
XI Convegno della Rete Italiana LCA

Resource Efficiency e Sustainable Development Goals: il ruolo del Life Cycle Thinking

Siena
22 – 23 giugno 2017

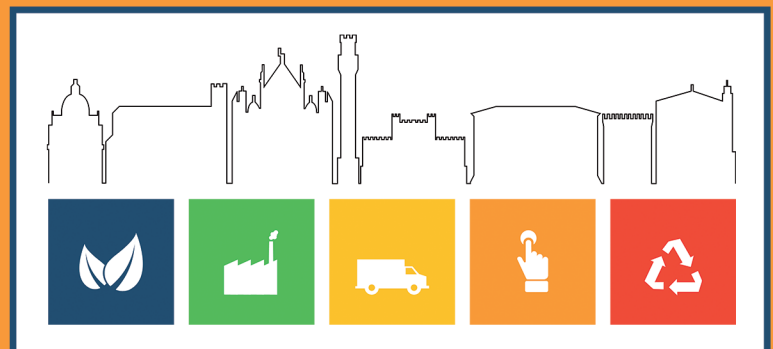
a cura di Valentina Niccolucci, Arianna Dominici Loprieno,
Simone Maranghi, Simona Scalbi



UNIVERSITÀ
DI SIENA 1240



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Atti del XI Convegno della Rete Italiana LCA

Resource Efficiency e Sustainable Development Goals: il ruolo del Life Cycle Thinking

Siena, 22-23 giugno 2017

A cura di Valentina Niccolucci, Arianna Dominici Loprieno, Simone Maranghi, Simona Scalbi

Immagini del volume a cura di Paola Sposato

2017 ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e
lo sviluppo economico sostenibile

ISBN: 978-88-8286-352-4

Revisione editoriale: Giuliano Ghisu

Copertina: Cristina Lanari

LCA di prodotto-servizio: il caso di studio di un lavamoto automatico

Giovanni Dotelli^{1*}, Emanuela Viganò^{1,2}

¹Politecnico di Milano, dip. Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G.Natta", p.zza L. da Vinci 32, 20133 Milano, Italia

²CESI S.p.A., Via Raffaele Rubattino, 54, 20134 Milano, Italia

Email*: giovanni.dotelli@polimi.it

Abstract

Il presente studio ha per oggetto l'applicazione della metodologia LCA ad un impianto di lavaggio automatico di motocicli, prodotto da un'azienda lombarda, Vema srl. Questo impianto sembra essere il primo nel suo genere a livello europeo, se non mondiale; non appena messa in commercio la macchina, l'azienda produttrice ha ricevuto infatti ordini anche dal Sud America, dalla Francia e dall'India. L'innovazione portata da questa macchina è quella di aver spostato specificamente sui motocicli il sistema di lavaggio automatico tipico delle automobili (tunnel ad avanzamento automatico), andando a riempire, economicamente, una nicchia di mercato ancora vuota. Tradizionalmente il lavaggio di motocicli viene svolto manualmente, mentre questo prodotto consente di lavare in maniera autonoma il proprio mezzo con un intervento manuale minimo ed una notevole riduzione dei consumi di acqua attraverso un sistema di riciclo.

1. Introduzione

In letteratura una analisi LCA specifica del processo di motolavaggio automatico non è reperibile. Recentemente è comparso (Liu et al., 2015) uno studio LCA di un'automobile, escludendo il solo fine vita/riciclo, in cui si analizza il consumo di energia, l'uso di acqua e le emissioni inquinanti del ciclo di vita dell'industria automobilistica cinese. Nel ciclo di vita è compresa la fase di uso includendo anche la manutenzione del veicolo, e sebbene non sia richiamato esplicitamente il lavaggio né siano forniti dati precisi su quest'ultimo, nelle conclusioni si indica che il miglioramento del riutilizzo dell'acqua di lavaggio può portare grossi benefici. In uno studio ancor più recente, dedicato all'impronta idrica della Ford Focus nelle versioni benzina ed elettrica, non si conteggiano i consumi di acqua per la manutenzione ordinaria durante l'uso (Kim et al., 2016). Al contrario, il problema ambientale derivante dallo scarico delle acque di lavaggio auto è comunque percepito a livello internazionale. Ad esempio, è stato studiato l'impatto delle acque di lavaggio di autoveicoli sul circuito di raccolta delle acque meteoriche in ambiente urbano nella città di Tolosa (Breton et al., 2010; Sablayrolles et al., 2010). In Brasile sono stati valutati i benefici del riutilizzo delle acque derivanti dal lavaggio delle auto sul sistema di gestione delle acque urbane (Zaneti et al., 2012). A conferma della rilevanza del problema, inoltre, negli ultimi anni sono stati studiati dei sistemi più sofisticati di trattamento delle acque provenienti dal lavaggio delle auto quali elettro-coagulazione ed elettro-ossidazione (Bazrafshan et al., 2012; El-Ashtoukhy et al., 2015; Gomes et al., 2016; Mohammadi et al., 2017; Panizza and Cerisola, 2010; Rubí-Juárez et al., 2015), ultrafiltrazione e nanofiltrazione (Lau et al., 2013).

