

# MATERIAL FLOW ANALYSIS E CARBON FOOTPRINT. UN APPROCCIO COMBINATO VERSO L'ECONOMIA CIRCOLARE DEL SETTORE DELL'ACQUA CONFEZIONATA

Francesca Lonoce<sup>1,\*</sup>, Vera Amicarelli<sup>1</sup>, Giovanni Lagioia<sup>2</sup>, Lorena Carla Giannossa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Economia, Management e Diritto dell'Impresa, Bari.

<sup>2</sup> Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Economia, Management e Diritto dell'Impresa, Bari.

**Sommario** – Uno dei principali obiettivi delle politiche di gestione dei rifiuti è l'utilizzo circolare delle risorse, quindi vi è l'interesse ad immettere sul mercato materiali e merci responsabilmente prodotti, capaci di essere riciclati e riutilizzati nel tempo. A questo scopo sono rivolte le misure dell'Unione Europea relative all'Economia Circolare e all'Ecodesign, incentrate proprio sulla necessità di modificare gli attuali modelli di produzione e di consumo intervenendo su tutto il ciclo di vita delle merci, allungandone la "vita utile" ed aumentandone la possibilità di riciclo e riuso quando giunti a fine vita. Seguendo l'approccio End-Of-Life recycling (EOL) lo scopo di questo lavoro è seguire la "circolazione" degli imballaggi primari (bottiglie in PET e capsule in HDPE) impiegati nel settore dell'acqua confezionata in bottiglie monouso. Per perseguire tale obiettivo si propone l'applicazione di due metodologie: la Material Flow Analysis (MFA) e la Carbon Footprint (CF). La prima per determinare la base materiale ed energetica degli imballaggi primari in PET e HDPE e la seconda per l'impatto ambientale ad essi associato in termini di emissioni di gas climalteranti. La quantificazione delle materie prime e delle risorse energetiche impiegate e delle emissioni di gas climalteranti, associata alla quantità di merci giunte a fine vita e non avviate al riciclo e/o al recupero, consentirebbe una più efficiente gestione dei rifiuti, permettendo dunque il passaggio da un modello di economia lineare ad un modello di economia circolare. Negli ultimi venticinque anni, il consumo nazionale annuo di acqua confezionata in bottiglia mostra un trend sostanzialmente crescente raggiungendo, nel 2015, i 12 miliardi di L (GL), di cui 9 GL imbottigliati in plastica e la restante quota (25%) in vetro e cartone. Queste stime indicano che in Italia, nel 2015, il settore dell'acqua confezionata in bottiglie monouso impiega una quantità di risorse energetiche all'incirca pari a 9.000-21.000 TJ, 98.000-187.000 t di PET e 6.500-14.700 t di HDPE. Delle complessive 105.000- 201.000 t di resine impiegate, circa 42.000-80.000 t sono riciclate, circa 47.000-90.000 t sono avviate al recupero energetico e circa 15.000-30.000 t sono restituite all'ambiente come rifiuti. L'uso delle due metodologie (MFA e CF) potrebbe fornire al decision maker informazioni più complete ed utili per ridurre la produzione di questi rifiuti, ad esempio incentivando il riciclo bottle to bottle o sostenendo l'apertura di nuovi mercati per i polimeri rigenerati, potendone così valutare la convenienza in termini economico-ambientali, oppure intervenendo sui modelli di consumo, nell'ottica del raggiungimento di una maggiore circolarità delle risorse in questo settore.

**Parole chiave:** PET, HDPE, imballaggi primari, rifiuti, emissioni climalteranti.

\* Per contatti: Largo Abbazia Santa Scolastica 53 – 70124 Bari. Tel. 080.5049086, e-mail: francesca.lonoce@uniba.it.

## MATERIAL FLOW ANALYSIS AND CARBON FOOTPRINT. APPROACH COMBINED TO CIRCULAR ECONOMY OF THE MINERAL BOTTLED WATER SECTOR

**Abstract** – Waste management policy goal is the circular use of resources, so the interest is to place on the market goods and materials produced and able to be recycled and reused over time. The European Union's measures about the Circular Economy and Ecodesign are focused on the need to modify current production and consumption patterns, intervening along the lifecycle of goods, extending their useful life and increasing the recycle and reuse when they come to the end of life. Following the End of Life's (EOL) approach the purpose of this research is to analyze bottled water industry, focusing on the circulation of primary packaging (PET bottles and HDPE caps) and to achieve this goal are proposed two methods: the Material Flow Analysis (MFA) and the Carbon Footprint (CF). MFA is used to determine the total inputs (natural and energy resources consumption) and total outputs (waste products) of PET and HDPE production, while CF is used to evaluate the environmental impacts in terms of greenhouse gas emissions. The knowledge of the materials flow, in terms of raw materials and energy resources used, as well as greenhouse gas emissions mainly associated to the quantity of goods not recycled, could make waste management system more efficient, allowing the transition from a linear economy model to a model of circular economy. Over the last twenty-five years, the annual national consumption of bottled water in Italy shows an increasing trend, reaching 12 billion L (2015), of which 9 billion L bottled in the plastic packaging and the remainder (25%) bottled in glass and cardboard. The estimates indicate that, in Italy, the packaging of bottled water sector requires much material inputs (higher material 98,000-187,000 t of PET, 6,500-14,700 t of HDPE) and energy inputs (9,000-21,000 TJ). With regard to the total amount of 105,000-201,000 t of resins used, approximately 42,000-80,000 t are recycled, 47,000-90,000 t are allocated to energy recovery and 15,000-30,000 t are disposed in landfills. The two methodologies proposed (MFA and CF) could provide valuable results for a better determination of the materials and greenhouse gas emissions associated with the reference market, to optimize also the eco-design of the packaging and to provide more complete information for a more efficient waste management to the decision makers.

**Keywords:** PET, HDPE, primary packaging, waste stream, greenhouse gas emission.

Ricevuto il 7-4-2017. Correzioni richieste il 9-6-2017. Accettazione il 10-7-2017.

## 1. INTRODUZIONE

La crescente produzione di rifiuti e l'uso non efficiente delle risorse naturali è sicuramente una preoccupazione ambientale, ma anche una cruciale questione economica. Infatti una delle più grandi sfide, a livello politico economico, è quella di conciliare la crescita economica con i temi della sostenibilità ambientale, primo fra tutti la limitatezza delle risorse. Creare una diretta relazione tra questi due ambiti significa tracciare nuove strade per trasformare le sfide ambientali in opportunità economiche (Rigamonti et al., 2015; Sauvé et al., 2016).

Per queste ragioni si rende necessario adottare un approccio che tenga in considerazione l'intero ciclo di vita delle merci, dalla progettazione allo smaltimento, così da poter intervenire sulla riduzione dei rifiuti prodotti e aumentare il riciclo e/o recupero dei materiali di scarto.

