolabel Europeo;
- disinfettanti autorizzati dal Ministero della salute;
- prodotti “superconcentrati” dotati di sistemi di dosaggio;
- prodotti ausiliari di carta tessuto dotati di Ecolabel Europeo.

Fanno parte delle specifiche “premiati”:

- sistemi di dosaggio o tecniche di pulizia a ridotto consumo di prodotto;
- apparecchiature a ridotto consumo energetico;
- consumi energetici e di acqua ridotti;
- riduzione di rifiuti e impatti ambientali;
- prodotti di pulizia conformi ai criteri ISO di I tipo.

Le stazioni appaltanti che introducono tali criteri nelle proprie procedure d'appalto risultano in linea con i principi del PAN GPP e contribuiscono a raggiungere gli obiettivi fissati dallo stesso.

Il rispetto dei CAM, inclusi quelli “premiati”, rendono competitiva l'impresa nell'aggiudicarsi la gara secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa (MATTM, 2012).

Il 2 maggio 2018 la Commissione Europea ha approvato la Decisione 2018/680, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio ecologico Ecolabel EU ai servizi di pulizia di ambienti interni (European Commission, 2018).



La decisione è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale venerdì 4 maggio 2018, e avrà valore per 5 anni dalla data di notifica della Decisione.

Il rilascio del marchio EU Ecolabel per i servizi di pulizia è legato alla soddisfazione dei 7 criteri obbligatori ed alla soddisfazione dei criteri facoltativi almeno per un punteggio minimo di 14 punti.

La certificazione riguarda i “servizi professionali di pulizia ordinaria”, intendendo con questi i servizi di pulizia erogati con una frequenza almeno mensile, fatta eccezione per la pulizia dei vetri la cui frequenza può essere almeno trimestrale. Risultano invece escluse dal campo di applicazione della Decisione le attività di disinfezione.



*Figura 1- Logo EU Ecolabel (ISPRA)*

I criteri della certificazione Ecolabel EU del servizio di pulizia coprono diverse tematiche, in particolare:

- prodotti chimici per la pulizia ordinaria e relativi sistemi di dosaggio e diluizione;
- attrezzature tessili (quali panni, frange e mop);
- prodotti economali (carta igienica, asciugamani, sapone lavamani);
- formazione del personale;
- raccolta differenziata dei rifiuti generati nella propria sede e durante lo svolgimento del servizio di pulizia;
- lavatrice e prodotti chimici connessi al suo utilizzo;
- certificazioni aziendali;
- veicoli aziendali.

La certificazione tuttavia non comprende aspetti come l'utilizzo di materiali “consumabili” (quali ad esempio sacchi per rifiuti e guanti monouso) o l'utilizzo di macchinari per la pulizia (come macchine lavasciuga, monospazzole, aspiraliquidi, ecc.). Gli unici macchinari ricompresi nella certificazione Ecolabel EU del servizio, infatti, sono lavatrice ed aspirapolvere. A questo proposito, tuttavia, la sentenza della Corte di giustizia dell'Unione Europea dell'8 novembre 2018 che ha stabilito l'annullamento del Regolamento (EU) n. 665/2013 della Commissione Europea del 3 maggio 2013 (riguardante l'etichettatura che indica il consumo d'energia dell'aspirapolvere), rendendo attualmente il criterio relativo all'aspirapolvere (Criterio O5) inapplicabile.

Il *Life Cycle Assessment* consente di valutare gli impatti ambientali di un generico prodotto, ossia un bene o un servizio, e costituisce uno strumento fondamentale per la realizzazione degli obiettivi europei di sviluppo sostenibile.

Nel paragrafo successivo viene presentata la metodologia LCA che rappresenta la base per lo svolgimento delle valutazioni delle performance ambientali per ciascun settore espresse nelle EPD (Dichiarazioni Ambientali di Prodotto) e standardizzate nelle PCR.

### 2.3 La metodologia LCA – Analisi del Ciclo di Vita

#### ***Definizioni e principi generali di uno studio LCA***

Life Cycle Assessment, abbreviato con la sigla LCA, è una metodologia internazionale standardizzata dalle ISO 14040/14044 per la valutazione degli impatti ambientali dell'intero ciclo di vita di un prodotto, ossia un bene o servizio.

La definizione del processo fornita dalle ISO 14040/14044 è di una *raccolta e valutazione di input, output e potenziali impatti ambientali di sistemi produttivi attraverso il loro ciclo di vita* (ISO, 2006b).

Le ISO sono documenti redatti dalla International Organization for Standardization, la federazione mondiale responsabile della redazione di Standard Internazionali. Il Comitato Tecnico responsabile di “Environmental management” provvede alla stesura delle ISO 14040 e 14044, standard europei per la Valutazione del Ciclo di Vita. Il primo documento è relativo a “Principi e inquadramento” ed il secondo a “Requisiti e linee guida” della metodologia LCA (ISO, 2006b).

Entrambi gli standard forniscono la descrizione dei principi e delle fasi determinanti uno studio di valutazione del ciclo di vita e contengono i principi fondamentali del *Life Cycle Thinking* (definizione al paragrafo 2.2).

Una definizione alternativa di LCA è proposta da SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) come il *procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi a un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il*

*trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale* (SETAC, 1993).

Il ciclo di vita di un prodotto viene generalmente suddiviso nelle fasi di:

- estrazione delle materie prime;
- trasformazione delle materie prime in materiali;
- lavorazione o assemblaggio a prodotto finito;
- fase d'uso;
- conversione a rifiuto e gestione di esso (fine vita), tramite riciclo o scarto.

In alcuni casi si considera un'ulteriore fase, quella di distribuzione, in cui i materiali e prodotti vengono trasportati da una fase all'altra (ISO, 2006b).



Figura 2- Schema del ciclo di vita di un prodotto

### ***Le fasi di uno studio LCA***

Le fasi di uno studio LCA sono quattro (ISO, 2006b):

- *goal and scope definition*;
- *inventory analysis* (LCI);
- *impact assessment* (LCIA);
- *interpretation*.

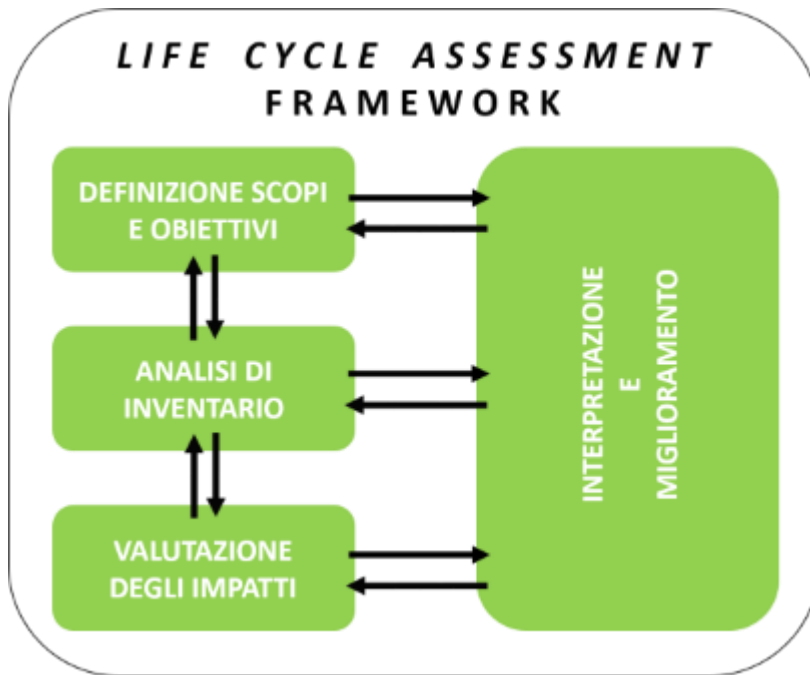


Figura 3- Schema delle fasi di uno studio LCA

### ***Goal and scope definition***

La prima fase si suddivide in definizione dell'obiettivo e definizione dell'ambito dello studio. La definizione dell'obiettivo prevede la descrizione delle applicazioni dell'analisi, le ragioni per cui viene condotta, il pubblico al quale è dedicata e la sua natura, se comparativa.

La definizione dell'ambito prevede la descrizione del prodotto studiato, la sua funzione, la definizione dell'unità funzionale e dei confini del sistema, le procedure di allocazione, l'individuazione delle categorie d'impatto e delle metodologie di valutazione degli impatti, i requisiti dei dati impiegati e della loro qualità, le assunzioni, le limitazioni, il tipo e il formato del documento.

Per unità funzionale si intende la performance quantificata di un sistema che viene usata come unità di riferimento per tutti i flussi in input e output e consente, se equivalente, di comparare sistemi diversi (ISO,2006b).

La LCA ha un approccio relativo in quanto strutturata attorno all'unità funzionale che definisce ciò che viene studiato: tutte le analisi successive sono relative all'unità funzionale, così come tutti gli input e gli output raccolti nell'LCI e di conseguenza il profilo LCIA risultante (ISO, 2006b).

I confini del sistema definiscono le unità di processo facenti parte del sistema studiato. L'unità di processo rappresenta la minima parte in cui il sistema può essere suddiviso affinché sia possibile quantificare i flussi in input e output.

Idealmente, il sistema dovrebbe essere modellato in modo tale che gli input e gli output siano flussi elementari. Per flusso elementare si intende materia o energia entrante o uscente dal sistema direttamente da o nell'ambiente senza subire alcuna trasformazione da parte dell'uomo (ISO, 2006b).

### ***Life Cycle Inventory, LCI***

La seconda fase, detta inventario, prevede la raccolta dei dati necessari allo studio e le procedure di calcolo per la quantificazione di input e output rilevanti per il sistema. Si tratta di un processo iterativo: più si avanza con la raccolta dei dati e aumenta la conoscenza del sistema più emergono nuovi requisiti e limitazioni che possono modificare le procedure di raccolta per incontrare obiettivo e ambito dello studio (ISO,2006b).

In questa fase possono essere applicate operazioni previste dai criteri di *cut-off*. Si tratta di processi di esclusione di quantità di energia e materia da flussi associati ad unità di processo nel caso non siano significativi dal punto di vista ambientale (ISO, 2006b).

Le operazioni di allocazione, anch'esse applicabili nell'inventario, consistono nella suddivisione dei flussi di input o output di un processo o di un prodotto del sistema tra il prodotto studiato e uno o più altri prodotti del sistema.

Per quanto riguarda l'allocazione di flussi ed emissioni, raramente i processi industriali producono un singolo output o sono caratterizzate da percorsi lineari di materie prime in input o in output: in generale si verifica la produzione di più di un prodotto e vengono messe in atto operazioni di riciclo di prodotti intermedi o di scarto che vengono riutilizzati come materie prime (ISO, 2006b).

La somma degli input e output di un'unità di processo allocati dev'essere uguale agli input e output dell'unità prima dell'applicazione della procedura di allocazione.

Nello studio è necessario identificare i processi condivisi con altri sistemi e procedere in questo modo (ISO, 2006c):

- dove possibile, evitare le allocazioni tramite
  1. divisione dell'unità di processo in due o più sotto-processi e raccogliere i dati relativi ad input e output riferendoli ai sotto-processi considerati oppure
  2. espansione del sistema in modo da includere le funzioni aggiuntive al co-prodotto considerato.

- nel caso in cui le allocazioni non possano essere evitate gli input e output del sistema vengono suddivisi tra i differenti prodotti o funzioni in modo da riflettere le relazioni fisiche ad essi comuni.
- se le allocazioni su basi fisica non possono essere applicate si procede allocando gli input e output tra prodotti e funzioni in modo da riflettere altre relazioni presenti. Ad esempio, allocando i dati relativi a input e output tra co-prodotti in proporzione al valore economico.

### ***Life Cycle Impact Assessment, LCIA***

La terza fase, ossia la valutazione degli impatti, ha lo scopo di valutare la significatività degli impatti ambientali potenziali utilizzando i risultati della LCI. Questo processo prevede l'associazione dei dati raccolti nell'inventario a una o più categorie d'impatto ed ai loro indicatori. Anche in questo caso si tratta di un procedimento iterativo che prevede continue revisioni per adattarsi meglio al *goal and scope* dello studio. In questa fase vengono presi in considerazione i soli flussi elementari raccolti nella LCI dunque, in presenza di flussi di diversa natura, essi devono essere convertiti in elementari. La scelta delle categorie d'impatto considerate può introdurre soggettività nello studio, per questo motivo è fondamentale la trasparenza nella giustificazione delle scelte fatte le quali devono essere prese con l'obiettivo di coprire tutti i possibili impatti presenti ed evitando di sovrapporre categorie d'impatto tra loro simili.

### ***Interpretation***

L'ultima fase, quella d'interpretazione, permette di derivare conclusioni consistenti con l'obiettivo e l'ambito dello studio a partire dall'analisi combinata dei risultati di LCI e LCIA, nuovamente assoggettati ad un processo di valutazione iterativa. In questa fase si rendono facilmente comprensibili i risultati dello studio LCA che consistono nell'indicazione di effetti ambientali potenziali e non la loro predizione. Inoltre, si individuano le limitazioni dello studio e si forniscono raccomandazioni logiche.

## **2.4 PCR settoriale di riferimento e EPD di settore**

Sulla base di queste indicazioni standard vengono redatte le PCR, *Product Category Rules*, documenti aventi validità temporale limitata (definita per ciascuna versione) e conformi alle

ISO 14025 e ISO14040/14044. Si tratta di raccolte di regole, requisiti e linee guida specifiche per la stesura delle EPD (Dichiarazioni Ambientali di Prodotto).

La PCR 2011:03, versione 2.1, *Product Category Rules for professional cleaning services for buildings* è il documento di riferimento per il settore della pulizia professionale.

Le EPD, documenti dichiaranti le performance ambientali di un prodotto rientrano, in accordo con la ISO 14025:2006, nella tipologia delle dichiarazioni ambientali di III tipo. Si tratta di documenti volontari per compagnie od organizzazioni, trasparenti e verificati da enti indipendenti (ISO, 2006a). Le informazioni ambientali quantificate fornite dalle EPD si basano sulla valutazione del ciclo di vita di determinate classi di prodotti (beni o servizi), svolte secondo le indicazioni previste dalle PCR di settore (EPD International AB, 2019a).

Le PCR, come anticipato al paragrafo 2.2, vengono redatte nell'ambito del progetto International EPD System, sviluppato per consentire agli utilizzatori di produrre EPD seguendo regole univoche ed ottenendo risultati consistenti nella valutazione di prodotti della medesima categoria (EPD International AB, 2019a). Tale sistema di standardizzazione rende più uniformi le dichiarazioni e facilita il confronto tra EPD della stessa categoria.

I documenti oggetto del paragrafo verranno analizzati nel capitolo 4, Materiali e Metodi, in quanto i loro contenuti costituiscono la base teorica per la realizzazione del modello obiettivo dello studio.

### 3 Scopo del lavoro

L'obiettivo finale del progetto è lo sviluppo di un modello analitico per la quantificazione delle prestazioni ambientali di un servizio di pulizia in chiave di etichettatura ecologica.

Nello studio, con il termine modello analitico si intende una struttura standardizzata di processi relativi al servizio considerato, a cui vengono associate informazioni inerenti ai sistemi produttivi e dati di input. I riferimenti fissati rendono il modello adattabile alla valutazione LCA di un generico servizio di pulizia professionale e consentono l'analisi di scenari differenti tramite implementazione di dati reali.

Il modello sviluppato nel corso del lavoro permette di verificare, attraverso l'analisi LCA di un caso studio reale, i benefici ambientali derivanti dall'adozione di protocolli di pulizia migliorativi Ecolabel EU valutando la riduzione di consumi e risorse e il miglioramento dell'Impronta di Carbonio.

La Commissione europea, con la Decisione 2018/680, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio ecologico Ecolabel EU ai servizi di pulizia di ambienti interni, ha individuato 7 criteri obbligatori e 12 opzionali, dove a ciascun criterio opzionale è associato un determinato punteggio (si veda paragrafo 2.2.1).

A tali criteri impiegati presso il cantiere della sede Mirafiori del Politecnico di Torino viene prestata particolare attenzione nel corso del progetto poiché oggetto di obiettivi migliorativi nei diversi scenari del servizio.

Alla luce di quanto sopra, il modello analitico, che viene descritto in maniera approfondita di seguito, è stato sviluppato mantenendo come aspetti cardine di sua definizione due principi:

1. conformarsi ad una metodologia univocamente condivisa a livello comunitario e/o internazionale per l'analisi del ciclo di vita di un servizio di pulizia;
2. mettere in luce gli aspetti salienti derivanti dall'adozione di un protocollo di miglioramento ambientale, finalizzato a dare risalto ai fattori presi in considerazione dal regolamento EU Ecolabel Decisione 2018/680, tralasciando invece aspetti per cui tale chiave di lettura normativa non trova riscontro.

## 4 Materiali e Metodi

Il capitolo fornisce la panoramica dei materiali e metodi adottati per la definizione del modello, delineando e motivando le scelte prese che hanno condotto al risultato finale dello studio: il modello analitico funzionale alla caratterizzazione dell'impatto del ciclo di vita del servizio di pulizia.

La ricerca di letteratura dei principali riferimenti teorico-metodologici è stata accompagnata da supporti informatici al fine di ottenere una quantificazione numerica a supporto del modello analitico definito durante lo studio.

Si delineano gli aspetti fondamentali della versione valida della PCR di settore, attualmente in fase di revisione, e si evidenziano gli scostamenti previsti per la versione successiva mettendo in luce le scelte adottate nel processo per rimanere in linea con l'obiettivo finale dello studio.

Seguono le valutazioni svolte sulle EPD (Environmental Product Declaration) inerenti al settore del *cleaning* professionale e sulle EPD, e relative PCR, necessarie alla definizione di articoli "tipo" a cui fare riferimento per la costruzione del modello.



## 4.1 Materiali

Per condurre lo studio, sono stati utilizzati i seguenti supporti documentali ed informatici che hanno consentito di approfondire il settore studiato e di realizzare la raccolta, la rielaborazione ordinata e la modellazione dei dati nelle diverse fasi d'analisi:

- documenti di letteratura: articoli scientifici;
- documenti tecnici: schede tecniche e schede di sicurezza dei prodotti chimici e tessili a supporto del servizio di pulizia;
- documenti ufficiali: PCR ed EPD di settore;
- standard internazionali: ISO 14025, ISO 14040/14044;
- Excel: per la rielaborazione dei dati raccolti e calcoli;
- Power Point: per la rappresentazione dei *flow chart*;
- GaBi Professional (software: versione 10.0.0.71, database: versione 2020.2): per lo studio dei processi presenti nel dataset e per il processo di modellazione e valutazione degli impatti;

## 4.2 Metodi di lavoro

Il primo obiettivo dello studio consiste nella definizione di un *benchmark*, ovvero un “servizio di pulizia tipo”, individuato a partire da studi di letteratura, che fungerà da base metodologica per lo sviluppo del modello analitico di valutazione degli impatti ambientali di un servizio di pulizia in chiave etichettatura ecologica. Il modello viene testato attraverso l'analisi quantitativa dell'impatto ambientale del servizio svolto presso il Politecnico di Torino.

Il *benchmark* viene definito a partire dalle indicazioni della PCR UN CPC 853 2011:03, Product Category Rules for professional cleaning services for buildings (EPD International AB, 2019a), e delle EPD italiane per servizi di pulizia professionali in ambito ospedaliero disponibili in rete. Il ricorso a queste fonti è determinato dalla natura dei documenti: in quanto basati sulla metodologia LCA, possono fornire spunti fondamentali per delineare un modello analitico affidabile e scientificamente “solido”, funzionale al caso studio applicativo.

Una volta determinata la metodologia di studio e il modello d'analisi, l'intero sistema sarà implementato nel software di calcolo GaBi, in cui avverrà poi la quantificazione del caso studio del servizio presso il Politecnico di Torino, Sede Mirafiori. Quest'ultima fase, descritta nel capitolo “Risultati e discussione”, avrà la funzione di avviare il primo step di un'analisi comparativa su differenti scenari in chiave di etichettatura ecologica e, inoltre, di validare in termini numerici la “bontà” del modello sviluppato.

#### 4.2.1 La PCR di riferimento: Professional cleaning services for buildings

La PCR settoriale di riferimento è la 2011:03, versione 2.1 *Product Category Rules for professional cleaning services for buildings*.

La categoria regolamentata, avente codice di classificazione UN CPC 853, include i servizi di pulizia professionale per edifici pubblici e privati.

Gli aspetti che definiscono il servizio di pulizia come professionale sono (EPD International AB, 2019a):

- il tipo di sistema di pulizia in termini di macchinari ed attrezzature utilizzati (lavatrici, carrelli ecc.);
- il tipo di edificio (ufficio, ospedale, scuola ecc.) in cui è svolto il servizio;
- le dimensioni dell'edificio, che si distinguono in tre clusters:
  - small size < 50.000 m<sup>2</sup>;
  - medium size tra 50.000 e 100.000 m<sup>2</sup>;
  - large size > 100.000 m<sup>2</sup>;

PRODUCT CATEGORY RULES (PCR)  
DATE 2019-03-12  
PROFESSIONAL CLEANING SERVICES FOR BUILDINGS  
PRODUCT CATEGORY CLASSIFICATION: UN CPC 853  
2011:03  
VERSION 2.1  
VALID UNTIL: 2020-10-13



Figura 4 – Copertina della PCR di settore (EPD International AB, 2019a)

#### ***Aspetti principali della PCR***

##### ***Unità funzionale***

L'unità funzionale indicata come riferimento è pari ad *1 m<sup>2</sup> mantenuto pulito nel periodo di 1 anno*.

Nel documento viene dichiarato che la definizione della periodicità con cui viene svolto il servizio di pulizia sulla unità di superficie considerata (1m<sup>2</sup>) deriva da un accordo tra il cliente

e l'azienda che fornisce il servizio. Il riferimento temporale può essere giornaliero, periodico, o straordinario, purché la pulizia annuale dell'unità funzionale sia garantita.

Facendo riferimento alla superficie oggetto del servizio, essa dev'essere *media* e *rappresentativa*:

- il primo termine fa riferimento alla media delle superfici complessivamente considerate in termini di composizione dell'edificio (aree e ambienti);
- il secondo termine si riferisce alla rappresentatività delle differenti tipologie di superficie prese in esame nello studio.

In particolare, relativamente a quest'ultimo aspetto, fintanto che le superfici di altra tipologia rispetto alle orizzontali (ad esempio superfici verticali, come le finestre) risultano inferiori al 20% del complessivo, esse possono essere equiparate ai pavimenti e pertanto la rappresentatività ricade sulle sole superfici orizzontali. Ad esempio, nel caso di 1000 m<sup>2</sup> e 100 m<sup>2</sup> verticali, il risultato può essere riferito ai 1000 m<sup>2</sup> soltanto. Qualora le superfici di altra tipologia siano superiori al 20%, è necessario analizzare queste separatamente in termini di impatto ambientale e risultati finali. In altre parole, l'omogeneizzazione non è consentita.

L'unità funzionale, il tipo (ospedale, uffici ecc.) e la taglia dell'edificio (small, medium, large) e l'area pulita totale devono essere opportunamente dichiarati nello studio (EPD International AB, 2019a).

### ***Confini del sistema***

La PCR prevede che l'approccio per l'elaborazione di una EPD sia del tipo *from cradle-to-grave*, dalla culla alla tomba, e che gli studi siano suddivisi in tre fasi del ciclo di vita che devono essere analizzate e riportate separatamente: *upstream*, *core* e *downstream* (EPD International AB, 2019a).

La fase di *upstream*, letteralmente fase *a monte*, comprende tutti i processi precursori alla fase successiva, ossia quella d'uso, detta *core* perché costituita dai processi formanti il nucleo del sistema; i *downstream process*, o processi *a valle*, sono invece relativi al fine vita dei prodotti. Così facendo lo studio comprende, nell'ottica di calcolare gli impatti ambientali, tutti i processi coinvolti nel servizio, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei rifiuti e reflui prodotti.

Il documento di riferimento definisce l'obbligatorietà delle prime due fasi, mentre la terza è indicata come "opzionale", lasciando quindi l'opportunità che lo studio LCA sia condotto con un approccio del tipo *from cradle-to-gate*, dalla culla al cancello, e quindi si interrompa prima

della fase di fine vita relazionata al servizio. Per “cancello” si intende il sito in cui viene svolto il servizio di pulizia.

Tale specificazione permette di rendere più comprensibile la definizione dei flussi coinvolti nei *downstream process*. La PCR infatti esplicita che, in generale, i *downstream process* forniscono informazioni di tipo qualitativo o quantitativo sul riciclo e il fine vita dei beni durevoli, cioè macchinari ed attrezzature (EPD International AB, 2019a).

Non viene fatto cenno, nell’ambito della fase di *downstream*, alla gestione dei prodotti consumabili e dei rifiuti generati dal loro impiego. Infatti, tali flussi vengono considerati nella fase di *core*.

La PCR definisce quali consumabili: prodotti chimici e materiali quali detersivi, guanti, panni (Euro&Promos, 2019), spugne (Rekeep, 2018), tessili (Colser, 2019), vassoi, secchielli, porta borse, supporti, scope e spazzole (EPD International AB, 2019a).

Per quanto concerne i beni durevoli, la PCR fornisce come esempio di questa categoria lavatrici, spazzatrici e carrelli. In generale, la maggior parte delle EPD, basate sulla PCR di settore, considera carrelli in plastica o acciaio inox, lavatrici, monospazzola e aspiraliquidi come beni durevoli, in quanto caratterizzati da una vita media compresa tra i cinque e i dieci anni.

### ***Cut-off e allocazioni***

Nel corso dello studio LCA, possono essere fissati dei criteri di *cut-off* al fine di escludere dall’analisi flussi, processi o fasi del ciclo di vita ritenuti non rilevanti in termini di massa, energia e significatività ambientale.

La PCR indica che i criteri di *cut-off* adottati devono garantire una rendicontazione di almeno il 99% dei flussi in termini di energia, massa e impatto ambientale complessivo (EPD International AB, 2019a). La ISO 14044 specifica che tutti i flussi (in input) selezionati per il processo di *cut-off* devono essere modellati come flussi elementari (ISO, 2006c).

Le operazioni di allocazione vengono applicate ai sistemi che presentano multifunzionalità, cioè caratterizzati da più di una funzione o prodotto, e quindi comportano difficoltà nell’attribuzione dei flussi a ciascuna unità di processo.

La PCR esplicita che le allocazioni vengano evitate, se possibile, suddividendo le unità di processo in sotto-processi ed assegnando a ciascuno i flussi e quindi i dati ambientali ad essi associati.

Qualora questa operazione non risulti possibile, si procede assegnando input e output ai differenti prodotti e funzioni del sistema, in modo da rifletterne, in quest'ordine, le relazioni di tipo (EPD International AB, 2019a):

- fisico;
- consumo energetico.

### ***Interpretazione***

La PCR non riporta indicazioni sulla fase d'interpretazione che risulta però di fondamentale importanza per uno studio LCA. Per questo motivo nelle EPD analizzate è sempre presente e verrà trattata nel paragrafo 4.2.3.

### ***Dati e input***

La selezione dei dati impiegati nello studio è un passaggio fondamentale per l'ottenimento di risultati affidabili e veritieri.

La PCR segnala l'esistenza di due differenti tipi di informazioni per lo svolgimento di una LCA (EPD International AB, 2019a):

- dati relativi agli *aspetti ambientali del sistema*, generalmente forniti dall'impresa oggetto di valutazione, come flussi di energia o materiali entranti nel sistema. Questa tipologia di dato dev'essere più possibile rappresentativa del processo studiato;
- dati relativi agli *impatti del ciclo di vita* di flussi di materiali ed energia entranti nel sistema. Questa tipologia di dato deriva solitamente da database.

Per la seconda categoria di dati si distinguono tre tipologie:

- dati specifici (anche detti primari) provenienti direttamente dal sistema produttivo studiato dove si svolgono processi sito-specifici e dati relativi ad altre parti del ciclo di vita riconducibili esattamente al servizio studiato, es. materiali ed elettricità garantiti da un fornitore a contratto in grado di fornire dati per i servizi effettivamente svolti, oppure operazioni di trasporto che avvengono in base all'effettivo consumo di carburante e le emissioni connesse;
- dati generici (anche detti secondari), a loro volta distinti in:
  - dati generici selezionati, reperibili da database, soddisfacenti per precisione e completezza;
  - dati *proxy*, reperibili da database, non soddisfacenti per precisione e completezza.

La PCR afferma che i dati specifici utilizzati devono essere raccolti e fare riferimento ad uno specifico anno in cui viene svolto il servizio presso la struttura. Come regola generale i dati specifici devono sempre essere utilizzati se disponibili: il loro impiego è obbligatorio nella fase di *core* mentre per le fasi di *upstream* e *downstream* possono essere utilizzati dati generici se quelli specifici non sono disponibili.

Nella PCR vengono dettagliati i seguenti requisiti sui dati in base alla fase di studio (EPD International AB, 2019a):

Per gli *upstream process*

- i dati facenti riferimento a processi ed attività sui quali un'azienda esercita diretto controllo devono essere specifici e raccolti nel sito del processo stesso;
- nel caso in cui i dati specifici siano mancanti, si ricorre a dati generici;
- se risultassero mancanti anche i dati generici, vengono impiegati dati *proxy*;
- gli impatti da produzione di elettricità, se vengono utilizzati dati specifici, devono essere contabilizzati nell'ordine seguente:
  1. mix elettrico specifico generato o acquistato da un fornitore di energia;
  2. mix elettrico residuo nazionale o mix elettrico residuo<sup>1</sup> sul mercato;
  3. mix elettrico prodotto nazionale o mix elettrico sul mercato;

Per i *core process*

- I dati specifici devono essere utilizzati per l'assemblaggio del prodotto e la fabbricazione di parti in loco e la generazione di vapore, calore, elettricità ecc. se rilevanti;
- per l'elettricità, se rilevante, vengono impiegati dati specifici. L'ordine di contabilizzazione è il seguente:
  1. mix elettrico specifico generato o acquistato da un fornitore di energia;
  2. mix elettrico residuo nazionale o mix elettrico residuo sul mercato;
  3. mix elettrico prodotto nazionale o mix elettrico sul mercato;
- il trasporto verso il sito di produzione: dev'essere basato sull'effettiva modalità utilizzata, distanza dal fornitore, e carico del veicolo, se disponibile;
- i processi di trattamento degli scarti di lavorazione si basano su dati specifici, se disponibili;

---

<sup>1</sup> Il mix elettrico residuo si ottiene sottraendo tutta l'elettricità contratto-specifica che è stata venduta ad altri consumatori dal mix totale prodotto (total production mix) dal fornitore di energia.

- il consumo d'acqua deve essere attribuito se possibile ai singoli processi (ad esempio lavaggio dei pavimenti o utilizzo delle lavatrici), altrimenti all'intera fase di *core*;
- il trasporto di prodotti, materiali ed attrezzature al sito in cui è svolto il servizio può essere calcolato in termini di capacità dei veicoli e lunghezza del percorso;
- i rifiuti devono essere possibilmente conteggiati per ciascuna fase del processo, mentre quelli derivanti da operazioni di manutenzione straordinaria possono essere esclusi.

In generale, i dati riguardanti gli aspetti ambientali devono essere quanto più possibile specifici e rappresentativi del processo analizzato, per questo motivo vengono raccolti presso il sito studiato.

È raccomandabile inoltre che le seguenti categorie di dato siano frutto di campionamento presso il sito:

- uso dei prodotti chimici e di materiali di consumo;
- uso dei macchinari e attrezzature;
- rifiuti e acque di scarico;
- manutenzione.

Se non sono disponibili dati specifici si ricorre ai dati generici selezionati oppure, se questi sono assenti, ai dati *proxy*.

La PCR non indica, rispetto agli impatti ambientali complessivi, un limite massimo per l'impiego dei dati generici selezionati. Sono fissati tuttavia dei criteri che li distinguono dai dati *proxy* in termini qualitativi.

Per i dati *proxy* viene fissato un utilizzo massimo pari al 10% di contributo sugli impatti totali del sistema anche se generalmente l'apporto negli studi analizzati conformemente alla PCR è al di sotto dell'1%.

#### 4.2.1.1 Le fasi fondamentali del ciclo di vita secondo la PCR settoriale

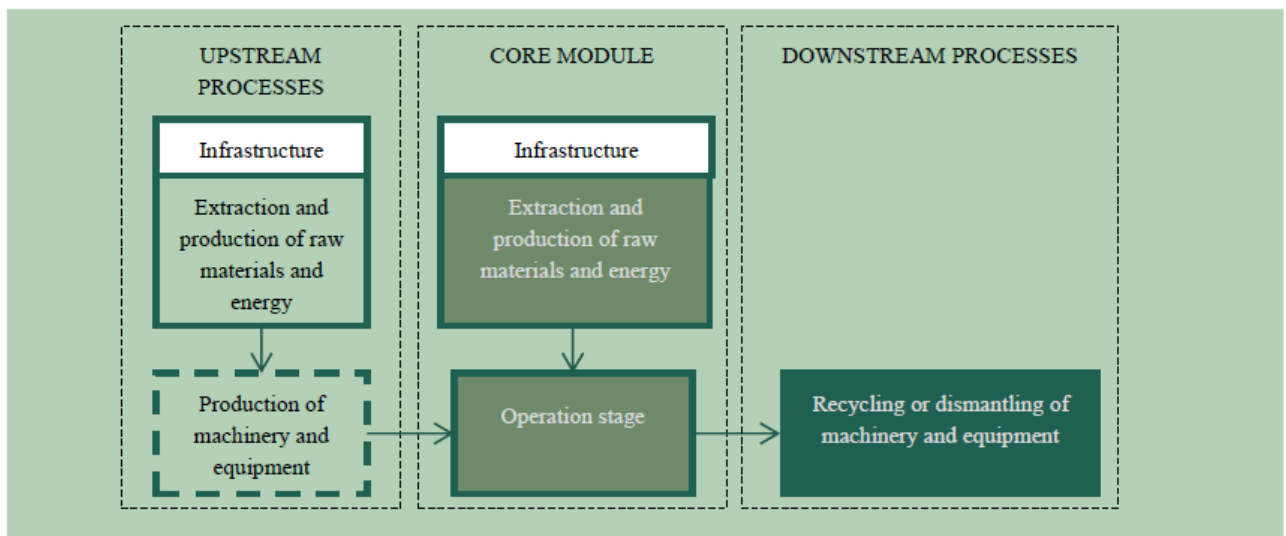


Figura 5- Diagramma di flusso rappresentante le fasi e i processi principali dell'analisi LCA di un servizio di pulizia tratto dalla versione 2.1 della PCR di settore (EPD International AB, 2019a)

#### **Upstream process**

È la prima fase obbligatoria da considerare nel ciclo di vita durante lo sviluppo della EPD del servizio di pulizia, classificata dalla PCR come una fase *from cradle-to-gate*.

Comprende i processi, le fonti energetiche e i conseguenti impatti che, a partire dall'estrazione delle materie prime, garantiscono il successivo svolgimento del modulo *core*: in assenza di questi risulterebbe impossibile fornire il servizio.

Sono esenti da questa fase le operazioni inerenti alla produzione degli articoli consumabili. L'analisi dei flussi connessi con la produzione, l'utilizzo e i rifiuti derivanti dall'impiego dei consumabili viene trattata all'interno del *core process*.

La PCR stabilisce determinati aspetti ritenuti fondamentali per questa fase, ma comprende anche l'inserimento di altri se ritenuti rilevanti nell'ambito dello studio (es. la produzione dei componenti di macchinari ed attrezzature e il loro trasporto presso il sito di produzione).

I processi seguenti sono preponderanti e devono essere inclusi nello studio della fase *upstream* (EPD International AB, 2019a):

- estrazione e produzione delle materie prime per la produzione di macchinari ed attrezzature;
- produzione di combustibili e calore utilizzati per la produzione delle materie prime;
- trasporti necessari per i processi di *upstream*;



Possono essere inclusi altri processi non indicati. Devono essere inclusi tutti i flussi elementari per l'estrazione delle risorse ad eccezione di quelli ricadenti nelle regole di *cut-off*.

### ***Core process***

È la fase successiva all'*upstream*, definita *from gate-to-gate* dalla PCR.

Il modulo *core* considera obbligatoriamente un numero di processi maggiore rispetto all'*upstream* ed include, tra gli altri, lo svolgimento del servizio di pulizia vero e proprio.