Il presente lavoro studia un nuovo tipo di macchinario presente da poco sul mercato nazionale e internazionale, che offre interessanti aspetti ambientali relativi ai consumi energetici ridotti e al ricircolo di acqua e analizza, in ottica LCA, un processo - il lavaggio automatico di veicoli - non ancora presente in letteratura. L'analisi è parziale poiché si dedica solamente alla valutazione di un autolavaggio per motociclette (nessun altro tipo di veicolo) facendo riferimento ad uno specifico macchinario, il PH7-BIKE prodotto e commercializzato da Vema srl (Viganò, 2015). Lo studio attuale vuole essere un esempio della applicazione della metodologia LCA a quel settore di **sistemi prodotto/servizio (PSS)** che sta acquistando una rilevanza sempre maggiore nelle economie occidentali e per il quale sempre più spesso si parla di sostenibilità a tutto tondo (Annarelli et al., 2016; Vezzoli et al., 2015). Nella contingente crisi economica e ambientale, infatti, le opportunità di business risiedono nello sviluppare/ scoprire/ individuare dei sistemi che siano capaci di rispondere a delle domande specifiche di prodotti tramite servizi, sistemi in grado quindi di creare valore svincolandolo dall'aumento del consumo di materiali ed energia, diminuendo pertanto l'impatto ambientale dei sistemi tradizionali di produzione e consumo.

2. Il sistema di autolavaggio

Per sistema di autolavaggio si intendono gli impianti predisposti al lavaggio automatico (tunnel ad avanzamento automatico) o parzialmente automatizzato (impianti a box self-service) dei veicoli. Queste configurazioni sono sicuramente da preferire ad un lavaggio di tipo manuale sia per il tempo necessario che per i consumi di acqua, entrambi inferiori. I dati che emergono da uno studio realizzato dall'Osservatorio Autopromotec nel 2011 (Osservatorio Autopromotec, 2011) parlano di sedici milioni di metri cubi d'acqua annui impiegati per effettuare una media di tre lavaggi all'anno dei più di 36 milioni di autovetture che circolano attualmente in Italia. Di norma per lavare un'auto occorrono mediamente 150 litri d'acqua, mentre per il lavaggio di un camion si arriva a 600. Questi consumi possono essere abbattuti (fino ad arrivare all'utilizzo di 50/60 litri per automobile) solo attraverso l'utilizzo e il miglioramento degli impianti di autolavaggio che assicurano un corretto risparmio e riutilizzo dell'acqua.

2.1. Impianto automatico lavamoto PH7 BIKE

L'oggetto dello studio è un dispositivo di lavaggio per motociclette - o lavamoto - denominato PH7-BIKE. Si tratta di un dispositivo elettromeccanico costituito di due moduli, fra loro integrati ma indipendenti (Figura 1): il vano tecnico e la cabina, al cui interno avviene il lavaggio.