Occorrerebbe, dunque, consolidare le politiche di gestione che promuovano l'economia circolare sul territorio, concentrando tutti gli sforzi su due aree tematiche fortemente interconnesse: la protezione e conservazione del capitale naturale e la creazione di un mercato che sia caratterizzato da una crescita efficiente nell'uso delle risorse a basso contenuto di carbonio (Ghisellini et al., 2016; Commissione Europea, 2015, 2017).

Il comune denominatore di tali politiche è quello di immettere sul mercato materiali e merci responsabilmente prodotti e capaci di essere riciclati e riutilizzati nel tempo.

Seguendo l'approccio End of Life recycling (EoL), che valuta i benefici ambientali relativi alle frazioni di materiali riciclate e/o recuperate dopo la fase d'uso, questo lavoro propone, attraverso l'uso di dati aziendali e di letteratura, l'applicazione di due metodologie, la Material Flow Analysis (MFA) e la Carbon Footprint (CF), alle bottiglie in PET e capsule in HDPE (imballaggi primari) impiegati nel settore dell'acqua confezionata (Bergsma G. e Sevenster M., 2013). La prima per determinare la base materiale ed energetica degli imballaggi primari in PET e HDPE, la seconda per l'impatto ambientale ad essi associato in termini di emissioni di gas climalteranti.

Negli ultimi venticinque anni il mercato italiano dell'acqua in bottiglia monouso ha mostrato un forte aumento del consumo, ad eccezione degli anni 2004, 2009, 2010 e 2013.

Nel 2015 le vendite nazionali hanno raggiunto oltre 12 GL, circa il 7-8% in più rispetto all'esercizio precedente (Figg. 1 e 2) con un con-

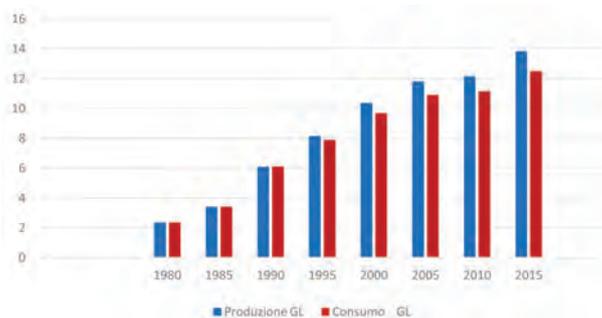


Figura 1 – Produzione e Consumo dell'acqua confezionata in Italia 1980-2015 – Fonte: Elaborazione personale degli autori su report Bevititalia 2016

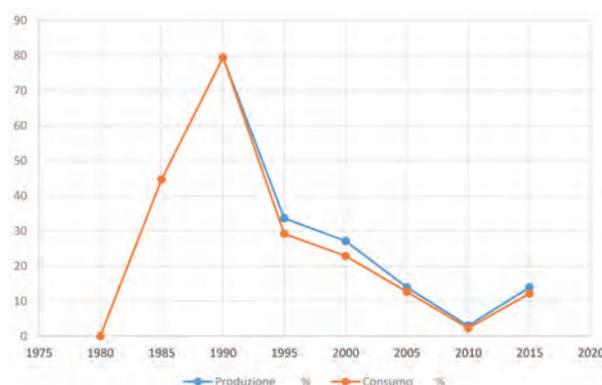


Figura 2 – Variazione % della produzione e consumo dell'acqua confezionata in Italia 1980-2015 – Fonte: Elaborazione personale degli autori su report Bevititalia 2016

sumo medio annuo pro capite pari a 208 L (Beverfood, 2016).

Si stima che dal 2010 al 2015 circa il 75-80% delle acque sono confezionate in polietilene tereftalato (PET) e per la restante quota (20-25%) si utilizza il vetro e il cartone. Associato ad 1 m<sup>3</sup> di acqua imbottigliata esclusivamente in plastica risultano impiegati all'incirca 10-20 kg di PET, 0,5-1,5 kg di HDPE e circa 1.000-2.300 MJ di energia (Lagioia et al., 2012; Bousted, 2005).

All'aumento del consumo pro-capite di acqua in bottiglia monouso in PET è inesorabilmente associata la produzione pro capite di rifiuti stimata in circa 2-4 kg PET, 0,1-0,3 kg di HDPE e di emissioni di gas climalteranti pari a 40-70 kg di CO<sub>2</sub>eq pro-capite (Foolmaun e Ramjeawon, 2008; Patel et al., 1998; Botto et al., 2011).

L'impatto ambientale determinato dall'utilizzo delle bottiglie di acqua in plastica è una variabile che non influisce fortemente sulle decisioni di acquisto dei consumatori finali, piuttosto l'acqua confezionata è preferita a quella potabile di rete per motivi di praticità, di qualità organolettiche e di maggior

sicurezza. Tuttavia, seguendo l'approccio EoL, è necessario intervenire su un punto nevralgico dell'intero ciclo di vita della bottiglia d'acqua in plastica, ovvero la fase del consumo, da cui dipendono fortemente la quantità di rifiuti prodotta e di conseguenza la scelta delle politiche di gestione del prodotto giunto a fine vita (Wikström et al., 2016, Orset et al., 2017).

Lo smaltimento delle bottiglie in PET è spesso un problema a causa della loro non biodegradabilità e la loro messa in discarica è direttamente collegata ad altre categorie di impatto ambientale, quali la limitazione dello spazio, l'inquinamento del terreno, la perdita di biodiversità e i cambiamenti nella qualità del suolo.

L'obiettivo di questo studio è quello di seguire la "circolazione" degli imballaggi primari delle bottiglie in PET e capsule in HDPE associati ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata. L'analisi, concentrandosi sulla produzione di rifiuti e sul consumo di risorse naturali ed energetiche ad essi associate, prende in esame diverse strategie ambientali, quali ad esempio: ulteriore riduzione del peso delle preforme e delle capsule; riciclo bottle to bottle; incentivazione all'uso del rPET (PET riciclato) e del rHDPE (HDPE riciclato), per il raggiungimento di una maggiore circolarità delle risorse in questo settore (Corepla, 2015; FSS e FISE UNIRE, 2016; Nessi et al., 2012; Turner et al., 2015).

## 2. MATERIALI E METODI

La prima fase dell'analisi ha riguardato lo studio del mercato nazionale dell'acqua confezionata e delle principali motivazioni che ne hanno determinato la crescita esponenziale.

Successivamente è stata condotta l'analisi MFA, una metodologia utilizzata per la valutazione sistematica e puntuale dei flussi di materia e di energia di un sistema ben definito nel tempo e nello spazio. Il campo di applicazione dell'MFA proposta si riferisce agli imballaggi primari impiegati per confezionare, in Italia e nell'anno 2015, 9 GL di acqua in bottiglie in PET con capsule in HDPE. Per la stessa quantità di imballaggi primari, sulla base dell'elaborazione dei dati e delle informazioni presenti in letteratura, è stata stimata la CF, noto indicatore impiegato per la determinazione del totale delle emissioni di gas ad effetto serra (esprese in t di CO<sub>2</sub>eq) associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, ad un'organizzazione o ad un servizio per l'intero ciclo di vita o limitatamente ad alcune sue fasi.