I processi considerati sono:

- trasporti esterni al *core process*;
- operazioni di servizio: uso di macchinari, attrezzature ed ogni altro supporto coinvolto nell'ambito della pulizia degli edifici.
- manutenzione di macchinari ed attrezzature;
- trasporto di macchinari, attrezzature, prodotti chimici ecc. al sito (edificio) dove viene erogato il servizio. il trasporto dev'essere considerato solamente nel caso in cui sia costante per la fornitura del servizio. il trasporto delle persone non è incluso;
- estrazione e produzione delle materie prime usate per la produzione dei prodotti consumabili quali prodotti chimici, vassoi, secchielli, porta borse, supporti, scope e spazzole;
- rifiuti e trattamento delle acque di scarico generati nel *core process*;
- impatti dovuti alla produzione di elettricità, in accordo con le assunzioni per il mix energetico adottato.

Possono essere inclusi altri processi non indicati.

Per quanto concerne la produzione delle materie prime, questa deve comprendere tutte le parti del prodotto: si considera un minimo pari al 99% in peso del prodotto, includendo nel conteggio il suo packaging (EPD International AB, 2019a).

I consumi inclusi nel *core* vengono espressi in termini di consumi elettrici e di acqua (EPD International AB, 2019a).

### ***Downstream process***

È l'ultima fase del ciclo di vita, che la PCR classifica come *from gate-to-grave*, dal cancello alla tomba.

Come già detto in precedenza, è classificata come fase "opzionale" nel momento in cui lo studio LCA corrispondente sia di tipo *from cradle-to-gate* (EPD International AB, 2019a). In questo

caso, il cancello coincide con il sito in cui viene somministrato il servizio e dunque tutti i processi successivi risultano esclusi dall'analisi.

*Se considerati, i downstream process, includono informazioni qualitative e quantitative sul riciclo o gestione (fine vita) dei beni durevoli (macchinari e attrezzature) (EPD International AB, 2019a).*

La PCR dichiara che, se elaborati, gli scenari della fase di fine vita devono essere tecnicamente ed economicamente realizzabili e conformi alle normative vigenti nella regione geografica considerata sulla base dell'ambito geografico dell'EPD. Le assunzioni riferite al fine vita devono essere documentate (EPD International AB, 2019a).

#### 4.2.2 PCR di settore: versioni a confronto

Nello studio si adotta come documento di riferimento la versione 2.1 della PCR di settore relativa all'erogazione di servizi di pulizia professionali valida fino al 13 ottobre 2020. Tuttavia, a partire dal mese di settembre, sono cominciate le operazioni di revisione del documento da parte del Comitato Tecnico del Sistema Internazionale EPD.



Figura 6- Schema temporale delle fasi di aggiornamento della PCR tratto da

<https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=7875>

La nuova versione, attualmente disponibile in forma di bozza, della PCR UN CPC 853 2011:03, riporta interessanti novità, che necessitano di essere valutate e messe a confronto con l'attuale versione ampiamente descritta nel paragrafo 4.2.1.

Le maggiori modifiche riscontrate dallo studio della bozza del nuovo documento riguardano i processi costituenti le fasi dello studio del servizio.

Tabella 1- Tabella di confronto delle versioni 2.1 e 3.0 della PCR dei servizi di pulizia

PCR UN CPC 853 2011:03			
Fase		VERSIONE 2.1	BOZZA-VERSIONE 3.0
<b>UPSTREAM PROCESS</b>	Estrazione e produzione delle materie prime	Per la produzione di macchinari ed attrezzature (es. lavatrici, lavapavimenti, carrelli) usati nel servizio	Per composti chimici, materiali, imballaggi e beni consumabili usati nel servizio (es. vassoi, secchi, porta buste, supporti, scope, spazzole, saponi, detersivi)
	La fase deve includere materie prime ed energia necessaria per la produzione di	Macchinari, attrezzature e ogni altro supporto non consumabile	Tutti i prodotti consumabili. Qualsiasi strumento con una vita utile superiore ai tre anni è considerato capital good ed è escluso dai confini del sistema.
	Definizione di composto chimico e indicazioni sulla ricerca di informazioni	Assenti in fase upstream. In fase core è indicato che dev'essere incluso nell'analisi un minimo del 99% del peso totale del prodotto includendone l'imballaggio	I chimici possono essere inclusi come un insieme di sostanze generiche: es. kg di sapone, detersivo, paraffina ecc. Altrimenti possono essere incluse considerando la concentrazione del composto chimico (es. idrossido di sodio) sommato al peso del contenuto d'acqua. La percentuale di composto chimico può essere dedotta dalle schede di sicurezza del prodotto. Dev'essere incluso nell'analisi un minimo del 99% del peso totale del prodotto includendone l'imballaggio.
<b>CORE PROCESS</b>	Viaggi d'affari del personale, se rilevanti	Esplicitamente escluso	Presente
	Viaggi del personale da e verso il luogo di lavoro, se rilevanti	Esplicitamente escluso	Presente
	Estrazione e produzione delle materie prime	Per la produzione dei prodotti consumabili come chimici e materiali (es. vassoi, secchi, porta buste, supporti, scope, spazzole, saponi, detersivi)	Assente in fase di core. Trasferiti in fase di upstream nella nuova versione
	Acqua utilizzata per macchinari, attrezzature e per la diluizione dei chimici (es. acqua corrente)	Assente	Presente
<b>DOWNSTREAM PROCESS</b>	Includono informazioni qualitative o quantitative sul riciclo o la gestione (fine vita)	Beni durevoli (es. macchinari e attrezzature)	Beni durevoli (es. macchinari e attrezzature) e consumabili

Dalla fase di *upstream*, precedentemente incentrata sulla produzione di macchinari e attrezzature e le conseguenti operazioni di estrazione e produzione delle materie prime, vengono esplicitamente escluse tutte le operazioni inerenti ai beni durevoli. A queste vengono sostituite le attività produttive dei beni consumabili quali prodotti chimici e imballaggi.

Per i prodotti chimici viene specificata la modalità di rappresentazione: si utilizza il valore di concentrazione del composto chimico, la cui fonte dev'essere la scheda di sicurezza, sommato al peso del contenuto d'acqua.

Nel *core process*, che include anche nella nuova versione le operazioni di servizio, viene dato maggior peso ai trasporti ed in particolare a quelli relativi al personale, se rilevanti: sono inclusi viaggi d'affari del personale e gli spostamenti da e verso la sede lavorativa, non considerati nel documento precedente. La nuova versione, analogamente a quella precedente, include i trasporti di macchinari, attrezzature e prodotti chimici alla sede del servizio soltanto se questi si verificano continuamente. Particolare attenzione viene attribuita ai consumi di acqua necessari all'impiego di macchinari, attrezzature e alla diluizione dei composti chimici.

La fase di *downstream*, precedentemente dedicata alle operazioni di riciclo e smaltimento dei soli beni durevoli, comprende il fine vita ed il riciclo dei beni consumabili, pur restando una fase "opzionale" dello studio.

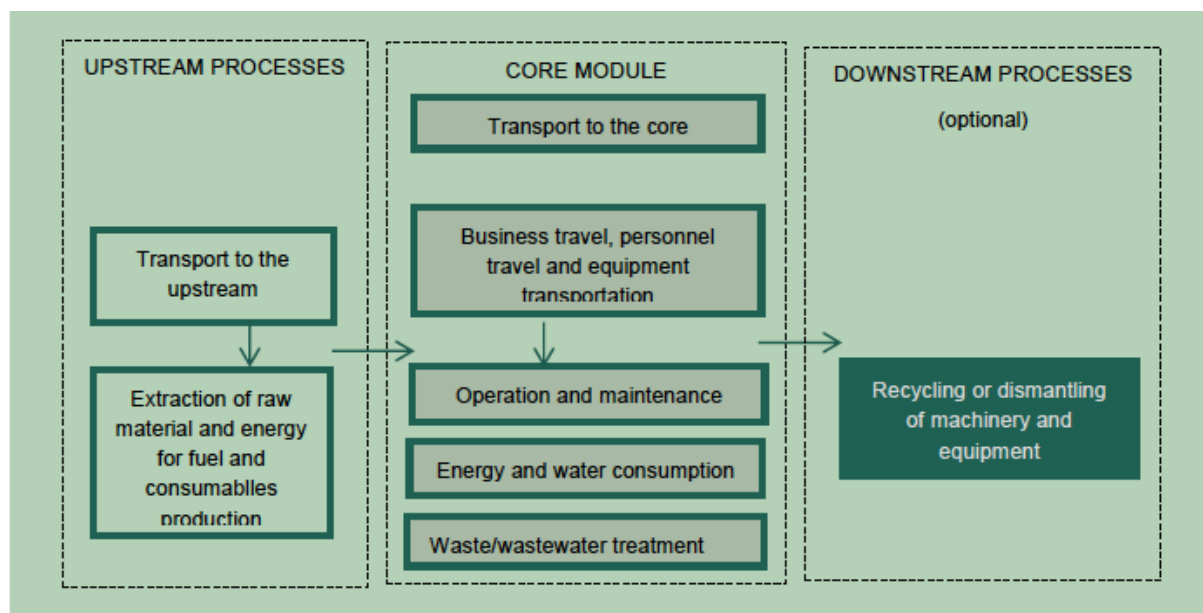


Figura 7- Diagramma di flusso rappresentante le fasi e i processi principali dell'analisi LCA di un servizio di pulizia tratto dalla bozza della versione 3.0 della PCR di settore

I restanti aspetti relativi all'unità funzionale, allo svolgimento della valutazione del ciclo di vita, ai sotto-processi non indicati nella tabella 1 e alla raccolta e selezione dei dati, rimangono per ora in formato di bozza invariati rispetto alla versione precedente.

Le modifiche proposte per la nuova versione della PCR rispecchiano quasi completamente le scelte adottate nel corso dello studio per la delineazione del modello di calcolo, che verranno dettagliatamente esposte nei prossimi paragrafi.

Durante l'elaborazione del modello di LCA valido per il servizio infatti, ci si è discostati dalla versione 2.1 del documento di riferimento. Tale decisione è stata presa per far emergere gli aspetti connessi ai criteri di etichettatura ecologica, il cui miglioramento costituisce uno degli obiettivi cardine del progetto.

Ad ogni modo, le scelte adottate risultano conformi alla bozza della nuova versione della PCR, venendo così rafforzate anche dalle intenzioni del Comitato Tecnico sul nuovo documento.

#### 4.2.3 Le EPD del Servizio di Pulizia

Il presente paragrafo analizza le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto relative ai servizi di pulizia professionali, mettendo a confronto i documenti individuati in rete per evidenziare e prendere spunto dalle scelte più frequentemente adottate nel settore studiato.

##### ***Aspetti principali di una EPD***

Le EPD del servizio di pulizia analizzate per il caso studio sono dichiarazioni aventi come PCR di riferimento la UN CPC 853 2011:03, Product Category Rules for professional cleaning services for buildings. Si tratta di dichiarazioni ambientali relative a servizi di pulizia professionali svolti in ambito ospedaliero, rappresentanti esempi concreti di valutazioni del ciclo di vita e quindi spunti per il caso studio.

Tutte le EPD sono disponibili in rete, al sito <https://www.environdec.com/it/> e sono state svolte per aziende italiane distribuite nel centro-nord: Coopservice, Colser, Ducops, Euro&Promos, Rekeep e Servizi Associati. Dalle analisi e confronti dei documenti tra loro e con la PCR emergono le considerazioni che seguono.

##### ***Unità funzionale, riferimenti temporali e cluster dimensionali***

Tutte le aziende hanno adottato come unità funzionale per lo studio quella indicata dal riferimento, *1 m<sup>2</sup> mantenuto pulito nel periodo di 1 anno*, come anche il criterio di

rappresentatività delle superfici (solo Servizi Associati e Ducops non indicano esplicitamente il secondo aspetto nel testo). Inoltre, la periodicità del servizio di pulizia è di tipo giornaliero o periodico ad eccezione di Rekeep che considera come oggetto dello studio anche interventi straordinari.

Rispetto alla taglia della struttura quasi tutti gli studi considerati sono allineati nell'attribuzione del *cluster* (small, medium o large size) di appartenenza delle strutture al riferimento indicato dalla PCR.

L'unica eccezione è rappresentata da Coopservice, il cui edificio risulta di "grandi dimensioni" per la metratura, ma nello studio viene specificato che i risultati riportati sono più rappresentativi di un servizio svolto in strutture ospedaliere di "medie dimensioni" (Coopservice, 2018).

### ***Confini del sistema***

Tutti gli studi analizzati risultano del tipo *from cradle-to-gate* in conformità con la PCR di riferimento, che prevede questa possibilità considerando opzionale la fase di *downstream*, della quale vengono fornite solamente informazioni qualitative sul fine vita dei beni durevoli.

### ***Cut-off e allocazioni***

La PCR di riferimento prevede l'applicazione di criteri di *cut-off* che consentono di escludere dalla valutazione del ciclo di vita flussi, processi o fasi ritenuti irrilevanti per massa, energia o significatività ambientale. Dalla rendicontazione si può escludere al massimo l'1% dei flussi.

Meno della metà delle EDP considerate non indicano i criteri di *cut-off* che, se utilizzati, vengono applicati generalmente nella fase di *core*.

Dove presenti i criteri fanno riferimento agli impatti ambientali complessivi o alla massa complessiva. Nel caso di Coopservice si applicano criteri di *cut-off* su alcuni prodotti chimici per mancanza della composizione chimica esatta.

Nella tabella seguente vengono riportate le operazioni di *cut-off* applicate nelle EPD analizzate.

Tabella 2- Criteri di cut-off sui flussi elementari

	PCR	EURO&PROMOS	REKEEP	COLSER	COOPSERVICE
<b>CUT-OFF DEI FLUSSI ELEMENTARI</b>	Inclusi se contribuenti al 99% degli impatti ambientali	Cut-off 5% rispetto all'emissione complessiva di gas serra	Esclusione dei flussi con contributo inferiore all'1% in massa	Esclusione dei componenti sostituiti annualmente per la manutenzione attrezzature	Esclusione se somma dei flussi risulta inferiore all'1% di massa complessiva Esclusione di alcune componenti chimiche per mancanza della composizione esatta Esclusione se gli impatti risultano inferiori all'1% di tutte le categorie ambientali

Le operazioni di allocazione, previste dalla PCR in caso di multifunzionalità, sono state applicate soltanto nello studio condotto dall'azienda Rekeep. La tabella 3 evidenzia il confronto con le indicazioni della PCR.

Tabella 3- Criteri di allocazione

	PCR	REKEEP
<b>CRITERI di ALLOCAZIONE</b>	Suddivisione in sotto processi Allocazione per: · Massa · Consumo energetico	50% impatti a incenerimento, 50% impatti a recupero energetico (esterno al sistema)

Vengono riportati criteri di *cut-off*, ed eventualmente di allocazione, rilevanti ai fini dello studio in quanto esempi concreti di applicazione dei principi studiati:

- l'azienda Euro&Promos indica che il criterio di *cut-off* adottato è pari al 5% rispetto al *contributo assoluto all'emissione di gas serra dei vari processi considerati nel ciclo di vita* (Euro&Promos, 2019).
- l'azienda Rekeep specifica nello studio che il *criterio di cut-off applicato si basa sull'esclusione dei flussi che contribuiscono con un'incidenza inferiore all'1% in termini di massa. I metodi di allocazione applicati per associare i flussi elementari all'unità funzionale in esame si basano su relazioni fisiche (criterio di massa). Per lo smaltimento dei rifiuti mediante incenerimento, in conformità al documento PCR di riferimento, è stato allocato il 50% degli impatti alle operazioni di smaltimento (il rimanente 50% è allocato al recupero energetico, esterno ai confini del Sistema)* (Rekeep, 2018).
- l'azienda Colser specifica l'esclusione dai confini del sistema della *manutenzione delle attrezzature, in termini di componenti sostituiti annualmente, in quanto ricadente nei cut-off applicabili* (Colser, 2019);

- l'azienda Coopservice riporta che i materiali corrispondenti a flussi possono essere esclusi nel caso in cui la *somma* dei flussi stessi sia *inferiore al 1% del valore cumulativo della massa complessiva da modello*. Alcune sostanze chimiche sono state escluse in mancanza di composizione esatta e/o dati sulla produzione (coformulanti e Alchil-dimetil-benzil-ammonio cloruro) in quanto “*Il contributo dei coformulanti è risultato pari circa allo 0,23% del totale in massa dei prodotti chimici, quindi considerando il totale dei flussi in ingresso nella fase di core, il contributo di queste è ampiamente inferiore al 1% richiesto*”.

È stato escluso il contributo dell'imballaggio di un macchinario, in quanto *ampiamente inferiore alla soglia del 1%*.

Inoltre, altri aspetti sono stati trascurati dallo studio, in quanto analisi effettuate su attrezzature analoghe e dati di letteratura hanno dimostrato un impatto corrispondente a tali aspetti inferiore all'1% per tutte le categorie analizzate. Pertanto, sono stati esclusi (Coopservice, 2018):

- assemblaggio materiali componenti le attrezzature e relativi consumi energetici;
- smantellamento e riciclaggio attrezzature;
- manutenzione attrezzature;

### ***Upstream process***

Le regole indicate per la fase di *upstream* vengono rispettate nelle Dichiarazioni studiate.

I soli aspetti rilevanti sono:

- Rekeep esclude l'estrazione delle materie prime per la produzione di macchinari ed attrezzature e produzione dei componenti delle stesse, poiché non risultano disponibili dati specifici o generici (Rekeep, 2018);
- Coopservice e Euro&Promos non prendono in esame i processi di trasporto, presumibilmente perché i consumi e gli impatti complessivi correlati a questo aspetto non sono stati ritenuti di importanza preponderante per lo studio e ne sono stati esclusi (Coopservice, 2018; Euro&Promos, 2019);
- Coopservice, ritenendoli rilevanti ai fini dello studio, prende in considerazione come processi aggiuntivi di *upstream* anche la produzione degli imballaggi per i prodotti chimici impiegati nel servizio di pulizia (Coopservice, 2018). Tuttavia, per considerazioni associate ai paragrafi 4.3.1.1 e 4.3.1.2 della PCR, si reputa opportuno includerli nella fase di *core* per le analisi del caso studio;



- solo Colser tiene conto dei rifiuti generati dai produttori nella fase di *upstream*.

### ***Core process***

I processi coinvolti nella fase di core sono allineati in tutte le EPD e i consumi vengono espressi in termini di consumi elettrici e di acqua (EPD International AB, 2019a).

La maggior parte delle EPD, in allineamento con la PCR, considerano la manutenzione delle attrezzature. Colser (Colser, 2019) e Coopservice (Coopservice, 2018) escludono espressamente questo aspetto sulla base dei criteri di cut-off adottati, come descritto nel paragrafo *cut-off e allocazioni*.

Il trasporto dei prodotti di pulizia al sito in cui è svolto il servizio è sempre considerato nelle Dichiarazioni. Il trasporto di macchinari ed attrezzature invece è sempre escluso in quanto presenti permanentemente nella struttura. Il trasporto di persone alle strutture è escluso dallo studio come previsto dalla PCR.

Per quanto riguarda la produzione di materiali per la fabbricazione degli imballaggi per i prodotti chimici, di cui anticipato prima, solo Coopservice prende in considerazione il processo (Coopservice, 2018).

Tutte le EDP concordano sull'inserimento nella categoria "rifiuti e trattamento delle acque di scarico" di tutti i rifiuti prodotti nella fase di *core*. Ne sono un esempio quelli legati agli imballaggi e ai consumi dei prodotti consumabili.

### ***Downstream process***

La fase di *downstream*, l'ultima del ciclo di vita, è classificata come "opzionale" dal momento che lo studio LCA è del tipo *from cradle-to-gate* (EPD International AB, 2019). In questo caso, il cancello coincide con il sito in cui viene somministrato il servizio e dunque tutti i processi successivi risultano esclusi dall'analisi.

*Se considerati, i downstream process, includono informazioni qualitative e quantitative sul riciclo o gestione (fine vita) dei beni durevoli (macchinari e attrezzature)* (EPD International AB, 2019a).

Tutte le EPD analizzate sono del tipo *from cradle-to-gate* quindi i *downstream process* non vengono presi in considerazione nello studio. Ciascuno degli studi analizzati dedica spazio alla trattazione dei temi sottostanti nonostante le informazioni fornite siano unicamente di carattere qualitativo.

- Ritiro a fine vita;

- recupero e riciclo dei componenti;
- percentuali di materiali riciclati o riciclabili (certificati).

In generale le informazioni relative al fine vita derivano dalle caratteristiche dei materiali costituenti i macchinari.

Tabella 4- Tabella dei downstream process

	PCR	EPD	SERVIZI ASSOCIATI	EURO&PROMOS	DUCOPS	COOPSERVICE
<b>DOWNSTREAM PROCESS</b>	Informazioni qualitative e quantitative su riciclo o fine vita dei <i>capital good</i>	Informazioni qualitative su riciclo o fine vita dei <i>capital good</i>	Ritiro a fine vita (prodotti riciclabili ad alte percentuali) Recupero e riciclo componenti	Riparazione o smaltimento Prodotti da raccolta differenziata	Circuiti di riciclo (prodotti riciclabili ad alte percentuali)	Ritiro a fine vita

La maggior parte delle aziende pone il focus sulle elevate percentuali di materiali riciclabili o riciclati di cui sono composti macchinari ed attrezzature utilizzate.

In generale, trattamento dei beni durevoli a fine vita non viene considerato alla stregua della produzione di rifiuto e non viene gestito dall'impresa di pulizia bensì dal fornitore del bene.

Il rifiuto prodotto nel modulo *core* è di natura diversa rispetto al rifiuto potenzialmente trattato nella fase *downstream*, poiché relazionata all'impiego di prodotti consumabili anziché di beni durevoli.

### ***Interpretazione e considerazioni sulle performance ambientali generiche***

La PCR non riporta indicazioni specifiche sull'interpretazione. Tale fase risulta comunque di fondamentale importanza per uno studio *Life Cycle* poiché permette di:

- revisionare dal punto di vista critico lo studio attraverso un processo iterativo d'analisi, ed in particolare l'inventario, secondo quanto definito nel *goal and scope definition*;
- derivare conclusioni robuste, raccomandazioni logiche e limitazioni dello studio;

Generalmente si nota che per i servizi di pulizia:

- il modulo *core* risulta essere la fase più impattante, rispetto alla fase di *upstream* (produzione di macchinari ed attrezzature), in tutte le categorie d'impatto considerate. Tale risultato è dovuto al fatto che le varie attrezzature hanno una lunga vita utile tale da determinare un ammortamento dell'impatto ambientale totale nei vari anni di utilizzo (Euro&Promos, 2019);

- l’impatto della fase di *upstream* può risultare significativo, ma comunque inferiore rispetto al modulo *core* (che comprende prodotti consumabili e imballaggi), per la produzione di rifiuti (Colser, 2019);
- i consumi di acqua risultano maggiori nel modulo *core* e sono dovuti al funzionamento dei vari macchinari, quali lavatrici, lavasciuga e alla diluizione dei prodotti utilizzati anche manualmente;
- altre ragioni che possono determinare il maggior impatto della fase *core* sono:
  - produzione di energia elettrica;
  - produzione dei materiali di fornitura;
  - produzione dei prodotti chimici;
  - trattamento delle acque di scarico e rifiuti;
  - consumi di risorse rinnovabili e non, energetiche e materiali.

#### 4.2.4 Approfondimenti su Prodotti e Attrezzature: le altre EPD settoriali

Prodotti di pulizia e attrezzature sono elementi fondamentali nell’ambito di un servizio di pulizia. Le categorie di beni considerate presentano Dichiarazioni Ambientali di Prodotto che ne attestano le performance ambientali sulla base di studi LCA.

L’esame di tali documenti permette di integrare i processi individuati con lo studio della PCR e delle EPD del servizio di pulizia e di fornire spunti per approcciare dal punto di vista Life Cycle la modellazione di prodotti e attrezzature nel modello obiettivo dello studio. Inoltre, l’approfondimento di tali Dichiarazioni Ambientali di Prodotto consente di individuare approcci a carattere generico utili per completare lo studio nei casi in cui dati primari e/o sito-specifici non siano disponibili.

La PCR per i servizi di pulizia applica, come già accennato al paragrafo 4.2.1, una distinzione dei beni impiegati nelle operazioni di pulizia in base alla vita utile classificandoli in:

- beni durevoli (vita utile superiore ai tre anni);
- consumabili (vita utile inferiore ai tre anni).

Tale specificazione permette di rendere più comprensibile la definizione dei flussi coinvolti nelle varie fasi dello studio LCA.

Ciascuna EPD analizzata appartiene ad una categoria di prodotto facente riferimento alla PCR di settore.

Le categorie analizzate per il caso studio sono:

- prodotti per la pulizia;
- panni in microfibra;
- carrelli di pulizia per uso professionale.

Per la prima categoria è stata selezionata la EPD dell'azienda ÈCOSÌ, per la seconda la dichiarazione dei panni in microfibra della linea Cle.Pr.In, e per la terza le dichiarazioni dei sistemi di pulizia Microrapid (Soligena), Magic System (TTS Cleaning) e Falpi.

Per l'analisi e la raccolta di informazioni si utilizza il programma Excel.

#### *4.2.4.1 Prodotti per la pulizia*

Per i prodotti chimici per la pulizia è stata approfondita la EPD di prodotti dell'azienda ÈCOSÌ (ÈCosì, 2018), con il fine di comprendere come tali elementi centrali in un servizio di pulizia vengano analizzati in chiave ciclo di vita, dal loro imballaggio alla formulazione e composizione chimica.

Per ciascun prodotto sono presenti una tabella di dichiarazione delle sostanze chimiche (completa di numero CAS, classificazione del rischio e percentuale di concentrazione della sostanza, in ottemperanza con le normative vigenti) e una tabella di dichiarazione dei materiali di imballaggio contenuti nei prodotti per le 9 tipologie di confezioni di consumo (0,75 l, 1 l, 1,5 l, 10 l, 20 l, 50 l, 60 l, 200 l, monodose da 40 g). Ciascuna tabella presenta una colonna "Descrizione materiale" e una "percentuale per 1 kg".

L'unità funzionale utilizzata è 1 kg di detergente liquido confezionato in recipienti di plastica in vari formati.

**DETERGENTE ANTICALCARE PROFUMATO CON PROPRIETÀ IGIENIZZANTI**

# Ape

APE è un formulato che grazie all'azione naturale dell'acido citrico risolve tutti i problemi della pulizia del bagno: elimina le macchie di calcare e i residui di sapone da vasche da bagno, lavandini, docce, vetri e rubinetterie. Previene la corrosione delle suppellettili metalliche dei bagni lasciandole brillanti e prive di incrostazioni. APE è un prodotto che non necessita di risciacquo e non lascia residui; il suo potere igienizzante lo rende idoneo anche ai bagni di ambienti ospedalieri e sanitari in genere.

**DOSI D'IMPIEGO**  
Si usa tal quale.  
Per i pavimenti diluire dal 2% al 5%.



Figura 8- Scheda tecnica di APE, uno dei prodotti analizzati nell'EPD È Così (È Così, 2018)

Tabella 5- Tabella delle concentrazioni di sicurezza delle componenti pericolose del prodotto APE, tratta dalle EDP È Così (È Così, 2018)

APE			
Componente	N° CAS	Classificazione	%
Acido citrico monoidratato	5949-29-1	3.3/2 Eye Irrit. 2 H319	1≤C<3
Profumo		3.3/2 Eye Irrit. 2 H319	0,1≤C<0,25
		3.4.2/1-1A-1B Skin Sens. 1,1A,1B H317	
		4.1/C3 Aquatic Chronic 3 H412	

Tabella 6- Esempio di tabella di dichiarazione dei materiali del prodotto APE (È Così, 2018)

DICHIARAZIONE MATERIALI CONTENUTI IN PRODOTTO CONFEZIONATO IN 0,75l		
DESCRIZIONE MATERIALE		PERCENTUALE PER 1kg
Miscela		88,5%
Materiali di imballaggio del prodotto finito	plastiche	7,4%
	cartone	4,1%
Totale		100%

Come si vede nella tabella, la colonna di descrizione dei materiali considera la miscela ed i materiali d'imballaggio del prodotto finito.

Si assume che la miscela, ossia il composto chimico contenuto nel flacone, sia costituito da acqua, principi attivi e coformulanti. I materiali di imballaggio sono distinti, se necessario, in plastica e cartone. Sono assenti specificazioni sui differenti tipi di plastiche.

Il valore totale è pari al 100% di 1 kg di prodotto confezionato. Poiché sono presenti diverse tipologie di flaconi, le percentuali di composizione devono essere rapportate alla tipologia di confezione corrispondente.

Per l'analisi si raggruppano le tabelle sulla base del tipo di confezionamento, ed in particolare per la presenza di cartone nell'imballaggio, ottenendo tre gruppi:

- 0,75 l - 1 l, in cui sono presenti sia plastica che cartone;
- 5 l – 200 l, in cui gli imballaggi sono costituiti da sole plastiche;
- monodose in cui sono presenti sia plastiche che cartone.

Per ciascun gruppo sono calcolati i valori medi degli imballaggi espressi in percentuale rispetto ad 1 kg di prodotto confezionato, ottenendo in questo modo dei valori medi per ciascuna tipologia di prodotto in base al confezionamento.

Tabella 7- Tabella dei valori medi percentuali degli imballaggi per ciascuna categoria di prodotti chimici

<b>PRODOTTI CHIMICI ÈCOSÌ</b>		
<b>Confezionamento</b>	<b>Imballaggio (1 kg di prodotto confezionato)</b>	
	<b>% plastica (peso) -media</b>	<b>% Cartone -media</b>
<b>0,75 -1 l</b>	6,8	3,65
<b>5 - 200 l</b>	4,7	
<b>Monodose (40 g)</b>	8,7	11,1

Per quanto concerne il modulo *downstream*, è presente una tabella relativa al fine vita degli imballaggi dei prodotti, riportata in basso. L'informazione fornita rappresenta un utile spunto per la successiva modellazione dei processi.

Tabella 8- Trattamento di imballaggi e fine vita (È Così, 2018). Fonti: Rapporto Rifiuti Urbani 2017 dell'ISPRA (quota parte di prodotto consumato in Italia) e statistiche EUROSTAT (quota parte di prodotto consumato all'estero)

<b>CARTA</b>	<b>DISCARICA</b>	<b>RECUPERO ENERGETICO</b>	<b>RECUPERO MATERIALE</b>
Italia	11,8%	8,6%	79,7%
Ungheria	0,2%	0,1%	99,7%
<b>PLASTICA</b>	<b>DISCARICA</b>	<b>RECUPERO ENERGETICO</b>	<b>RECUPERO MATERIALE</b>
Italia	16,8%	42,2%	41,0%
Ungheria	10,3%	7,0%	82,7%

Le tipologie di plastica più comuni per l'imballaggio dei prodotti di pulizia di questo tipo verranno analizzate nel paragrafo 4.4.1.1.

#### 4.2.4.2 Panni in microfibra

La stessa metodologia d'analisi adottata per i prodotti chimici è stata presa in considerazione per i prodotti tessili in microfibra.

Per tale categoria, si analizza la EPD dei panni double-face in microfibra Cle.Pr.In. per la pulizia e sanificazione quotidiana di superfici domestiche, ospedaliere e industriali (Cle.Pr.In, 2019). Si tratta di pannetti in tessuto non tessuto usa e getta pre-impregnati. La dichiarazione fornisce la tabella delle composizioni percentuali del tessuto rispetto al peso totale (comprensivo di frazione tessile, liquida da pre-impregnazione e imballaggio), includendo nel conteggio il liquido impregnante e l'imballaggio di otto tipologie di pannetti della linea.

Tabella 9- Tabella delle composizioni percentuali delle frazioni tessile, liquida e d'imballaggio di otto tipologie di pannetti tratta dall'EPD Cle.Pr.In (Cle.Pr.In, 2019)

Component	FAST SANNY FEN	FAST SANNY	FAST IPO 52	FAST SMART	FAST FLOOR FEN	FAST FLOOR SANIT HCS	FAST FEN KALK	FAST KALK
Polyester	7.1%	6.8%	4.6%	6.4%	2.8%	2.9%	6.7%	5.8%
Viscose	3.0%	2.9%	2.0%	2.7%	1.2%	1.3%	2.9%	2.5%
Detergents	5.7%	5.5%	1.8%	4.1%	6.4%	3.9%	3.6%	3.9%
Preservatives and auxiliaries	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%
Perfume	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%
Dye	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
Water	39.5%	40.2%	52.2%	46.4%	54.4%	55.2%	44.2%	51.2%
PP white label	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.2%	0.4%	0.4%
Cardboard	3.4%	3.4%	3.0%	3.1%	2.7%	2.8%	3.2%	2.8%
Aluminum bag	40.6%	40.7%	36.0%	36.9%	31.9%	33.4%	38.5%	33.2%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabella 10- Tabella dei contributi percentuali in peso dei panni in microfibra Cle.Pr.In.

<b>TESSILE Cle.Pr.In</b>	
<b>Composizione</b>	<b>Media %</b>
<b>Microfibra (PE-TNT)</b>	<b>7,7</b>
Poliestere	5,39
Viscosa	2,31
<b>Detergenti</b>	<b>4,36</b>
Altro	<1
Conservanti e ausiliari	
Profumo	
Coloranti	
<b>Acqua</b>	<b>47,91</b>
<b>Imballaggio</b>	<b>39,81</b>
Etichetta in PP	0,36
Cartone	3,05
Borsa in alluminio	36,40

La tabella 10 riporta come elaborazione le medie percentuali facenti riferimento al peso complessivo del pannello tenendo conto della frazione tessile, di quella liquida e di quella dell'imballaggio.

Per la microfibra, la EPD (Cle.Pr.In, 2019) riporta che il 70% della massa della sola componente tessile è costituita da poliestere (PET) e il restante 30% da viscosa. Le percentuali soprastanti relative al filato vanno quindi riferite al valore 7,7, che rappresenta la frazione tessile sul peso totale.

La componente liquida risulta essere quella preponderante e costituisce più del 50% del peso complessivo del pannello.

Conservanti e ausiliari, profumo e coloranti sono ritenuti trascurabili, in quanto la loro somma è inferiore all'1% del peso del pannello, e i valori corrispondenti non vengono riportati in tabella per questo motivo.

L'imballaggio rappresenta quasi il 40% del peso complessivo del prodotto ed è costituito prevalentemente dal packaging in alluminio, caso specifico dovuto alla pre-impregnazione di questi. Soltanto una frazione limitata di imballaggio è composta da cartone e plastica.

#### 4.2.4.3 Carrelli per la pulizia professionale

L'approfondimento sulle attrezzature si basa sullo studio della EPD Falpi che propone l'analisi del ciclo di vita di 12 gruppi di carrelli prodotti dall'azienda, aggregati sulla base della similarità del modello.



Le LCA riportate nella dichiarazione sono rappresentative di ciascuna tipologia di carrello ed includono complessivamente di 34 modelli della linea Microrapid, 12 della linea Smart e 21 della linea KUBI. Per ciascuna tipologia è presente la tabella della composizione in cui vengono riportati i pesi in kg di ciascuna tipologia di materiale (Falpi, 2018).

Tabella 11- Elenco dei modelli costituenti la categoria di carrelli Microrapid 1 Big-foot riportata nell'EPD (Falpi, 2018)

7161041	<b>MICRORAPID 1 BIG-FOOT coperchi in plastica</b>
7161011	MICRORAPID 1 coperchio in plastica
7161111	MICRORAPID 1 micropensile coperchio in plastica
7161141	MICRORAPID 1 BIG-FOOT micropensile coperchio in plastica
7163010	MICRORAPID COMPACT
7163040	MICRORAPID COMPACT BIG-FOOT
---	I-SYSTEM

Tabella 12- Tabella della composizione media della tipologia di carrello considerata sopra (Falpi, 2018)

<b>7161041 MICRORAPID 1 BIG-FOOT coperchi in plastica</b>	<b>Kg</b>
Acciaio inox	17,30
Ferro	0,46
Nylon	3,21
Poliestere/Polietilene	0,21
Polipropilene	7,30
PVC	0,09
<b>TOTALE</b>	<b>28,56</b>

Partendo da tali dati, si è convertito il valore in kg in percentuale rispetto al peso complessivo del carrello e si è realizzata la tabella 13, riportata sotto, della composizione complessiva ottenuta calcolando le medie per ciascun materiale. La percentuale riferita alla plastica è indicata in rosso poiché si tratta di una media delle varie tipologie impiegate.

Tabella 13- Tabella della composizione media dei carrelli Falpi

<b>CARRELLI FALPI</b>		
<b>Composizione</b>	<b>Media %</b>	<b>Commenti</b>
Acciaio	45	
Ferro	1,7	
Plastica	50,3	
Alluminio	3,1	Non presente in tutti i modelli

I carrelli per la pulizia sono considerati attrezzature con vita utile superiore ai tre anni e in quanto tali beni durevoli.