La struttura è in acciaio inox ed alluminio, completa di base di sostegno, rampa, griglia, vasca di contenimento e di scarico, piedini di appoggio regolabili, pannelli laterali e chiusura frontale con finestre trasparenti. L'impianto è di tipo trasportabile, removibile, indipendente e viene solitamente consegnato già assemblato. Esso può essere posizionato praticamente ovunque, su superfici pianeggianti. Il vano tecnico ancorché collegato alla cabina, può essere posizionato anche in un'area separata. Non vi è necessità di opere edili né di

alcuna infrastruttura fissa. Anche l'installazione è molto semplice. Effettuata la posa nel punto prescelto, è sufficiente la semplice connessione alla rete idraulica (carico e scarico) e a quella elettrica, in punti determinati dell'impianto stesso. L'impianto in configurazione standard è progettato e costruito con entrata/uscita sul medesimo lato (quello frontale). L'impianto prevede il ricircolo dell'acqua di lavaggio, che, opportunamente filtrata, viene recuperata nel serbatoio principale di accumulo, per successivi utilizzi, senza soluzione di continuità, con una autonomia pressoché completa. Periodicamente, al termine degli utilizzi, l'acqua utilizzata è scaricata in fognatura previo trattamento di filtrazione e depurazione (in ottemperanza alle normative vigenti).



Figura 1: Struttura impianto motolavaggio: vano tecnico (a sinistra); cabina (a destra).

2.2. Il ciclo di lavaggio standard

L'impianto consente il lavaggio delle motociclette attraverso un ciclo automatico eventualmente integrato da una fase iniziale manuale. La moto deve essere posizionata dall'operatore o dal cliente nella corretta posizione di lavaggio. Dopo avere eseguito l'eventuale fase manuale di lavaggio cerchi, l'operatore esce dalla cabina di lavaggio che per ragioni di sicurezza viene chiusa e il ciclo di lavaggio procede automaticamente. Al termine delle operazioni la cabina viene aperta e l'operatore rimuove la motocicletta. Il processo di lavaggio si ritiene quindi

concluso. Il ciclo di lavaggio standard, al quale fa riferimento lo studio, comprende una fase manuale (fase 0) e una sequenza di 6 fasi automatiche. Ogni fase del ciclo automatico è programmata in fabbrica con durate prefissate, modificabili su richiesta. Il dettaglio del ciclo di lavaggio standard adottato nello studio è riportato in Tabella 1.

2.3. Sistema di gestione dell'acqua

Il motolavaggio è dotato di un serbatoio a due stadi di accumulo dell'acqua di lavaggio e un serbatoio di accumulo dell'acqua proveniente dall'impianto di osmotizzazione. Nel serbatoio a due stadi vi è una sezione di accumulo dell'acqua pulita, che alimenta il sistema di lavaggio in cabina, e una sezione di accumulo dell'acqua sporca raccolta dal fondo della cabina di lavaggio. Vi è poi un secondo circuito dedicato all'acqua osmotizzata. I due circuiti sono separati, ma l'acqua osmotizzata utilizzata nella fase di Detergenza, Ceratura e Risciacquo (cfr. Tabella 1) confluisce nel circuito di lavaggio, essendo raccolta anch'essa dal fondo della cabina di lavaggio.

Nel complesso vi sono due circuiti acque:

- [1] il circuito di acqua di lavaggio che funziona a circuito chiuso con riciclo totale e che viene alimentato da acqua di rete; in media l'acqua di tale circuito viene cambiata ogni x lavaggi;
- [2] il circuito dell'acqua osmotizzata che funziona con prelievo diretto dalla rete e senza ricircolo.

Il volume di acqua utilizzato in media per un ciclo completo di lavaggio è circa 273 L, di cui 252 di acqua di ricircolo e 21 di acqua osmotizzata. L'acqua totale utilizzata ad ogni lavaggio viene completamente recuperata e riciclata (post filtrazione); le minime perdite per evaporazione che si hanno ad ogni lavaggio vengono compensate dall'integrazione di acqua osmotizzata. L'evaporazione, poiché di entità risibile, non è stata considerata all'interno dei confini del sistema.

Tabella 1: Ciclo di lavaggio standard.

Fase	Descrizione	Materiali	Durata [s]	Note
0	Prelavaggio cerchi/moscerini	Acqua di rete (2L) – 83 g/min detergente	60	manuale [facoltativa]
1	Applicazione detergente	Acqua osmotizzata (1L) 83 g/min shampoo	60	automatica
2	Pausa per azione detergente	-	30	automatica
3	Risciacquo	Acqua di ricircolo (250L)	60	automatica
4	Applicazione cera	Acqua osmotizzata (20L) –cera 16 g/min	60	automatica
5	Pausa per azione cera	-	30	automatica
6	Asciugatura con acqua forzata	Aria	120	automatica
<i>Fasi 0 - 6</i>	<i>Ciclo standard</i>		<i>420</i>	<i>Durata media</i>

3. La metodologia LCA

Lo studio è stato eseguito in conformità con la metodologia definita dagli standard ISO (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) e adotta la prospettiva “*from cradle to grave*”, dalla culla alla tomba.