### 2.1. Mercato

Il mercato dell'acqua confezionata è diventato un business globale, dove è rilevante la posizione della Cina che ha raddoppiato il consumo nazionale, passando da 39 GL a circa 78 GL, rispettivamente negli anni 2010 e 2015. Nello stesso periodo gli Stati Uniti d'America (USA) hanno registrato un trend di crescita costante, con un consumo all'incirca pari a 33 GL nel 2010 e ad oltre 45 GL nel 2015. Nella Fig. 3 sono riportati i principali paesi consumatori di acqua confezionata negli anni 2010 e 2015. L'Italia, nel 2010, con un consumo pari a circa 11 GL è il sesto paese consumatore di acqua confezionata mentre nel 2015, con 12 GL consumati, segue l'India e la Thailandia (Bevitalia, 2016; Carlucci et al., 2016; Rodwan, 2016).

Nello stesso periodo di riferimento (anni 2010 e 2015), mentre la Cina e gli USA occupano le prime posizioni del consumo globale di acqua confezionata, leader del consumo annuo pro capite è il Messico con 243 L e 255 L rispettivamente negli anni 2010 e 2015. A livello globale e, come si evince dalla Fig. 4 che riporta il consumo annuo pro capite negli anni considerati, l'Italia occupa la seconda posizione con 188 L nel 2010 e la terza, con 208 L, nel 2015.

Nella Unione Europea, invece, il nostro paese è leader del consumo annuo pro capite in entrambi gli anni considerati (Bevitalia, 2016; Carlucci et al., 2016; Rodwan, 2016).

Nel 2015, il comparto industriale dell'acqua confezionata italiana ha raggiunto un giro d'affari di 2,7 miliardi di euro e contava circa 140 stabilimenti di imbottigliamento e oltre 250 diversi marchi di acqua confezionata.

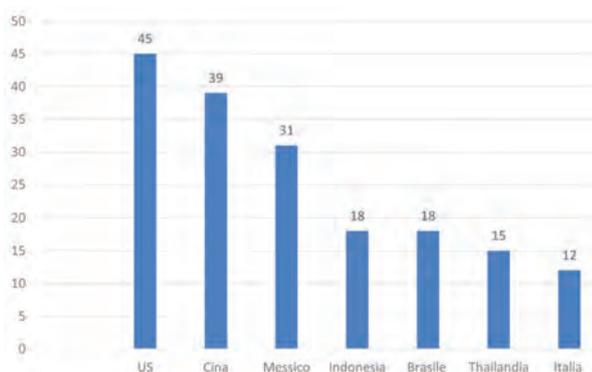
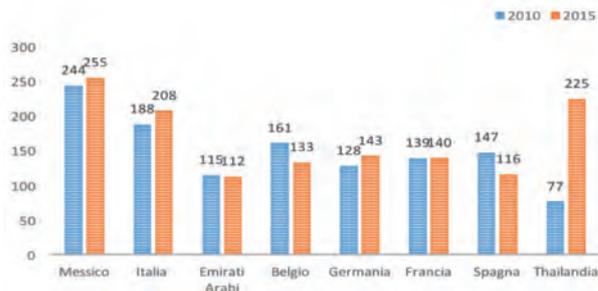


Figura 3 – Principali Paesi consumatori di acqua confezionata negli anni 2010 e 2015 (GL) – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati di Bevitalia 2016; Carlucci et al., 2016; Rodwan, 2016



**Figura 4 – Consumo pro capite acqua confezionata negli anni 2010 e 2015 (L) – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati di Bevitalia 2016; Rodwan 2016**

L'industria italiana di acqua confezionata è fortemente concentrata, infatti i quattro colossi San Pellegrino (19%), San Benedetto (15%), Fonti di Vinadio (9%) e Gruppo Norda (8%) controllano quasi la metà del mercato nazionale. Poiché molte aziende di questo settore adottano una strategia multi-brand, circa 250 marche sono disponibili sul mercato italiano. È inoltre interessante notare che la maggior parte di questi marchi sono regionali o locali e solo pochi (circa una dozzina) hanno raggiunto una effettiva copertura nazionale essendo presenti in quasi tutte le regioni d'Italia (Bevitalia, 2016).

Al contrario di altri paesi del mondo, come gli USA, in cui l'acqua confezionata è trattata, cioè sottoposta a trattamenti chimico-fisici, in Italia il mercato dell'acqua confezionata è orientato all'acqua minerale naturale, la cui definizione e le cui caratteristiche sono riportate nel D.Lgs. n. 176 del 2011, in attuazione della direttiva 2009/54/CE (GURI, 2011). L'acqua minerale naturale si distingue da altri tipi di acqua potabile (acque di sorgente e acque trattate) per la sua purezza originaria e le sue proprietà salutari favorevoli (Vanitha, 2017).

A tale riguardo, nel 2015, circa il 97% del consumo nazionale delle acque confezionate è rappresentato dalle acque minerali naturali e appena il 3% da acque di sorgente e trattate. Nello stesso anno, il 67% del consumo nazionale è rappresentato da acque lisce e, per la restante quota, da quelle gassate (17%) e naturalmente gassate (16%).

Nel commercio estero dell'acqua confezionata l'Italia occupa il secondo posto dopo la Francia (che detiene una quota di mercato del 40% con un fatturato di oltre 600 milioni di euro), ma negli ultimi anni l'export italiano è cresciuto notevolmente e le attuali previsioni stimano che, nel giro di qualche anno, l'Italia guadagnerà la leadership europea per l'interscambio con l'estero. Nel 2015 l'export italiano dell'acqua confezionata ha rap-

**Tabella 1 – Ripartizione di acqua confezionata in PET per tipologia di formato riferita al consumo nazionale nell'anno 2015 – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati di Bevitalia, 2016**

Formato	Acqua confezionata per tipologia di formato	
	(L)	(ML)
		(%)
0,5	720	8
1	90	1
1,5	6750	75
2	900	10
altro	540	6
Totale	9000	100

presentato il 10% della produzione totale nazionale (poco meno di 14 GL), raggiungendo il record di 1.357 milioni di L esportati e un fatturato di 479 milioni di euro (Bevitalia, 2016).

L'Italia esporta in oltre 100 diversi Paesi in tutto il mondo, ma oltre l'80% del prodotto esportato è assorbito principalmente da otto mercati (USA, Francia, Germania, Canada, Australia, UK e Giappone), nei quali la ristorazione italiana di qualità è decisamente più diffusa. Nei mercati esteri le acque confezionate italiane sono proposte dagli operatori del settore come simbolo della gastronomia italiana, oltre che per le caratteristiche qualitative.