Applicando le considerazioni fatte al paragrafo 4.2.1 e in linea con l'obiettivo dello studio, i ben durevoli vengono esclusi dall'analisi in quanto esterni all'influenza dell'ambito Ecolabel: il processo produttivo ed i consumi legati ad esso non ricadono nell'ambito del sistema poiché non vengono alterati modificando il prodotto o il bene utilizzato.

#### 4.3 Il modello analitico per il ciclo di vita del Servizio presso la sede Mirafiori del Politecnico di Torino in chiave etichettatura ecologica

Grazie agli approfondimenti in materia condotti sull'analisi della PCR settoriale, delle EPD del servizio e delle attrezzature e prodotti impiegati, è stato possibile delineare un quadro generalizzato del ciclo di vita di un servizio di pulizia. Una volta identificato questo, sono stati presi in considerazione gli aspetti attinenti all'etichettatura ecologica, dandone risalto per poter evidenziare i benefici ambientali legati ad una variazione di questi in termini di protocollo Ecolabel migliorativo.

La scelta dei processi, ed in particolare le esclusioni rispetto alle indicazioni della PCR, è stata condotta nell'ottica della valutazione degli impatti ambientali negli step successivi del caso studio. Il percorso progettuale, basato su un modello PDCA ha come obiettivo il verificare i benefici ambientali ed economici derivanti dall'implementazione di due protocolli migliorativi Ecolabel (Base e Top) rispetto al protocollo tradizionale già in essere sul cantiere (BAU), che viene dettagliatamente descritto nei paragrafi successivi e in seguito modellato all'interno del software GaBi. In questa prima fase del progetto, pertanto, si è provveduto alla definizione del modello d'analisi che servirà per evidenziare gli aspetti chiave frutto del miglioramento in chiave Ecolabel.

Ad esempio, le fasi Base e Top prevederanno l'impiego di prodotti per la pulizia e per la lavanderia differenti, così come attrezzature tessili e lavatrici, con l'obiettivo di soddisfare i requisiti di punteggio Ecolabel verso un protocollo sempre più performante in tale direzione. Dunque, i processi non ricadenti nell'obiettivo dello studio, per cui non soggetti ad una futura modificazione, vengono esclusi dalla valutazione e dal modello d'analisi, in quanto non funzionali ad evidenziare aspetti ambientali di miglioramento in termini di protocollo Ecolabel migliorativo.

Come già anticipato nel paragrafo 4.2.2, la struttura generale del modello, per le esigenze legate alla chiave interpretativa di etichettatura ecologica, trova riscontro anche nella nuova bozza della PCR di settore, precedentemente descritta.

Nel nuovo documento, infatti, la valutazione è maggiormente incentrata sui beni consumabili, ossia articoli con vita utile inferiore ai tre anni, escludendo dall'analisi tutti i processi relativi ai beni durevoli ad eccezione del loro impiego nell'erogazione del servizio.

La metodologia di analisi realizzata viene di seguito dettagliatamente descritta. Questa, è stata poi applicata al caso studio utilizzando i dati forniti dall'azienda e quelli raccolti da altre fonti (dati generici di letteratura e/o dataset) con lo scopo di valutare il servizio svolto presso il Politecnico di Torino e testare la validità e l'affidabilità del modello proposto.

#### 4.4 I processi fondamentali nel modello

Le tre macro-fasi del ciclo di vita del modello sviluppato possono essere così sinteticamente descritte:

- *upstream*: comprende i processi produttivi di beni consumabili e imballaggi e i loro trasporti tra siti di produzione e distributore fino al raggiungimento del sito di erogazione del servizio;
- *core*: prevede l'erogazione del servizio con conseguente consumo di acqua e risorse energetiche e la produzione di rifiuti ed acque di scarico;
- *downstream*: include informazioni qualitative e quantitative su riciclo e fine vita dei beni consumabili.

Quindi, con il fine di evidenziare i miglioramenti ambientali in termini di etichettatura ecologica, il modello è in grado di dare risalto ad aspetti derivanti dalla variazione di alcuni indicatori diretti sito-specifici:

- consumo di prodotti chimici;

- consumo di energia elettrica legata alla lavanderia per il ricondizionamento delle attrezzature tessili;
- consumo di acqua per le pulizie e il ricondizionamento delle attrezzature tessili;
- produzione di rifiuti da imballaggi e tessili a fine vita.

Con il fine, dunque, di fornire una panoramica generalizzata dei confini di sistema e dei processi inclusi nel modello, si riporta una rappresentazione del diagramma di flusso complessivo costruito per la valutazione del ciclo di vita del servizio in chiave etichettatura ecologica. Gli aspetti evidenziati dal diagramma saranno discussi approfonditamente nel paragrafo 4.4.1.

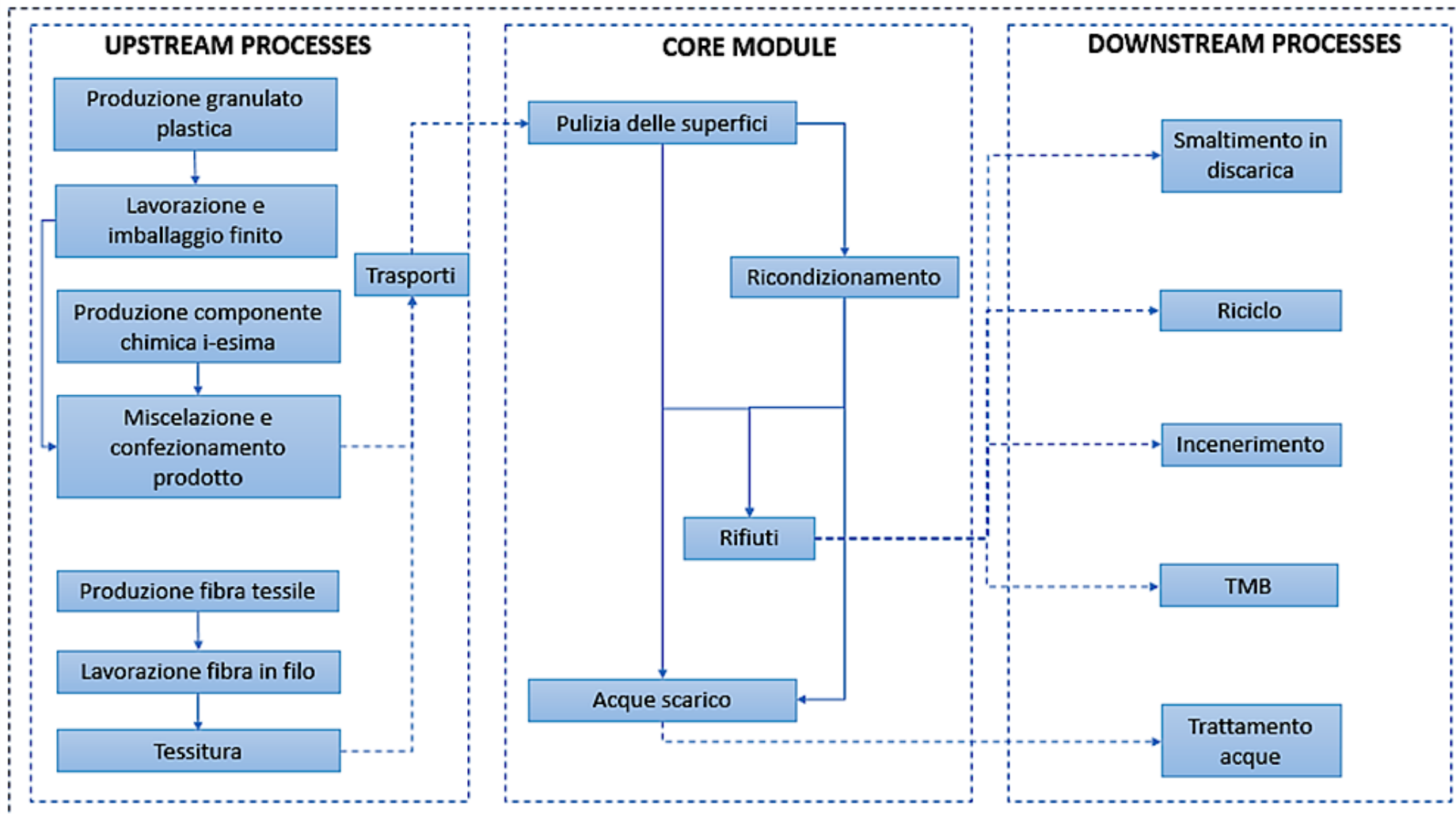


Figura 9- Mappa dei processi del servizio di pulizia del caso studio. Le linee tratteggiate più scure rappresentano i confini del sistema e quelle più chiare le tre fasi del servizio. I processi sono rappresentati nei riquadri continui e i flussi sono indicati da frecce.

#### 4.4.1 Analisi dettagliata dei Processi, Risorse e Materiali

Il *flow chart* del paragrafo precedente (figura 9) rappresenta graficamente la totalità dei processi del sistema analizzati nel corso dello studio, mettendo in evidenza le scelte intraprese e i confini del sistema adottati.

Il sistema è del tipo *from cradle-to-grave* poiché tiene conto di tutte le operazioni connesse con l'erogazione del servizio, a partire dalla produzione delle materie prime e degli articoli di pulizia, al loro impiego, fino al fine vita dei prodotti, svolgendo anche la valutazione delle diverse operazioni di smaltimento e tenendo conto delle risorse impiegate in ciascun processo.

Il metodo di rappresentazione prevede:

- i processi rappresentati da scatole;
- i flussi di materia ed energia tra processi, se presenti, rappresentati da frecce continue;
- i flussi di materia ed energia tra una fase e l'altra, rappresentati da frecce tratteggiate;
- i confini delle fasi e del sistema rappresentati da linee tratteggiate di colori diversi;
- le risorse utilizzate per i processi non rappresentate;
- i processi sui quali è stata svolta un'analisi conoscitiva ma non utilizzati nel processo rappresentati in colore più chiaro.

Come previsto dalla PCR, il sistema si suddivide in tre fasi analitiche:

#### ***Fase upstream***

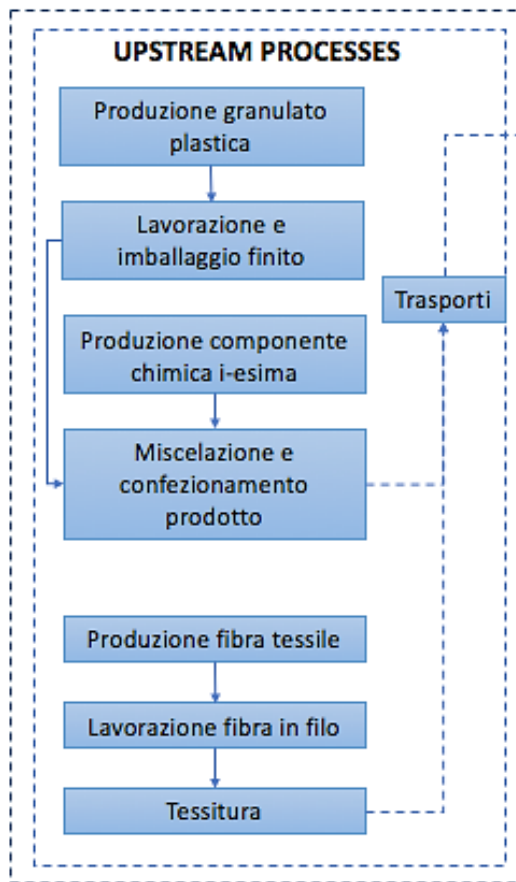


Figura 10- Flow chart rappresentante la fase upstream

La fase di *upstream* raggruppa i processi produttivi considerati nel sistema e fondamentali per lo svolgimento dell'attività: si tratta delle operazioni di produzione della materia prima e di lavorazione dei materiali plastici, chimici e tessili fino alla produzione dell'articolo utilizzato nel servizio.

Nella figura 10 sono evidenziati in maniera generale i processi appena citati ritenuti rilevanti per il caso studio.

La produzione del materiale da imballaggio è preceduta dalle operazioni di produzione e lavorazione del granulato di plastica, che comportano tecniche differenti a seconda del tipo di polimero impiegato, fino all'ottenimento del packaging utilizzato per i prodotti chimici (taniche, flaconi, monodosi).

Il processo di produzione dei detergenti prevede la sintesi di ciascuno dei componenti chimici del prodotto, la miscelazione di questi con l'acqua di processo e infine le operazioni di confezionamento del prodotto finito con il packaging risultante dal processo descritto sopra.

Le operazioni di produzione degli articoli tessili sono precedute, come per ciascuno dei processi precedentemente analizzati, dalla produzione delle materie prime necessarie alla produzione della fibra. Si tratta di materiali naturali, come il cotone, oppure sintetici adatti alla composizione degli articoli di pulizia.

A seconda del tipo di materiale studiato, i processi anteriori alla produzione della fibra grezza subiscono trattamenti differenti: coltivazione e raccolta nel caso del cotone, produzione di granulato nel caso di polimeri plastici.

Seguono specifici processi che consentono di passare dalla fibra al filato.

Per ultimo si passa alla fase di tessitura, che comporta tecniche di lavorazione comuni per i materiali sintetici e naturali, in cui il filato viene intrecciato a formare il tessuto dell'articolo di pulizia.

Come evidente dal *flow chart*, non viene considerata nel modello l'operazione d'imballaggio degli articoli tessili in quanto ritenuta non rilevante per lo scopo dello studio.

### *Trasporti*

I trasporti considerati nello studio sono relativi ai movimenti di materia, quindi alle forniture di prodotti chimici e attrezzature tessili per la pulizia dai siti di produzione a quello di svolgimento del servizio.

Nel modello, anche se non evidenziata a questo livello descrittivo, viene attuata una distinzione in due fasi del trasporto:

- dalla sede di produzione al distributore (*dealer*);
- dal distributore al sito di erogazione del servizio.

Per ciascuno dei processi citati sopra sono escluse dalla rappresentazione del modello le risorse come acqua, energia elettrica e termica impiegate per il loro svolgimento.



## Fase core

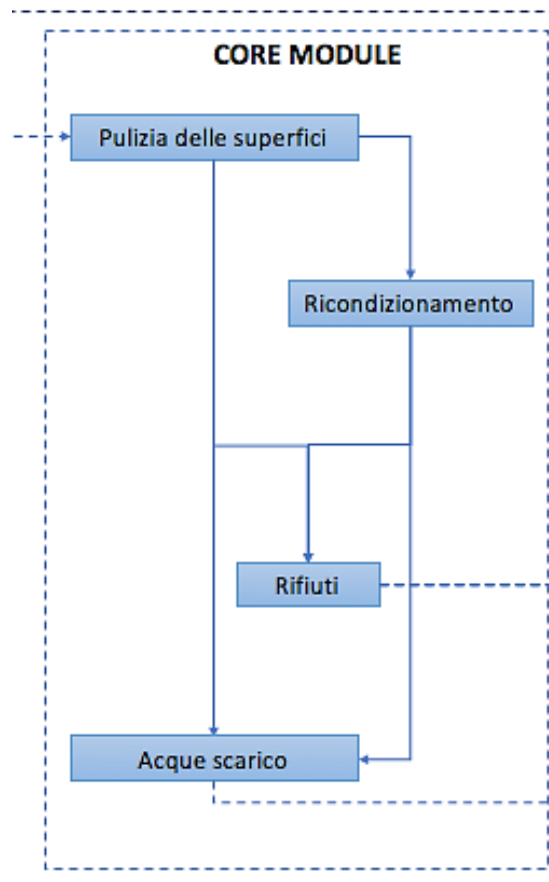


Figura 11- Flow chart rappresentante la fase core

Il modulo *core* contiene tutti i processi relativi all'erogazione del servizio ossia la pulizia delle superfici, per le quali sono necessari i detersivi e le attrezzature prodotti nella fase di *upstream*, e le operazioni di ricondizionamento dei tessuti tramite l'impiego di lavatrici, alimentate a energia elettrica.

Per entrambe le operazioni sono necessari ingenti quantitativi di acqua, utilizzata nelle operazioni di diluizione della componente chimica e di lavaggio.

L'acqua residua derivante dalle operazioni di pulizia delle superfici, miscelata con i detersivi, e l'acqua di ricondizionamento prodotto dalle lavatrici costituiscono le acque di scarico.

Il confezionamento dei prodotti chimici, per superfici o per lavatrice, costituisce, insieme con i tessuti esausti non più utilizzabili, il rifiuto derivante dalle operazioni di pulizia il cui trattamento e smaltimento sono rappresentati nella successiva fase di *downstream*.

### *Fase downstream*

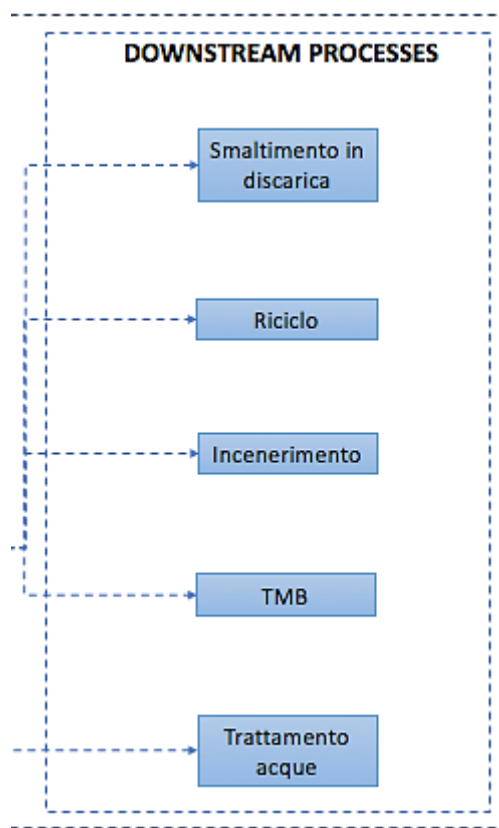


Figura 12- Flow chart rappresentante la fase di downstream

La fase di *downstream*, opzionale secondo le disposizioni della PCR, contiene lo studio del fine vita dei rifiuti dei prodotti consumabili derivanti dalla fase di *core*.

Nel modello, come suggerito dalla figura 12, si distingue tra il trattamento delle acque di scarico e il trattamento del rifiuto.

Si differenzia tra due tipologie di rifiuto:

- riciclabile (plastica);
- indifferenziato.

Come suggerito dal nome la componente plastica, ossia gli imballaggi dei prodotti chimici, viene sottoposta a processi di riciclo del materiale mentre per il residuo restante sono disponibili tre strade:

- smaltimento in discarica;
- trattamento meccanico-biologico (TMB);
- incenerimento.

Le percentuali con cui si adotta una delle soluzioni proposte deriva dai dati primari ottenuti grazie alle informazioni fornite dall'azienda, per il rifiuto riciclabile e le acque di scarico, e dalla letteratura (Regione Piemonte) per le percentuali di smaltimento dell'indifferenziato.

Il successivo livello di dettaglio pone il focus sui singoli processi produttivi fondamentali descritti sopra per introdurre le ricerche nella letteratura svolte nelle pagine seguenti.

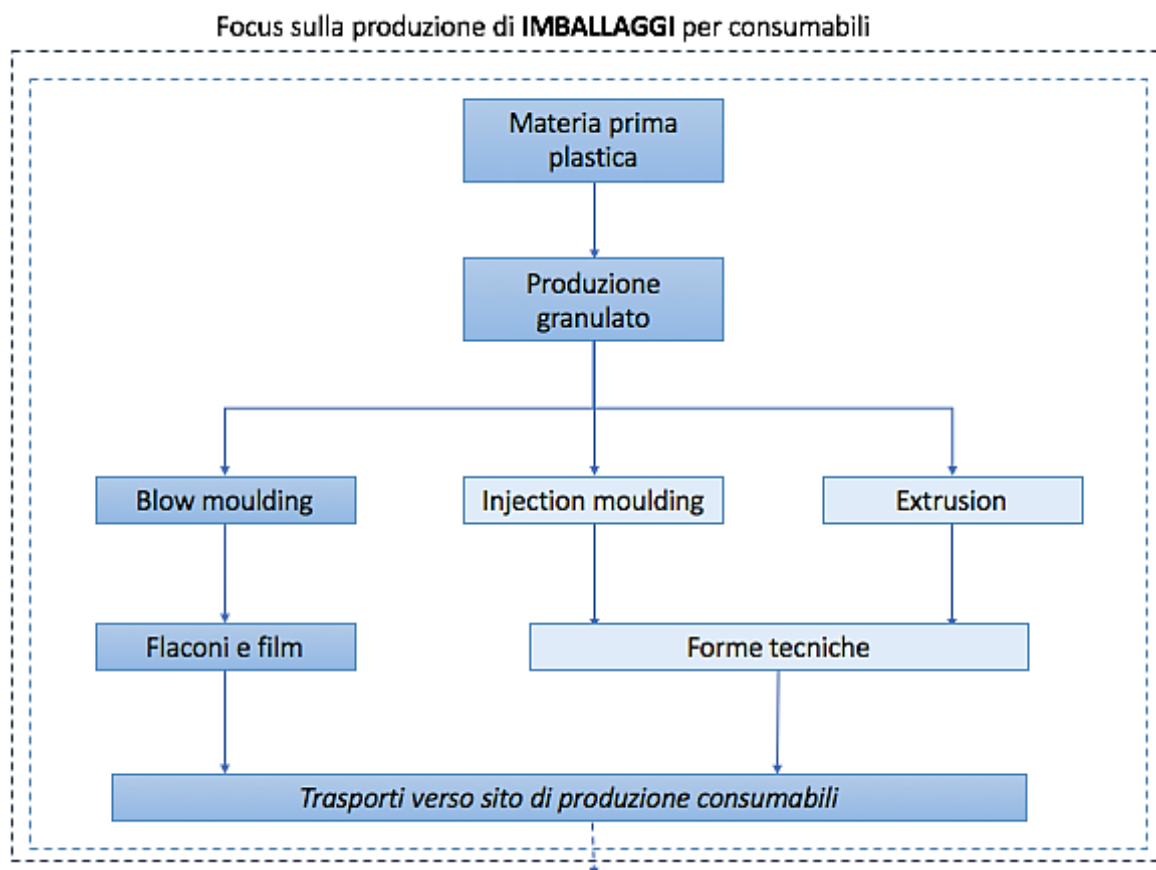


Figura 13- Flow chart rappresentante la produzione degli imballaggi

Come anticipato, la produzione d'imballaggio prevede la sintesi della materia prima, nel caso studio principalmente PET e HDPE, che vengono utilizzati in forma di granulato nelle operazioni di *blow moulding*, *injection moulding* ed *extrusion* che trasformano il granulato in flaconi e film per l'imballaggio oppure in forme tecniche in plastica utilizzate generalmente per la produzione di secchi e vaschette per attrezzature come i carrelli per il settore delle pulizie professionali.

Le operazioni produttive per questi ultimi accessori non vengono considerate nel modello poiché ritenute non rilevanti rispetto all'obiettivo dello studio ma vengono comunque rappresentate nel *flow chart* soprastante (figura 13), con colore più chiaro, per fornire una panoramica completa sulle tecniche di lavorazione della plastica utilizzate nell'ambito analizzato.

Gli imballaggi sintetizzati tramite *blow moulding* vengono inviati presso il sito di produzione dei detergenti, dove vengono utilizzati per il confezionamento dei composti per la pulizia.

Tutti i processi citati vengono svolti grazie all'impiego di risorse quali energia elettrica e termica, acqua e carburante il cui apporto viene tralasciato nelle rappresentazioni presentate.

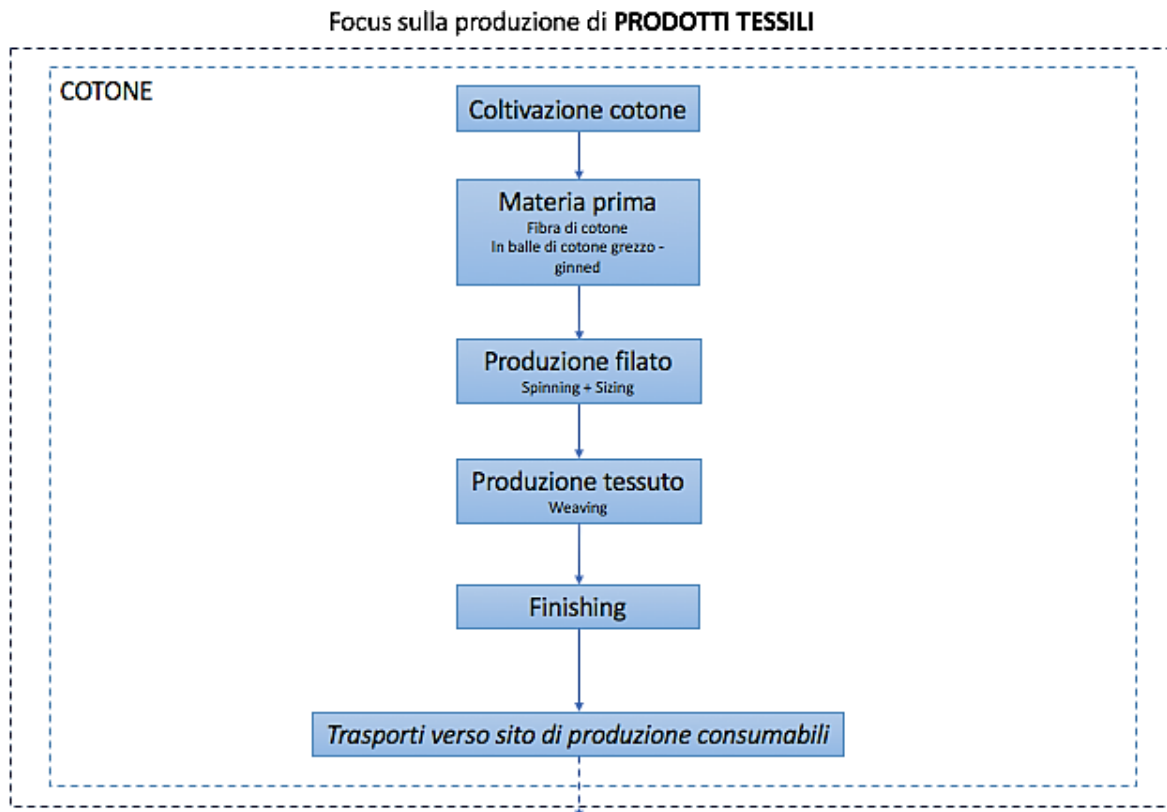


Figura 14- Flow chart rappresentante la produzione di prodotti tessili in cotone

Il processo di produzione degli articoli in tessuto si distingue sulla base del materiale di cui sono costituiti.

Il *flow chart* soprastante (figura 14) indica i micro-processi che conducono alla produzione di un articolo tessile in cotone: la materia prima, ossia la fibra di cotone, si ricava a partire dalla coltivazione della pianta, segue la raccolta del cotone grezzo e la formazione di balle dalle quali, tramite le operazioni di *spinning* e *sizing*, si ricava il filato. Il filo viene trasformato in tessuto, tramite l'operazione di *weaving*, che consiste nell'intreccio di filamenti anche di natura differente. Conclusa questa fase si opera il *finishing* per stabilizzare l'intreccio. Il prodotto così ottenuto viene trasportato al sito produttivo dove può essere assemblato o imballato, se necessario.

Il caso studio non prevede alcuna delle due operazioni in quanto l'apporto di materiali e di impatti rispetto a quelli complessivi è stato ritenuto trascurabile in termini di massa e per gli obiettivi dello studio.

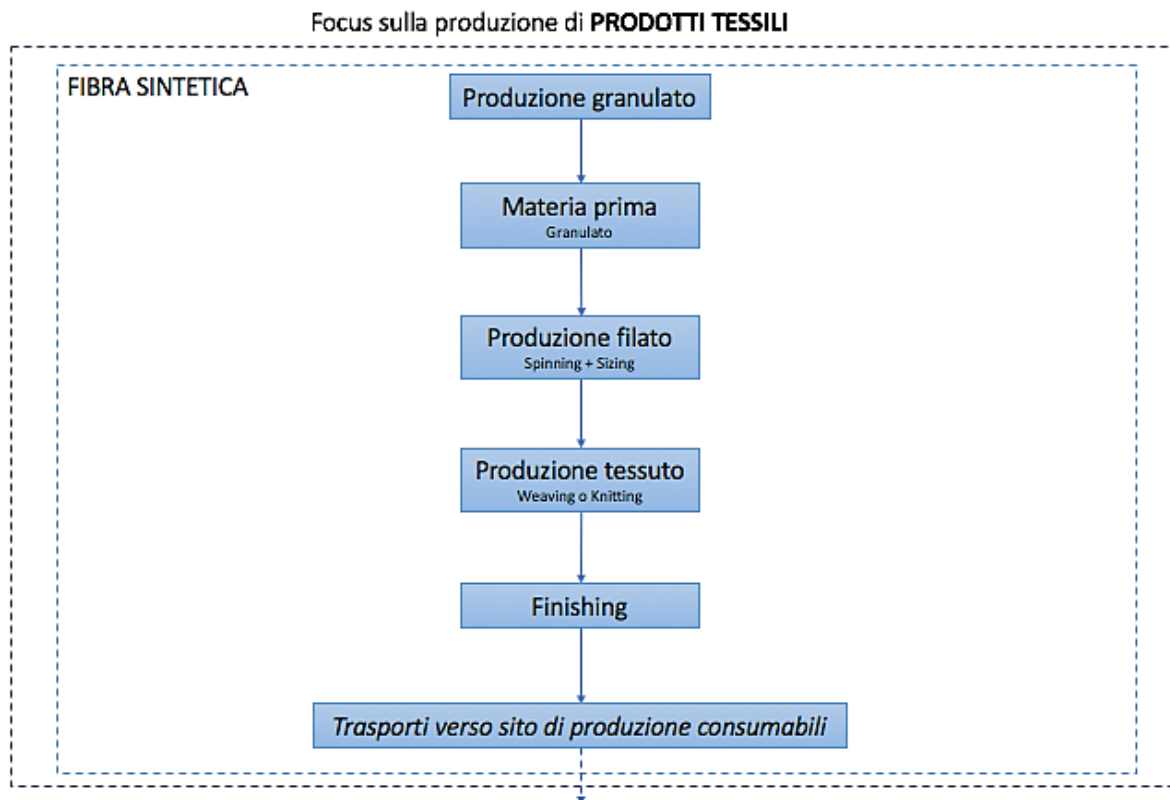


Figura 15- Flow chart rappresentante la produzione di prodotti tessili in fibra sintetica

Il tessuto sintetico utilizzato per la produzione degli articoli si discosta dal processo produttivo del cotone per la sintesi e la tipologia della materia prima: si tratta infatti di polimeri plastici reperibili in forma di granulato. I processi di lavorazione seguenti sono in realtà molto simili a quelli applicati alle fibre naturali anche se per i prodotti di pulizia, i filamenti artificiali possono essere intrecciati utilizzando due tecniche diverse: il *weaving*, già citato sopra, e il *knitting*. La principale differenza è la consistenza del tessuto ottenuto.

Come per il tessuto di cotone si svolgono operazioni di *finishing* anche se di natura differente. Segue il trasporto verso il sito di produzione e rimangono valide le considerazioni di poco sopra.

Nell'ottica di poter valutare e modellare integralmente i micro-processi del servizio si considerano con maggiore attenzione le varie categorie di prodotti, macchinari ed attrezzature, in particolare in relazione ai processi produttivi o di estrazione delle materie prime.

Tale approfondimento ha un duplice scopo: l'elaborazione di "prodotti tipo" che possano fungere da modello nel caso sia necessario costruire processi con informazioni mancanti o con processi assenti nel database e conoscere le fasi e le tecniche di produzione per la modellazione con il software.

Si studia la letteratura reperibile in internet e ci si avvale del sistema bibliotecario di ateneo per la ricerca di articoli scientifici accedendo alle banche date disponibili, principalmente:

- Environmental Science Collection (ProQuest);
- Scopus;
- Science Database (ProQuest Central).

Per ciascuna delle tipologie di prodotti di pulizia, attrezzature e macchinari vengono individuati i materiali componenti, le loro caratteristiche, sulla base di quanto emerso dallo studio delle EPD settoriali, e le principali tecniche di lavorazione.

#### 4.4.1.1 Imballaggi plastici

Gli imballaggi plastici risultano fondamentali per il confezionamento dei prodotti chimici di pulizia. Dal documento del Conai “Progettare Riciclo” emerge che generalmente i polimeri utilizzati per i flaconi e le taniche di prodotti chimici sono HDPE, PET, PVC e PP ma il più abbondante per questo uso è l’HDPE, mentre il PET viene prevalentemente utilizzato per i flaconcini monodose.

	PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS
Flaconi	●	●	●		●	
Taniche		●				

Figura 16- Principali polimeri costituenti imballaggi per prodotti chimici (Conai, Progettare Riciclo)

La maggior parte dei polimeri plastici viene prodotta sotto forma di granulato o pellet e può venire in seguito sottoposta a processi di *blow moulding*, *injection moulding* oppure *extrusion*.

La prima di queste tecniche è utilizzata per creare parti di plastica cave, come contenitori per liquidi (flaconi e taniche), fusti di plastica, serbatoi di stoccaggio e film da imballaggio. Il granulato o pellet viene fuso e mescolato in un tubo cavo detto *parison*. Il *parison* viene posto tra le due metà di uno stampo e gonfiato con aria pressurizzata fino ad assumere la forma dello stampo, viene poi lasciato raffreddare e rimosso.

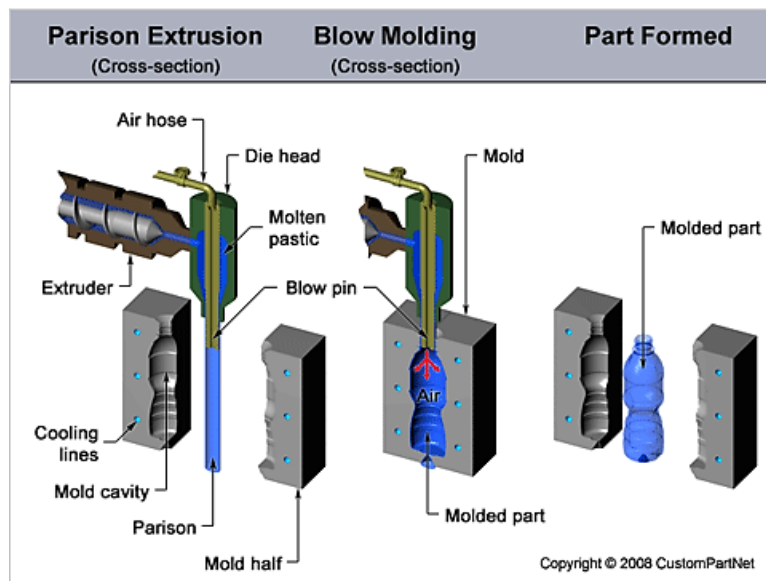


Figura 17- Blow moulding

L'*injection moulding* e l'*extrusion* permettono di ottenere parti plastiche o forme tecniche attraverso il gonfiaggio o la fusione di polimeri termoplastici.

L'*injection moulding* prevede l'uso di un macchinario di stampaggio e di uno stampo e si costituisce di quattro fasi:

- *clamping*: chiusura e bloccaggio delle due metà dello stampo;
- *injection*: inserimento del materiale plastico (*shot*), ad elevate temperatura e pressione, nello stampo;
- *cooling*: raffreddamento e solidificazione del materiale al contatto con lo stampo;
- *ejection*: rimozione della parte tramite apertura dello stampo.

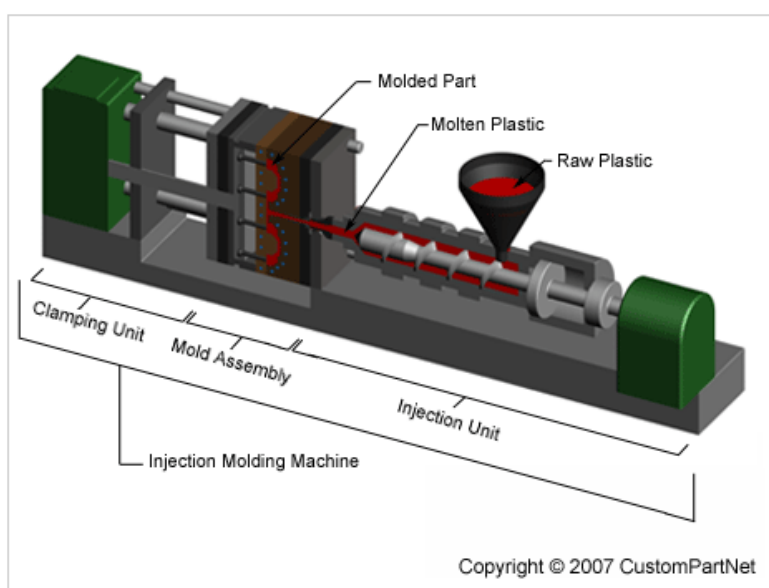


Figura 18- Injection moulding

Il processo di *extrusion* prevede la compressione del materiale termoplastico in pellet allo stato pastoso, fuso grazie al calore derivante dall'attrito con le pareti dell'estrusore, fino a farlo passare attraverso una sagoma (o matrice) determinante la forma esterna del pezzo che si vuole ottenere.