3.1. Unità funzionale

L'unità funzionale adottata è il singolo lavaggio. Il tempo di vita della macchina PH7 è stato scelto di 15 anni, in base all'esperienza nel settore del produttore, anche se non ci sono dati di letteratura a supporto di questa ipotesi poiché l'impianto è appena stato realizzato. Il calcolo del numero di lavaggi durante la vita della macchina è riassunto in

Tabella 2.

3.2. Confini del sistema

Ai fini dello studio, la vita del sistema di motolavaggio PH7-BIKE è stata suddivisa nelle fasi riportate in Figura 2, e comprende la produzione dei componenti, il trasporto primario, l'assemblaggio, il trasporto secondario, il montaggio, l'uso, la manutenzione, lo smontaggio, il trasporto terziario, il trattamento di fine vita.

La raccolta dati è stata effettuata nel mese di ottobre 2015 e i dati relativi alla fase centrale si riferiscono all'anno solare precedente, il 2014. L'azienda è situata in Italia e i dati relativi ai consumi di acqua e di energia si riferiscono all'Italia. Gli altri dati non sono sito-specifici, ma laddove possibile sono relativi all'area geografica europea. Solo in mancanza di dati europei si è fatto ricorso a dati medi globali.

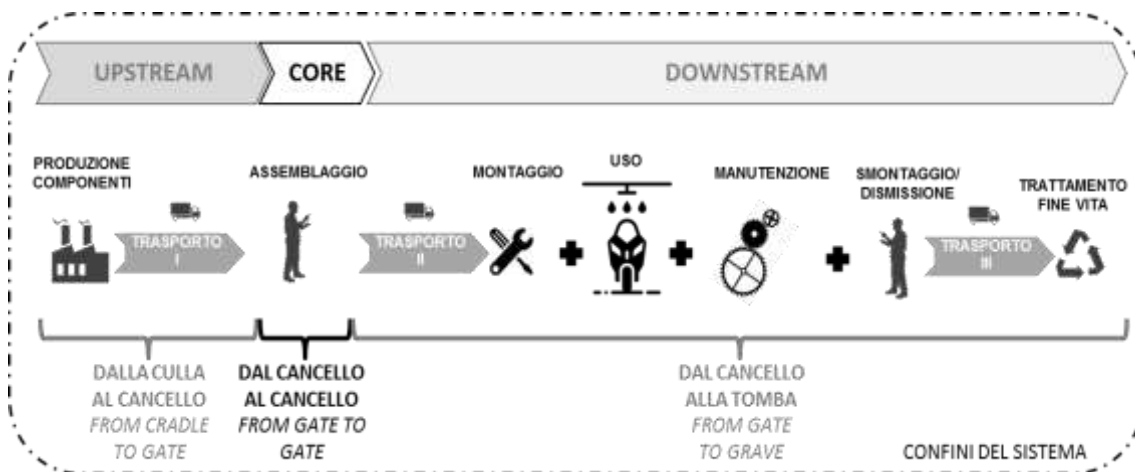


Figura 2: Fasi della vita del motolavaggio.

3.3. Allocazione

Le uniche procedure di allocazione eseguite riguardano i consumi di energia, di acqua, di gas metano, di materiali ausiliari e lo smaltimento di rifiuti operate nella

fase di produzione di PH7-BIKE nello stabilimento VEMA di Seregno. L'allocazione è di tipo fisico e la variabile utilizzata è il tempo di produzione di PH7-BIKE rispetto alle ore di lavoro annue medie. L'allocazione dei consumi è stata fatta considerando il numero di ore-uomo necessarie all'assemblaggio di un impianto PH7-BIKE in rapporto alle ore totali di lavoro-operaio effettuate nel corso di un anno. Si ipotizza infatti che tutte le lavorazioni effettuate in azienda siano confrontabili, e gli operai siano costantemente impegnati nella realizzazione di un prodotto.

Tabella 2: Calcolo numero lavaggi.