Più dell'80% dell'acqua confezionata è commercializzata in bottiglie in PET dalle diverse capacità (Tab. 1), di cui circa il 75-79 % e il 9-12 % sono rappresentate rispettivamente dai formati da 1,5 L e 2 L, preferiti per il consumo giornaliero domestico; circa il 5-8% dal formato da 0,5 L volto a soddisfare il consumo out door; circa lo 0,5-1% dal formato da 1 L ultimamente sempre più apprezzato dal consumatore finale. La restante quota (6%) è rappresentata da formati "particolari" quali, ad esempio, le baby bottle (0,25 L) dedicate ai più piccoli e quelli dotati del pratico tappo "push-pull" (0,25 L e 0,75 L) che rendono più agevole l'apertura della bottiglia.

Le bottiglie di vetro (principalmente della capacità di 1 L) vengono utilizzate in misura minore (circa il 17% del volume delle vendite) e sono distribuite principalmente nel settore della ristorazione, anche in virtù dei design artistici più eleganti.

Per quanto riguarda la distribuzione delle bottiglie di acqua confezionata in Italia, nel 2015, circa il 70% del volume delle vendite è affidato alla grande distribuzione (in particolare i supermercati e discount). Le restanti vendite seguono il canale Ho.Re.Ca. (20%) e del porta a porta (10%).

## 2.2. Material Flow Analysis (MFA)

La MFA è stata applicata alla produzione degli imballaggi primari (PET e HDPE) associati ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata e consumata in Italia nell'anno 2015, considerando che questo volume è interamente imbottigliato nei formati più utilizzati seguendo la seguente ripartizione: 55-75 L in bottiglie da 0,5 L, 750-790 L nel formato da 1,5 L e 150-180 L nel formato da 2 L.

Nella Fig. 5 sono riportati i confini del sistema analizzato.

Restano escluse dall'analisi tutte le fasi della distribuzione e consumo del prodotto finito.

L'approccio bottom-up è stato utilizzato partendo dai dati e dalle informazioni derivanti dai report aziendali e dalla letteratura nazionale ed internazionale di riferimento. In particolare, le dichiarazioni ambientali di prodotto hanno fornito la base di partenza della quantità e della tipologia dei diversi materiali impiegati per gli imballaggi nel settore analizzato (EPD Cerelia, 2016; EPD Ferrarelle, 2016; EPD Lete, 2014; EPD Nestlé Vera, 2015; EPD San Benedetto, 2014).

Per quello che riguarda il trasporto delle fasi incluse allo studio, sulla base della distribuzione ter-

ritoriale delle aziende coinvolte, si sono adottate le ipotesi riportate nella Tab. 2.

Relativamente allo smaltimento degli imballaggi primari (PET e HDPE) associati ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata e giunti a fine vita, i dati presenti nelle statistiche e nei report di settore sono stati il punto di partenza dello studio proposto. Dall'analisi effettuata risulta che, nel 2015, il quantitativo totale di imballaggi in plastica immessi al consumo sul territorio nazionale rappresenta il 7% circa del totale dei rifiuti urbani prodotti ed è stato pari a circa 2,1 milioni di t (Mt), di cui più del 40% è rappresentato da imballaggi flessibili, più del 50% da quelli rigidi e la restante quota, meno del 10%, da altre tipologie di imballi sempre a base di materie plastiche. Dell'impresso al consumo, circa il 40% è avviato al riciclo, il 45% circa a trattamenti per il recupero energetico e il restante 15% è smaltito in discarica (Corepla, 2015; EPD Cerelia, 2016; EPD Ferrarelle, 2016; EPD Lete, 2014; EPD Nestlé Vera, 2015; EPD San Benedetto, 2014; FSS e FISE UNIRE, 2016; Franklin Associates, 2009; ISPRA, 2016). Poiché, il grado di aggregazione dei dati disponibili non permette la diretta e precisa correlazione tra tipologia di polimero utilizzato per la produzione dell'imballo (bottiglie in PET e capsule in

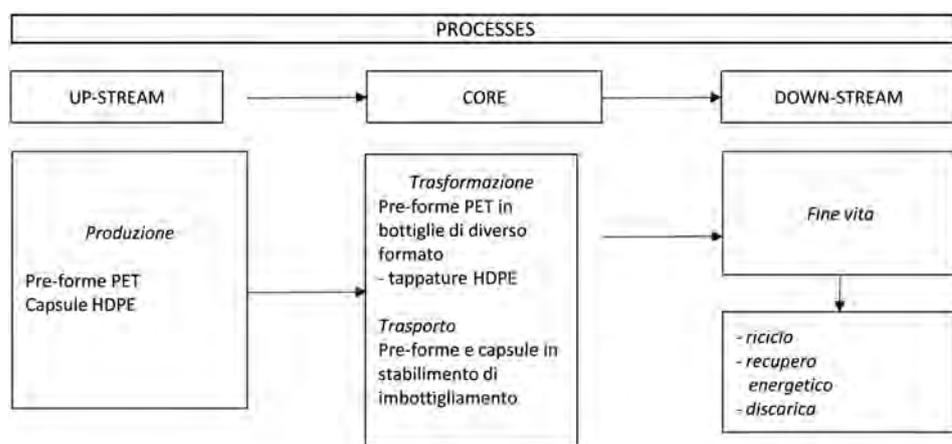


Figura 5 – MFA: confini del sistema

Tabella 2 – Caratteristiche delle modalità di trasporto considerato – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati di Botto et al., 2011; Giuliano et al., 2011; Gleick e Cooley, 2009, 2012

	Origine	Destinazione	Distanza percorsa		Mezzo di trasporto	Consumo unitario (L/km)	Consumo totale (MJ/t km <sup>-1</sup> )	
			(km)				min	max
			min	max				
<b>Pre-forme</b>	Azienda di produzione	Azienda di imbottigliamento	200	300	Heavy truck	4	115,9	173,8
<b>Bottiglie fine vita</b>	Centro raccolta urbano	Centro trattamento	50	100	Medium truck	4	50,3	108,6

HDPE) e specifico settore di impiego (acqua confezionata), nel presente studio sarà applicata, agli imballaggi primari associati al consumo nazionale di acqua confezionata nell'anno 2015 giunti a fine vita, la stessa ripartizione tra i vari sistemi di smaltimento degli imballi in plastica in generale.

Per quanto riguarda la produzione dell'imballaggio primario i granuli di resina di PET subiscono il processo di stampaggio e soffiaggio per ottenere la bottiglia in PET. Nel processo di stampaggio ad iniezione la resina di PET fusa viene iniettata in uno stampo (injection blow molding) per la produzione delle cosiddette preforme le quali, per ulteriore fase di lavorazione (soffiaggio), prendono le sembianze di una bottiglia.

Il processo può avvenire in un unico stadio (monostadio) o in due fasi successive (bistadio). Nel primo dopo la fase di iniezione della resina di PET negli stampi delle preforme segue l'immediato stiro-soffiaggio per ottenere le bottiglie. Nel bistadio, invece, le preforme dopo essere state stampate, vengono stoccate e successivamente inserite nella macchina soffiatrice, che le riscalda e le soffia in forma predefinita.