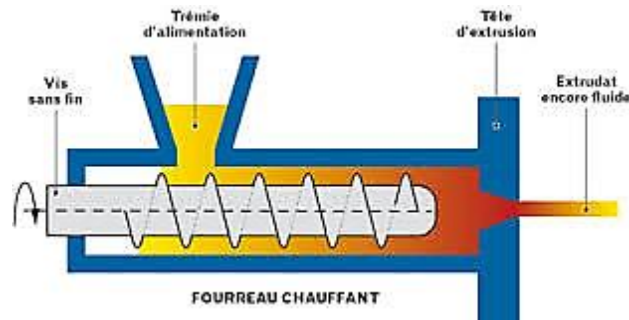


Figura 19- Extrusion

Il PET risulta un polimero particolarmente interessante perché può essere soggetto a diverse lavorazioni: *blow moulding* per la produzione di flaconi e film, *injection* ed *extrusion* per parti dei carrelli e produzione di fibre tessili.

Anche il nylon o poliammide viene generalmente utilizzato per quest'ultimo scopo.

#### 4.4.1.2 Lavorazione delle fibre tessili

A fronte della successiva ricostruzione di processi di produzione di attrezzature tessili in fibre artificiali e naturali come il cotone, sono stati esaminati documenti di letteratura sul tema LCA inerenti alla produzione di tessuti come *LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane* (van der Velden et al. 2014) e *Environmental impact of the Swedish textile consumption - a general study* (Strand, 2015) per conoscere le fasi e gli impatti corrispondenti ai processi di lavorazione delle varie tipologie di fibre.

La figura 20, tratta dallo studio *LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane* (van der Velden et al. 2014), mette a confronto le fasi del ciclo di vita di tessuti aventi materia prima di origine naturale e artificiale. Le fasi indicate nei due processi riassumono le principali differenze tra le metodologie di lavorazione della fibra tessile e forniscono spunti per la ricerca di informazioni e dati numerici necessari alla fase di modellazione nel software.



Cotton	Synthetics (polyester, nylon, acryl, and elastane)
(A) Fiber production (cultivation and cotton treatment)	1. Polymer production (covering all process steps from the extraction of resources)
(B) Spinning to yarn	2. Spinning of filament
(C) Weaving or knitting	3. Texturing 4. Weaving or knitting
(D) Pretreatment	5. Heat setting of fabric including washing
(E) Dyeing of fabric	6. Dyeing of fabric
(F) Final finishing including drying	7. Final finishing including drying
(G) Use phase	8. Use phase
(H) End-of-life	9. End-of-life

Figura 20- Fasi del ciclo di vita di tessuti da fibre naturali ed artificiali (van der Velden et al. 2014)

Nella colonna di sinistra, la produzione della fibra comprende le operazioni di coltivazione della pianta, la fase di *ginning*, ossia di sgranatura, i trasporti e la formazione di balle di fibra di cotone. Segue il processo di *spinning* o filatura che consiste nella conversione delle fibre tessili a filato, passando attraverso le fasi di:

- preparazione che consiste nella pulizia e miscelazione delle fibre provenienti da balle diverse;
- cardatura che consente di districare e orientare le fibre in un'unica direzione;
- pettinatura che aumenta l'omogeneità delle fibre, escludendo quelle più corte;
- stiratura per mescolare e regolarizzare le fibre anche di diverso genere;
- filatura per ottenere un filato resistente e sottile tramite torsione che viene avvolto su bobine;
- roccatura.

Spesso il processo di *spinning* è associato a quello di *sizing*, che prepara il filato alla successiva fase di *weaving*.

Le tecniche di *weaving* e *knitting* sono metodi differenti di fabbricazione del tessuto che si distinguono per:

- il tipo d'intreccio dei filamenti che prevede una serie di cappi nel caso del *knitting* e di un intreccio vero e proprio per il *weaving*;
- l'elasticità dl tessuto, che risulta più elevata con la tecnica del *knitting*;
- maggiore stabilità del tessuto ottenuto.

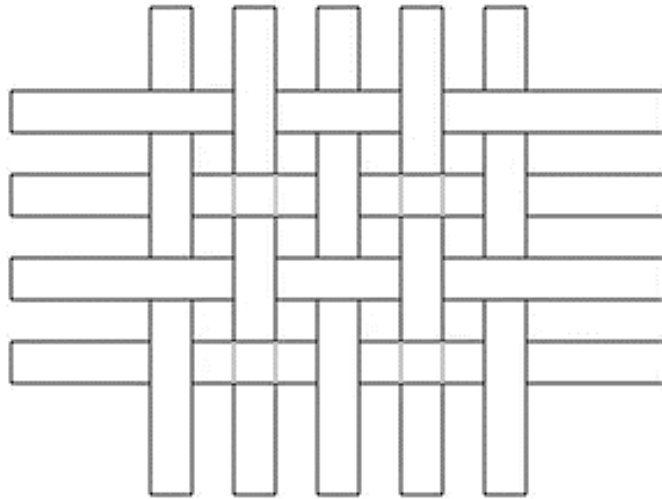


Figura 21- Weaving

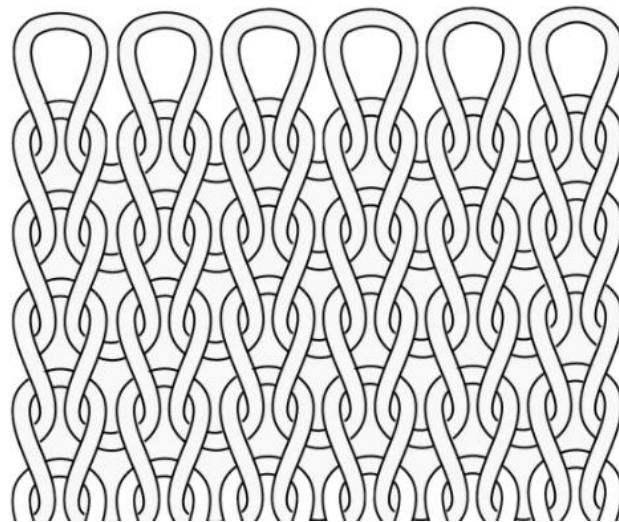


Figura 22- Knitting

Il pretrattamento del cotone prevede varie operazioni ad umido (*singeing*, *desizing*, *scouring*, *mercerizing*, e *bleaching*) precedenti la colorazione.

Il processo termina con la fase di *finishing* che consiste nell'applicazione di ritardanti di fiamma, ammorbidenti ed altri trattamenti (van der Velden et al. 2014).

Per le fibre sintetiche, presenti nella colonna di destra, molti processi sono comuni ai tessuti da fibre naturali. Le differenze principali sono rappresentate dalla produzione della materia prima, che in questo caso è materiale plastico, generalmente reperibile sotto forma di granulato che viene trattato in modo da poter essere sottoposto direttamente alla fase di *spinning*, spesso associata al processo di *sizing*. Segue il processo di *texturing* che consente di rendere i filati più flessibili e soffici al tatto.

Il tessuto viene prodotto tramite *weaving* o *knitting* e sottoposto a lavaggio e termofissaggio (o *heat setting*) che aumentano la densità del tessuto e favoriscono la colorazione al termine della quale si realizza il *finishing*.

I dati relativi all'uso di risorse, come acqua, energia elettrica e termica, se necessario, sono tratti dalla letteratura (van der Velden et al. 2014; Strand, 2015).

#### 4.5 Analisi d'inventario

Terminata la fase di analisi dei processi coinvolti nel sistema si passa alla selezione dei dati necessari ad implementare il modello.

I dati impiegati per lo studio sono:

- dati primari relativi al mese (18 novembre 2019 – 17 dicembre 2019) di svolgimento del servizio presso il Politecnico di Torino. Si tratta di dati forniti direttamente dalla cooperativa L'Operosa relativi ai quantitativi di prodotti e attrezzature consumati e ai valori idrici o energetici ricavati installando contatori appositi presso la sede. Dati primari vengono forniti anche dai produttori dei beni.
- dati secondari (o generici) selezionati e dati *proxy* sono invece reperibili da banche dati apposite, in particolare dal database Professional versione 2020.2 del software GaBi e dalla letteratura.

La selezione dei dati viene attuata secondo i criteri espressi al paragrafo 4.2.1 e secondo le scelte seguenti.

##### ***Criteri per la selezione dei dati***

Si fissano criteri precisi sulla qualità dei dati da preferire sulla base delle indicazioni fornite dalla PCR (EPD International AB, 2019a) e dalle considerazioni ricavate dagli studi svolti (ISO, 2006b; 2006c; EPD International AB, 2019b; 2019c).

La definizione di dato generico (o secondario) selezionato costituisce una guida alla selezione dei processi: se i criteri per la scelta del dato secondario, indicati dalla PCR, non vengono rispettati si sta facendo ricorso ad un dato *proxy*.

A differenza dei dati generici selezionati i dati *proxy* sono soggetti a restrizioni di utilizzo in quanto non soddisfacenti caratteristiche di precisione, completezza e rappresentatività: gli impatti ambientali ad essi associati non devono superare il 10% degli impatti ambientali complessivi del sistema (EPD International AB, 2019a).

La scelta ricade preferibilmente su dati che rispettino i seguenti requisiti, ossia appunto i generici selezionati:

- l'anno di riferimento dev'essere quanto più possibile corrente e rappresentativo per il periodo di validità dello studio;
- i criteri di *cut-off* applicati devono garantire la rendicontazione di almeno il 99% dei flussi in termini di energia, massa e impatto ambientale complessivo;
- la completezza dell'inventario dev'essere tale da coprire tutti i flussi elementari contribuenti ad un grado rilevante di categorie d'impatto;
- la rappresentatività dell'inventario dev'essere superiore al  $\pm 5\%$  dell'impatto ambientale, rispetto ai termini temporali, tecnologici e geografici di riferimento dei dati pienamente rappresentativi.

Rispetto all'applicazione di criteri di *cut-off* di poco sopra, la PCR indica che i flussi elementari in ingresso ed in uscita dal sistema considerato contribuenti al 99% degli impatti ambientali dichiarati devono essere inclusi nello studio (EPD International AB, 2019a), senza meglio specificare la tipologia di flussi a cui viene fatto riferimento.

I flussi intermedi, che non sono soggetti alle regole appena citate, possono essere sottoposti a criteri di esclusione. Dove presenti, tali criteri sono relativi agli impatti ambientali complessivi, alla massa complessiva oppure vengono attuati per mancanza della composizione chimica esatta nel caso di prodotti chimici.

I principi per la selezione e successiva analisi dei dati sono tratti dai criteri di *cut-off* delle PCR di settore di detersivi e panni per la pulizia professionale:

- per detersivi e prodotti tessili i criteri di *cut-off* sono analoghi alla PCR dei servizi di pulizia (i flussi elementari devono contribuire almeno al 99% degli impatti ambientali dichiarati) e anche riguardo ai dati generici (con l'applicazione di *cut-off* dev'essere coperto almeno il 99% di energia, massa e impatti ambientali) (EPD International AB, 2019b; 2019c);

- relativamente al modulo *core* di servizi di pulizia e detergenti (EPD International AB, 2019a; 2019b) dev'essere incluso almeno il 99% in peso complessivo del prodotto finito includendo nel conteggio anche il packaging.

Proprio quest'ultimo criterio è stato particolarmente importante per la scelta dei componenti chimici nelle fasi successive: per la modellazione si è scelto di rispettare come limite di esclusione l'1% dei flussi fissato dalla PCR, comprendendo nel conteggio sia flussi elementari, quindi soggetti a regole di *cut-off*, sia flussi intermedi, soggetti a criteri di esclusione.

La scelta dei processi del database viene fatta prediligendo processi italiani o europei e recenti, se possibile validi tra il 2019 e il 2022 per garantire la rappresentatività tecnologica, temporale e geografica del dato.

Si identificano macrocategorie di processi da ricercare per aver una completa valutazione del sistema:

- produzione di plastica;
- produzione di tessile;
- produzione di composti chimici;
- carburante;
- trasporti (camion);
- energia elettrica;
- energia termica;
- acqua;
- fine vita:
  - riciclo (plastica);
  - termovalorizzazione o incenerimento;
  - discariche;
  - smaltimento delle acque reflue;

Nel dataset si selezionano preferibilmente processi:

- di tipo aggregato ossia contenenti l'inventario aggregato dall'estrazione delle materie prime al prodotto finito (*cradle-to-gate*) o il ciclo di vita completo (*cradle-to-grave*). I processi di questo genere, se ritenuti idonei alla selezione, non necessitano l'aggiunta di input.
- parzialmente aggregati, a cui è necessaria l'aggiunta di qualche input;
- *unit single process*, facenti riferimento ad una singola unità di processo o ad un processo gate-to-gate e non contenenti informazioni per un intero ciclo di vita. In quest'ultimo caso è necessario collegare tutti i relativi flussi in input.

Sono preferibili processi aggregati che a partire dalla produzione della materia prima arrivino fino al produttore o al consumatore del bene.

#### 4.5.1 Il Dataset GaBi Professional a confronto con i processi fondamentali

Questa sezione dello studio è dedicata ad un minuzioso confronto tra la totalità dei micro-processi emersi dalle precedenti ricerche e il dataset Professional del software GaBi per individuare quali dei processi necessari alla modellazione del caso studio siano effettivamente disponibili e pronti all'uso. Per la ricostruzione completa e la selezione dei processi è necessaria la ricerca nel dataset di ciascun micro-processo costituente. Tale attività è resa possibile dalle informazioni sulle metodologie di lavorazione acquisite nella fase di approfondimento sui prodotti e attrezzature (paragrafi 4.4.1.1 e 4.4.1.2).

#### *I processi presenti nel dataset*

Sulla base dei criteri selettivi adottati (paragrafo 4.5) si ricostruiscono i processi produttivi studiati. Le tabelle 14, 15, 16, 17 e 18 rappresentano i processi individuati nel database.

*Tabella 14- Tabella dei processi relativi ai materiali plastici individuati nel dataset GaBi Professional*

<b>MATERIE PLASTICHE - IMBALLAGGI</b>		
<b>Oggetto</b>	<b>Tipologia di processo</b>	<b>Dataset GaBi</b>
HDPE	agg	EU-28: Polyethylene, HDPE, granulate
Blow moulding HDPE	u-so	DE: Polyethylene (HDPE/PE-HD) blow
Blow moulding PET	agg	EU-28:PET, bottle grade, at plant

Il PET e il PA (poliammide o nylon) possono essere utilizzati anche per la produzione di fibre tessili. Per il PET esiste nel dataset il processo di produzione della fibra mentre il PA viene prodotto in forma di granulato e poi lavorato come fibra, processo assente nel dataset. Nel caso in cui un processo non sia reperibile nel dataset esso verrà costruito in fase di modellazione utilizzando i dati ottenuti dalla letteratura (van der Velden et al. 2014; Strand, 2015).

Tabella 15- Tabella dei processi relativi alla produzione degli articoli tessili individuati nel dataset GaBi Professional

<b>TESSILI</b>		
<b>Oggetto</b>	<b>Tipologia di processo</b>	<b>Dataset GaBi</b>
Fibra di cotone	agg	GLO: Cotton fiber (bales after ginning)
Fibra di poliamide	agg	EU-28: Polyamide 6.6 fibres (PA 6.6)
Fibra di PET	agg	EU-28: Polyethylene terephthalate fibres (PET)
Weaving	p-agg	GLO: Textile Manufacturing - Woven Fabric

Tabella 16- Tabella dei processi relativi alle risorse individuati nel dataset GaBi Professional

<b>RISORSE</b>		
<b>Oggetto</b>	<b>Tipologia di processo</b>	<b>Dataset GaBi</b>
Energia elettrica	mfg	EU-28: Electricity grid mix
	agg	IT: Electricity grid mix
Energia termica	agg	DE: Thermal energy from natural gas
	agg	IT: Thermal energy from natural gas
Acqua di processo	agg	EU-28: Process water
Acqua di rubinetto	agg	IT: Tap water from groundwater
Carburante trasporti	agg	EU-28: Diesel mix at filling station
Carburante	agg	EU-28: Diesel mix at refinery
Aria compressa	u-so	GLO: Compressed air 7 bar (medium power consumption)

Per il riscaldamento dell'acqua di lavanderia si assume l'impiego di caldaia a metano e che la temperatura di partenza sia pari a 15°C (temperatura di acquedotto) e quella di lavaggio sia pari a 60°C.

Tabella 17- Tabella dei processi relativi ai trasporti individuati nel dataset GaBi Professional

<b>TRASPORTI</b>		
<b>Oggetto</b>	<b>Tipologia di processo</b>	<b>Dataset GaBi</b>
Camion	agg	GLO: Truck, Euro 6, up to 7.5t gross weight / 2.7t payload capacity
Camion	agg	GLO: Truck, Euro 5, 34 - 40t gross weight / 27t payload capacity

Si assumono come mezzi per le operazioni di distribuzione:

- camion euro 6, di massa complessiva fino a 7,5 t (2,7 t di capacità di carico) per i trasporti nazionali di trasferimento dei prodotti dalle sedi produttive, situate a Medolla (MO) e a Villa del Conte (PD) al distributore situato a Liscate (MI) e dal distributore al Politecnico.
- camion euro 5, di massa complessiva da 34 a 40 t (27 t di capacità di carico) per i trasporti internazionali dei prodotti da Gand (Belgio) al distributore di Liscate (MI).

Tabella 18- Tabella dei processi relativi al fine vita individuati nel dataset GaBi Professional

FINE VITA		
Oggetto	Tipologia di processo	Dataset GaBi
Trattamento acque reflue	EoL	EU-28: Municipal waste water treatment (variable sludge treatment)
Riciclo plastica	p-agg	EU-28: Plastic granulate secondary (low metal contamination)
Incenerimento tessili (indifferenziato)	p-agg	EU-28: Textiles in municipal waste incineration plant
Discarica	p-agg	EU-28: Municipal solid waste on landfill

Il rifiuto plastico da confezionamento si assume venga tutto inviato a riciclo mentre il rifiuto da tessile è considerato come indifferenziato e si assume venga smaltito in tre scenari: termovalorizzazione, deposito in discarica e TMB (Regione Piemonte).

L'individuazione dei processi produttivi, delle risorse e dei materiali presenti nel dataset è seguita da ricerche mirate per la modellazione dei singoli articoli consumabili impiegati nel servizio.

Nei paragrafi seguenti vengono presentati gli approfondimenti svolti per ottenere i valori numerici relativi all'unità funzionale dei prodotti, utilizzati per l'implementazione della fase *upstream* del modello.

#### 4.5.2 Approfondimento sui prodotti chimici per le pulizie: la loro modellazione in uno studio LCA

In questa fase si studiano i prodotti e le attrezzature effettivamente impiegate dall'azienda per svolgere il servizio di pulizia presso il Politecnico di Torino.

Per questa operazione si analizzano le schede tecniche e le schede di sicurezza fornite dall'impresa per la valutazione delle effettive composizioni dei prodotti utilizzati.

Le schede di sicurezza di ciascun prodotto riportano le sostanze ritenute pericolose per la salute e gli intervalli di concentrazione percentuali in cui sono presenti nel prodotto.

Assumendo che ciascun composto chimico sia costituito da principio attivo, coformulanti ed acqua e che nella scheda di sicurezza siano riportati i composti pericolosi e la restante percentuale non indicata sia acqua si può stimare con un buon intervallo di confidenza la effettiva composizione del prodotto analizzato. Tali considerazioni sono valide se il prodotto considerato non contiene quantità importanti di sostanze organiche, in questo caso la composizione espressa nella scheda di sicurezza può non essere rappresentativa.

Per attuare la distinzione tra principi attivi e coformulanti si svolgono attività di ricerca in internet (Ho Tan Tai, Nardello-Rataj, 2001; Ministero della salute, 2004; Kazi et al. 2010; Singh, Lim Hui



Mei, 2015; Babajanzadeh et al. 2019) anche utilizzando il portale ECHA tramite inserimento del numero CAS della sostanza per studiarne le caratteristiche.

Il principio attivo costituisce l'agente pulente mentre i coformulanti sono sostanze chimiche addizionate ai principi attivi per migliorarne le caratteristiche chimico-fisiche, favorirne l'attività e limitarne gli effetti negativi (Ministero della salute, 2004).

I due principali coformulanti sono i tensioattivi (o surfattanti) e i sequestranti.

- I tensioattivi rimuovono lo sporco diminuendo la tensione superficiale dell'acqua ed aumentando la bagnabilità dello sporco. Facilitano la rimozione dello sporco dalla superficie mantenendolo in sospensione nella soluzione evitando che, una volta rimosso, si ridepositi.

Esistono quattro categorie di tensioattivi:

- anionici: con carica elettrostatica negativa e maggiormente diffusi. Hanno elevato potere schiumogeno e sono adatti a tutti i tipi di sporco. Sono usati nei detersivi per il bucato, per il lavaggio delle stoviglie a mano e per la pulizia della casa;
  - non ionici: non hanno carica elettrostatica e sono particolarmente efficaci sugli sporchi di natura grassa. Sono impiegati generalmente nei prodotti per il bucato, nei detersivi da lavastoviglie e nei coadiuvanti di lavaggio;
  - cationici: hanno carica elettrostatica positiva. Costituiscono principalmente gli ammorbidenti e meno frequentemente i detersivi per il bucato;
  - anfoteri: assumono carica diversa a seconda della soluzione in cui si trovano. Sono limitatamente utilizzati ma per la loro delicatezza, stabilità e potere schiumogeno vengono impiegati nei detersivi per stoviglie.
- I sequestranti invece hanno la funzione di favorire le prestazioni dei tensioattivi, diminuendo la durezza dell'acqua e aiutando a trattenere lo sporco in soluzione. Sono però causa di eutrofizzazione dunque il loro impiego è limitato.

Per la determinazione della natura delle sostanze considerate, ed in particolare per i principi attivi, è necessario tenere in considerazione la natura del prodotto di pulizia.

Sono esempi di principi attivi disinfettanti i sali di ammonio quaternari, il perossido d'idrogeno ( $H_2O_2$ ), l'ipoclorito di sodio o acido ipocloroso, l'acido peracetico, la triammina, l'acido lattico e il bifenil-2-olo (Ho Tan Tai, Nardello-Rataj, 2001; Ministero della salute, 2004; Kazi et al. 2010; Singh, Lim Hui Mei, 2015; Babajanzadeh et al. 2019).

Una volta identificata la categoria d'appartenenza di ciascuna sostanza presente nelle schede di sicurezza si ricercano gli specifici composti chimici nel dataset GaBi Professional.

#### *4.5.2.1 Modellazione dei composti chimici*

Si stila in un foglio Excel la lista dei prodotti utilizzati dall'azienda e la composizione chimica di ciascuno.

Per ciascuna sostanza viene indicato l'intervallo di concentrazione riportato nella scheda di sicurezza e viene selezionata la concentrazione assunta per il caso studio espressa in percentuale, ossia il valore dell'intervallo. È fondamentale specificare che in quest'analisi si prendono in considerazione le sole sostanze presenti nelle schede di sicurezza e si esclude l'acqua. Si assume inoltre che il valore di 1 l di prodotto consumato sia equivalente ad 1 kg di prodotto.

Per ciascun prodotto sono stati forniti dall'azienda i dati primari relativi al consumo di detergente in litri e di imballaggio in kilogrammi.

Sulla base di tali dati e dei valori percentuali di concentrazione assunti si ottiene il valore di litri consumati per ciascuna componente chimica indicata nella scheda di sicurezza.

Sulla base delle considerazioni sulla natura dei composti fatte al paragrafo 4.5.2 ciascuna sostanza viene assegnata ad una categoria tra principio attivo, tensioattivo, sequestrante o solvente (Ho Tan Tai, Nardello-Rataj, 2001; Ministero della salute, 2004; Kazi et al. 2010; Singh, Lim Hui Mei, 2015; Babajanzadeh et al. 2019).

Inoltre, nella tabella viene indicata la presenza del composto nel dataset.

Figura 23-Tabella dei prodotti chimici in cui sono indicati la composizione del prodotto, l'intervallo di concentrazione in percentuale da scheda tecnica, la concentrazione percentuale assunta e il quantitativo di composto chimico espresso in litri con formattazione condizionale per facilitare la comprensione del contributo di ciascun composto, le caratteristiche del composto chimico e la presenza della sostanza nel dataset GaBi

PRODOTTO	COMPONENTI SDS-ST	Intervallo concentrazione %	% assunta	Litri	Caratteristiche	Presenza dataset
DB9	Acido cloridrico	5-10%	7,5%	1,07	Principio attivo az. Disincr.	DB GABI
	Cloruro di esadeciltrimetilammonio	0-1%	0,5%	0,07	Principio attivo az. Disinf. - surfattate	
	Ethanol, 2,2'-iminobis-, N-tallow alkyl derivs	0,1-1%	0,5%	0,07	Agente antistatico-surfattante	
DM45	2-butossietanolo (2-butoxyethanol)	5-9%	7,5%	0,39	Principio attivo az. Sgrass.	
	2-(2-BUTOSSIETOSSI)ETANOLO [2-(2-butoxyethoxy)ethanol]	1-5%	3,0%	0,16	Princ. Attivo - Solvente inchiostro	
	2-propanolo	1-5%	3,0%	0,16	Principio attivo az. Sgrass.-Solvente	DB GABI
	etanolamina	0,5-1%	0,8%	0,04	Surfattante	
	acetone	0-0,5%	0,3%	0,01	Solvente	DB GABI
	2-(4-METHYLCYCLOHEX-3-EN-1-YL)PROPAN-2-OL (terpineol)	0,1-0,5%	0,3%	0,02	Profumo	
	1-METOSSI-2-PROPANOLO	0-0,5%	0,3%	0,01		
DB 3 ECO	ALCOHOL ETHOXYLATED C12/15	9-30%	19,5%	0,5265	Surfattante	DB GABI
	Methanesulfonic Acid	1-3%	1,5%	0,0405	Principio attivo	
	Quaternary C12-14 alkyl methyl amine ethoxylate methyl chloride	1-3%	2,0%	0,054	Principio attivo	
DM 40 ECO	2-butossietanolo	10-20%	15,0%	0,12	Surfattante	
	2-propanolo	10-20%	15,0%	0,12	Principio attivo	DB GABI
	3-BUTOSSI-2-PROPANOLO (1-butoxypropan-2-ol)	10-16%	13,0%	0,104	sgrassatore per superfici delicate	
	1-METOSSI-2-PROPANOLO	1-5%	3,0%	0,024	Principio attivo	
	ACIDO FOSFORICO (orto fosforico)	0,01-0,02%	0,015%	0,00012		DB GABI
P 11 ECO	2-butossietanolo	7,5-10%	8,8%	0,290	Surfattante	
	2-propanolo	3-5%	4,0%	0,132	Principio attivo	DB GABI
	Undecanol, branched and linear and Isotridecanol, ethoxylated (>= 2.5 moles EO)	3-5%	4,0%	0,132	Non è una sostanza chimica base identificabile con CAS. Infatti non ne è provvista.	
	1-METOSSI-2-PROPANOLO	0,35-0,4%	0,375%	0,012		
	terpineolo	0,3-0,35%	0,325%	0,011	Profumo	
	(R)-P-menta-1,8-diene	0,3-0,35%	0,317%	0,010		
	Linalool	0,2-0,25%	0,225%	0,007		
	Citral	0,15-0,2%	0,175%	0,006		
	Eugenol	0,15-0,2%	0,175%	0,006		
	Linalyl acetate	0,15-0,2%	0,175%	0,006		
	PENTYL SALICYLATE AND 2-METHYL BUTYL SALICYLATE	0,1-0,15%	0,125%	0,004		
	DIPROPILEN GLICOL MONOMETILETERE	0,1-0,15%	0,125%	0,004		
	Metanolo	0-0,05%	0,025%	0,001		
TEX TENSIO	Alcol etossilato	5-15%	10,0%	0,270	Surfattante	DB GABI
	Solfato lauriletossilico (3EO), sale sodico	0-5%	2,5%	0,067	Surfattante	
	alcol etossilato	0-5%	2,5%	0,067	Surfattante	DB GABI
	Potassium cocoate 38	0-5%	2,5%	0,067	Principio attivo	
	1,3,4,6,7,8-esaidro-4,6,6,7,8,8-esametillinden[5,6-c]pirano, galaxolide, (HHCB)	0-1%	0,5%	0,013		
TEX O2	perossido d'idrogeno	35%	30,0%	0,036	Principio attivo	DB GABI
TEX ALKA	Idrossido di sodio	0-30%	15,0%	0,647	Surfattante	DB GABI
	2-fosfonobutano-acido 1,2,4 tricarbossilico	0-5%	2,5%	0,108	surfattante	

Il peso complessivo relativo al periodo di campionamento di un mese, ottenuto dalla somma dei quantitativi di prodotti chimici consumati e di rifiuto da imballaggio, risulta pari a 39,26 kg.

Valutando per ciascuna sostanza individuata nelle schede di sicurezza i litri consumati e la presenza nel dataset GaBi, si calcola il quantitativo di componenti chimiche per cui esistono processi effettivamente disponibili in GaBi per la modellazione. Si ottiene un valore pari a 3,8123 l rispetto ad un valore complessivo di 5,6629 l corrispondente alla somma di tutte le sostanze riportate nelle schede di sicurezza dei prodotti.

Per sottrazione si ricava il *gap*, ossia la mancanza, di processi modellabili nel software pari a 1,8506 l (o kg).

Figura 24- Tabella dei quantitativi, espressi in kg, di sostanze presenti nella scheda di sicurezza: il valore complessivo, sostanze presenti nel dataset GaBi e sostanze assenti (*gap*)

TOTALE SOSTANZE DA SCHEDE DI SICUREZZA (l)	5,6629
PRESENTI DB GABI (l)	3,8123
ASSENTI DB GABI (l)	1,8506

#### 4.5.2.2 Criticità e possibili soluzioni per la rappresentatività nel modello dei composti chimici

La principale difficoltà risulta la modellazione nel software GaBi dei componenti chimici dei prodotti di pulizia assenti nel dataset, molti dei quali presenti in quantità esigue oppure particolarmente specifici e dunque difficili da reperire.

La mancata modellazione di un quantitativo importante di sostanze impedirebbe la valutazione coerente dell'impatto del ciclo di vita del servizio e dunque risulta fondamentale per il caso studio trovare una soluzione all'assenza dei composti nel dataset.

Si sviluppano tre ipotesi per la risoluzione della criticità riscontrata:

- individuare nel dataset GaBi i processi mancanti, rispettando le regole di *cut-off* ed esclusione, raggiungendo la soglia necessaria alla copertura del 99% del peso complessivo di prodotti ed imballaggi;
- utilizzare dati generici selezionati o *proxy*: individuare, sulla base degli studi di letteratura (Ho Tan Tai, Nardello-Rataj, 2001; Ministero della salute, 2004; Kazi et al. 2010; Singh, Lim Hui Mei, 2015; Babajanzadeh et al. 2019), composti chimici equivalenti o con caratteristiche simili a quelli mancanti in modo da raggiungere la soglia prefissata oppure individuare un prodotto di pulizia con caratteristiche analoghe ad uno con numerosi processi mancanti e sostituirlo con quest'ultimo;

- ricostruire i composti chimici con processi mancanti, anche a partire dalla reazione chimica di sintesi (come fatto per l'etanolamina).

Si applica la prima opzione per valutare il grado di copertura raggiunto con la soluzione più semplice.

Sulla base delle indicazioni della PCR e delle considerazioni fatte nel paragrafo 4.5.2.1, si esclude dall'analisi l'1% del peso del prodotto finito, includendo nel conteggio anche il peso del packaging (EPD International AB, 2019a).

La formula seguente rappresenta l'affermazione soprastante:

$$\sum_{i,j} c_{i,j} \cdot P_j < 1\% \cdot \sum_j PI_j$$

*i* i-esimo componente chimico

*j* j-esimo prodotto

*c* componente chimico

*p* prodotto consumato

*PI* prodotto con imballaggio

La sommatoria dei pesi dei composti chimici mancanti, esclusi di imballaggio, non deve superare l'1% del peso complessivo dei composti chimici e il loro packaging.

Rispetto al peso complessivo di prodotti e imballaggi consumati si calcola il peso in kg dei composti trascurabili per operazioni di *cut-off* o esclusione, pari all'1% di 39,26 kg, ottenendo 0,3926 kg. Questo valore si sottrae a quello dei composti chimici non presenti nel dataset, pari a 1,8506 kg, ottenendo 1,4581 kg che rappresenta i kg di prodotti chimici assenti nel dataset ma che, per rispettare le indicazioni della PCR, dovrebbero essere inclusi nell'analisi in quanto non soggetti a criteri di *cut-off* o di esclusione.

Si deve dunque ricorrere all'utilizzo di dati generici selezionati e *proxy* per coprire i *gap* residui.

Per la scelta dei composti da sostituire si selezionano preferibilmente le sostanze quantitativamente più rilevanti, ossia corrispondenti ai “*gap* più grandi”, tenendo conto anche della tipologia qualitativa dei composti (ad esempio dando la precedenza ai principi attivi).

Sulla base della natura chimica si individuano per similitudine i possibili sostituenti presenti nel dataset (Ho Tan Tai, Nardello-Rataj, 2001; Ministero della salute, 2004; Kazi et al. 2010; Singh, Lim Hui Mei, 2015; Babajanzadeh et al. 2019).

L'alcol etossilato, ad esempio, essendo un tensioattivo non ionico viene utilizzato come alternativa per numerosi tensioattivi della medesima natura; il 2-propanolo (o isopropanolo), un solvente ad azione sgrassante, viene utilizzato come sostituito per solventi in prodotti della stessa tipologia. In questo modo si raggiunge una copertura pari a 1,357 kg dei 1,458 kg inizialmente mancanti.

Figura 25- Tabella della copertura dei gap (kg) con l'uso di dati generici e proxy indicante la percentuale corrispondente al valore di copertura raggiunto considerando pari a 100% il valore complessivo da coprire

	kg	%
Da coprire	1,458	100%
Copertura equivalenti con buona confidenza	1,357	93,10%

Figura 26- Tabella della copertura dei gap con l'uso di dati generici e proxy in cui sono indicate, rispettando il codice colore della tabella 25, le percentuali corrispondenti ai pesi in kg

Percentuale da coprire	Percentuale coperta	Residuo non coperto	1%PI+residuo
3,7%	3,5%	0,3%	1,3%

Applicando questa metodologia rimane complessivamente non coperto l'1,26% dei composti rispetto al 1% indicato dalla PCR.

Il rimanente 0,26% di sostanze risulta difficilmente rintracciabile tramite dati generici selezionati e dati *proxy*, si valuta pertanto l'applicazione della terza ipotesi, ossia la ricostruzione del processo di sintesi del composto mancante a partire dai precursori (Righi et al. 2011; 2018; 2019).

Per la realizzazione di questa opzione è necessario conoscere la stechiometria di reazione, l'energia di processo, i precursori e che questi siano presenti nel dataset GaBi Professional.

Vengono identificate tre sostanze potenzialmente adatte all'operazione di ricostruzione poiché apportanti un considerevole contributo quantitativo per il riempimento dei *gap*:

- 2-fosfonobutano-acido 1,2,4 tricarbossilico (PBTC);
- Cloruro di esadeciltrimetilammonio;
- Solfato lauriletossilico.