Quantità	Unità	Note
10	lav/gg	lavaggi giornalieri
312	gg/anno	giorni operativi impianto
15	anni	anni di vita media impianto
46800	lavaggi	lavaggi nella vita

3.4. Analisi di inventario

Per quanto riguarda la produzione dei componenti e degli imballaggi, la macchina è costituita da circa 120 componenti, i cui materiali sono stati accorpati in macrocategorie; le tipologie di materiali, le masse e la distribuzione percentuale si possono rilevare in Tabella 3.

Tabella 3: Inventario dei componenti della macchina suddivisi per macrocategorie di materiali.

Categoria	Massa [kg]	%
Alluminio	822.8	51.1%
Acciaio	380.5	23.6%
Ottone	6.4	0.4%
Componenti elettrici	3.4	0.2%
Cavi	9.7	0.6%
Polimeri	187.2	11.6%
Gomma	4.3	0.3%
Legno	197.0	12.2%
TOTALE	1611.2	100.0%

Per i trasporti primari, dei componenti dalle aziende produttrici alla sede di assemblaggio, sono stati considerate le distanze reali e i mezzi di trasporto indicati dai produttori.

Per il trasporto secondario si sono considerati diversi scenari geografici sulla base delle effettive spedizioni effettuate, ottenendo dei valori medi a livello Italiano, Europeo ed Extra Europeo. Per brevità nel presente lavoro si riportano i risultati relativi ad una destinazione Europea media, ipotizzando una macchina imballata trasportata su strada con tir di grandi dimensioni.

Per quanto riguarda i trasporti terziari (ovvero legati al trasporto dei componenti alla loro destinazione di fine vita, si precisa che lo smantellamento della macchina a fine vita è a carico dell'acquirente; si ipotizza quindi che tutte le destinazioni scelte, a prescindere dal tipo di fine vita, si trovino entro un raggio di 50 km dalla sede dell'attività.

3.5. Analisi degli impatti

Gli impatti sono stati valutati con il metodo multicategoria "Recipe Midpoint Hierarchist/Europe (v1.12)" in quanto copre un ampio spettro di categorie di impatto; a questa analisi è stata aggiunta anche la valutazione dell'energia con il metodo "Cumulative Energy Demand (v1.09).

4. Risultati

I risultati degli impatti sono presentati accorpando per brevità i dati delle unità di processo nei seguenti due gruppi: "Materiali e Assemblaggio" (Upstream e Core in Figura 2) e "Downstream" (Figura 2).

I risultati dell'analisi CED rivelano che le unità di processo appartenenti alla fase di Downstream dominano in tutte le categorie di energia (Figura 3). Il consumo totale di energia è 40.9 MJ/UF di cui 32.0 MJ/UF da fonti non rinnovabili (78%).

I risultati dell'analisi degli impatti con Recipe (Figura 4) confermano solo in parte quanto già osservato con l'analisi energetica: le fasi che hanno impatti maggiori sono quelle di "Downstream" nella maggior parte delle categorie di impatto, mentre in alcune - come *Metal depletion*, *Marine Ecotoxicity* e *Human Toxicity* - prevalgono le fasi di "Materiali e Assemblaggio".

5. Conclusioni

Lo studio qui presentato si colloca in quel settore a cavallo tra prodotti e servizi (Product Service Systems, PSS) per il quale sono ben note le difficoltà di esecuzione di uno studio LCA (Kjaer et al., 2016), in particolare in termini di identificazione del sistema di riferimento, dell'unità funzionale e dei confini del sistema. Il lavoro presente ha cercato di rappresentare un primo studio nel settore del lavaggio automatico dei motocicli, laddove anche il settore dell'autolavaggio automatico è ancora inesplorato dal punto di vista della LCA nonostante il riconoscimento della rilevanza dei problemi ambientali ad esso connessi.