Per ottenere 1 kg di resina di PET sono utilizzati circa 70-80 MJ di energia. Per la successiva tra-

sformazione in 1 kg di bottiglie finite in PET sono necessari circa 20 MJ di energia termica (Arena et al., 2013; Gleick e Cooley, 2009, 2012; Papong et al., 2014; Biron, 2016).

Le aziende imbottigliatrici possono scegliere tra la produzione interna di bottiglie tramite tecnologie di soffiaggio di preforme acquistate dall'esterno e l'acquisto della materia prima (granulo di PET) per la produzione in proprio delle preforme (mediante iniezione) e delle bottiglie (soffiaggio).

Se la prima scelta risulta economicamente conveniente per bassi volumi di produzione, adottare la seconda significa fare della produzione in proprio (delle preforme e delle bottiglie) una vera scelta di convenienza di ordine economico ed ambientale.

Le Tab. 3, Tab. 4 e Tab. 5 mostrano rispettivamente i flussi di materia e di energia relativi all'imballaggio primario associato al consumo, in Italia e nell'anno 2015, di 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata in bottiglie monouso in PET con capsule in HDPE.

In particolare e sulla base di quanto precedentemente indicato, si è considerato che per ogni m<sup>3</sup> di acqua imbottigliata in PET vengano utilizzate circa 685-765 bottiglie dalla differente capacità di cui circa e 110-150 da 0,5 L; 500-525 da 1,5 L e 75-90 da 2 L.

**Tabella 3 – Input materiali associati all'imballaggio primario di 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati EPD Cerelia, 2016; EPD Ferrarelle, 2016; EPD Lete, 2014; EPD Nestlé Vera, 2015; EPD San Benedetto, 2014**

Formato	Massa per bottiglia (kg)		Massa per tappo (kg)		N. bottiglie/formato		PET per m <sup>3</sup> (kg)		HDPE per m <sup>3</sup> (kg)		Totale INPUT materiale (kg)			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
(L)	%	%	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]=[A]*[E]	[H]=[B]*[F]	[I]=[C]*[E]	[L]=[D]*[F]	[M]=[G]+[I]	[N]=[H]+[L]
0,5	5,5	7,5	0,009	0,036	0,0013	0,0042	110	150	0,99	5,4	0,14	0,63	1,13	6,03
1,5	75	79	0,017	0,022	0,001	0,0015	500	525	8,50	11,55	0,50	0,79	9,00	12,34
2	15	18	0,014	0,028	0,0008	0,0013	75	90	1,05	2,52	0,06	0,12	1,11	2,64
Totale	95,5	104,5					685	765	10,54	19,47	0,703	1,5345	11,243	21,0045

**Tabella 4 – Input energetici associati all'imballaggio primario di 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati Boustead 2005; Gleick e Cooley, 2009, 2012; Lagioia et al., 2012**

Formato (L)	Massa per bottiglia (kg)		Massa per tappo (kg)		N. bottiglie/formato		PET energy input/m <sup>3</sup> (MJ)		HDPE energy input/m <sup>3</sup> (MJ)		Totale INPUT Energia (MJ)	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]=[A]*[E] *f <sub>min</sub>	[H]=[B]*[F] *f <sub>max</sub>	[I]=[C]*[E] *β <sub>min</sub>	[L]=[D]*[F] *β <sub>max</sub>	[M]=[G]+[I]	[N]=[H]+[L]
0,5	0,009	0,036	0,0013	0,0042	110	150	89,1	594	7,865	56,7	96,965	650,7
1,5	0,017	0,022	0,001	0,0015	500	525	765	1270,5	27,5	70,875	792,5	1341,375
2	0,014	0,028	0,0008	0,0013	75	90	94,5	277,2	3,3	10,53	97,8	287,73
Totale					685,0	765,0	948,6	2141,7	38,7	138,1	987,3	2279,8

**Tabella 5 – Input energetici associati al trasporto dell’imballaggio primario di 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata – Fonte: Elaborazione personale degli autori su dati Botto et al., 2011; Giugliano et al., 2011; Gleick e Cooley, 2009, 2012**

	Origine	Destinazione	Distanza percorsa (km)		Mezzo di trasporto	Consumo unitario (L/km)	Consumo totale per 11-20 kg PET e HDPE (MJ)	
			min	max			min	max
			<b>Pre-forme</b>	Azienda di produzione		Azienda di imbottigliamento	200	300
<b>Bottiglie fine vita</b>	Centro raccolta urbano	Centro trattamento	50	100	Medium track	4	0,6	1,2

I risultati dell’MFA condotta mostrano che i flussi di materia associati ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata sono all’incirca pari a 10-20 kg di PET per le preforme di bottiglie e 0,7-1,5 kg di HDPE per le capsule. Con riguardo ai flussi energetici, la Tab. 4 evidenzia che la quantità totale di energia utilizzata per la trasformazione delle resine in preforme in PET e capsule in HDPE ammonta all’incirca a 980-2.280 MJ, di cui circa 950-2.140 MJ è l’energia necessaria per la trasformazione del PET in preforme di bottiglie e circa 40-140 MJ è l’energia impiegata per la produzione delle capsule in HDPE. Per il trasporto delle preforme e delle capsule dai luoghi di produzione agli stabilimenti di imbottigliamento saranno necessari all’incirca 1,3-3,5 MJ di energia, mentre la movimentazione degli imballi giunti a fine vita ha un costo energetico compreso tra circa 0,6-1,2 MJ.

### 2.3. Carbon Footprint

Sebbene in questa prima fase di un più ampio studio non sia stato possibile determinare il calcolo della CF riferita ad un rappresentativo campione di soggetti operanti nel settore, l’utilità e l’efficacia dell’abbinamento delle due metodologie proposte (MFA e CF) può essere ugualmente evidenziato attraverso l’utilizzo di dati indiretti. Come per l’analisi MFA sono stati utilizzati dati presenti in letteratura o estrapolati dalle dichiarazioni ambientali di prodotto relativi alle emissioni di CO<sub>2</sub>eq nelle varie fasi del ciclo di vita degli imballaggi primari (PET e HDPE) del settore di riferimento (Botto et al., 2011; Pasqualino et al., 2011; Dormer et al., 2013; EPD Cerelia, 2016; EPD Ferrarelle, 2016; EPD Lete, 2014; EPD Nestlé Vera, 2015; EPD San Benedetto, 2014).