Tabella 19- Tabella delle sostanze chimiche mancanti e dei rispettivi contributi

Prodotti	Componenti	% assunta	litri prodotto consumati (kg)	contributo componente (kg)	Contributo totale (kg)
DB 9	Cloruro di esadeciltrimetilammonio (Cetrimonium chloride)	0,500%	14,25	0,07125	0,1425
	Ethanol, 2,2'-iminobis-, N-tallow alkyl derivs	0,500%	14,25	0,07125	
DM 45	2-butossietanolo (2-butoxyethanol)	7,500%	5,25	0,39375	0,6195
	2-(2-BUTOSSIETOSSI)ETANOLO [2-(2-butoxyethoxy)ethanol]	3,000%	5,25	0,16	
	etanolamina	0,750%	5,25	0,039375	
	2-(4-METHYLCYCLOHEX-3-EN-1-YL)PROPAN-2-OL (terpineolo)	0,300%	5,25	0,01575	
	1-METOSI-2-PROPANOLO	0,250%	5,25	0,013125	
DB 3 ECO	Methanesulfonic Acid	1,500%	2,7	0,0405	0,0945
	Quaternary C12-14 alkyl methyl amine ethoxylate methyl chloride	2,000%	2,7	0,054	
DM 40 ECO	2-butossietanolo	15,000%	0,8	0,12	0,248
	3-BUTOSSI-2-PROPANOLO (1-butoxypropan-2-ol)	13,000%	0,8	0,104	
	1-METOSI-2-PROPANOLO	3,000%	0,8	0,024	
P 11 ECO	2-butossietanolo	8,750%	3,31	0,289625	0,4896152
	Undecanol, branched and linear and Isotridecanol, ethoxylated (>= 2.5 moles EO)	4,000%	3,31	0,1324	
	1-METOSI-2-PROPANOLO	0,375%	3,31	0,0124125	
	terpineolo	0,325%	3,31	0,0107575	
	(R)-P-menta-1,8-diene	0,317%	3,31	0,0104927	
	Linalool	0,225%	3,31	0,0074475	
	Citral	0,175%	3,31	0,0057925	
	Eugenol	0,175%	3,31	0,0057925	
	Linalyl acetate	0,175%	3,31	0,0057925	
	PENTYL SALICYLATE AND 2-METHYL BUTYL SALICYLATE	0,125%	3,31	0,0041375	
	DIPROPILEN GLICOL MONOMETILETERE	0,125%	3,31	0,0041375	
	Metanolo	0,025%	3,31	0,0008275	
TEX TENSIO	Solfato lauriletossilico (3EO), sale sodico	2,500%	2,7	0,0675	0,1485
	Potassium cocoate 38	2,500%	2,7	0,0675	
	1,3,4,6,7,8-esaidro-4,6,6,7,8,8-esametillinden[5,6-c]pirano, galaxolide, (HHCB)	0,500%	2,7	0,0135	
TEX ALKA	2-fosfonobutano-acido 1,2,4 tricarbossilico	2,500%	4,32	0,108	0,108

Si svolgono ricerche in rete per determinare le informazioni necessarie alla ricostruzione dei processi (Shelton, 1942; Hunter, 1974; Holzner et al. 1997) e si controlla la presenza nel dataset GaBi dei precursori, i quali risultano per la maggior parte assenti.

Si vaglia l'ipotesi di utilizzare processi presenti in estensioni del dataset acquistabili ma i precursori individuati risultano estremamente rari o presenti in quantità talmente esigue da non giustificare la scelta.

Per questi motivi si esclude la ricostruzione dei composti considerati per raggiungere la soglia di copertura prevista dalla PCR.

Tale operazione viene svolta invece per il composto etanolamina, che non costituisce una sostanza quantitativamente preponderante per la copertura dei *gap* ma presenta i precursori nel dataset. Studiando il brevetto del processo di sintesi (Willis, Henry, 1982; Marvin, 2018) si determinano le informazioni necessarie alla modellazione e si ricostruisce il processo. In questo modo si evita di utilizzare un composto sostituto con caratteristiche simili a quello ricercato.

I valori calcolati sulla base delle considerazioni soprastanti, presentati nel paragrafo 5.3.1, permettono di modellare ciascun prodotto detergente inserendo nel software i valori unitari elaborati sulla base delle percentuali di composizione ottenute e delle dimensioni dell'imballaggio.

#### 4.5.3 Approfondimento e modellazione dei prodotti tessili

Similmente a quanto fatto per i prodotti chimici, per gli articoli tessili vengono analizzate le schede tecniche al fine di calcolare i contributi in peso dei componenti principali: cotone, poliammide e poliestere (o polipropilene), quando presenti.

Se non determinato in uno studio precedente, per ciascuno dei materiali si svolge un'indagine di letteratura (van der Velden et al. 2014; Strand, 2015) con lo scopo di conoscere il processo produttivo, ed in seguito si svolge la ricerca dei processi disponibili nel dataset GaBi Professional.

I valori di composizione forniti dalle schede tecniche, a differenza di quanto avviene nelle schede di sicurezza dei detersivi, non vengono espressi con intervalli ma con valori univoci. Risulta però necessario in molti casi lo svolgimento di calcoli per la conversione dell'unità di misura utilizzata nella scheda tecnica (ad esempio kg/m oppure kg/m<sup>2</sup>) a quella utilizzata nel software (kg). Una volta fatta la trasformazione, sulla base del peso dell'articolo indicato dalle schede tecniche, si calcolano gli apporti delle componenti in kg.



Figura 27- Esempio di tabella di calcolo per i prodotti tessili. Sono riportate le conversioni da g/m a kg ed i rispettivi valori in peso calcolati per ciascuna componente in materiale differente utilizzati in GaBi al momento della modellazione

Nella scheda tecnica i rapporti tra i materiali delle varie componenti vengono espressi in g/m e non rispetto al peso complessivo dell'articolo.

**Peso complessivo (kg)** 0,315

Dati scheda tecnica	filato	supporto	tasche	fettuccina
g/m	0,118	95	56	10
kg/m	0,000118	0,095	0,056	0,01

**kg/m complessivi** 0,161118

Contributo % rispetto kg/m complessivi	filato	supporto	tasche	fettuccina
	0,07%	58,96%	34,76%	6,21%

Contributo in peso sul complessivo (kg)	filato	supporto	tasche	fettuccina
	0,0002	0,1857	0,1095	0,0196

	Composizione % componenti				Contributo in peso componenti (kg)			
	filato	supporto	tasche	fettuccina	filato	supporto	tasche	fettuccina
COTONE tipo 1 (vergine)	0%	100%	100%	70%	0	0,185733438	0,109485	0,013685622
COTONE tipo 2 (rigenerato)	70%	0%	0%	0%	0,00016149	0	0	0
POLIESTERE (PET)	30%	0%	0%	30%	6,92101E-05	0	0	0,005865266
NYLON	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0

	%
COTONE tipo 1 (vergine)	98%
COTONE tipo 2 (rigenerato)	0%
POLIESTERE (PET)	2%
NYLON	0%

Si escludono inoltre, alcune parti di prodotto poco rilevanti ai termini dello studio come le parti in plastica, l'imballaggio e le componenti dell'articolo di peso ridotto. Ad esempio, per una frangia tessile in microfibra per pavimenti, non vengono conteggiati l'occhiello di presa, il supporto ed il filo di cucitura nel ricambio.

Si ottengono in questo modo i valori unitari di composizione di ciascun articolo in kg pronti all'inserimento nel software e riportati al paragrafo 5.3.1.

Tabella 20- Tabella degli articoli tessili utilizzati nel cantiere completa di pesi in kg tratti dalle schede tecniche

Articolo	Peso singolo articolo (kg)	Peso singolo articolo - arrotondamento (kg)	Nomi GaBi
PANNO MICROFIBRA	0,0363	0,036	panno m/fibra
RICAMBIO SCOPA NORMALE	0,315	0,315	ricambio scopa (bandiere)
MOP	0,200	0,200	MOP
PEZZAME BIANCO LENZUOLATO	1,000	1,000	pezzame
RICAMBIO FRANGIA MICROFIBRA	0,083	0,080	double microbeta (pannetti wc)

## 4.6 Metodo di valutazione degli impatti del ciclo di vita - LCIA

La fase di *Life Cycle Impact Assessment* consiste nell'assegnazione dei dati raccolti nella fase di inventario ad una o più categorie d'impatto selezionate perché rilevanti per lo studio. Si ottengono in questo modo i carichi ambientali correlati a ciascuna categoria considerata.

La categoria d'impatto scelta per la valutazione del caso studio è *GWP100 Fossil*, ossia il *Global Warming Potential* derivante da fonti fossili calcolato su un periodo di 100 anni. Si tratta di una categoria d'impatto sviluppata dalla IPCC che esprime gli impatti sul riscaldamento globale in termini di CO<sub>2</sub> equivalente (kg CO<sub>2</sub> eq.) per qualsiasi gas serra comparandone l'effetto a quello dell'anidride carbonica, che ha GWP convenzionalmente pari a 1.

Il valore dell'indicatore si ottiene moltiplicando le emissioni del gas serra per il corrispondente fattore di caratterizzazione, ossia il GWP (potenziale di riscaldamento globale). Il calcolo può essere applicato a qualunque gas serra in atmosfera di cui si conosca l'entità dell'emissione e il corrispondente fattore di caratterizzazione esprimendo il potenziale di riscaldamento globale nella unità comune di categoria, il kg CO<sub>2</sub> eq.

La categoria d'impatto selezionata viene spesso associata al calcolo della *carbon footprint* di un prodotto, in particolare per quanto espresso nello standard internazionale ISO 14067 che ne prevede l'impiego, per il caso studio però l'adozione della categoria non è correlata al calcolo dell'impronta di carbonio, bensì ad utilizzarne solo l'indicatore associato.

## 5 Risultati e discussione

### 5.1 Implementazione del modello nel software GaBi: il Servizio di Pulizia presso il Politecnico di Torino, Sede Mirafiori

Il risultato degli studi e degli approfondimenti dei capitoli precedenti è il modello analitico qui presentato per la valutazione del ciclo di vita del servizio di pulizia svolto presso il Politecnico di Torino dalla cooperativa L'Operosa.

Sulla base della struttura metodologica realizzata per ciascuna fase del ciclo di vita, si utilizzano per la valutazione i dati primari forniti dall'azienda, ricavati tramite campionamento diretto (es. quantità

di prodotti e attrezzature per la pulizia utilizzati, consumi in termini di energia elettrica e acqua) e dati secondari, selezionati e *proxy*, individuati in precedenza nel dataset GaBi Professional.

Per rispecchiare la struttura del modello delineata si utilizza il software GaBi per la realizzazione di un plan principale contenente i processi relativi alle tre fasi del servizio descritte dalla PCR: *upstream*, *core* e *downstream*.

Ciascuna sezione è caratterizzata dalla presenza di processi, ricorrenti o specifici della fase considerata, tra loro connessi tramite flussi di materia ed energia. Il singolo micro-processo contiene l'informazione relativa all'unità funzionale considerata: un singolo articolo.

In generale, i micro-processi fanno riferimento ad un livello organizzativo più elevato all'interno del software: il riferimento dell'intero modello è rappresentato dal processo di erogazione del servizio, situato nella fase *core*, che rappresenta i consumi reali di prodotti e risorse campionati presso il Politecnico e determina dunque i consumi di ciascun processo a monte o a valle rispetto a quello di riferimento.

## 5.2 Goal and scope definition del modello

Il modello costituisce a tutti gli effetti un esempio di studio LCA, per questo motivo si seguono le linee guida degli standard internazionali ISO 14040 e 14044 (si veda il paragrafo 2.3) per l'identificazione di *goal* e *scope*.

### 5.2.1 Goal: l'obiettivo dello studio

Lo studio viene realizzato su richiesta della cooperativa L'Operosa, un'impresa specializzata in pulizie professionali, e ha come obiettivo la verifica e il confronto degli impatti ambientali derivanti dalla sostituzione del protocollo attualmente in uso presso il cantiere, detto BAU (*Business As Usual*) con protocolli migliorativi Ecolabel (Base e Top). La valutazione dei carichi ambientali, ed in particolare l'individuazione delle fasi e dei processi maggiormente impattanti, consentirebbe alla cooperativa di dimostrare come un protocollo Ecolabel possa generare maggiori benefici ambientali, ed eventualmente economici, soddisfacendo così con maggiore efficacia i requisiti previsti dal GPP (*Green Public Procurement*).

### 5.2.2 Scope: l'ambito dello studio

L'unità funzionale a cui si fa riferimento è *1 m<sup>2</sup> di superficie mantenuto pulito in un mese* che viene scelta sulla base del periodo di campionamento svolto nella sede di erogazione del servizio, discostandosi dalle indicazioni della PCR di settore vigente, che prevederebbe come riferimento temporale l'annualità.

Il sistema risulta essere del tipo *from-cradle-to-grave* poiché i confini includono tutte le sei tradizionali fasi del ciclo di vita di un prodotto: estrazione delle materie prime, trasformazione di queste in materiali, lavorazione del prodotto finito, distribuzione, fase d'uso e fine vita del prodotto.

Il sistema risulta suddiviso in tre sezioni che raggruppano le fasi descritte sopra:

- *upstream process* che include i processi dall'estrazione delle materie prime alla lavorazione del prodotto finito e la distribuzione;
- *core process* che rappresenta la fase d'uso;
- *downstream process* in cui viene trattato il fine vita dei prodotti.

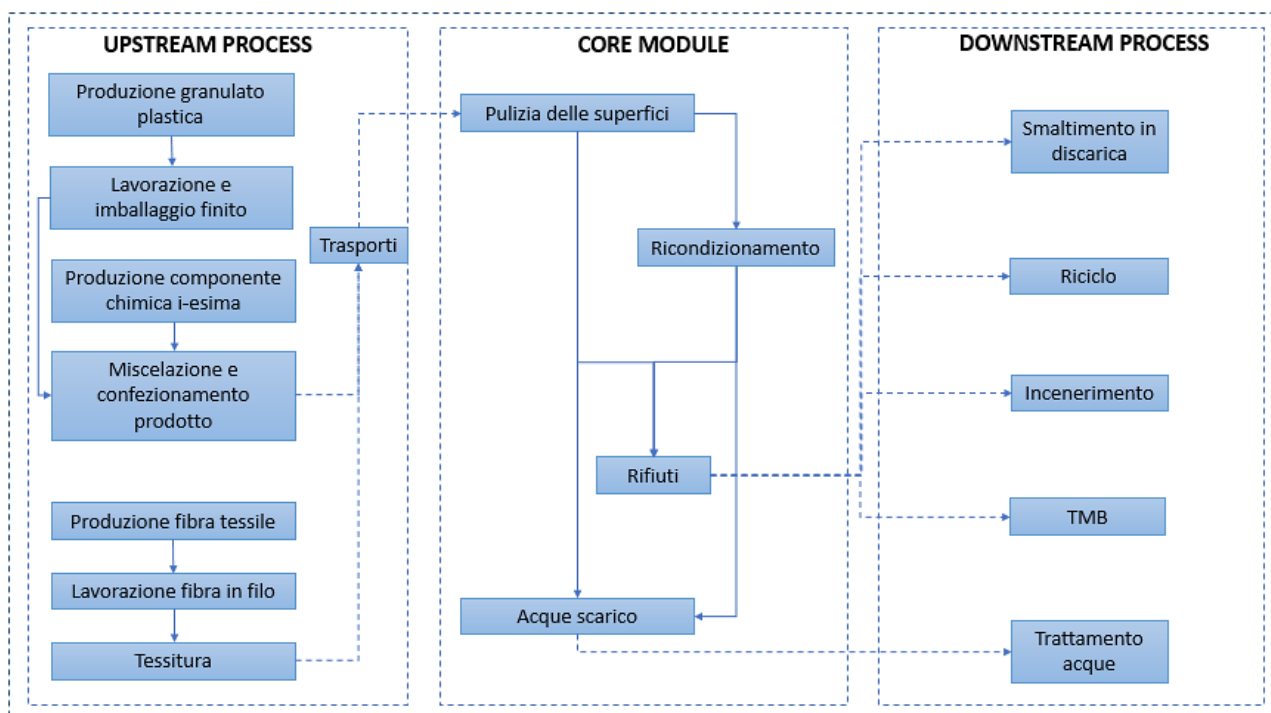


Figura 28- Rappresentazione del sistema

L'applicazione del modello agli scenari è limitata dalla disponibilità di dati primari ottenuti tramite campionamento presso il sito di erogazione del servizio, il Politecnico di Torino – Sede Mirafiori.

Il campionamento dei quantitativi di prodotti ed articoli per la pulizia, acqua, energia elettrica e termica, carburante vengono svolti per un mese durante il periodo di svolgimento delle lezioni per valutare il consumo di risorse in un normale periodo di frequenza dell'edificio. Sono esclusi dal periodo di campionamento le sessioni di esame e i periodi di vacanza.

La situazione sanitaria di pandemia da Covid-19 ha determinato un ostacolo al campionamento a causa della ridotta frequenza da parte di studenti e personale universitario e per l'impiego di prodotti di pulizia differenti da quelli consueti, basati su una funzione disinfettante biocida.

Una seconda ma non meno importante limitazione allo studio è determinata dalla natura varia dei composti chimici: poiché i composti chimici sono molteplici e ne vengono immesse sul mercato grandi quantità in maniera continuativa mancano, nel dataset del software, molti dei processi produttivi (Righi et al. 2019). Tale aspetto influenza non poco il lavoro dello studio perché rende necessaria la sostituzione di composti con altri aventi caratteristiche simili presenti nel dataset oppure la modellazione dei processi mancanti *ad hoc*.

Inoltre, la difficoltà nel reperire dati primari comporta il ricorso a dati secondari che determinano una stima degli impatti alterata rispetto a quella reale.

Rispetto alla qualità dei dati, come detto sopra e nei capitoli precedenti, i dati primari sono stati forniti dalla cooperativa e dai produttori e sono stati raccolti nel periodo di un mese presso il sito di erogazione del servizio. Si tratta di valori reperibili consultando i contatori della sede Mirafiori oppure i quantitativi di detersivi o articoli tessili consumati o ancora di rifiuto prodotto nel periodo considerato.

Per la fase di *upstream* si segnala una carenza di dati primari relativa ai consumi energetici di miscelazione e confezionamento dei prodotti per la lavanderia e per la produzione degli articoli in tessuto. Si ricorre dunque a dati secondari.

I dati generici selezionati e *proxy* sono derivanti dal dataset GaBi Professional e dalle analisi di letteratura svolte su articoli scientifici e schede tecniche, soprattutto relativamente al settore tessile e alle schede di sicurezza per i composti chimici. I dati generici e *proxy* vengono selezionati secondo i criteri indicati al paragrafo 4.5.

Per la valutazione dei carichi ambientali, come detto sopra si ricorre all'uso della categoria d'impatto *GWP 100 fossil*. I valori di emissioni corrispondenti alle varie fasi e processi vengono correlati tra loro a formare delle categorie d'interesse tramite operazione di *grouping* applicata al termine della fase di modellazione. In questo modo è facilitata l'individuazione di fasi e processi maggiormente impattanti e la loro comparazione tra fasi anche all'interno della medesima categoria.

### 5.3 Fase Upstream

La fase di *upstream* secondo quanto previsto dalla versione 2.1 della PCR include tutti i processi necessari alla produzione di macchinari e attrezzature ed i trasporti coinvolti nel loro svolgimento.

Come descritto nel paragrafo 4.3, per lo studio ci si discosta dai processi suggeriti e si sceglie di tenere conto della produzione della componente tessile, della produzione dei prodotti chimici detergenti, della produzione d'imbballaggi e dei trasporti, facenti parte della fase *core* secondo la versione della PCR di riferimento.

L'esclusione dei processi "convenzionali" e la loro sostituzione con processi di produzione di beni consumabili nella fase di *upstream* sono state attuate in modo da raggruppare in un unico blocco tutti i processi produttivi ritenuti fondamentali per il caso studio.

I processi di produzione e trasporto dei beni durevoli come lavatrici ed altri macchinari, inclusi dalla prima versione della PCR, sono stati esclusi dai confini del sistema poiché non coincidenti con gli obiettivi dello studio.

La lavatrice, ad esempio, è considerata un macchinario e l'impatto relativo alla produzione, come detto prima eventualmente collocato nella fase di *upstream*, viene escluso dal blocco poiché non ritenuto un processo connesso allo scopo dello studio: evidenziare i benefici ambientali di una diversa fornitura compatibile con criteri Ecolabel. Idealmente, potrebbe essere inclusa in questa fase la sostituzione della lavatrice con un modello più efficiente, ma non ne sarebbe incluso il processo di produzione.

Un analogo ragionamento è stato fatto per le attrezzature come i carrelli: il beneficio ambientale si otterrebbe eventualmente dalla sostituzione del modello attuale con uno maggiormente adatto ai prodotti (articoli tessili) sostitutivi, attuando un miglioramento delle prestazioni in ottica di servizio erogato e consumi, ma il processo produttivo del carrello non sarebbe strettamente utile al raggiungimento dello scopo dello studio.

I processi effettivamente interessati da una sostituzione della fornitura sarebbero gli articoli per la pulizia come ad esempio i detergenti, per i quali il miglioramento in termini ambientali sarebbe rilevante sia per l'aumentata qualità del prodotto sia poiché il confezionamento ridotto e il minor peso dell'articolo inciderebbe sulla produzione di rifiuti e sui trasporti, in particolare sul volume e sul peso del prodotto da trasportare, comportando un minor uso di carburante.

### 5.3.1 Modellazione nel software GaBi

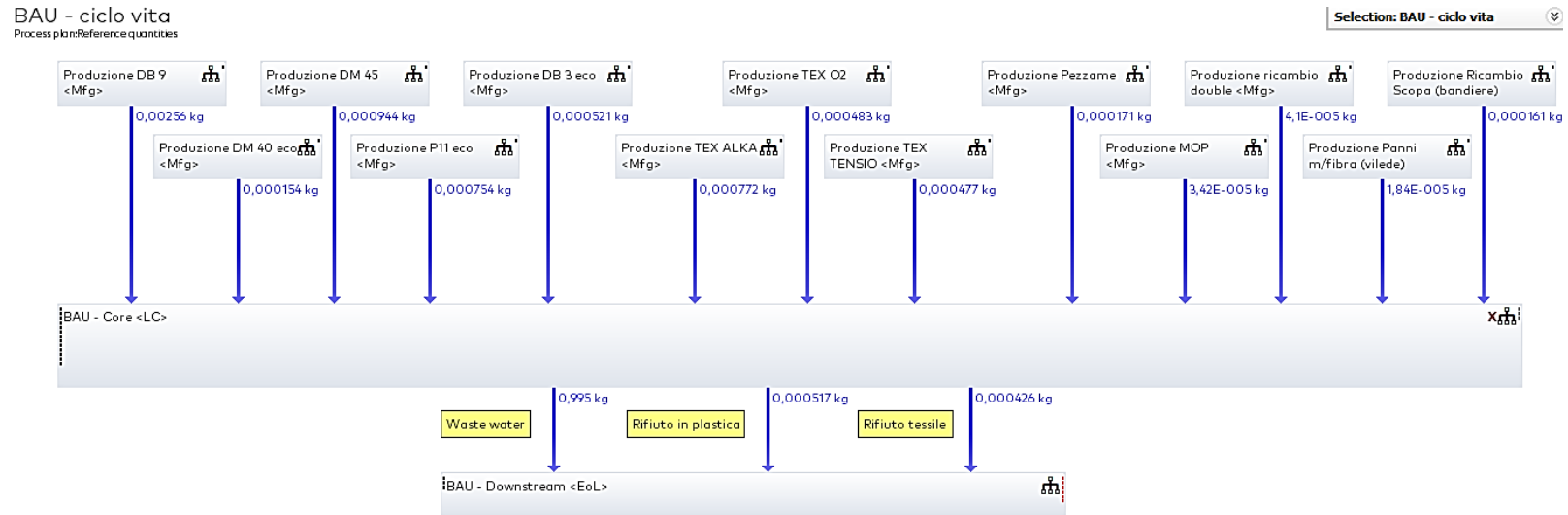


Figura 29- Il plan "BAU - ciclo vita"

I sotto-paragrafi 4.5.2 e 4.5.3 contengono le informazioni sugli approfondimenti e le rielaborazioni dei dati necessari alla fase di modellazione nel software qui descritta.

Le tabelle 21 e 22 ne riportano i risultati, ossia i dati relativi alla composizione di un'unità di ciascun prodotto detergente (in litri) e articolo tessile (in kg) impiegato nel cantiere.

Si ricorda che nello studio si assume 1 litro pari ad 1 kilogrammo.

*Tabella 21- Tabella dei dati unitari relativa ai prodotti chimici. Per la singola sostanza i colori verde e rosso indicano rispettivamente la presenza della sostanza o di un sostituto nel dataset, per il quantitativo della sostanza all'interno del prodotto viene applicata formattazione condizionale per mettere in evidenza il contributo rispetto al totale confezionato. Anche in questo caso le sostanze indicate in verde sono presenti nel dataset*

Prodotto	Composti	%	Confezionamento	Quantitativo nel prodotto confezionato (l)	Eventuali equivalenti selezionati
DB 9 UNICA	Acido cloridrico	7,5%	0,75	0,05625	
	Cloruro di esadeciltrimetilammonio	0,5%		0,00375	
	Ethanol, 2,2'-iminobis-, N-tallow alkyl derivs	0,5%		0,00375	Alcol etossilato
	Acqua	91,5%		0,68625	
DM 45 UNICA	2-butossietanolo (2-butoxyethanol)	7,5%	0,75	0,05625	Alcol etossilato
	2-(2-BUTOSSIETOSSI)ETANOLO [2-(2-butoxyethoxy)ethanol]	3,0%		0,0225	Alcol etossilato/2-propanolo
	2-propanolo	3,0%		0,0225	
	etanolamina	0,8%		0,005625	
	acetone	0,3%		0,001875	
	2-(4-METHYLCYCLOHEX-3-EN-1-YL)PROPAN-2-OL (terpineol)	0,3%		0,002250	
	1-METOSSI-2-PROPANOLO	0,3%		0,001875	2-propanolo
	Acqua	85,0%		0,637125	
DB 3 ECO UNICA	ALCOHOL ETHOXYLATED C12/15	19,5%	0,1	0,0195	
	Methanesulfonic Acid	1,5%		0,0015	
	Quaternary C12-14 alkyl methyl amine ethoxylate methyl chloride	2,0%		0,002	
	Acqua	77,0%		0,077	
P11 ECO UNICA	2-butossietanolo	8,8%	0,015	0,0013125	Alcol etossilato
	2-propanolo	4,0%		0,0006	
	Undecanol, branched and linear and Isotridecanol, ethoxylated (>= 2.5 moles EO)	4,0%		0,0006	Alcol etossilato
	1-METOSSI-2-PROPANOLO	0,4%		0,00005625	2-propanolo
	terpineolo	0,3%		0,00004875	
	(R)-P-menta-1,8-diene	0,3%		0,00004755	
	Linalool	0,2%		0,00003375	
	Citral	0,2%		0,00002625	
	Eugenol	0,2%		0,00002625	
	Linalyl acetate	0,2%		0,00002625	
	PENTYL SALICYLATE AND 2-METHYL BUTYL SALICYLATE	0,1%		0,00001875	
	DIPROPILEN GLICOL MONOMETILETERE	0,1%		0,00001875	
	Metanolo	0,0%		0,00000375	
	Acqua	81,2%		0,0121812	



DM 40 ECO UNICA	2-butossietanolo	15,0%	0,1	0,015	Alcol etossilato
	2-propanolo	15,0%		0,015	
	3-BUTOSSI-2-PROPANOLO (1-butoxypropan-2-ol)	13,0%		0,013	Alcol etossilato/2-propanolo
	1-METOSSI-2-PROPANOLO	3,0%		0,003	2-propanolo
	ACIDO FOSFORICO (orto fosforico)	0,0%		0,000015	
	Acqua	54,0%		0,053985	
TEX TENSIO UNICA	Alcol etossilato	12,5%	20	2,5	
	Solfato lauriletossilico (3EO), sale sodico	2,5%		0,5	
	Potassium cocoate 38	2,5%		0,5	
	1,3,4,6,7,8-esaidro-4,6,6,7,8,8-esametillinden[5,6-c]pirano, galaxolide, (HHCb)	0,5%		0,1	
	Acqua	82,0%		16,4	
TEX O2 UNICA	perossido d'idrogeno	30,0%	25	7,5	
	Acqua	70,0%		17,5	
TEX ALKA UNICA	Idrossido di sodio	15,0%	25	3,75	
	2-fosfonobutano-acido 1,2,4 tricarbossilico	2,5%		0,625	
	Acqua	82,5%		20,625	

Tabella 22- Tabella delle composizioni degli articoli tessili espressi in kg

TOTALE PESI SINGOLI ARTICOLI peso tot arrotondato (kg)	ICA SYSTEM - PANNO M/FIBRA	ICA SYSTEM - RICAMBIO SCOPA NORMALE	ICA SYSTEM - MOP LINEA CASA	PEZZAME BIANCO LENZUOLATO LAV	RICAMBIO "DOUBLE" MICROBETA C/H&L STRAPPO
COTONE tipo 1 (vergine)	0,0000	0,3087	0,1200	1,0000	0,0000
COTONE tipo 2 (rigenerato)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
POLIESTERE (PET)	0,0252	0,0063	0,0800	0,0000	0,0720
NYLON	0,0108	0,0000	0,0000	0,0000	0,0080

Le operazioni presentate in seguito costituiscono la fase di implementazione e di valutazione dell'idoneità del modello: i dati relativi al caso reale del Politecnico di Torino, precedentemente raccolti o calcolati, vengono inseriti nel modello realizzato così da determinare l'impatto ambientale connesso al servizio.

Le tre fasi di *upstream*, *core* e *downstream* che costituiscono il servizio vengono rappresentate nel software all'interno di un unico plan principale chiamato "BAU – ciclo vita" strutturato, in modo da mettere in evidenza i processi produttivi della prima fase e raggruppando invece i processi di erogazione del servizio e fine vita in plan con i nomi delle rispettive fasi.

Per il funzionamento corretto del modello nel software è necessario che per ciascun livello di organizzazione esista un plan o un processo di riferimento a cui tutti i plan o processi presenti allo stesso livello siano rapportati.

Il processo di riferimento al livello più alto, ossia "BAU – ciclo vita" è il plan "Core" all'interno del quale, nella sezione *database settings*, sono inseriti i dati dei consumi campionati presso il Politecnico. Tali valori costituiscono il riferimento per i processi interni al plan "Core" ma anche per l'intero modello, ossia ciascun processo e plan della struttura rapporta i valori unitari che lo definiscono ai consumi indicati nel "Core" per il corretto calcolo degli impatti.

Ad esempio, per il prodotto detergente DB 9 i valori unitari dell'articolo sono relativi ad una confezione di 0,75 l, il quantitativo totale di sostanza consumata è pari a 14,25 l e dunque gli impatti derivanti dal consumo di quel detergente saranno valutati sulla base del valore effettivamente consumato.

Nel corso della descrizione della modellazione si farà spesso cenno ai plan o ai processi di riferimento che sono indicati graficamente nel software con una X rossa.

### 5.3.1.1 Prodotti chimici



Figura 30- Processi costituenti la fase upstream

### Processi

La fase di *upstream* è costituita da plan e unità di processo “u-so” (*unit single process*) realizzati *ad hoc* per rappresentare i processi coinvolti nella produzione e nel trasporto degli articoli utilizzati per le operazioni di pulizia: detersivi ed articoli in tessuto.

I dati inseriti nella sezione *database settings*, relativi ai flussi di ciascun processo sono unitari, ossia riferiti al singolo articolo.

Per ciascun detergente viene creato un plan contenente i processi relativi alla produzione. I prodotti sono distinti in composti per la pulizia delle superfici e per la lavatrice:

- DB 9 (detergente concentrato per wc ad azione disincrostante);
- DM 45 (sgrossante e smacchiatore universale);
- DB 3 ECO (brillantante anticalcare);
- DM 40 ECO (detergente multiuso);
- P 11 ECO (detergente brillantante);
- TEX TENSIO (detergente tensioattivo concentrato per lavatrice);
- TEX O2 (candeggiante a base di ossigeno attivo per lavatrice);
- TEX ALKA (detersivo alcalino concentrato per lavatrice).

## Processo di produzione dei prodotti per la pulizia

Produzione DB 9  
Process plan Reference quantities

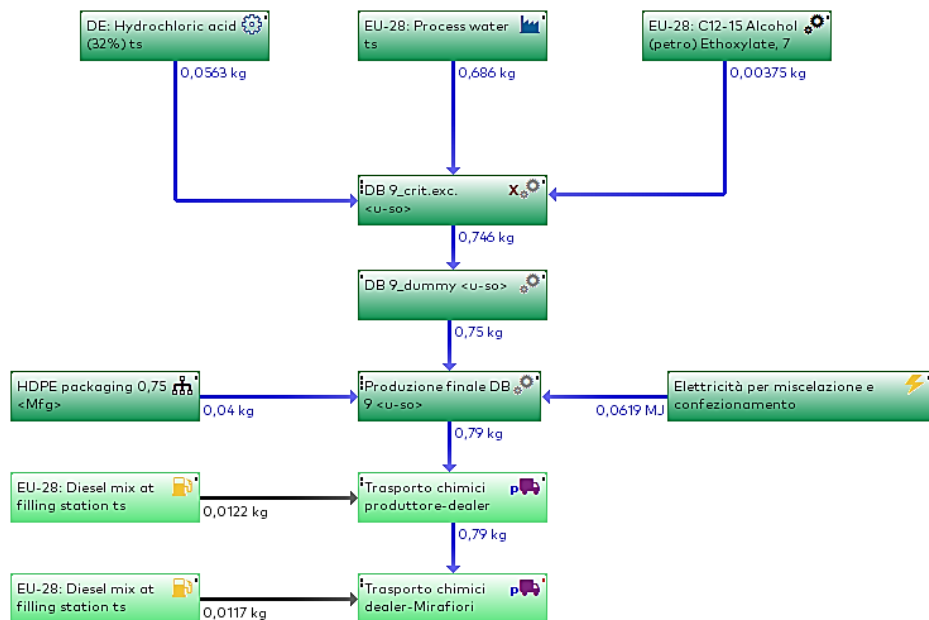


Figura 31- Il processo produttivo del DB 9 (plan “Produzione DB 9”). In blu sono rappresentati i flussi di materia, i valori indicano i quantitativi necessari alla produzione di un’unità di prodotto, in questo caso un flacone da 0,75 l

### Processi precursori

Si tratta di processi, generalmente aggregati, aventi come flusso in output una sostanza che diviene il flusso in input per lo step successivo di formazione del prodotto.

Tali processi sono contenuti nel plan di produzione del prodotto chimico. Per la maggior parte sono:

- processi di produzione della singola sostanza chimica componente il detergente, disponibili nel dataset;
- acqua di processo (EU-28: Process water).

La prima tipologia raccoglie i processi aggregati relativi all’intero ciclo di vita delle sostanze chimiche (ad esempio, DE: Hydrochloric acid (32%) oppure EU-28: C12-15 Alcohol (petro) ethoxylate, 7) che costituiscono il prodotto detergente.

Si sottolinea il fatto che i processi in questione possono rappresentare il composto indicato dalla scheda tecnica del prodotto oppure un sostituto individuato precedentemente (si veda il paragrafo 4.5.2.2) nel corso dello studio.

La seconda tipologia rappresenta un processo aggregato ricorrente: l'acqua di processo è assunta essere, in diversa percentuale, costituente fondamentale di ciascun prodotto di pulizia.

Trattandosi in entrambi i casi di processi di tipo aggregato, quindi già dotati di unità funzionale di riferimento per i flussi, non è necessario inserire nella sezione *database settings* alcun processo in input né informazioni relative alle proporzioni di materia ed energia da rispettare nel processo considerato poiché queste vengono calcolate automaticamente dal software.

La scelta dei processi precursori dipende dalla composizione del prodotto modellato.

Non rientrano in questa categoria i processi relativi a sostanze soggette a criteri di *cut-off* o esclusione, generalmente poiché il processo di sintesi non è reperibile nel dataset. Essi compaiono nello step successivo come flussi non tracciati all'interno dei processi relativi alla composizione del prodotto.

### *Composizione del prodotto*

Per la composizione della miscela chimica si realizza una struttura formata da più processi necessari ad ovviare alla problematica delle esclusioni di cui già trattato al paragrafo 4.5.2.2. In questo modo si rappresenta la miscelazione delle sostanze nel prodotto in due o tre step semplificati:

- Prodotto con criteri d'esclusione;
- Prodotto dummy (se necessario);
- Prodotto finito.

Si inseriscono nella sezione *database settings* di ciascun processo "u-so" sopracitato i valori unitari per ogni sostanza elaborati a partire dalle schede tecniche (tabella 21, paragrafo 5.3.1). Poiché sono utilizzati imballaggi di diversa capienza per le varie tipologie di prodotto è stato necessario tenere conto delle proporzioni relative alla dimensione degli articoli modellati (kg di prodotto).