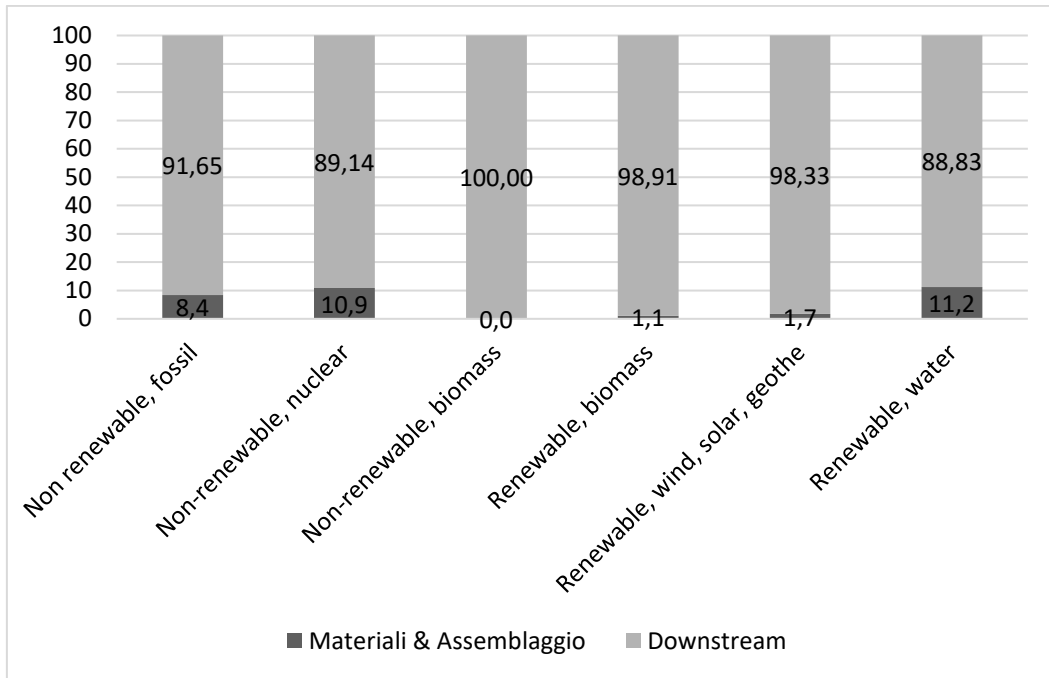


Figura 3: Contributi percentuali delle diverse fonti energetiche (Metodo CED).

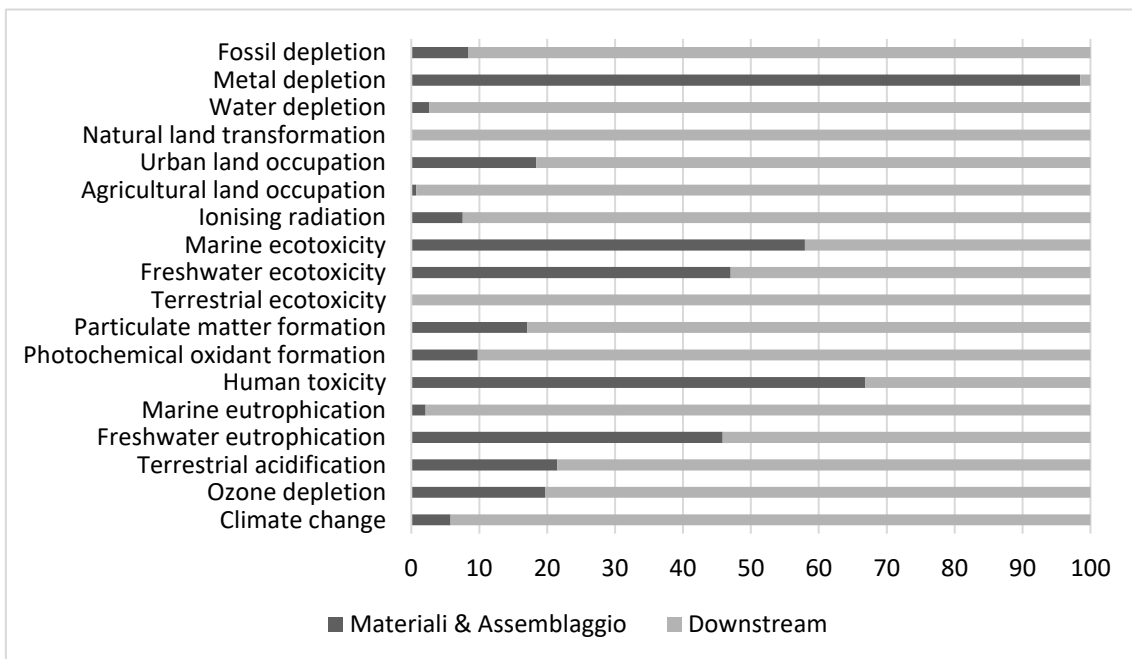


Figura 4: Contributi percentuali delle 18 categorie di impatto (Metodo Recipe).