Dallo studio e dal confronto dei dati, elaborati in modo da renderli coerenti con il campo di applicazione e i confini utilizzati per la valutazione della MFA (Fig. 5), si stima che la CF corrispondente agli

imballaggi primari (PET e HDPE) associati ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata e consumata in Italia nell’anno 2015, sia pari a circa 200-350 kg di CO<sub>2</sub>eq. Di questo valore circa il 55-65% è rappresentato dall’impatto dei materiali da imballaggio, il 20-30% è dovuto al trasporto e la restante quota (10-20%) all’energia utilizzata per la trasformazione delle resine in bottiglie e capsule. Mentre gli ultimi due fattori mostrano una variabilità elevata perché al modificare del sistema di trasporto utilizzato, della distanza percorsa o delle fonti di energia impiegate corrisponde una “relativa” variazione dell’indicatore complessivo, il primo, meno variabile, riveste un ruolo fondamentale. Infatti, se dal punto di vista materiale, la quantità di imballaggi primari (PET e HDPE) associata ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata rappresenta solo il 2-3,5% (Tab. 3), in termini di contributo in gas climalteranti esso ha un’incidenza del 60% circa (Botto et al., 2011; Dormer et al., 2013; Pasqualino et al., 2011). Questa evidenza è confermata analizzando la composizione della CF, in base alle diverse fasi del ciclo di vita dell’imballaggio primario associato ad 1 m<sup>3</sup> di acqua confezionata. Infatti si è stimato che l’incidenza delle diverse fasi comprese nei macroblocchi riportati nella Fig. 5 sia pari al 65-75% nell’upstream, 15-25% nel core e circa 8-12% nel downstream, escludendo, da quest’ultimo, il trasporto alle piattaforme di distribuzione (EPD Lete, 2014; EPD Nestlé Vera, 2015). Da queste considerazioni sui diversi scenari di smaltimento si deduce che è necessario migliorare le politiche di gestione dell’intero ciclo di vita degli imballaggi associati alle bottiglie monouso, con particolare riferimento alle fasi incluse nell’upstream.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati e le considerazioni proposte evidenziano che negli ultimi venticinque anni in Italia si è registrato un trend sostanzialmente crescente del consumo di acqua confezionata che, nel 2015, ha superato i

**Tabella 6 – Input materiali ed energetici e CO<sub>2</sub>eq associati all’imballaggio primario di 9 GL di acqua imbottigliata – Fonte: elaborazione personale degli autori**

PET (t)		HDPE (t)		Energia produzione imballi PET		Energia produzione tappi HDPE		Energia trasporto		CO <sub>2</sub> eq	
(Mt)		(Mt)		(TJ)		(TJ)		(TJ)		(Mt)	
min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0,0986	0,187	0,0066	0,0147	8800	20560	360	1325	2100	2400	1,86	1,92

complessivi 12 GL di cui il 75-80% (9 GL) è confezionata in PET e HDPE.

Attraverso l’analisi MFA (Fig. 6) e la CF si è stimato che, direttamente associati ai 9 GL di acqua confezionata consumata nell’anno 2015, nel nostro sistema circolano circa 105.000-201.000 t di imballi in PET e HDPE la cui produzione, movimentazione e smaltimento ha comportato impiego di materie prime ed energia oltre che il rilascio di CO<sub>2</sub>eq, così come riportato nella Tab. 6.

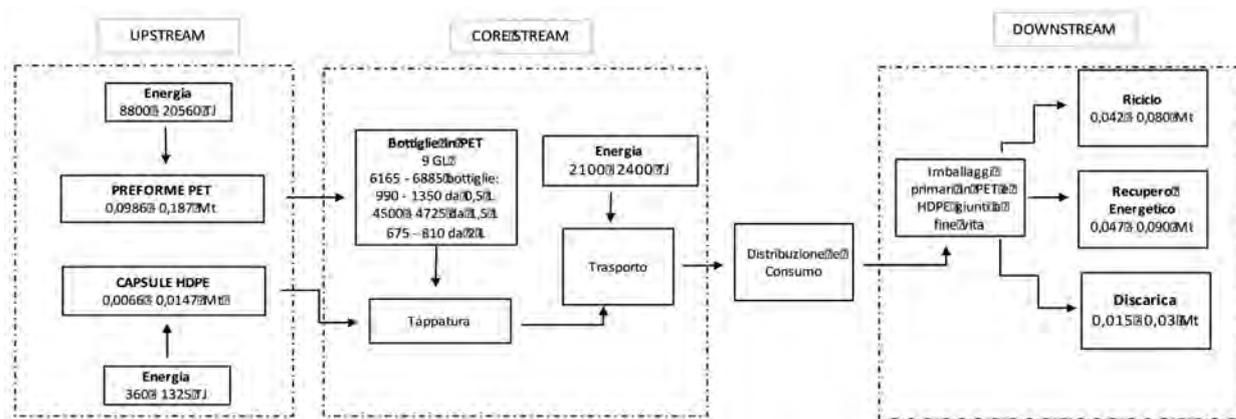
Come già evidenziato, sebbene in peso il PET e l’HDPE rappresentino 1-2% del totale dell’acqua distribuita (9 GL) l’incidenza in termini di risorse energetiche e di impatto ambientali dell’intero ciclo di vita è notevole.

Come già ricordato nella sezione 2.2 gli scenari dello smaltimento degli imballaggi primari, associati al consumo di acqua confezionata in Italia nell’anno 2015, si basano sulla stessa ripartizione tra i vari sistemi di smaltimento degli imballi in plastica giunti a fine vita in Italia.

Pertanto risulta che delle 105.000-201.000 t di imballi primari in PET e HDPE immesse nel sistema considerato, circa 40.000-80.000 t sono riciclate, circa 47.000-90.000 t sono destinate al recupero energetico e circa 15.000-30.000 sono dismesse in discarica. Questi dati evidenziano che dell’investimento iniziale in risorse naturali ed energia e le emissioni di gas climalteranti ad esso associate, il 40% è reimmesso nel sistema perché riciclato, il

45% è parzialmente valorizzato recuperando energia (P.C. pari a circa 28-32 MJ/kg) e il 15% circa è “perso” in discarica. Variare questa ripartizione è possibile se si creano le giuste condizioni di mercato delle plastiche rigenerate, dalle idonee caratteristiche tecniche e di convenienza economico-ambientale. In generale occorrono 1,2-1,5 kg di PET o di HDPE per produrre rispettivamente 1 kg di PET (rPET) o di HDPE (rHDPE) riciclato, circa 10-50 MJ di energia e le relative emissioni si stimano essere pari a 3-10 kg CO<sub>2</sub>eq (Hopewell, 2009; Giugliano, 2011; Franklin Associates, 2011).