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameter						

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
⇌ C13-15 AE7 [Organic intermedia	Mass	0,00375	kg	X	0 %	(No statement)	Ethanol, 2,2'-iminobis-, N-tallow alkyl derivs
⇌ Hydrochloric acid (32%) [Inorga	Mass	0,0563	kg	X	0 %	(No statement)	
⇌ Water (desalinated; deionised) [	Mass	0,686	kg	X	0 %	(No statement)	
⇌ Cloruro di esadeciltrimetilammonio [Au	Mass	0,00375	kg		0 %	(No statement)	criterio di esclusione

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
⇌ DB 9_crit.exc. [Valuable substan	Mass	0,746	kg	X	0 %	(No statement)	DB9 con criterio di esclusione
⇌ Cloruro di esadeciltrimetilammonio [Au	Mass	0,00375	kg		0 %	(No statement)	criterio di esclusione

Figura 32- Database settings di “DB 9\_crit.exc”. Unità di processo con flussi soggetti a criteri d'esclusione. In grassetto i flussi tracciabili.

Per i flussi in input dei processi “con criteri d’esclusione” si inseriscono i dati relativi alle componenti chimiche distinguendo tra:

- flussi tracciabili, ossia rappresentanti composti presenti nel dataset GaBi, non soggetti ad esclusione e indicanti un flusso di materia o energia tra processi;
- flussi non tracciabili, rappresentanti sostanze soggette a *cut-off* o a criteri di esclusione. Si tratta di flussi non aventi un processo d’origine nel dataset e creati appositamente per l’unità di processo studiata. Il valore assegnato loro viene conteggiato in termini di massa ma non ne vengono calcolati gli impatti ambientali;
- acqua di processo, che risulta un flusso tracciabile.

I valori assegnati ai flussi sono relativi alla singola unità di prodotto, trattandosi di processi “u-so” creati *ad hoc* è necessario inserire i valori di composizione relativi all’unità di riferimento per ciascun processo: l’unità di confezionamento.

In output si hanno sempre due flussi:

- un unico flusso tracciabile, corrispondente al prodotto derivante dalla miscelazione dei composti tracciabili e dell’acqua di processo;
- flussi non tracciabili, ossia i composti esclusi.

Tali output corrispondono ai flussi in input del processo successivo, un processo “u-so” detto “dummy”, creato appositamente per eliminare il flusso non tracciabile mantenendo inalterata la massa

rispetto ai flussi entranti. Non per tutti i prodotti è necessario ricorrere a processi di questo tipo poiché non sempre sono presenti flussi sottoposti a criteri d'esclusione.

The screenshot shows a software interface with the following sections:

- Parameters:** A table with columns: Parameter, Formula, Value, Minimum, Maximum, Standard, Comment.
- Settings:** LCA, LCC: 0 EUR, LCWE, Documentation, Completeness: No statement.
- Inputs:** A table with columns: Flows, Quantities, Amount, Units, Trz, Standar, Origin, Comment.
 

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
DB 9_crit.exc. [Valuable substan	Mass	0,74625	kg	X	0 %	(No statement)	
Cloruro di esadeciltrimetilammonio [Au	Mass	0,00375	kg		0 %	(No statement)	criterio di esclusione
- Outputs:** A table with columns: Flows, Quantities, Amount, Units, Trz, Standar, Origin, Comment.
 

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
DB 9 [Valuable substances]	Mass	0,75	kg	X	0 %	(No statement)	

Figura 33-Database settings di "DB 9 dummy"

Il flusso in uscita risultante sarà dunque il prodotto detergente finale di massa pari alla somma dei flussi in entrata nel processo iniziale.

Tale flusso costituisce il primo degli input per il processo di formazione del prodotto completo al quale si aggiunge il flusso relativo all'imballaggio. Anche in questo caso si tratta di un flusso di materia tracciabile di natura variabile poiché dipende dalla tipologia di prodotto modellato.

Il produttore dei prodotti chimici per la pulizia fornisce i quantitativi energetici, che rientrano nella categoria dei dati primari, per la miscelazione e il confezionamento degli articoli. L'energia elettrica costituisce un ulteriore flusso in input per il processo "Prodotto finito".

Parameters							
Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment	
Parameter							
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation							
Completeness: No statement							
Inputs							
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standard	Origin	Comment
DB 9 [Valuable substances]	Mass	0,75	kg	X	0 %	(No statement)	sostanza chimica
Electricity [Electric power]	Energy (net ca	0,0619	MJ	X	0 %	(No statement)	
Flacone 0,75 litri [Valuable subst	Mass	0,04	kg	X	0 %	(No statement)	confezione
Flows							
Outputs							
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standard	Origin	Comment
DB 9_prodotto finito [Valuable si	Mass	0,79	kg	X	0 %	(No statement)	
Flows							

Figura 34- Database settings di Produzione finale DB 9

Il flusso in output del prodotto finito ha valore di massa pari alla somma delle masse dei flussi di prodotto chimico e imballaggio.

### Modellazione dell'etanolammina

La sostanza chimica etanolammina è uno dei componenti del prodotto DM 45 che, come molte altri, non è reperibile nel dataset GaBi.

Dallo studio della letteratura si apprende che è possibile modellare un composto nel software a partire dai suoi precursori, se disponibili nel dataset come in questo caso, e conoscendone la reazione stechiometrica (Righi et al. 2011; 2018; 2019).

La stechiometria e il processo di reazione sono forniti dall'analisi di brevetti (Marvin, 2018).

L'etanolammina (MEA) è sintetizzata a partire da ammoniaca e ossido di etilene con i seguenti rapporti stechiometrici:  $\text{NH}_3 + \text{C}_2\text{H}_4\text{O} = \text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$ .

Il processo di produzione prevede che la reazione, al fine di spostare l'equilibrio verso il prodotto, venga svolta in eccesso di  $\text{NH}_3$  tale da raggiungere con l'etanolammina un rapporto 11:1 e utilizzando come catalizzatore di reazione l'acqua che costituisce con la  $\text{NH}_3$  una soluzione al 50% di concentrazione. Nel processo descritto dal brevetto l'ammoniaca in eccesso viene recuperata tramite un assorbitore mentre l'acqua, che essendo un catalizzatore non viene indicata nella stechiometria e non si consuma nel corso della reazione, viene ricircolata.

Viste tali considerazioni, la formula stechiometrica riportata in GaBi per la reazione è  $11\text{NH}_3 + 1\text{C}_2\text{H}_4\text{O} = 1\text{C}_2\text{H}_7\text{NO} + 10\text{NH}_3$ .

I rapporti stechiometrici vengono rispettati e viene evidenziato il recupero dell'ammoniaca.

Per la rappresentazione della reazione nel software è necessario convertite le moli di ciascuna sostanza in kg poiché si decide di modellare il processo per la formazione di 1 kg di MEA: conoscendo i pesi molecolari e moltiplicandoli per il numero di moli indicate nella reazione si ottengono i valori in g, poi convertiti a kg.

Tabella 23- Tabella dei pesi molecolari dei composti di reazione

PM	g/mol
NH3	17,03
C2H4O	44,05
C2H7NO	61,08
H2O	18,02

Tabella 24- Tabella di conversione dei valori da moli a kg per i composti di reazione

Reagenti	g/mol MEA	g	kg
NH3	187,34	3067,13	3,07
EO	44,05	721,19	0,72
<b>Prodotti</b>			
MEA	61,08	1000,00	1,00
NH3	170,31	2788,31	2,79

Tabella 25- Tabella di conversione dei valori da moli a kg per i composti di reazione

Catalizzatore	g	kg
H2O	3067,13	3,07

I valori così ottenuti vengono riportati in GaBi, all'intero del processo produttivo del DM 45, creando un apposito plan per la sostanza.



Produzione DM 45  
Process plan Reference quantities

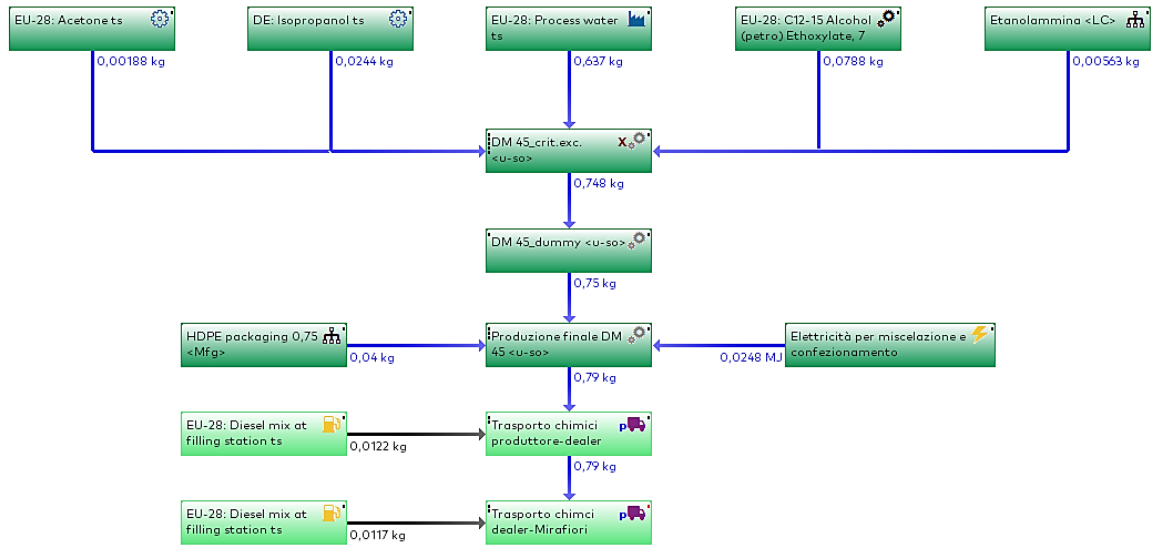


Figura 35- Plan "Produzione DM 45"

Etanolamina  
Process plan: Mass (kg)

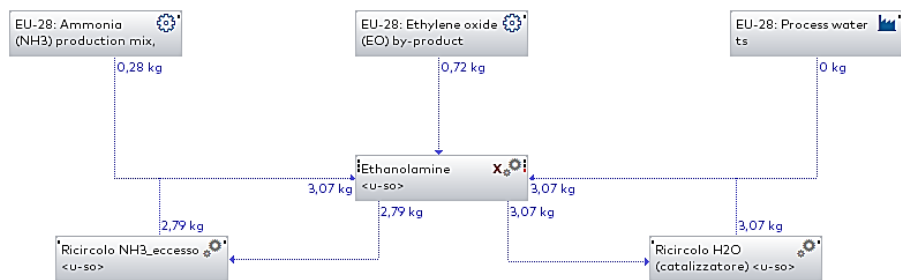


Figura 36- Plan "Etanolamina"

Il plan “Etanolamina” contiene i composti precursori coinvolti dalla reazione. Per rappresentare i processi di recupero dell’ammoniaca in eccesso e la funzione di catalizzatore dell’acqua, che come detto prima, non si consuma nel corso della reazione, si costruiscono processi di ricircolo in cui i flussi in entrata e in uscita mantengono la massa inalterata.

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximur	Standar	Commer
Parameter						

LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation

Completeness: No statement

**Inputs**

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
↔ Ammonia [Inorganic intermedia]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	NH3 in eccesso - 10 mol
Flows							

<

**Outputs**

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
↔ Ammonia [Inorganic intermedia]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	NH3 in eccesso - 10 mol
Flows							

Figura 37- Processo di ricircolo dell'ammoniaca in eccesso

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximur	Standar	Commer
Parameter						

LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation

Completeness: No statement

**Inputs**

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
↔ Water (desalinated; deionised) [ ]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	
Flows							

<

**Outputs**

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
↔ Water (desalinated; deionised) [ ]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	
Flows							

Figura 38- Processo di ricircolo dell'acqua (catalizzatore)

Il processo “Ethanoline” contiene nella sezione *database settings* i quantitativi di ciascuna sostanza in input (reagenti) e in output (prodotto e sostanze in eccesso o catalizzatrici) coinvolta nella reazione nei quantitativi in kg indicati nelle tabelle 37 e 38.

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment	
LCA LCC: 0 EJR LCWE Documentation							
Completeness: No statement							
<b>Inputs</b>							
Flows	Quantities	Amount	Units	Tri	Standard	Origin	Comment
Ammonia [Inorganic intermedia]	Mass	3,07	kg	X	0 %	(No statement)	ammoniaca acquosa, in eccesso rispetto al rapporto stechiometrico, contribuisce a spostare l'equilibrio di reazione verso la produzione di MEA
Ethylene oxide [Organic intermedia]	Mass	0,72	kg	X	0 %	(No statement)	EO
Water (desalinated; deionised) [ ]	Mass	3,07	kg	X	0 %	(No statement)	catalizzatore- soluzione acquosa al 50% di NH3, aumenta la velocità di reazione rimane inalterato nel corso della reazione, non indicato nella reazione
<b>Outputs</b>							
Flows	Quantities	Amount	Units	Tri	Standard	Origin	Comment
Ammonia [Inorganic intermedia]	Mass	2,79	kg	X	0 %	(No statement)	NH3 in eccesso al termine della reazione, riciclata
ethanolamine [Valuable substan]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	MEA
Water (desalinated; deionised) [ ]	Mass	3,07	kg	X	0 %	(No statement)	catalizzatore- soluzione acquosa al 50% di NH3, aumenta la velocità di reazione rimane inalterato nel corso della reazione, non indicato nella reazione

Figura 39- Database settings del processo "Ethanolamine"

### Plan degli imballaggi

All'interno di ciascun plan di produzione dei prodotti per la pulizia sono contenuti i plan relativi alle operazioni di produzione dell'imballaggio corrispondente.

Si distinguono cinque categorie sulla base della dimensione e del materiale costituente:

- Flacone da 0,75 l in HDPE;
- Flacone da 0,1 l in PET;
- Monodose da 40 g in PET;
- Tanica da 20 l in HDPE;
- Tanica da 25 l in HDPE;

Per la costruzione dei plan si selezionano processi aggregati o parzialmente aggregati rispecchianti il tipo di materiale utilizzato: HDPE oppure PET.

Nel caso dell'HDPE il processo produttivo (DE: Polyethylene (HDPE/PE-HD)) è disponibile sotto forma di processo parzialmente aggregato dunque è necessario associare il processo di *blow moulding*, ossia di modellazione del flacone, a quelli di:

- energia elettrica (EU-28: Electricity grid mix);
- aria compressa (GLO: Compressed air 7 bar);
- produzione del granulato (EU-28: Polyethylene, HDPE, granulate).

HDPE packaging 0,75  
Process plan: Reference quantities

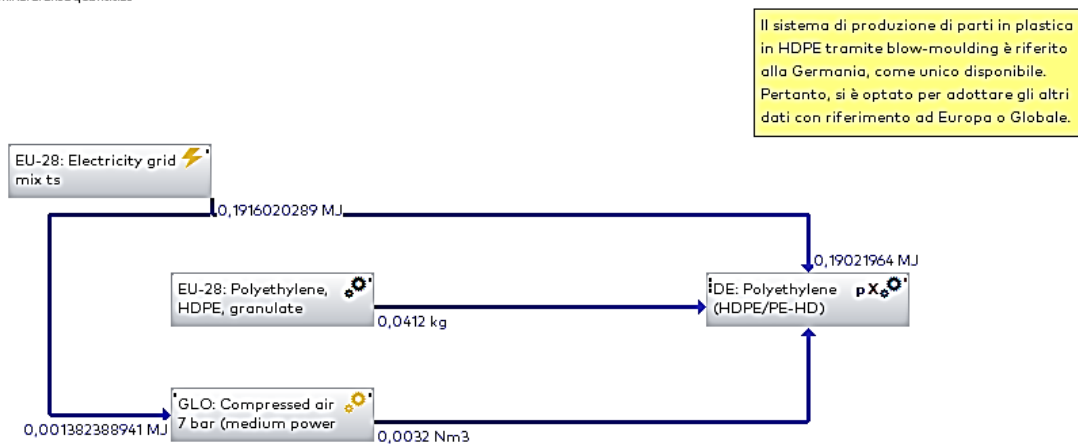


Figura 40- Plan della produzione dell'imballaggio di un flacone da 0,75 l in HDPE

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
loss		3			0 %	[%] loss

LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation

Completeness: All relevant flows recorded

Parameter	Flows	Quantities	Amount	Factor	Units	Trz	Standard	Origin	Comment
press_air	Compressed air, 7 bar, average	Standard volume	0,08	1	Nm3	X	0 %	Calculated	
power	Electricity [Electric power]	Energy (net ca)	4,755491	1	MJ	X	0 %	Calculated	
pe_in	Polyethylene high density granu	Mass	1,03	1	kg	X	0 %	Calculated	

Parameter	Flows	Quantities	Amount	Factor	Units	Trz	Standard	Origin	Comment
part_weig	Polyethylene high density part (	Mass	1	1	kg	X	0 %	Calculated	
scrap	Polyethylene (PE) [Waste for recover	Mass	0,03	1	kg	*	0 %	Calculated	

Figura 41- Database setting per il processo di blow moulding

Per il PET invece è disponibile il processo produttivo aggregato che comprende tutti i processi sopracitati e le operazioni di produzione dell'imballaggio tramite la tecnica del *blow moulding*, perciò non sono necessarie ulteriori operazioni all'interno del plan.

Ciascuno dei plan relativi all'imballaggio presenta come output i flussi tracciabili corrispondenti al contenitore del detergente che vengono collegati al processo di "produzione finale" dell'articolo.

### 5.3.1.2 *Prodotti tessili*

#### **Processi**

Sono presenti all'interno del plan *Upstream* i plan relativi alla produzione di ciascun articolo tessile utilizzato dall'azienda:

- panni itex multiuso in microfibra;
- mop linea casa in cotone;
- ricambio “double” Micro Beta in microfibra;
- ricambio scopa normale in cotone;
- pezzame bianco lenzuola 100% cotone.

#### *Processi precursori*

Diversamente dai detergenti, i processi produttivi degli articoli tessili richiedono un unico processo precursore, ossia la produzione della fibra.

I materiali prevalentemente utilizzati sono:

- cotone;
- cotone rigenerato;
- PET;
- Nylon (o poliammide).

Per la produzione di articoli costituiti totalmente in cotone è presente il processo aggregato di produzione della fibra (GLO: Cotton fiber- bales after ginning) che comprende le operazioni di coltivazione, raccolta o *ginning* (ossia separazione del cotone dalla pianta) e produzione delle balle di fibra di cotone.

Per le fibre sintetiche il dataset GaBi fornisce i processi di sintesi della fibra di PET (EU-28: Polyethylene terephthalate fibres) e poliammide (EU-28: Polyamide 6.6 fibres), che includono la produzione e lavorazione del granulato e i processi di *spinning* e *sizing*.

I flussi in output dei processi di produzione della materia prima sono fibre del materiale considerato pronte per essere immesse in un successivo processo di lavorazione.

### Composizione e lavorazione del prodotto

Gli articoli sono per la maggior parte costituiti da materiali misti, il solo processo di lavorazione di cotone puro al 100% è quello di produzione del pezzame lenzuolato che richiede un processo di modellazione specifico.

Produzione Pezzame  
Process plan: Reference quantities

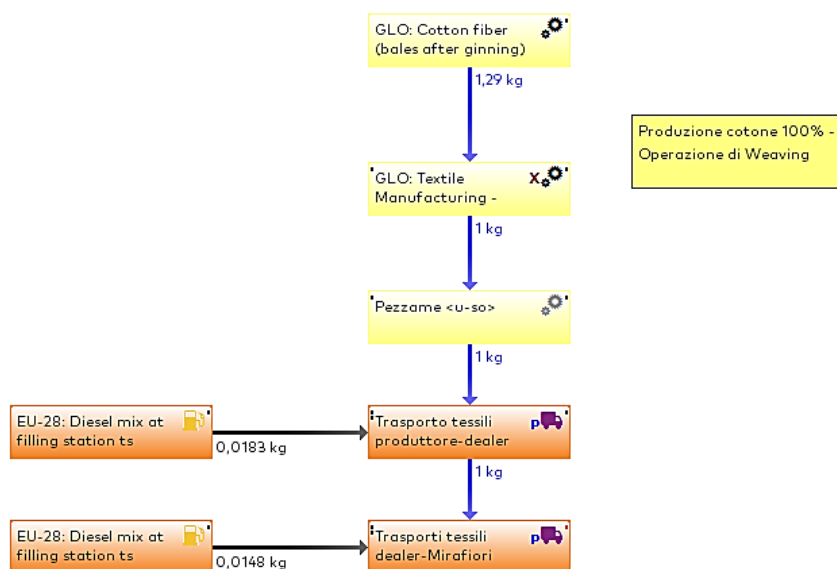


Figura 42- Plan della produzione dell'articolo "Pezzame"

Al processo aggregato di lavorazione della fibra (GLO: Cotton fiber) segue un secondo processo parzialmente aggregato disponibile nel dataset, GLO: Textile Manufacturing, che prevede come flusso in input la fibra di cotone e come flusso in output il materiale lavorato con operazioni di *weaving*.

Trattandosi di un processo parzialmente aggregato è sufficiente collegare il flusso in input e indicare il peso unitario dell'articolo, pari a 1 kg, perché il software calcoli automaticamente i quantitativi di risorse necessari alla produzione.

Il materiale così lavorato e finito entra nel processo "u-so" successivo realizzato appositamente che ne consente la rinominazione a "pezzame" mantenendo inalterata la massa.

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameters						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness: No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin
Woven Fabric [Renewable prima ...]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin
Pezzame [Valuable substances]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)

Figura 43- Database settings del processo "Pezzame"

Gli altri articoli hanno invece composizione mista e struttura ricorrente.

I ricambi scopa (o bandiere), ad esempio, sono costituiti al 98% da cotone e al 2% da PET.

Produzione Ricambio Scopa (bandiere)  
Process plan/Reference quantities

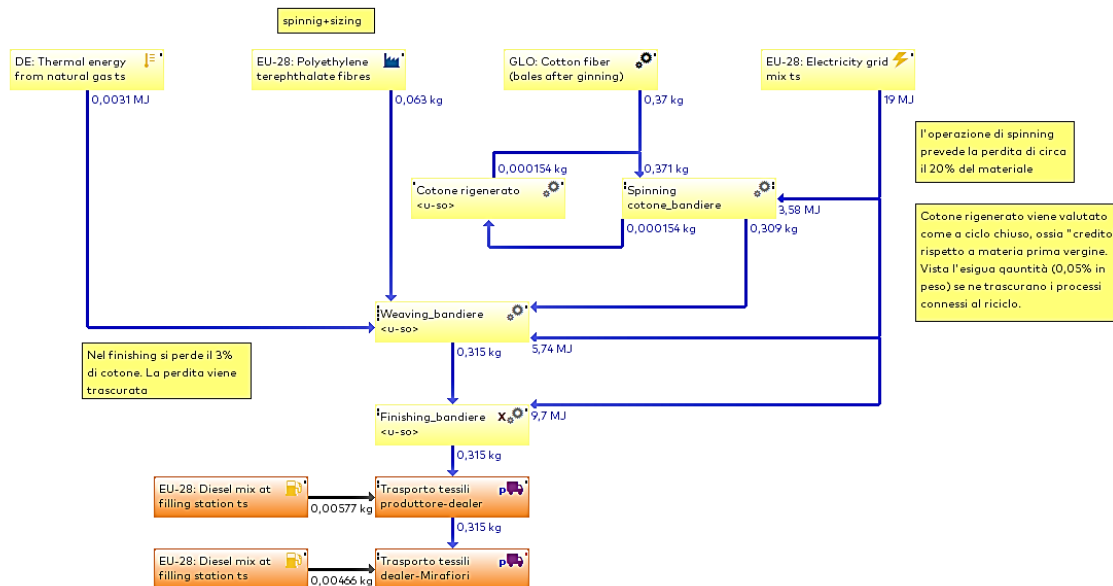


Figura 44- Plan della produzione dell'articolo "Ricambio scopa (bandiere)"

Il plan presenta come processi precursori la produzione della fibra di cotone e quella di PET, entrambi di tipo aggregato. I flussi in uscita costituiscono gli input per i successivi processi di lavorazione della fibra.

La fibra di cotone necessita del trattamento di *spinning*, non presente nel dataset e quindi creato appositamente.

I processi produttivi di *spinning*, *weaving*, *knitting* e *finishing* non sono disponibili nel dataset GaBi ma sono necessari a completare le operazioni di lavorazione degli articoli. Per la realizzazione nel software sono state svolte ricerche nella letteratura (van der Velden et al. 2014; Strand, 2015) mirate a conoscere i quantitativi di materiali ed energia per ciascun processo. I valori adottati sono riportati nella tabella 26.

Tabella 26- Tabella relativa ai processi di produzione degli articoli tessili in cui si associa il quantitativo e la tipologia energetica tratti dalla letteratura al processo (van der Velden et al, 2014; Strand,2015)

Articolo	Processo	Riferimento bibliografico	Risorsa	MJ/kg	Commenti
Pannetti m/fibra	knitting	van der Velden et al. 2014	Elettricità	5,472	media 2 valori (Kim e al.). PA e PET
	finishing	Strand, 2015	Elettricità	30,8	unspecified yarn
Riambio double (pannetti WC)	knitting	van der Velden et al. 2014	Elettricità	5,472	media 2 valori (Kim e al.). PA e PET
	finishing	Strand, 2015	Elettricità	30,8	unspecified yarn
Pezzame	Processi di produzione della fibra e produzione del tessuto presenti nel dataset GaBi				
MOP	spinning	Strand, 2015	Elettricità	11,6	unspecified yarn
	weaving	Strand, 2015	Elettricità	18,216	unspecified yarn
			Energia termica	0,00985	unspecified yarn
	finishing	Strand, 2015	Elettricità	30,8	unspecified yarn
Ricambio scopa (bandiere)	spinning	Strand, 2015	Elettricità	11,6	unspecified yarn
	weaving	Strand, 2015	Elettricità	18,216	unspecified yarn
			Energia termica	0,00985	unspecified yarn
	finishing	Strand, 2015	Elettricità	30,8	unspecified yarn

I flussi in input per il processo di spinning sono:

- fibra di cotone (Cotton fibers packed);
- energia elettrica.

I valori inseriti nella sezione *database settings* sono relativi a 1 kg di prodotto finale del processo: assumendo che per 1 kg di filamento siano necessari 11,6 MJ di energia elettrica (Strand, 2015) e che la perdita di massa di cotone sia pari al 20% (Strand, 2015), si inseriscono come valore in input 1,2 kg di fibra ottenendo in output 1 kg di filamento (Spinned-cotton).

Il caso considerato prevede l'impiego di cotone rigenerato, pari ad una piccola frazione del cotone complessivamente utilizzato, che viene modellato creando un processo "u-so" di ricircolo del materiale: come flusso in output del processo di *spinning*, oltre al filamento di cotone (spinned\_cotton), si ha il flusso tracciabile "Cotone rigenerato" che è anche flusso in input del processo di recupero "Cotone rigenerato". I valori dei flussi in ingresso ed in uscita di quest'ultimo



processo sono uguali tra loro e pari a 1 kg. Come output si ottiene “Cotton fiber packed” e si deduce che il 100% del cotone ricircolato viene convertito nel flusso in input del processo di *spinning*.

Parameters						
Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameter						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness: No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Tr	Standar	Origin
⇒ Cotton fibers packed [Renewabl	Mass	1,2	kg	X	0 %	(No statement)
⇒ Electricity [Electric power]	Energy (net ca	11,6	MJ	X	0 %	(No statement)
Flows						
20% perdita e 0.05% cotone riciclato Jelina spinning unspecified yarn, 2015						
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Tr	Standar	Origin
⇒ Cotone rigenerato [Valuable sub	Mass	0,0005	kg	X	0 %	(No statement)
⇒ Spinned_cotton [Valuable subst	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
Flows						

Figura 45- Spinning della fibra di cotone per i “Ricambi scopa” tenendo conto del cotone rigenerato

Parameters						
Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameter						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness: No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Tr	Standar	Origin
⇒ Cotone rigenerato [Valuable sub	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
Flows						
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Tr	Standar	Origin
⇒ Cotton fibers packed [Renewabl	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
Flows						

Figura 46- Processo di rigenerazione del cotone “Cotone rigenerato”

Il flusso in output dal processo di *spinning* del cotone, ossia il filamento (*spinned\_cotton*), e la fibra di PET, che non necessita dell'operazione di *spinning* poiché questa fase è inclusa nel processo di lavorazione della fibra, diventano flussi in input del processo “u-so” denominato *weaving*, in cui avviene la formazione del tessuto misto.

La letteratura (Strand, 2015) fornisce i valori di energia termica (0,00985 MJ) ed elettrica (18,216 MJ) necessari alla produzione di 1 kg di tessuto intrecciato, che vengono inseriti nella sezione *database settings*.

The screenshot shows the 'Parameters' window with the following data:

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
Electricity [Electric power]	Energy (net ca	18,216	MJ	X	0 %	(No statement)	Jelina 2015
Polyethylene terephthalate fibre	Mass	0,2	kg	X	0 %	(No statement)	
Spinned_cotton [Valuable subst]	Mass	0,98	kg	X	0 %	(No statement)	
Thermal energy (MJ) [Thermal energy]	Energy (net ca	0,00985	MJ	X	0 %	(No statement)	Jelina 2015

Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin	Comment
bandiere_woven [Valuable subst]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	

Figura 47- Processo di *weaving* di cotone e PET per i “Ricambi scopa”

Il flusso in output risultante (*bandiere\_woven*) costituisce l'input del processo “u-so” di *finishing*, insieme all'energia elettrica. I valori inseriti in *database settings* sono forniti dalla letteratura (Strand, 2015). Il flusso in output corrisponde ad 1 kg di tessuto utilizzato per la formazione dell'articolo “Ricambio scopa”.

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameters						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness: No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Tracked	Standard	Origin
bandiere_woven [Valuable substances]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
Electricity [Electric power]	Energy (net ca 30,8		MJ	X	0 %	(No statement)
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Tracked	Standard	Origin
bandiere [Valuable substances]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)

Figura 48- Processo di finishing per "Ricambi scopa"

Si sottolinea che per questi processi si inseriscono in *database settings* i valori energetici relativi all'unità funzionale di 1 kg di prodotto mentre nella sezione *local settings* compaiono i valori reali di massa dell'articolo considerato. Il software è in grado di calcolare, scalando i valori reali sulla base dei dati inseriti nella sezione *database settings* del processo di riferimento del plan, il quantitativo di materiale ed energia necessari alla produzione di un singolo articolo.

Inputs					Outputs				
Parameter	Flows	Quantities	Amount	Units	Parameter	Flows	Quantities	Amount	Units
bandiere_woven [Valuable substances]	Mass	0,315	kg	X	bandiere [Valuable substances]	Mass	0,315	kg	X
Electricity [Electric power]	Energy (net calorific)	9,7	MJ	X					

Data quality: Technique: No statement, Location: No statement, Time: No statement

Grouping: Nation: Auxiliary processes, Type: external, Enterprise: external, User defined: Produzione tessili

Figura 49- Local settings della fase finishing del prodotto "Ricambi scopa"

Il processo di produzione della microfibra costituente i panni itex prevede il processo di *knitting* in sostituzione di quello di *weaving*.

Produzione Panni m/fibra (vileda)  
 Process plan: Reference quantities

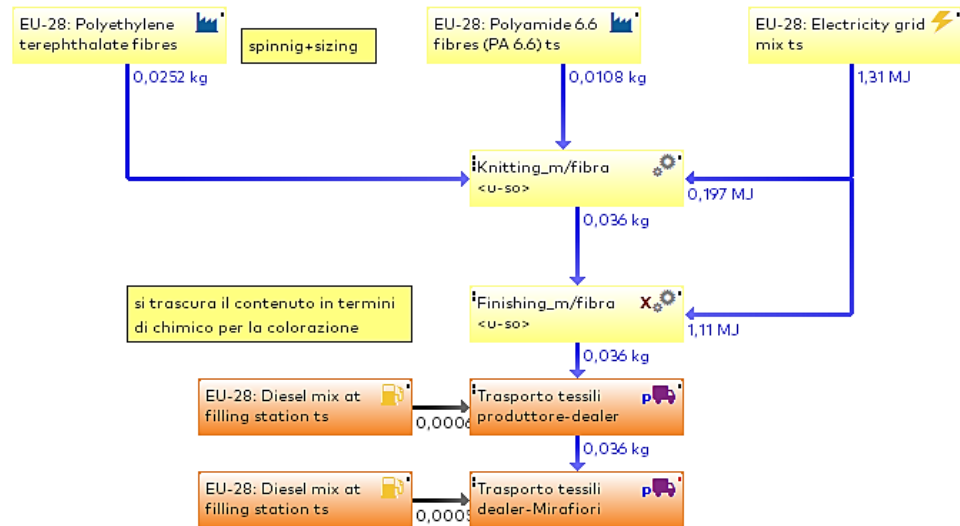


Figura 50- Plan della produzione dei panni in microfibra “Panni m/fibra”

In questo caso i materiali utilizzati sono fibre artificiali, PET e poliammide, entrambi processi aggregati presenti nel dataset ed entrambi comprendenti nel ciclo di vita le operazioni di *spinning* e *sizing*.

I flussi in output dai processi precursori (polyamide 6.6 fibres (PA 6.6) e polyethylene terephthalate fibers) entrano nel processo “u-so” di *knitting* della microfibra insieme all’energia elettrica necessaria all’operazione.

I valori inseriti nella sezione *database settings* sono tratti dalla letteratura (van der Velden et al. 2014) e sono relativi all’intreccio di 1 kg di filato, in questo caso costituito al 70% da PET e al 30% da poliammide, da cui si ottiene 1 kg di tessuto.

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameter						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin
Electricity [Electric power]	Energy (net ca	5,472	MJ	X	0 %	(No statement)
Polyamide 6.6 fibres (PA 6.6) [Plastic]	Mass	0,3	kg	X	0 %	(No statement)
Polyethylene terephthalate fibers [PET]	Mass	0,7	kg	X	0 %	(No statement)
Flows						
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin
m/fibra_knitted [Valuable substances]	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
Flows						

Figura 51- Processo di knitting dei panni in microfibra

In questo caso, come nei precedenti, i valori inseriti in *database settings* corrispondono alla proporzione per l'unità di 1 kg di prodotto: il software calcola automaticamente i quantitativi di materia ed energia necessari alle operazioni secondo i dati reali inseriti nel processo di riferimento.

Inputs				Outputs			
Parameter	Flows	Quantities	Amount	Units	Tracked flows	Parameter	Flows
Electricity [Electric power]	Energy (net calorific)	0,197	MJ	X		m/fibra_knitted [Valuable substances]	Mass
Polyamide 6.6 fibres (PA 6.6) [Plastic]	Mass	0,0108	kg	X			Amount
Polyethylene terephthalate fibers [PET]	Mass	0,0252	kg	X			Units
							Tracked flows

Data quality		
Technique	Location	Time
No statement	No statement	No statement

Grouping			
Nation	Type	Enterprise	User defined
	Auxiliary processes	external	Produzione tessili

Figura 52- Local settings della fase knitting dei panni in microfibra

L'output ottenuto, m/fibra\_knitted, entra nella fase di *finishing*, già analizzata in precedenza, diventando tessuto pronto all'utilizzo.

I restanti processi realizzati nel software non vengono riportati nell'elaborato in quanto le operazioni di modellazione sono analoghe a quelle descritte finora, variano soltanto i valori relativi al prodotto unitario.

### 5.3.1.3 Trasporti

Secondo quanto previsto dal modello e diversamente dalle indicazioni della PCR, i processi relativi ai trasporti vengono inclusi nella fase di *upstream*. Considerato l'obiettivo di miglioramento del servizio in chiave Ecolabel su cui si incentra lo studio, si pone l'attenzione sulle tipologie di oggetto i cui volumi e pesi possono essere influenzati da una diversa fornitura: prodotti per la pulizia e articoli tessili. In particolare, per quanto riguarda i detersivi, articoli con minori volumi e packaging più ridotti possono influenzare il bilancio dei trasporti e la produzione di rifiuto.

Presumibilmente dunque, valutando gli impatti dei trasporti nei tre diversi scenari, risulterà come la variazione della fornitura possa sgravare i carichi ambientali derivanti da questa operazione.

I trasporti di persone e macchinari sono esclusi dall'analisi.

Per la modellazione, i processi di trasporto sono stati inclusi nei plan di produzione del singolo articolo.

Sono stati assunti per lo studio, e selezionati dal dataset GaBi, i processi aggregati relativi al trasporto su camion Euro 6, con carico utile fino a 2.7 tonnellate ed alimentazione a diesel.