6. Bibliografia

- Annarelli, A, Battistella, C, Nonino, F, 2016. Product service system: A conceptual framework from a systematic review. *J Clean Prod.* 139, 1011-1032.
- Bazrafshan, E, Mostafapoor, F, Soori, MM, Mahvi, AH, 2012. Application of combined chemical coagulation and electro-coagulation process for carwash wastewater treatment. *Fresenius Environ. Bull.* 21, 2694-2701.
- Breton, A, Vialle, C, Montrejaud-Vignoles, M, Cecutti, C, Vignoles, C, Sablayrolles, C, 2010. Contribution of car, truck, bus and subway wash station discharges to stormwater pollution (Toulouse, France). *Fresenius Environ. Bull.* 19, 1954-1962.
- El-Ashtoukhy, ESZ, Amin, NK, Fouad, YO, 2015. Treatment of real wastewater produced from Mobil car wash station using electrocoagulation technique. *Environ. Monit. Assess.* 187.
- Gomes, AJ, Das, KK, Jame, SA, Cocke, DL, 2016. Treatment of truck wash water using electrocoagulation. *Desalin. Water Treat.* 57, 25991-26002.
- ISO 14040, 2006. UNI EN ISO 14040:2006 Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and framework
- ISO 14044, 2006. UNI EN ISO 14044:2006 Environmental management - Life Cycle Assessment - Requirements and guidelines
- Kim, HC, Wallington, TJ, Mueller, SA, Bras, B, Guldborg, T, Tejada, F, 2016. Life Cycle Water Use of Ford Focus Gasoline and Ford Focus Electric Vehicles. *J. Ind. Ecol.* 20, 1122-1133.
- Kjaer, LL, Pagoropoulos, A, Schmidt, JH, McAloone, TC, 2016. Challenges when evaluating Product/Service-Systems through Life Cycle Assessment. *J Clean Prod.* 120, 95-104.
- Lau, WJ, Ismail, AF, Firdaus, S, 2013. Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. *Sep. Purif. Technol.* 104, 26-31.
- Liu, Y, Liu, Y, Chen, J, 2015. The impact of the Chinese automotive industry: scenarios based on the national environmental goals. *J Clean Prod.* 96, 102-109.
- Mohammadi, MJ, Takdastan, A, Jorfi, S, Neisi, A, Farhadi, M, Yari, AR, Dobaradaran, S, Khaniabadi, YO, 2017. Electrocoagulation process to Chemical and Biological Oxygen Demand treatment from carwash grey water in Ahvaz megacity, Iran. *Data in Brief* 11, 634-639.
- Osservatorio Autopromotec, 2011. Gli autolavaggi professionali fanno bene al portafoglio e all'ambiente. viewed 13 Apr 2017, <http://www.yellowmotori.it/news/osservatorio-autopromotec-gli-autolavaggi-professionali-fanno-bene-al-portafoglio-e-allambiente/>.
- Panizza, M, Cerisola, G, 2010. Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 2: Electrocoagulation and anodic oxidation integrated process. *J. Electroanal. Chem.* 638, 236-240.
- Rubí-Juárez, H, Barrera-Díaz, C, Linares-Hernández, I, Fall, C, Bilyeu, B, 2015. A combined electrocoagulation-electrooxidation process for carwash wastewater reclamation. *Int. J. Electrochem. Sci.* 10, 6754-6767.
- Sablayrolles, C, Vialle, C, Vignoles, C, Montrejaud-Vignoles, M, 2010. Impact of carwash discharge on stormwater quality (Toulouse, France). *Water Sci. Technol.* 62, 2737-2746.
- Vezzoli, C, Ceschin, F, Diehl, JC, Kohtala, C, 2015. New design challenges to widely implement 'Sustainable Product-Service Systems'. *J Clean Prod.* 97, 1-12.
- Viganò, E, 2015. Analisi del ciclo di vita di un impianto per il lavaggio automatico di motocicli, in Italiano. Politecnico di Milano. Laurea Magistrale in Ingegneria Ambientale.
- Zaneti, R, Etchepare, R, Rubio, J, 2012. More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation. *J Clean Prod.* 37, 115-124.