Oggi è possibile produrre imballaggi, destinati al settore dell’acqua confezionata in bottiglie monouso in PET e HDPE, contenenti fino ad un massimo del 50% di rPET e rHDPE perché, dal 2010, il legislatore ha rimosso uno dei limiti alla convenienza del riciclo aprendo il mercato delle bottiglie e delle capsule destinati a questo settore a tale tipologia di imballi (GURI, 2010). Il potenziale di questa disposizione ovviamente sottende un risvolto ambientale e lascia ancora ampi margini di intervento. Applicare questa norma al 100% vorrebbe dire che il settore dell’acqua imbottigliata in plastica richiederebbe 50.000-102.500 t di rPET e rHDPE, già disponibili ogni anno, per la cui produzione sarebbero necessari circa 1.500-3.500 TJ di energia e a cui sarebbero associate circa 0,4-1 Mt di emissioni di gas climalteranti. Certamente questi valori sono indicativi e devono essere puntualmente riferiti a diversi scena-



**Figura 6 – MFA: diagramma di flusso di 9 GL di acqua confezionata**

ri di raccolta differenziata, di trasporto e di tecniche di produzione. Attualmente si stima che solo il 10-12% circa degli imbottigliatori nazionali utilizzi bottiglie prodotte con solo il 30% di rPET.

Queste prime considerazioni indicano che allungare la vita delle bottiglie, evitando la sola valorizzazione energetica o la dismissione in discarica (ultima opzione prevista dal vigente sistema normativo nazionale), è una concreta possibilità per aumentare la circolarità delle risorse di un settore così particolare come quello delle acque confezionate.

#### 4. CONCLUSIONI

Dalle considerazioni effettuate emerge che il riciclo è una delle strategie più promettenti per migliorare la gestione dei rifiuti generati dal settore dell'acqua confezionata in PET e quindi per incrementare la circolarità del settore, in accordo con uno dei punti chiave delle politiche comunitarie "verso un'economia circolare: programma per una Europa a zero rifiuti" (GUUE, 2015). Non è un errore definire gli imballaggi (in plastica e non) prodotti ad altissimo grado di obsolescenza il cui ciclo di vita, molto breve, è ad alto costo in termini di materie prime impiegate, di energia e di emissioni di gas climalteranti. L'applicazione della MFA e della CF ha fornito la base necessaria per verificare le criticità ed i margini di miglioramento di tutto il ciclo di vita dell'imballaggio primario associato al consumo di 9 GL di acqua confezionata. Le metodologie proposte risultano in linea con l'approccio del Life Cycle Thinking che considera l'intera filiera di un prodotto o di un processo allo scopo di individuare possibili innovazioni e miglioramenti che riducano gli impatti ambientali e l'uso di risorse. Questi primi risultati, di uno studio più ampio e non ancora completato, mostrano che è certamente necessario intervenire su tutta la filiera considerata. È possibile ottimizzare la fase up-stream e core in termini di innovazione sia di prodotto che di processo allo scopo di incrementare il rapporto Input/Output oltre che lavorare per una più efficiente gestione della logistica. Ma è la fase down-stream, ed in particolare lo smaltimento, che presenta il maggiore margine di intervento offrendo la possibilità di passare dal modello "from cradle to grave" al modello "from cradle to cradle". In quest'ultimo, la dismissione di un prodotto giunto a fine vita coincide con un processo di riciclaggio che massimizza l'utilizzo e il riutilizzo di materiali e ne riduce significativamente l'impiego di risorse naturali e la conseguente produzione di rifiuti.

Aumentare il tempo di permanenza nel sistema antropico degli imballaggi in plastica giunti a fine vita attraverso il riciclo, vuol dire evitare il prelievo e il consumo di "nuove" materie prime non rinnovabili, di energia (per la maggior parte ottenuta da fonti non rinnovabili) e di emissioni di gas climalteranti riducendo, allo stesso tempo, i volumi occupati e gli impatti associati alla dismissione in discarica. Certamente le operazioni di riuso e di riciclo non sono a costo zero, in termini di input materiale ed energetico o di emissioni di gas climalteranti, ma certamente il "guadagno" è in termini di sostenibilità ambientale. Infatti, rispetto al polimero vergine, si stima che l'energia necessaria per produrre 1 kg di rPET si riduce dell'85% e le emissioni di CO<sub>2</sub>eq, a loro volta, del 75% (FSS e FISE UNIRE, 2016). Intervenire in questa direzione vuol dire agire su più fronti perché in riferimento al settore proposto è necessario: modificare i modelli di consumo, ottimizzare l'ecodesign delle componenti dell'imballaggio favorendo il loro riutilizzo o riciclo, ottimizzare la gestione dei rifiuti plastici incentivando la riduzione dei rifiuti prodotti, investire in R&S del settore dei polimeri per innovare processi e prodotti allo scopo di ottenere imballaggi più eco-preformanti cioè, sempre più orientati all'ottimizzazione e all'affidabilità delle prestazioni, nonché verso l'economia circolare del settore dell'acqua minerale confezionata.

#### 5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Arena U., Mastellone M.L., Perugini F. (2003). Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycling System. *International Journal of LCA* (2): 92-98.
- Bergsma G. e Sevenster M. (2013). End of life best approach for allocating recycling benefits in LCAs of metal packaging. CE Delft publication, Delft.
- Beverfood Annuari del Bere. (2016) Bevitavia Acque Minerali, Bibite e Succhi e soft drinks directory 2016-2017. Milano: Beverfood Srl.
- Biron M. (2016). Environmental Impact of Renewable Plastics: Pros and Cons, Indicators. In: Biron M. (a cura di). *Industrial Applications of Renewable Plastics: Environmental, Technological and Economic Advances*. Oxford: Elsevier, 437-462.
- Botto S., Niccolucci V., Rugani B., et al. (2011). Towards lower carbon footprint patterns of consumption: The case of drinking water in Italy. *Environmental Science & Policy* (14): 388-395.
- Bousted I. (2005). Eco-profiles of the European plastics industry: high density polyethylene (HDPE) for Plastics Europe March 2005.
- Carlucci D., De Gennaro B., Rosselli L. (2016). What is the value of bottled water? Empirical evidence from the Italian retail market. *Water Resources and Economics* (15): 57-66.
- Commissione Europea (2015). Pacchetto sull'economia circolare. Disponibile su: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-15-6203\\_it.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_it.htm) [ultimo accesso: 20/06/2017].
- Commissione Europea (2017). Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico

- e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni sull'attuazione del piano d'azione per l'economia circolare. Disponibile su: <https://ec.europa.eu> [ultimo accesso: 20/06/2017].
- Corepla (2015). Relazione sulla gestione (2015). Disponibile su: [www.corepla.it](http://www.corepla.it) [ultimo accesso: 30/06/2017].
- Dormer A., Finn D.P., Ward P., Cullen J., (2013). Carbon footprint analysis in plastic manufacturing. *Journal of Cleaner Production* (51): 133-141.
- EPD Cerelia (Environmental Product Declaration) (2016). Dichiarazione ambientale di prodotto dell'acqua minerale naturale Cerelia. Disponibile su: [www.environdec.com](http://www.environdec.com) [ultimo accesso: 2/03/2017].
- EPD Ferrarelle (Environmental Product Declaration) (2016). Dichiarazione ambientale di prodotto dell'acqua minerale Ferrarelle. Disponibile su: [www.environdec.com](http://www.environdec.com) [ultimo accesso: 2/03/2017].
- EPD Lete (Environmental Product Declaration) (2014). Dichiarazione ambientale di prodotto dell'acqua effervescente naturale Lete e naturale Sorgesana. Disponibile su: [www.environdec.com](http://www.environdec.com) [ultimo accesso: 2/03/2017].
- EPD Nestlé Vera (Environmental Product Declaration) (2015). Dichiarazione ambientale di prodotto dell'acqua minerale Nestlé Vera. Disponibile su: [www.environdec.com](http://www.environdec.com) [ultimo accesso: 2/03/2017].
- EPD San Benedetto (Environmental Product Declaration) (2014). Dichiarazione ambientale di prodotto dell'acqua minerale naturale oligominerale San Benedetto. Disponibile su: [www.environdec.com](http://www.environdec.com) [ultimo accesso: 2/03/2017].
- Foolmaun R.K., Ramjeawon T. (2008) Life Cycle Assessment (LCA) of PET bottles and comparative LCA of three disposal options in Mauritius. *International Journal of Environment and Waste Management* (2): 125-37.
- Franklin Associates (2009). Life cycle assessment of drinking water systems: bottle water, tap water, and home/office delivery water. Revised Final Peer-Reviewed LCA Report. Disponibile online in sito web: <http://www.deq.state.or.us/lq/pubs/docs/sw/LifeCycleAssessmentDrinkingWaterFullReport.pdf> [ultimo accesso: 20/03/2017]
- Franklin Associates (2011). Revised final report life cycle inventory of 100% postconsumer HDPE and PET recycled resin from postconsumer containers and packaging. Disponibile online in sito web: <https://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/Life-Cycle-Inventory-of-Postconsumer-HDPE-and-PET-Recycled-Resin.pdf> [ultimo accesso: 21/03/2017].
- FSS (Fondazione per lo sviluppo sostenibile) e FISE UNIRE (Unione Nazionale Imprese Recupero) (2016). Italia del riciclo (2016). Disponibile su: <http://www.fondazionevilupposostenibile.org> [ultimo accesso: 20/02/2017].
- Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* (114): 11-32.
- Giugliano M., Cernuschi S., Grosso M. et al. (2011). Material and energy recovery in integrated waste management systems. An evaluation based on life cycle assessment. *Waste Management* (31): 2092-2101.
- Gleick P.H. e Cooley H.S. (2009). Energy implications of bottled water. *Environmental Research Letters* (4): 1-6.
- Gleick P.H. e Cooley H.S. (2012) Bottled water and energy. *The World's Water Volume 7: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington: Island Press, 157-164.
- GURI, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (2010). Decreto Ministeriale n. 113 del 18 maggio 2010. Regolamento recante aggiornamento del decreto ministeriale 21 marzo 1973, concernente la disciplina igienica degli imballaggi, recipienti, utensili destinati a venire in contatto con le sostanze alimentari o con sostanze d'uso personale, limitatamente alle bottiglie in polietilenterefalato riciclate. Serie Generale GURI n. 168 del 21/07/2010.
- GURI, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (2011). Decreto Legislativo n. 176 dell'8 ottobre 2011. Attuazione della direttiva 2009/54/CE, sull'utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali. Serie Generale G.U.R.I. n. 258 del 5/11/2011, 1-12.
- GUUE, Gazzetta Ufficiale Unione Europea (2015). Comunicazione n. 230/91 del 14 luglio 2015. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni – Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti.
- Hopewell J., Dvorak R., Kosior E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society* (364): 2115-2126.
- ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) (2016). Rapporto rifiuti urbani Edizione 2016. Disponibile su: [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it) [ultimo accesso: 20/02/2017].
- Lagioia G., Calabrò G., Amicarelli V. (2012). Empirical study of the environmental management of Italy's drinking water supply. *Resources, Conservation and Recycling* (60): 119-130.
- Nessi S., Rigamonti L., Grosso M. (2012). LCA of waste prevention activities: a case study for drinking water in Italy. *Journal of Environmental Management* (108): 73-83.
- Orset C., Barret N., Lemaire A. (2017). How consumers of plastic water bottles are responding to environmental policies?. *Waste Management* (61): 13-27.
- Papong S., Malakul P., Trungkavashirakun R. et al. (2014). Comparative assessment of the environmental profile of PLA and PET drinking water bottles from a life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production* (65): 539-550.
- Pasqualino J., Meneses M., Castells F. (2011) The carbon footprint and energy consumption of beverage packaging selection and disposal. *Journal of Food Engineering* (103): 357-365.
- Patel M.K., Jochem E., Radgen P. et al. (1998). Plastics streams in Germany – an analysis of production, consumption and waste generation. *Resources Conservation and Recycling* (24): 191-215.
- Rigamonti L., Sterpi I., Grosso M. (2015). Indicatore di sostenibilità ambientale ed economica di sistemi di gestione integrata di rifiuti urbani. *Ingegneria dell'ambiente* (2): 35-46.
- Rodwan J.G. (2016). U.S. international developments and statistics. Beverage Marketing Corporation. Disponibile su: [http://www.bottledwater.org/public/BWR\\_Jul-Aug\\_2016\\_BMC%202015%20bottled%20water%20stat%20article.pdf](http://www.bottledwater.org/public/BWR_Jul-Aug_2016_BMC%202015%20bottled%20water%20stat%20article.pdf) [ultimo accesso: 2/07/2017].
- Sauvé S., Bernard S., Sloan P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development* (17): 48-56.
- Turner D.A., Williams I.D., Kemp S. (2015) Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. *Resources, Conservation and Recycling Vol* (105) 186-197.
- Vanitha S. (2017). Consumer's awareness and attitude towards packaged drinking water in Thoothukudi district. *International Journal of Research – Granthaalayah* (5): 47-57.
- Wikström F., Williams H., Venkatesh G. (2016). The influence of packaging attributes on recycling and food waste behaviour – An environmental comparison of two packaging alternatives. *Journal of Cleaner Production* (137): 895-902.



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2017 è sostenuta da:

**STADLER**<sup>®</sup>  
STADLER ITALIA S.r.l.



**VEOLIA**  
Veolia Water Technologies Italia S.p.A.

**SOLV**air Solutions

 **INGEGNERIA  
DELL'AMBIENTE**



N. 3/2017

Ledizioni 



**CiAl** Consorzio  
Imballaggi  
Alluminio

  
**UNICALCE**  
*Innoviamo la tradizione*



**ecopneus**  
il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi

  
**iren**

**VOMM**

 **RICREA** 20<sup>1997</sup>  
CONSORZIO NAZIONALE RICICLO  
E RECUPERO IMBALLAGGI ACCIAIO 2017

**ALLEGRI**  
ecologia  
trattamento acque

**KSB** 

**PASSAVANT**  
IMPIANTI   
progettazione e costruzione impianti trattamento acque, fanghi e rifiuti

 **comieco**  
Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo  
degli Imballaggi a base Cellulosica

**conTec**

 **SEAM**  
engineering  
l'acqua e l'ambiente