I trasporti come, già anticipato, sono distinti sulla base dei siti di partenza ed arrivo in:

- Trasporti produttore-distributore;
- Trasporti distributore-cantiere.

Per rappresentare questa scelta il processo relativo al trasporto, a cui è collegato quello del carburante fornito dal software, è stato riportato due volte nel plan e sono state apportate alla sezione *local settings* di entrambi i processi le modifiche al nome e alla distanza percorsa a seconda del tragitto considerato. In questo modo il software è in grado di calcolare gli impatti derivanti dal consumo di carburante e dall'impiego di mezzi di trasporto per ciascun prodotto e per la distanza impostata.

Si noti che gli articoli detergenti per le superfici, quelli per la lavanderia e le attrezzature tessili hanno produttori diversi e vengono rivenduti alla cooperativa L'Operosa da un unico fornitore. Ne consegue che le distanze ed i consumi per il trasporto delle merci dai produttori al distributore sono differenti.

Tabella 27- Tabella delle distanze percorse per la distribuzione dei prodotti

Prodotto (nome comune)	Produttore	Sito produzione (città)	Dealer	Sito magazzino (città)	Distanza Produttore- Dealer (km)	Distanza Dealer- Sede Mirafiori (km)
Pezzame bianco	IP Cleaning Srl	Villa Del Conte (PD)	Ica System	Liscate (MI)	234	189
Ricambio scopa - (bandiere)						
Double microbeta - (pannetti wc)						
MOP						
Panni itex multiuso						
Prodotto (nome comune)	Produttore	Sito produzione (città)	Dealer	Sito magazzino (città)	Distanza Produttore- Dealer (km)	Distanza Dealer- Sito (km)
DB9	ARCO	Medolla (MO)	Ica System	Liscate (MI)	197	189
DB3						
DM40						
DM45						
P11						
Prodotto (nome comune)	Produttore	Sito produzione (città)	Dealer	Sito magazzino (città)	Distanza Produttore- Dealer (km)	Distanza Dealer- Sito (km)
TEX ALKA	Riservato	Gand (Belgio)	Ica System	Liscate (MI)	966	189
TEX O2						
TEX TENSIO						

## 5.4 Core

Il modulo *core* è la fase del ciclo di vita di un servizio di pulizia generalmente più impattante dal punto di vista ambientale a causa dei numerosi processi che la costituiscono.

La versione 2.1 della PCR di riferimento vi include i processi di produzione dei prodotti definiti consumabili ossia imballaggi, prodotti tessili e prodotti chimici oltre all'erogazione del servizio di pulizia, i trasporti, i processi di fine vita dei prodotti consumabili, la manutenzione dei macchinari e, non obbligatoriamente, la produzione e il rifornimento del sito di eventuali servizi accessori (ad es. carta asciugamani, sapone per le mani, carta igienica).

Per il modello, la scelta dei processi considerati in questa fase differisce dai suggerimenti della PCR di settore ed include solamente l'erogazione del servizio.

L'Operosa fornisce per lo studio l'inventario degli stock iniziali e finali di ciascun prodotto utilizzato nel corso del mese di campionamento. Sulla base dei valori disponibili è stato possibile calcolare, sia per gli articoli tessili che per i detergenti, le quantità consumate in kg (per i liquidi i valori in litri sono stati assunti equivalenti ai kg e convertiti in questa unità di misura).

Per i tutti detergenti che comportano l'utilizzo di packaging, sono state ricavate informazioni, tramite il software SOS CAM, di proprietà di Punto 3 Srl, sul peso degli imballaggi: a partire dal peso della singola confezione e della quantità consumata, è possibile calcolare il quantitativo di rifiuto da imballaggio prodotto nel periodo di campionamento.

I valori relativi ai prodotti chimici inseriti nel software sono riportati nella tabella 28.

*Tabella 28- Tabella dei quantitativi di prodotto chimico consumato in un mese*

Nome prodotto	DB 9	DM 45	TEX TENSIO	TEX O2	TEX ALKA	DB 3 ECO	DM 40 ECO	P11 ECO
Prodotto chimico (kg)	14,25	5,25	2,6975	2,6975	4,316	2,7	0,8	3,312
Imballaggio (kg)	0,76	0,28	0,09711	0,127862	0,2045784	0,351	0,104	1,104
Peso totale (kg)	15,01	5,53	2,79461	2,825362	4,5205784	3,051	0,904	4,416

Tabella 29- Tabella dei consumi complessivi di ogni categoria di prodotto chimico e degli imballaggi in un mese

Prodotto chimico consumato (kg)	26,312
Prodotto lavatrice consumato (kg)	9,711
Rifiuto packaging (kg)	2,599
Rifiuto packaging-lavatrice (kg)	0,42955
Totale	39,05155

Relativamente ai consumi di articoli tessili per il periodo di campionamento, il calcolo risulta semplificato in quanto non viene assunta la produzione di rifiuto da imballaggio, considerato il peso esiguo di questo rispetto al caso dei prodotti chimici.

Tabella 30- Tabella dei consumi degli articoli tessili in un mese

Contributo mensile	Prodotto	ICA SYSTEM - PANNO M/FIBRA	ICA SYSTEM - RICAMBIO SCOPA NORMALE	ICA SYSTEM - MOP LINEA CASA	PEZZAME BIANCO LENZUOLATO LAV	RICAMBIO "DOUBLE" MICROBETA C/H&L STRAPPO
		TOTALE consumato (kg)	0,1080	0,9450	0,2000	1,0000
Articoli consumati	3	3	1	1	3	
TOTALE rifiuto (kg)	2,493					

Tabella 31- Consumo complessivo risorse in un mese

Risorse- TOTALE MESE	Acqua da diluizione (kg)	1074,9		
		Totale	Fredda (kg)	Calda (kg)
	Acqua ricondizionamento (kg)	4895	4812,5	82,5
	Energia termica ricondizionamento (MJ)	15,51825		
	Energia elettrica ricondizionamento (MJ)	452,16		

Tabella 32- Tabella dei consumi mensili di acqua relativa alle operazioni di pulizia e ricondizionamento

Risorse- totale mese (kg)	Acqua prelevata (preparazione SP)	1074,90
	Chimico utilizzato da diluire	6,81
	Totale SP	1081,71
	SP consumata	162,26
	Acqua di risulta - pulizie	919,46
	Acqua di risulta - lavanderia	4904,71
	Totale waste water	5824,17



Nella tabella 32 sono riportati i quantitativi d'acqua coinvolti nelle operazioni di pulizia e ricondizionamento.

Le quantità d'acqua e detergente utilizzate per la preparazione della soluzione pulente (SP) per le superfici vengono calcolate dall'algoritmo del software SOS CAM. La somma dei due valori costituisce la soluzione pulente totale utilizzata nel periodo considerato.

SP consumata corrisponde al quantitativo di soluzione pulente rimanente sulle superfici nelle operazioni di pulizia mentre l'acqua di risulta viene conferita come refluo.

L'acqua di risulta della lavanderia è derivante dal ricondizionamento degli articoli lavati a cui è sottratta l'acqua impregnante i tessuti.

L'acqua reflua totale è determinata dalla somma delle acque di risulta delle due operazioni.

*Tabella 33- Tabella dell'energia elettrica per il riscaldamento dell'acqua del ricondizionamento*

ACQUA CALDA	
Temperatura acquedotto	
°C	15
°K	288,15
Temperatura lavaggio	
°C	60
°K	333,15
Calore specifico acqua	
J/(g*°C)	4,18
Energia termica	
MJ	15,51825

Si precisa che nella valutazione dei quantitativi di attrezzatura tessile consumati, non si tiene conto della disponibilità di articoli in magazzino e conseguente rotazione di questi. Tale scelta è dettata dalla volontà di non inficiare il risultato con un dato legato alla capacità organizzative di magazzino, bensì al mettere in luce esclusivamente aspetti prestazionali legati a prodotti e attrezzature impiegati.

## 5.4.1 Modellazione nel software GaBi

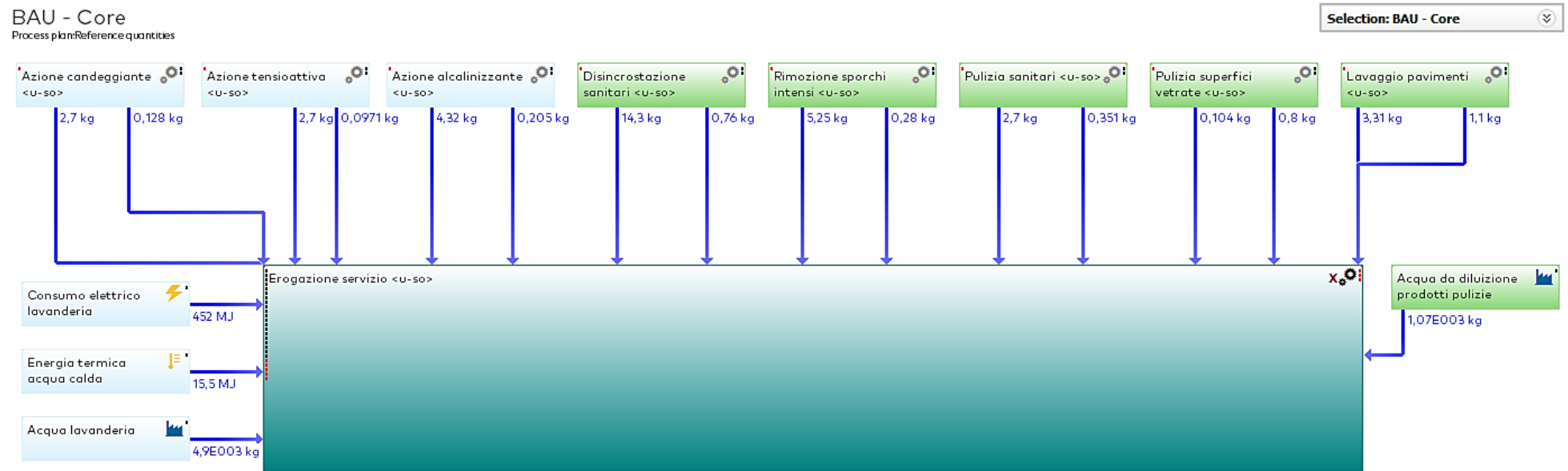


Figura 53- Il plan "BAU – Core"

La fase *Core* coinvolge le operazioni e le risorse necessarie all'erogazione del servizio.

La struttura del modello è costituita da una serie di processi "u-so" e relativi alle risorse, contenuti all'interno di un plan chiamato "BAU - Core". I processi rappresentanti le operazioni di pulizia svolte presso la sede Mirafiori, associati al prodotto impiegato, sono presentati nella tabella 34.

*Tabella 34- Operazioni di pulizia e prodotti utilizzati*

<b>Operazione</b>	<b>Prodotto</b>
Azione tensioattiva	TEX TENSIO UNICA
Azione candeggiante	TEX O2 UNICA
Azione alcalinizzante	TEX ALKA UNICA
Disincrostazione sanitari	DB 9 UNICA
Rimozione sporchi intensi	DM 45 UNICA
Pulizia sanitari	DB 3 ECO UNICA
Pulizia superfici vetrate	DM 40 ECO UNICA
Lavaggio pavimenti	P 11 ECO UNICA

Le prime tre azioni sono relative al ricondizionamento degli articoli in lavatrice mentre le successive alle operazioni di pulizia della struttura.

Per ciascuna attività viene utilizzato un prodotto detergente specifico corrispondente al flusso in input dell'operazione considerata. I flussi in output del processo invece, sono:

- imballaggio;
- prodotto consumato nell'operazione.

Ad esempio, per il processo "Azione alcalinizzante", la sezione *database settings* presenta come valore del flusso in input "TEX ALKA\_prodotto finito" la somma dei pesi in kg del detergente contenuto in una confezione e dell'imballaggio. In output invece si separano i valori in due flussi distinti "rifiuto packaging TEX ALKA" e "TEX ALKA\_consumato".

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameters						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness: No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin
↔ TEX ALKA_prodotto finito [Valua	Mass	26,185	kg	X	0 %	(No statement)
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Trz	Standar	Origin
↔ rifiuto packaging TEX ALKA [Valu	Mass	1,185	kg	X	0 %	(No statement)
↔ TEX ALKA_consumato [Valuable	Mass	25	kg	X	0 %	(No statement)

Figura 54- Database settings del processo "Azione alcalinizzante"

Si noti che il valore inserito nel *database settings* è riferito al dato unitario del prodotto mentre quello locale, risultante dal collegamento con il successivo processo "Erogazione servizio" restituisce valori differenti.

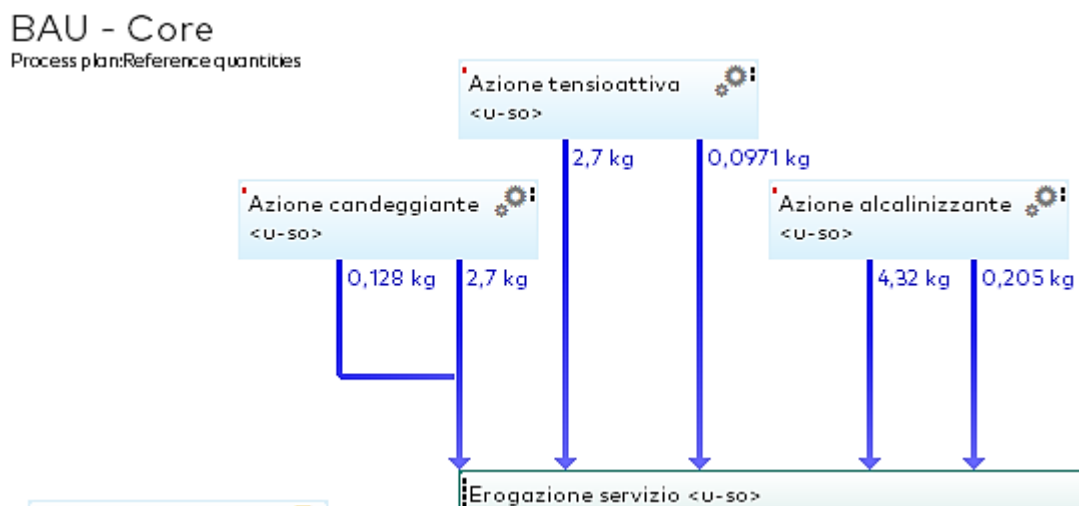


Figura 55- Dettaglio del plan "BAU - Core" incentrato sul processo "Azione alcalinizzante"

Ciò si verifica poiché "Erogazione servizio" rappresenta il processo di riferimento del plan "BAU - Core" e quest'ultimo è il plan di riferimento del livello "BAU - ciclo vita": i consumi reali campionati presso l'azienda nel periodo di un mese corrispondono ai valori inseriti nel *database settings* del processo di riferimento dominante e conseguentemente i valori locali

ottenuti per ciascun processo a monte o a valle rispetto a quello centrale presentano valori scalati rispetto ad esso.

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment	
Parameters							
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation							
Completeness: No statement							
Inputs							
Flows	Quantities	Amount	Units	Fr	Standar	Origin	Comment
acqua lavanderia [Valuable subs...	Mass	4,9E003	kg	X	0 %	(No statement)	acqua calda e fredda lavatrici
acqua pulizie [Valuable substanc...	Mass	1,07E003	kg	X	0 %	(No statement)	acqua diluizione chimici
Bandiere consumate [Valuable s...	Mass	0,945	kg	X	0 %	(No statement)	
DB 3_consumato [Valuable subs...	Mass	2,7	kg	X	0 %	(No statement)	
DB 9_consumato [Valuable subs...	Mass	14,3	kg	X	0 %	(No statement)	
DM 40_consumato [Valuable sut...	Mass	0,8	kg	X	0 %	(No statement)	
DM 45_consumato [Valuable sut...	Mass	5,25	kg	X	0 %	(No statement)	
Electricity [Electric power]	Energy (net ca 452	MJ	X	0 %	(No statement)	energia elettrica lavanderia	
MOP consumati [Valuable subst...	Mass	0,2	kg	X	0 %	(No statement)	
P 11_consumato [Valuable subs...	Mass	3,31	kg	X	0 %	(No statement)	
Pannetti WC consumati [Valuabl...	Mass	0,24	kg	X	0 %	(No statement)	
Panni m/fibra consumati [Valual...	Mass	0,108	kg	X	0 %	(No statement)	
Pezzame consumato [Valuable s...	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging DB 3 [Valuable...	Mass	0,351	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging DB 9 [Valuable...	Mass	0,76	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging DM 40 [Valuabl...	Mass	0,104	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging DM 45 [Valuabl...	Mass	0,28	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging P 11 [Valuable...	Mass	1,1	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging TEX ALKA [Valu...	Mass	0,205	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging TEX O2 [Valuab...	Mass	0,128	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging TEX TENSIO [Va...	Mass	0,0971	kg	X	0 %	(No statement)	
TEX ALKA_consumato [Valuable...	Mass	4,32	kg	X	0 %	(No statement)	
TEX O2_consumato [Valuable su...	Mass	2,7	kg	X	0 %	(No statement)	
TEX TENSIO_consumato [Valuabl...	Mass	2,7	kg	X	0 %	(No statement)	
Thermal energy (MJ) [Thermal €...	Energy (net ca 15,5	MJ	X	0 %	(No statement)	riscaldamento acqua lavanderia	
Outputs							
Flows	Quantities	Amount	Units	Fr	Standar	Origin	Comment
rifiuto indifferenziato tessili [Val...	Mass	2,49	kg	X	0 %	(No statement)	
rifiuto packaging totale [Valuabl...	Mass	3,03	kg	X	0 %	(No statement)	
Waste water [Production residu...	Mass	5,82E003	kg	X	0 %	(No statement)	acqua risulta lavanderia (acqua e chimico)+pulizie (acqua e chimico)

Figura 56- Database settings del processo "Erogazione servizio"

Il processo "Erogazione servizio" come si vede dalla figura 56, presenta come input le risorse ed i flussi uscenti dalle precedenti operazioni di pulizia, genericamente:

- elettricità (Electricity);
- acqua per lavanderia e pulizie;
- energia termica (Thermal energy);
- prodotto chimico consumato (per ciascun detergente impiegato);
- rifiuto da packaging (per ciascun detergente impiegato);
- articoli tessili consumati.

Come flussi in uscita:

- rifiuto da packaging totale;
- rifiuto indifferenziato tessili;

- acque reflue (Waste water).

Gli output relativi al rifiuto sono determinati dalla sommatoria dei pesi dei rifiuti generati per ciascun flusso in uscita: i rifiuti derivanti dal consumo di articoli tessili vengono conferiti nella frazione indifferenziata mentre il packaging dei prodotti chimici si considera rifiuto differenziato plastico.

Il valore per le acque reflue si ottiene sommando i flussi di acqua e composti chimici utilizzati per le operazioni di ricondizionamento e di pulizia. Si noti che la somma dei valori dei flussi d'acqua in ingresso, pari a 5970 kg, è maggiore rispetto a quella in uscita, pari a 5820 kg, tale perdita di massa è determinata dal quantitativo acqua rimanente sulle superfici o all'interno dei tessuti al termine delle operazioni di lavaggio.

## 5.5 Downstream

La fase di *downstream* è descritta dalla versione 2.1 della PCR come una fase opzionale del sistema riguardante il fine vita dei beni durevoli coinvolti nel servizio.

Il modello proposto per il caso studio si discosta dalle indicazioni del testo di riferimento valutando gli scenari di fine vita dei prodotti consumabili e lo smaltimento delle acque di scarico prodotte dalle operazioni di pulizia.

Riprendendo i flussi in uscita dal processo "Erogazione servizio" si distingue il rifiuto in tre categorie principali: rifiuto plastico, rifiuto indifferenziato, acque reflue.

La prima categoria coinvolge tutti i rifiuti da packaging derivanti dall'erogazione del servizio ossia imballaggi primari come flaconi e taniche in plastica costituenti i contenitori dei detersivi.

La seconda tipologia di rifiuto comprende invece gli articoli tessili a fine vita che vengono conferiti nel rifiuto indifferenziato.

Sono classificate come acque reflue le acque di scarico miste a detersivi derivanti dalle operazioni di ricondizionamento della frazione tessile e di pulizia delle superfici e dei sanitari.

Le tre tipologie di residuo del servizio prevedono diversi trattamenti a fine vita: le plastiche vengono sottoposte a riciclo, le acque reflue subiscono apposito trattamento, il rifiuto indifferenziato prevede tre scenari:

Tabella 35- Tabella dei possibili trattamenti del rifiuto indifferenziato e le rispettive percentuali di conferimento

Incenerimento	52%
TMB	41%
Discarica	7%

Le informazioni relative allo smaltimento sono state tratte dal sito della regione Piemonte e in particolare dal piano di gestione di rifiuti e impianti della regione che si basa sul Sistema Informativo Regionale Rifiuti (SIRR).

Applicando le percentuali ricavate dalla letteratura al rifiuto totale effettivamente prodotto in un mese si calcolano i quantitativi in kg di rifiuto sottoposti a ciascun tipo di trattamento.

Tabella 36- Tabella delle quantità di rifiuto indifferenziato per ciascuno scenario previsto per lo smaltimento

Unità di misura	kg
<b>Rifiuto indifferenziato totale</b>	<b>2,493</b>
Rifiuto indifferenziato incenerimento	1,29636
Rifiuto indifferenziato TMB	1,02213
Rifiuto indifferenziato Discarica	0,17451

La fase di modellazione prevede l'inserimento dei dati di fine vita all'interno delle sezioni *database settings* dei processi riportati sopra. Tuttavia, il dataset non fornisce il processo di TMB (Trattamento Meccanico Biologico) e risulta necessaria la ricerca di dati di letteratura relativi alle risorse e alle emissioni correlate al trattamento.

La tabella 37 riporta i dati tratti dal sito della Regione Piemonte relativi a 1 kg di rifiuto indifferenziato sottoposto a TMB. Le prime tre voci rappresentano risorse necessarie per lo svolgimento del trattamento, le successive sono invece emissioni in atmosfera derivanti dal procedimento. Poiché le unità di misura della letteratura non coincidono con quelle previste dal software, nella tabella 38 sono presentati i valori convertiti da impiegare in fase di modellazione.

Tabella 37- Tabella delle risorse e delle emissioni per il TMB tratta da ARPA Piemonte (Regione Piemonte)

<b>TMB (fattori di emissione) - fonte Arpa Piemonte 2015-2017</b>		<b>u.m</b>
carburante	0,000327	t/t
acqua	0,3127	mc/t
elettricità	0,147	MWh/t
NH3	0,04989	kg/t
H2S	0,0141	kg/t
N2O	0,4	kg/t
CH4	0,756	kg/t
CO2	72,93	kg/t

Tabella 38- Tabella delle risorse e delle emissioni per il TMB convertita alle unità di misura compatibili con GaBi

<b>TMB (fattori di emissione) - fonte Arpa Piemonte 2015-2017</b>		<b>u.m</b>
carburante	0,000327	kg/kg
acqua	0,3127	kg/kg
elettricità	0,5292	MJ/kg
NH3	0,00004989	kg/kg
H2S	0,0000141	kg/kg
N2O	0,0004	kg/kg
CH4	0,000756	kg/kg
CO2	0,07293	kg/kg

### 5.5.1 Modellazione nel software GaBi

All'interno del plan "BAU – ciclo vita" viene modellato il plan "BAU - Downstream" rappresentato nella figura 57.



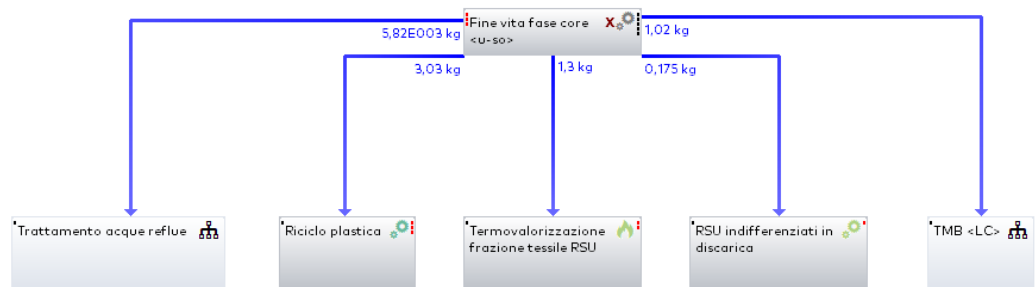


Figura 57- Il plan "BAU- Downstream"

Il processo denominato “Fine vita fase core” è un processo “u-so” del tipo *dummy*, necessario a strutturare la divisione dei flussi di rifiuto nei vari trattamenti: in input riceve le tre tipologie di rifiuto nelle quantità indicate dall’azienda mentre in output presenta i valori di massa per scenario di smaltimento calcolati sulla base della letteratura.

Parameters							
Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment	
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation							
Completeness: No statement							
Inputs							
Flows	Quantities	Amount	Units	Tr	Standar	Origin	Comment
↔ rifiuto indifferenziato tessili [Valuabl	Mass	2,49	kg	X	0 %	(No statement)	
↔ rifiuto packaging totale [Valuabl	Mass	3,03	kg	X	0 %	(No statement)	
↔ Waste water [Production residu	Mass	5,82E003	kg	X	0 %	(No statement)	
Flows							
Outputs							
Flows	Quantities	Amount	Units	Tr	Standar	Origin	Comment
↔ Incineration good [Waste for dis	Mass	1,3	kg	X	0 %	(No statement)	
↔ Municipal solid waste deposition	Mass	0,175	kg	X	0 %	(No statement)	
↔ rifiuto indifferenziato tessili_TMI	Mass	1,02	kg	X	0 %	(No statement)	
↔ rifiuto packaging totale [Valuabl	Mass	3,03	kg	X	0 %	(No statement)	
↔ Waste water [Production residu	Mass	5,82E003	kg	X	0 %	(No statement)	
Flows							

Figura 58- Database settings del processo “Fine vita fase core”

I processi di riciclo della plastica, di termovalorizzazione, di smaltimento in discarica e di trattamento delle acque reflue sono di tipo aggregato e reperibili nel dataset mentre per il TMB

è necessario creare un plan apposito in cui il flusso di rifiuto indifferenziato in ingresso viene sottoposto al trattamento.

### TMB

Process plan: Reference quantities

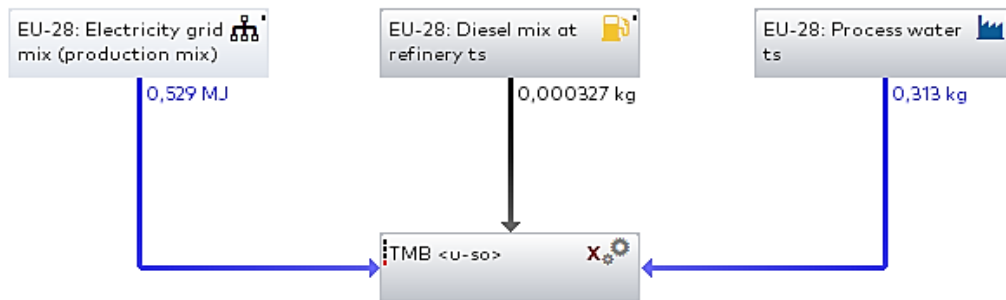


Figura 59- Plan "TMB"

I flussi in ingresso sono risorse necessarie allo svolgimento del procedimento i cui valori sono ricavati dalla letteratura mentre in uscita sono presenti solamente flussi non tracciabili appartenenti alla tipologia delle emissioni in aria.

Parameters						
Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standard	Comment
Parameter						
LCA LCC: 0 EUR LCWE Documentation						
Completeness: No statement						
Inputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Fr	Standard	Origin
↔ Diesel [Refinery products]	Mass	0,000327	kg	X	0 %	(No statement)
↔ Electricity [Electric power]	Energy (net ca)	0,529	MJ	X	0 %	(No statement)
↔ rifiuto indifferenziato tessili_TMI	Mass	1	kg	X	0 %	(No statement)
↔ Water (desalinated; deionised) [	Mass	0,313	kg	X	0 %	(No statement)
Flows						
Outputs						
Flows	Quantities	Amount	Units	Fr	Standard	Origin
↔ Ammonia [Inorganic emissions to air]	Mass	4,99E-005	kg		0 %	(No statement)
↔ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	0,0729	kg		0 %	(No statement)
↔ Hydrogen sulphide [Inorganic emissions to air]	Mass	1,41E-005	kg		0 %	(No statement)
↔ Methane [Organic emissions to air (gross)]	Mass	0,000756	kg		0 %	(No statement)
↔ Nitrous oxide (laughing gas) [Inorganic emissions to air]	Mass	0,0004	kg		0 %	(No statement)
Flows						

Figura 60- Database settings del processo "TMB"

## 5.6 Grouping

Per facilitare la fase di valutazione degli impatti secondo gli obiettivi dello studio, durante la modellazione viene svolta un'operazione di *grouping*, ossia di assegnazione dei processi ad un gruppo modificandone le impostazioni nella sezione *local settings*.

I gruppi vengono creati sulla base delle tipologie di processo che si desiderano analizzare nel servizio: l'assegnazione di un determinato procedimento ad un gruppo consente di valutarne l'impatto ambientale rispetto all'impatto complessivo del sistema. La scelta dei raggruppamenti consente di adottare punti di vista differenti del sistema passando a piacere da uno scenario più generico a uno maggiormente specifico e incentrato sui singoli processi.

Per il caso studio, anche a causa della struttura del modello, la scelta delle categorie viene attuata selezionando direttamente i processi interni ai plan. In particolare, per i plan di produzione degli articoli tessili e detergenti ciascun micro-processo viene direttamente assegnato ad un gruppo.

Le categorie messe in evidenza sono:

Tabella 39- Tabella dei grouping riportante tutte le tipologie di raggruppamento realizzate, la fase del servizio in cui sono incluse e la descrizione del raggruppamento

<b>Upstream</b>	Prod. chimici-lavanderia	Produzione prodotti chimici per il ricondizionamento
	Prod. chimici-pulizia	Produzione prodotti chimici per la pulizia
	Produzione tessili	Produzione attrezzatura tessile
	Trasporti chimici	Trasporto dei prodotti chimici (produttore-dealer-cantiere)
	Trasporti tessili	Trasporto dei prodotti tessili (produttore-dealer-cantiere)
<b>Core</b>	Erogaz. servizio-lavanderia	Consumo d'acqua, energia elettrica ed energia termica
	Erogaz. servizio-pulizia	Consumo d'acqua
<b>Downstream</b>	Discarica	Discarica
	Riciclo plastica	Riciclo packaging plastico prodotti chimici
	Termovalorizzazione	Incenerimento frazione tessili
	TMB	Trattamento Meccanico Biologico tessili fine vita
	Trattamento acque reflue	Trattamento acque reflue (lavanderia e pulizia)

Ciascun raggruppamento raccoglie tutti i processi relativi alla produzione di quella tipologia di articolo. Tale sistema organizzativo permette di valutare, ad esempio, gli impatti ambientali connessi alla produzione degli articoli tessili e confrontarli con quelli relativi ai trasporti degli stessi e ai consumi d'acqua della lavanderia.









Come spiegato sopra, sarebbe possibile applicare una scelta di processi a scala più generica o più specifica. Ad esempio, nel primo caso sarebbe possibile attuare un confronto tra le tre fasi del servizio, *upstream*, *core* e *downstream* oppure confrontare gli impatti correlati ai singoli processi produttivi degli articoli. In ogni caso, un raggruppamento più dettagliato consente poi

anche di “risalire” in termini di scala verso un livello di dettaglio più generico, addizionando i valori.

## 5.7 Valutazione degli impatti

Utilizzando la tecnica del *grouping* descritta nel paragrafo 5.6, vengono elaborati e confrontati i bilanci degli impatti, espressi in kg di CO<sub>2</sub> eq., per ciascun raggruppamento.

Tabella 40- Tabella degli impatti ambientali complessivi del servizio

	kg CO2 eq.	% - processi	% - macro-fasi
<b>Prod. chimici-lavanderia</b>	0,000645		3,44
<b>Prod. chimici-pulizia</b>	0,002019		10,77
<b>Produzione tessili</b>	0,004632		24,72
<b>Trasporti chimici</b>	0,000722		3,85
<b>Trasporti tessili</b>	0,000050		0,27
<b>Erogaz. servizio-lavanderia</b>	0,009748		52,03
<b>Erogaz. servizio-pulizia</b>	0,000016		0,08
<b>Discarica</b>	0,000003		0,02
<b>Riciclo plastica</b>	0,000283		1,51
<b>Termovalorizzazione</b>	0,000105		0,56
<b>TMB</b>	0,000045		0,24
<b>Trattamento acque reflue</b>	0,000467		2,49
			43,06
			52,11
			4,82

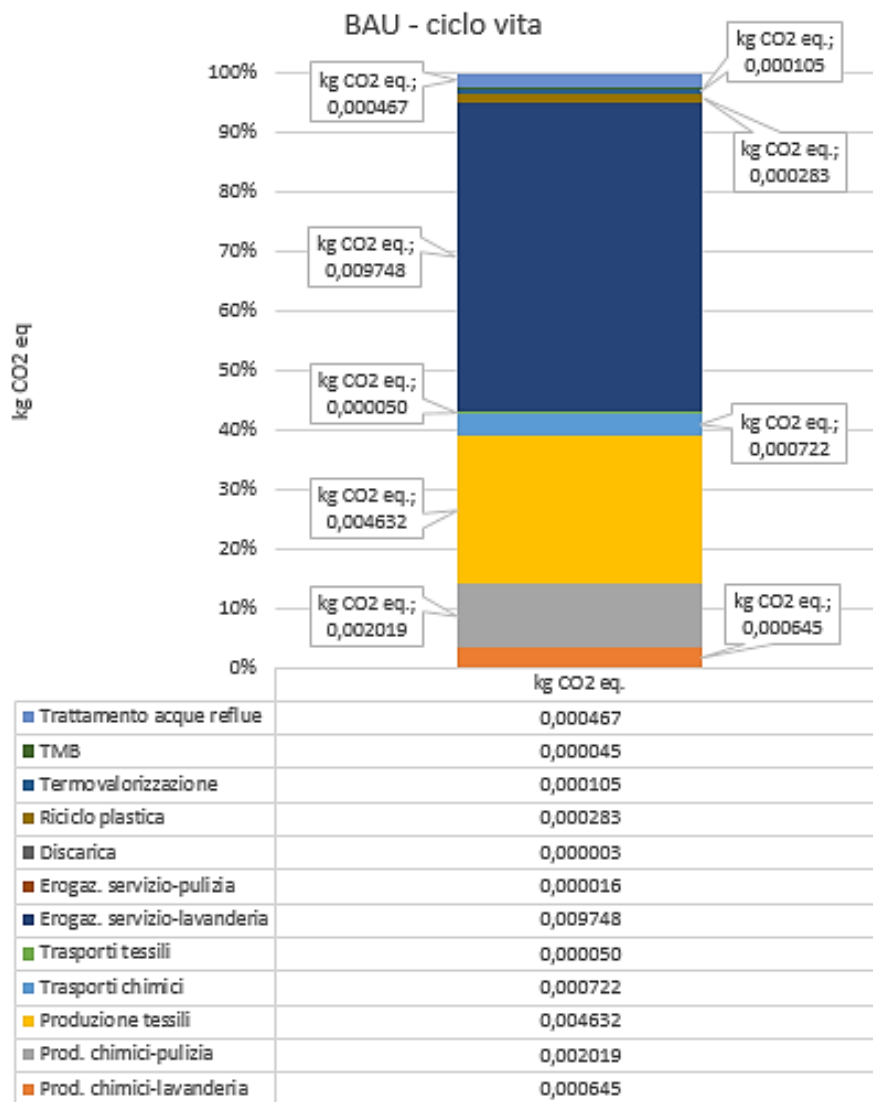


Figura 61- Grafico a colonne sovrapposte riferito al valore massimo 100% del servizio

La fase maggiormente impattante è quella di *core* che determina da sola più del 50% (52,11%) degli impatti del servizio. Tale contributo è attribuibile ai processi di pulizia e soprattutto a quelli di ricondizionamento delle attrezzature tessili che comportano un imponente impiego di risorse. Seguono la fase di *upstream* che rappresenta più del 40% (43,06%) degli impatti. In questo caso le emissioni derivano dai processi produttivi dei consumabili. La fase di *downstream* determina il restante 4,82% delle emissioni che sono connesse alla gestione del fine vita dei prodotti e delle risorse impiegati nella fase di *core*.

## 5.8 Interpretazione dei risultati

I risultati ottenuti rispecchiano quelli attesi anche se sono necessarie alcune considerazioni: in primo luogo, coerentemente a quanto previsto sulla base degli studi precedenti, la fase che contribuisce maggiormente all'impatto è quella di *core* a causa degli elevati consumi idrici, elettrici e termici correlati all'erogazione del servizio e al ricondizionamento (tabella 40). Il contributo però, rispetto a quanto riportato nelle EPD analizzate (Ducops, 2017; Servizi Associati, 2017; Soligena, 2017; Coopservice, 2018; Rekeep, 2018; Colser, 2019; Euro&Promos, 2019), che pure sono riferite all'unità funzionale di *1 m<sup>2</sup> pulito nel periodo annuale*, risulta quasi la metà del risultato medio ottenuto per la fase *core* delle EPD. Questo effetto è sicuramente determinato non da minori consumi di risorse bensì da un minor numero di processi previsti per il caso studio: sono esclusi dai confini del sistema i processi relativi all'impegno di macchinari, come lavapavimenti o aspirapolveri, che non rientrano nello scopo dello studio ma che determinerebbero consumi rilevanti. Inoltre, i processi produttivi sono, secondo la PCR di riferimento delle EPD, allocati nella fase di *core* e non in quella di *upstream* come accade per il modello. Ne consegue un forte incremento del contributo della prima fase del servizio, che inoltre include i processi relativi ai trasporti (tabella 41). Si tenga in considerazione inoltre che la fase di *upstream*, in cui l'impatto prevalente deriva dalla produzione di articoli tessili (tabelle 41 e 42), risente della scarsità di processi reperibili nel dataset e di dati primari. L'impatto dei prodotti tessili risulta infatti maggiore rispetto agli altri gruppi in *upstream*, tanto da rappresentare quasi la metà degli impatti della fase. Questo si suppone si verifichi per tre ragioni:

- la mancanza di dati primari relativi alla produzione degli articoli in tessuto e di quelli relativi ai consumi energetici per la miscelazione ed il confezionamento degli articoli per la lavanderia. Si ricorre a dati secondari per il processo di modellazione impiegando processi spesso aggregati o parzialmente aggregati oppure modellando i processi mancanti con dati secondari tratti dalla letteratura. In entrambi i casi i dati selezionati possono non corrispondere a quelli specifici del caso studio;
- la modellazione dei composti chimici comporta spesso la selezione di sostanze alternative ai componenti mancanti disponibili nel dataset, trascurando così il processo produttivo reale e determinando la stima imprecisa del dato;
- i processi secondari selezionati per la modellazione degli articoli tessili fanno riferimento a filiere produttive molto lunghe, si pensi per esempio al cotone, dunque gli impatti correlati possono risultare preponderanti.

Tabella 41- Tabella degli impatti ambientali complessivi della fase di upstream

	kg CO2 eq./mq mese	% - processi
<b>Totale (% sul Ciclo Vita)</b>	<b>0,008068</b>	<b>43,06</b>
<b>Prod. chimici-lavanderia</b>	0,000645	7,99
<b>Prod. chimici-pulizia</b>	0,002019	25,02
<b>Produzione tessili</b>	0,004632	57,41
<b>Trasporti chimici</b>	0,000722	8,95
<b>Trasporti tessili</b>	0,000050	0,62

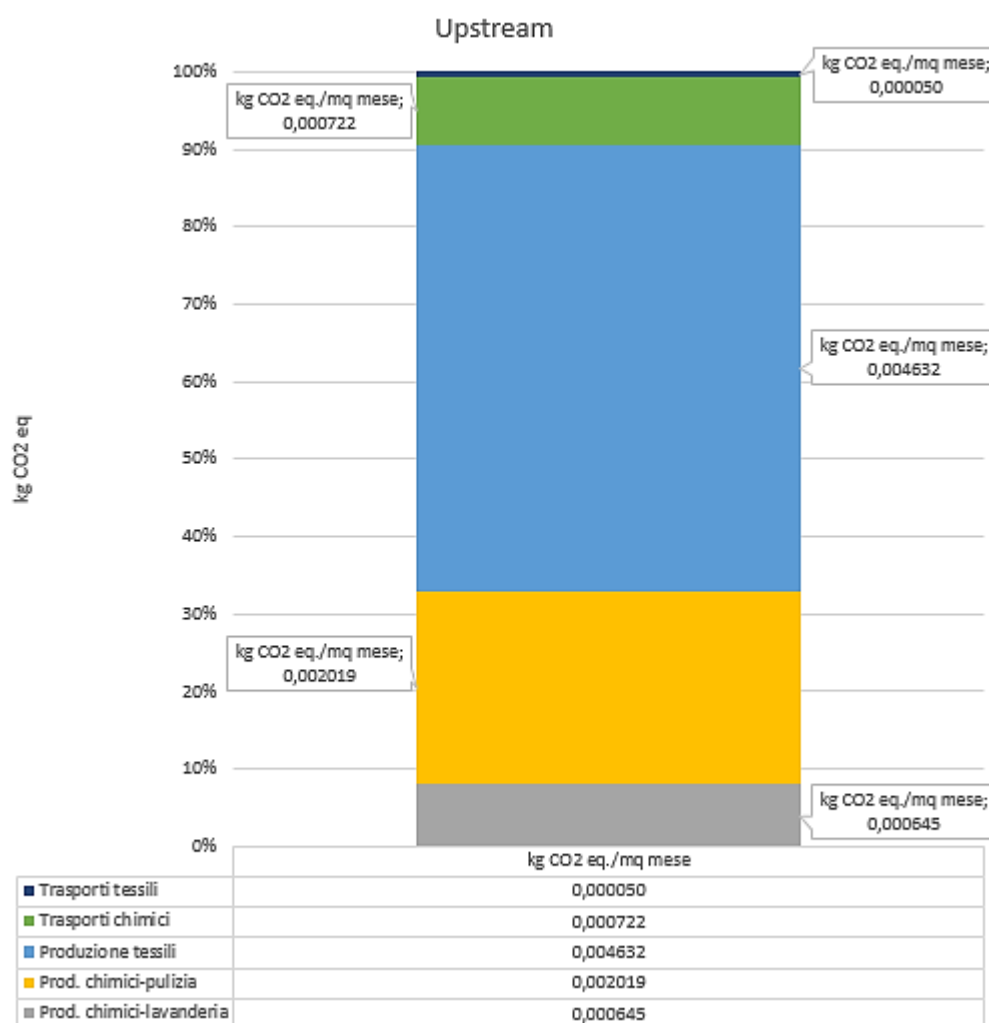















Figura 62- Grafico a colonne sovrapposte riferito al valore massimo 100% della fase di upstream

Nella tabella 42 vengono dettagliate le emissioni correlate a ciascun prodotto. Risaltano gli impatti relativi alla produzione di articoli tessili ed in particolare quelli contenenti cotone. Tale impatto può essere determinato dalla mancanza di dati primari sopperita con l'impiego di dati secondari reperibili nel dataset e potenzialmente distanti dai processi reali. In secondo luogo,

la catena produttiva correlata alla produzione di tessuti, e in particolare alla materia prima in questione, comprende numerosi sotto-processi e impiego di risorse.

Seguono i processi produttivi dei detergenti, anch'essi tratti da dataset appositi e facenti spesso riferimento a sostanze sostitutive ai componenti reali.

*Tabella 42- Tabella degli impatti ambientali relativi ai prodotti utilizzati nella fase di upstream in cui vengono confrontate le emissioni*

	kg CO2 eq.	% - processi	% - macro-fasi
<b>DB9</b>	0,000714		8,84
<b>DB3</b>	0,000406		5,03
<b>DM40</b>	0,000189		2,34
<b>DM45</b>	0,000505		6,26
<b>P11</b>	0,000737		9,13
<b>TEX ALKA</b>	0,000270		3,34
<b>TEX TENSIO</b>	0,000227		2,82
<b>TEX O2</b>	0,000338		4,19
<b>Bandiere</b>	0,001493		18,51
<b>MOP</b>	0,000306		3,79
<b>Pannetti WC</b>	0,000552		6,84
<b>Panni m.fibra</b>	0,000184		2,28
<b>Pezzame</b>	0,002147		26,62
			31,61
			10,35
			58,04



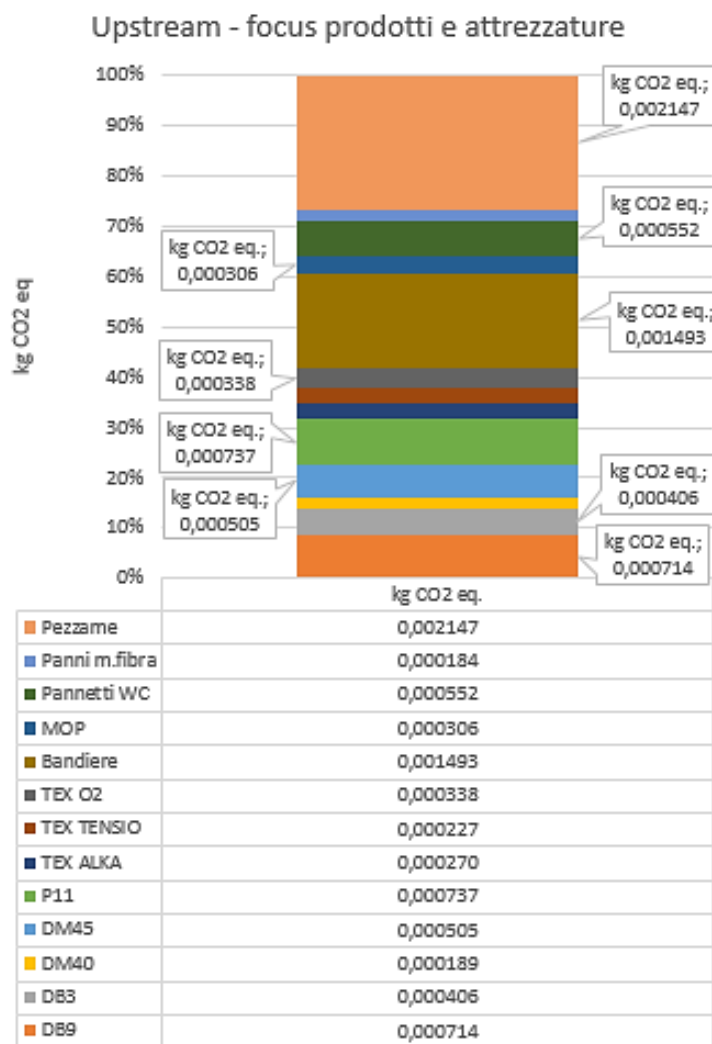


Figura 63- Grafico a colonne sovrapposte riferito al valore massimo 100% del complesso dei prodotti ed attrezzature utilizzati

La fase *core*, che come detto sopra, risulta la maggiormente impattante nel servizio, non presenta un impatto di molto superiore alla fase *upstream* (tabella 40): rispetto infatti a quanto ci si attenderebbe dalle analisi delle EPD, il fatto di rimuovere i processi di produzione dei beni consumabili dalla fase *core* posizionandoli in *upstream* ha comportato una sorta di bilanciamento tra le due. Ad ogni modo, considerando entrambe, si ha più del 95% degli impatti complessivi del servizio, analogamente a quanto dichiarato nelle EPD studiate (Ducops, 2017; Servizi Associati, 2017; Soligena, 2017; Coopservice, 2018; Rekeep, 2018; Colser, 2019; Euro&Promos, 2019).

La fase preponderante nel *core* in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> eq. è il ricondizionamento degli articoli tessili che rappresenta da sola più del 99% degli impatti (tabella 43).

Tabella 43- Tabella degli impatti ambientali complessivi della fase di core

	kg CO2 eq./mq mese	% - processi
<b>Totale (% sul Ciclo Vita)</b>	<b>0,009764</b>	<b>52,11</b>
<b>Erogaz. servizio-lavanderia</b>	<b>0,009748</b>	<b>99,84</b>
<b>Erogaz. servizio-pulizia</b>	<b>0,000016</b>	<b>0,16</b>

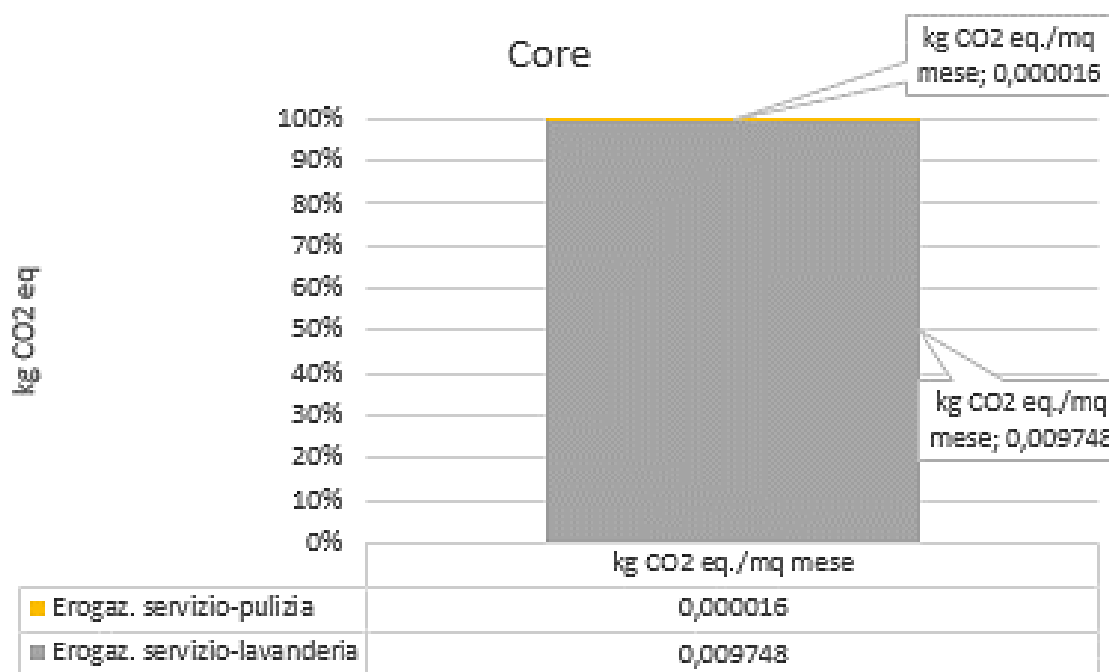


Figura 64- Grafico a colonne sovrapposte riferito al valore massimo 100% della fase di core

La fase meno impattante è quella di *downstream* per la quale non è possibile fare un confronto con le EPD perché, trattandosi di una fase opzionale dell'LCA, viene generalmente esclusa dallo studio.

In generale il contributo all'impatto complessivo è inferiore al 5% e lo scenario maggiormente determinante è il trattamento delle acque reflue (tabella 44): anche in questo caso il risultato è in linea prevedibilmente con le caratteristiche del sistema dato l'importante consumo di acqua per l'erogazione del servizio.

Seguono gli impatti dovuti al riciclo del rifiuto plastico, alla termovalorizzazione, al TMB e per ultimi quelli inerenti allo smaltimento in discarica, vista anche l'esigua quantità (7%) dei rifiuti indifferenziati destinati a tale trattamento.

Tabella 44- Tabella degli impatti ambientali complessivi della fase di downstream

	kg CO2 eq./mq mese	% - processi
<b>Totale (% sul Ciclo Vita)</b>	<b>0,000904</b>	<b>4,82</b>
Discarica	0,000003	0,37
Riciclo plastica	0,000283	31,36
Termovalorizzazione	0,000105	11,58
TMB	0,000045	5,02
Trattamento acque reflue	0,000467	51,67

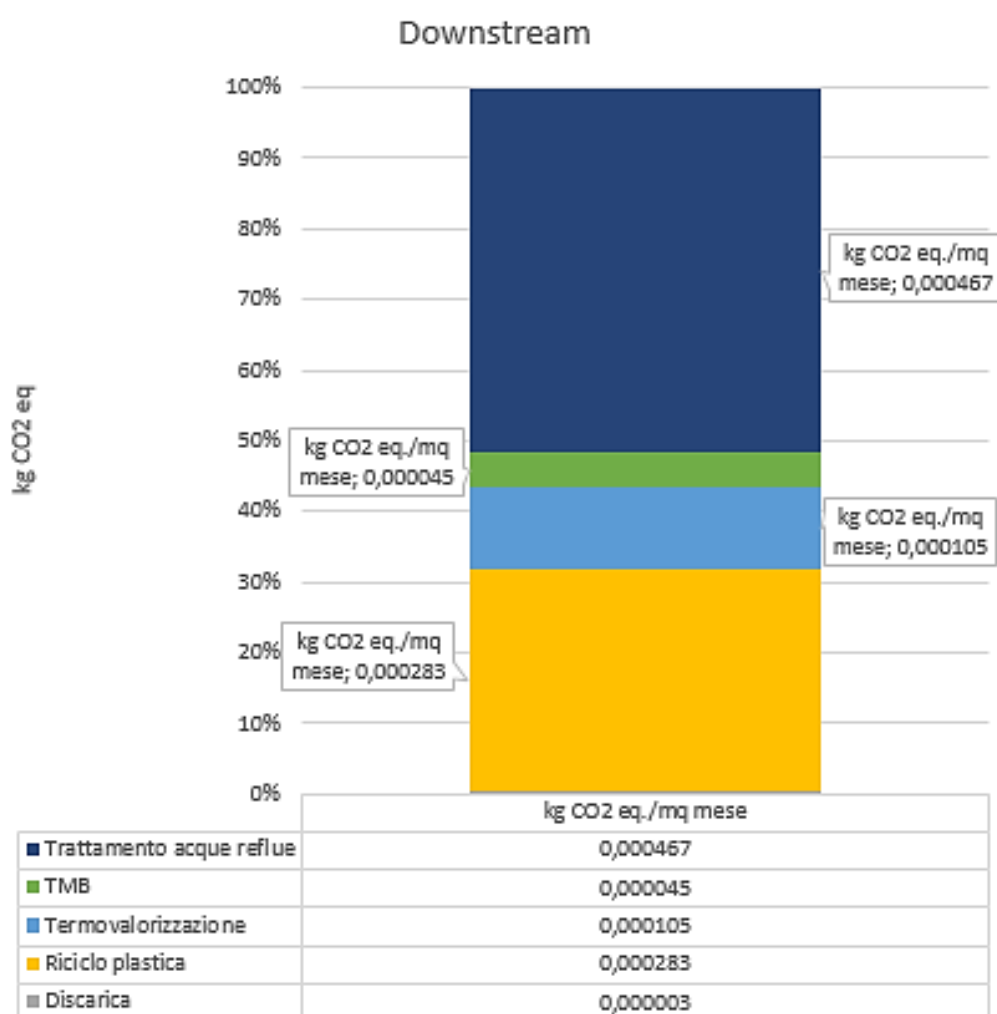


Figura 65- Grafico a colonne sovrapposte riferito al valore massimo 100% della fase di downstream

## 6 Conclusioni e prossimi passi

Il primo risultato del progetto è consistito nella realizzazione del modello di LCA per la valutazione di un servizio di pulizia professionale descritto nei capitoli precedenti. Per testare l'efficacia del modello in ottica di valutazione degli impatti ambientali si attua l'implementazione della struttura nel software GaBi con i dati relativi al primo scenario previsto per il progetto dell'azienda Punto 3, ossia la situazione *Business As Usual* (BAU).

I risultati ottenuti lanciando il calcolo degli impatti risultano realistici e coerenti con i dati disponibili. Il maggiore impatto, individuato nella fase di *core*, risulta veritiero poiché si tratta della fase di maggior uso delle risorse energetiche ed idriche. In secondo luogo, i risultati delle EPD studiate forniscono un supporto a tali considerazioni: nonostante il modello dello studio si discosti dalle indicazioni della PCR di riferimento, e allochi i processi produttivi nella fase di *upstream*, sommando gli impatti ad essi relativi si otterrebbe nella fase *core* un risultato del tutto coerente con la letteratura.

Le maggiori revisioni al servizio dovrebbero riguardare la fase di *core*, ed in particolare l'attività di ricondizionamento: l'ottimizzazione del lavaggio dovrebbe garantire un consumo minore di risorse.

L'impiego di prodotti Ecolabel, quindi dotati di dichiarazione ambientale che ne attesti minori impatti sull'ambiente, dovrebbe ridurre le emissioni della fase *upstream*. Contemporaneamente, l'uso di prodotti concentrati in formato monodose, diluibili con acqua presso il sito, dovrebbe garantire minore impatto sui trasporti e sullo smaltimento. Si ridurrebbero così i volumi di prodotto trasportato riducendo il numero di viaggi e la produzione di rifiuto plastico.

Inoltre, la formazione del personale in termini di riduzione dei quantitativi di detergente per superfici e sanitari, ponendo particolare attenzione all'esempio del DB 9, disincrostante pronto all'uso, ridurrebbe gli impatti, che sono infatti calcolati anche in relazione al quantitativo consumato.

La diminuzione del rifiuto plastico ridurrebbe a sua volta gli impatti legati alla fase di fine vita preponderante dopo il trattamento delle acque reflue, ossia quella del riciclo di plastica.

I prossimi passi del progetto realizzato da Punto 3 prevedono la sostituzione dell'attuale fornitura di articoli per la pulizia con quelli relativi ai protocolli Ecolabel. Seguiranno le fasi di campionamento dei consumi connessi alle operazioni di pulizia e di raccolta e analisi dei dati necessari alla modellazione del servizio nel software. Infine, si procederà alla valutazione

dell'impatto utilizzando come categoria di riferimento il *GWP 100 fossil* e confrontando i tre scenari. Saranno così valutati i benefici ambientali, e in seguito anche economici, ottenuti dall'applicazione dei differenti protocolli di pulizia.

## 7 Bibliografia e sitografia

ARPA Piemonte, 2019. Analisi degli indicatori descrittivi del Piano di Monitoraggio Ambientale. <https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2020-01/Analisi%20degli%20indicatori%20descrittivi%20del%20Piano%20di%20Monitoraggio%20Ambientale.pdf> (Ultimo accesso: novembre 2020)

Babajanzadeh Babak, Sherizadeh Saied, Ranji Hasan, 2019. Detergents and surfactants: a brief review. Open Access Journal of Science. Vol. 3. Issue 3. <https://medcraveonline.com/OAJS/OAJS-03-00138.pdf> (Ultimo accesso: agosto 2020)

Cle.Pr.In, 2019. Environmental Product Declaration (EPD) for Nonwoven wipes. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=13535> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Colser, 2019. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=15390> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Conai. Linee guida per la facilitazione delle attività di riciclo degli imballaggi in plastica. <http://www.progettarericiclo.com/docs/linee-guida-la-facilitazione-delle-attivita-di-riciclo-degli-imballaggi-plastica> (Ultimo accesso: luglio 2020)

Coopservice, 2018, rev. 1. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. [www.environdec.com](http://www.environdec.com) (Ultimo accesso: giugno 2020)

Ducops, 2017. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. [www.environdec.com](http://www.environdec.com) (Ultimo accesso: giugno 2020)

È così, 2018. Environmental Product Declaration (EPD) for Detergents and washing preparations. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=8315> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures. Geneva: Switzerland

EPD International AB, 2016. PCR 2008:07, Product Category Rules for cleaning trolleys for professional use, version 2.2 (2016-09-28). The International EPD Cooperation.

EPD International AB, 2019a. PCR 2011:03, Product Category Rules for professional cleaning services for buildings, version 2.1 (2019-03-12). The International EPD Cooperation.

EPD International AB, 2019b. PCR 2011:10, Product Category Rules for detergent and washing preparations, version 3.12 (2019-09-06). The International EPD Cooperation.

EPD International AB, 2019c. PCR 2013:22, Product Category Rules for cleaning cloths, version 2.12 (2019-09-06). The International EPD Cooperation.

Euro&Promos, 2019, rev. 1. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=14600> (Ultimo accesso: giugno 2020)

European Commission (EC), 2003. Integrated Product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. COM (2003) 302 final. Brussels.  
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2003/EN/1-2003-302-EN-F1-1.Pdf> (Ultimo accesso: settembre 2020)

European Commission (EC), 2018. Commission Decision (EU) 2018/680 establishing EU Ecolabel criteria for indoor cleaning services. C(2018) 2503).  
<https://www.legislation.gov.uk/cy/eudn/2018/680> (Ultimo accesso: novembre 2020)

European Commission (EC), 2019. The European Green Deal. Communication from the Commission. COM (2019) 640 final. Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN> (Ultimo accesso: ottobre 2020)

Fabbri Paolo, 2020. GSA (Il Giornale dei Servizi Ambientali), No. 7/8. pp. 28-29.  
[https://www.gsanews.it/wp-content/uploads/GSA\\_luglioagosto.pdf](https://www.gsanews.it/wp-content/uploads/GSA_luglioagosto.pdf) (Ultimo accesso: novembre 2020)

Falpi, 2018, rev. 15. Environmental Product Declaration (EPD) for Cleaning trolleys for professional use. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=7590> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Holzner Christoph, Ohlendorf Wolfgang, Block Hans-Dieter, Bertram Horst, Kleinstruck Roland, Moretto Hans-Heinrich, 1997. Production of 2-phosphonobutane-1, 24-tricarboxylic acid and the alkali metal salts thereof.  
<https://patentimages.storage.googleapis.com/fa/05/66/7738a782c144ec/US5639909.pdf> (Ultimo accesso: luglio 2020)

<https://connectchemicals.com/en/product-finder/2-phosphonobutane-124-tricarboxylic-acid-pbtc> (Ultimo accesso: luglio 2020)

<https://feltmagnet.com/textiles-sewing/What-are-the-main-differences-between-Weaving-and-Knitting> (Ultimo accesso: ottobre 2020)

<https://homesteady.com/13420752/what-chemicals-are-used-in-glass-cleaners> (Ultimo accesso: luglio 2020)

<https://plastrading.com/2020/01/30/the-three-types-of-blow-moulding-methods/> (Ultimo accesso: novembre 2020)

<https://textilelearner.blogspot.com/2012/04/weaving-and-knitting-comparedifference.html> (Ultimo accesso: ottobre 2020)

<https://www.biolinscientific.com/blog/what-are-surfactants-and-how-do-they-work> (Ultimo accesso: luglio 2020)

<https://www.covremanifatture.it/en/the-process-of-thermoplastic-extrusion> (Ultimo accesso: novembre 2020)

<https://www.custompartnet.com/wu/blow-molding> (Ultimo accesso: novembre 2020)

<https://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>

<https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=7875> (Ultimo accesso: ottobre 2020)

[https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/Gpp\\_opuscolo.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/Gpp_opuscolo.pdf) (Ultimo accesso: novembre 2020)

<https://www.reteclima.it/lca-life-cycle-assessment-analisi-del-ciclo-di-vita> (Ultimo accesso: settembre 2020)

<https://www.whatsinsidescjohnson.com/us/en/brands/windex/windex-original-glass-cleaner> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Hunter Leon, 1974. Liquid detergent compositions. US 3 786 003. <https://patentimages.storage.googleapis.com/76/30/2d/96a545c9afbfa8/US3786003.pdf> (Ultimo accesso: luglio 2020)

ISO (International Organization for Standardization), 2006a. Standard ISO 14025:2006.

ISO (International Organization for Standardization), 2006b. Standard ISO 14040:2006.

Environmental management - Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva: Switzerland

ISO (International Organization for Standardization), 2006c. Standard ISO 14044:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Geneva: Switzerland

Kazi Karim, Mandal Asim, Biswas Nikhil, Guha Arijit, Chatterjee Sugata, Behera Mamata, Kuotsu Ketousetuo, 2010. Niosome: A future of targeted drug delivery systems [https://www.researchgate.net/figure/Different-types-of-non-ionic-surfactants\\_tbl4\\_221750116](https://www.researchgate.net/figure/Different-types-of-non-ionic-surfactants_tbl4_221750116) (Ultimo accesso: luglio 2020)

Marvin Katelyn, 2018. Process for making ethanolamines. EP 3 089 960 B1

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM), 2012. Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di pulizia e per la fornitura di prodotti per l'igiene. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/2017/alegato\\_tecnico\\_pulizie\\_all.pdf.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/2017/alegato_tecnico_pulizie_all.pdf.pdf) (Ultimo accesso: novembre 2020)

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM), 2016. Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di sanificazione per le strutture sanitarie e per la fornitura di prodotti detergenti. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/allegato\\_tecnico\\_sanificazione\\_07022017.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/allegato_tecnico_sanificazione_07022017.pdf) (Ultimo accesso: novembre 2020)

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM), 2017a. <https://www.minambiente.it/pagina/che-cosa-e-il-gpp> (Ultimo accesso: novembre 2020)

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM), 2017b. <https://www.minambiente.it/pagina/piano-dazione-nazionale-sul-gpp> (Ultimo accesso: novembre 2020)

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM), 2020. <https://www.minambiente.it/pagina/i-criteri-ambientali-minimi> (Ultimo accesso: novembre 2020)

Ministero della salute, 2004. I detergenti. [http://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_opuscoliPoster\\_158\\_ulterioriallegati\\_ulterioreallegato\\_3\\_alleg.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_158_ulterioriallegati_ulterioreallegato_3_alleg.pdf) (Ultimo accesso: luglio 2020)



Punto 3, 2020. Le certificazioni ambientali come strumento di Green Public Procurement. <https://punto3.it/green-public-procurement/green-public-procurement-risorse/#circolare> (Ultimo accesso: novembre 2020)

Regione Piemonte. <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/rifiuti/rifiuti-urbani> (Ultimo accesso: novembre 2020)

Rekeep, 2018, rev. 1. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=13401> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Righi Serena, Dal Pozzo Alessandro, Tugnoli Alessandro, Raggi Andrea, Salieri Beatrice, Hischer Roland, 2019. The availability of suitable datasets for the LCA analysis of chemical substances. Chapter 1

Righi Serena, Morfino Andrea, Galletti Paola, Samorì Chiara, Tugnoli Alessandro, Stramigioli Carlo, 2011. Comparative cradle-to-gate life cycle assessments of cellulose dissolution with 1-butyl-3-methylimidazolium chloride and N-methyl-morpholine-N-oxide. Green Chemistry, Vol. 13, pp. 367-375

Righi Serena, Baioli Filippo, Dal Pozzo Alessandro, Tugnoli Alessandro, 2018. Integrating Life Cycle Inventory and process design techniques for the early estimate of energy and material consumption data. Energies, Vol. 11, No. 970; doi:10.3390/en11040970

Servizi Associati, 2017. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=13379> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Shelton Robert, 1942. Cetyl quaternary ammonium compound. US 2 295 504. <https://patentimages.storage.googleapis.com/73/a3/31/6b0e1888a37fb9/US2295504.pdf> (Ultimo accesso: luglio 2020)

Singh Manroshan, Hui Mei Evelyn Lim, 2015. Surfactants and Their Use in Latex Technology. [https://www.researchgate.net/figure/SOME-EXAMPLES-OF-SURFACTANTS-AND-THEIR-RESPECTIVE-CLASSES\\_tbl1\\_274890828](https://www.researchgate.net/figure/SOME-EXAMPLES-OF-SURFACTANTS-AND-THEIR-RESPECTIVE-CLASSES_tbl1_274890828) (Ultimo accesso: luglio 2020)

Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 1993. Guidelines for LifeCycle Assessment

Soligena, 2017, rev. 12. Environmental Product Declaration (EPD) for Professional cleaning services for buildings. <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=8189> (Ultimo accesso: giugno 2020)

Strand Jelina, 2015. Environmental impact of the Swedish textile consumption - a general study. pp. 34-36

Tan Tai Louis Ho, Nardello-Rataj Véronique, 2001. The main surfactants used in detergents and personal care products. <https://www.ocl-journal.org/articles/oclj/pdf/2001/02/oclj200182p141.pdf> (Ultimo accesso: luglio 2020)

TTS Cleaning, 2018, rev. 3. Environmental Product Declaration (EPD) for Cleaning trolleys for professional use. [www.environdec.com](http://www.environdec.com) (Ultimo accesso: giugno 2020)

van der Velden Natascha M., Patel Martin K., Vogtländer Joost G., 2014. LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. The International Journal of Life Cycle Assessment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. pp. 332-357

Willis Stephen B. Jr., Henry Joseph D., 1982. Process for ethanalamines. US 4 355 181

Zahedi Gholamreza, Amraei Saeideh, Biglari Mazda, 2009. Simulation and optimization of ethanol amine production plant. The Korean Journal of Chemical Engineering, Vol. 26, No. 6 <http://www.essica.it/it/approfondimenti/sanificazione-alimentare/disinfezione/quaternari-d-ammonio#:~:text=I%20quaternari%20d'ammonio%2C%20chiamati,e%20arilici%20presenti%20nella%20molecola> (Ultimo accesso: luglio 2020)

## 8 Ringraziamenti

Premessa: il lavoro di tesi presentato non sarebbe stato realizzabile senza il supporto e l'aiuto di molti. Il mio obiettivo è ringraziare di cuore tutti coloro che hanno reso possibile il raggiungimento di questo traguardo, augurandomi di non tralasciare nessuno ed essendo ben consapevole che molti di quelli che non riuscirò a citare hanno comunque ricoperto un ruolo fondamentale nel percorso che mi ha permesso di arrivare fino a qui.

Ringrazio innanzitutto la mia relatrice, la Professoressa Serena Righi, per la sua disponibilità e gentilezza e per avermi fornito le basi per appassionarmi alla materia di LCA.

Ringrazio il mio correlatore, l'ing. Michele Braglia, per l'infinita pazienza, per la sua attenzione ai dettagli grandi e piccoli, per la sua competenza nel guidarmi passo passo in questo progetto e per aver corretto i miei errori con coerenza e, ancora, tanta pazienza.

Ringrazio l'azienda Punto 3 per avermi ospitato, per quanto fisicamente in esigue ma sempre piacevoli occasioni, e per avermi dato l'opportunità di mettermi alla prova ed affacciarmi sul mondo esterno a quello accademico. Ringrazio il Dott. Cesare Buffone che si è sempre mostrato disponibile, incoraggiante e motivante.

Un ringraziamento speciale va ai miei genitori, che mi hanno sempre sostenuto in tutti i sensi, anche a distanza, non facendomi mai mancare il loro supporto e il loro affetto. Mi auguro che i sacrifici fatti in tutti questi anni vengano presto ricambiati e di poterli rendere fieri di me.

Ringrazio con altrettanto calore i miei nonni, che nonostante la vita da fuori sede, hanno sempre trovato il modo di dimostrarmi il loro orgoglio e il loro supporto.

Saluto la mia nonna Maria, che mi manca molto, e che anche se non può assistere fisicamente alla mia seconda laurea, so che è felice e fiera di me e mi chiederebbe il perché di un 30 e 9 quando 40 sarebbe stato molto meglio.

Ringrazio Sim, che nonostante tutto quello che è successo lungo il percorso, so che mi appoggia, mi sostiene sempre e che è orgoglioso del mio traguardo.

Ringrazio le mie amiche. Le mie amiche di lunga data che non ho bisogno di nominare perché sanno di essere nel mio cuore per tutti i momenti passati insieme. Per tutti i litigi, i pianti, i sorrisi che abbiamo condiviso e per l'affetto e il supporto che non mi hanno mai fatto mancare nonostante la distanza e la mia riservatezza.

Ringrazio la mia Pucchia, che occupa un ruolo speciale nel mio cuore ed è per me una incredibile fonte di ispirazione e coraggio e perché in ogni momento di buio rappresenta per me una luce in fondo al tunnel che mi indica la strada di casa.

Ringrazio Gioia, che mi accusa sempre di essere una secchiona ma in realtà è peggio di me e mi è vicina nonostante gli impegni e la distanza.

Ringrazio le mie coinquiline per i due anni passati insieme, per essere state meravigliose e pazienti compagne di vita e fonte di ispirazione.

Grazie per avermi aperto gli occhi sul mondo e fatto conoscere un lato diverso della vita e per le risate, i pianti e tutto ciò che la convivenza comporta.

Ringrazio il Ragno per essere stata un'entusiasta esplosione di energia positiva capace di rischiarare le giornate grigie e per avere la capacità di aprire con il suo sorriso gli occhi di chi la guarda.

Ringrazio Anti, compagna di sedute di profonda introspezione, fonte di consigli saggi e di conforto nei momenti di tristezza. Compagna di discussioni, confronti e riappacificazioni.

Ringrazio Fuli, per essere stata un'amica, e anche un po' una mamma, straordinaria e premurosa. Per i consigli inaspettati ma sempre perfetti al momento giusto e per essere stata sempre comprensiva dopo un disastro combinato in qualsiasi ambito.

Ringrazio Cri perché nonostante le differenze “culturali regionali” si è dimostrata una sorella sempre pronta a supportarmi ed accogliermi nei momenti di gioia e di dolore e mi ha dato l’occasione di dimostrare al mondo un valore che non sapevo di avere.