

---

# X Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA 2016

## Life Cycle Thinking, sostenibilità ed economia circolare

Ravenna  
23 - 24 giugno 2016

---

a cura di Arianna Dominici Loprieno, Simona Scalbi, Serena Righi



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI RAVENNA



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



Atti del X Convegno della Rete Italiana LCA 2016  
Life Cycle Thinking, sostenibilità ed economia circolare  
Ravenna - 23-24 giugno 2016

*A cura di Arianna Dominici Loprieno, Simona Scalbi, Serena Righi*

*Grafica del volume a cura di Sara Ganassali, Anna Dalla Valle e Paola Sposato*

ISBN: 978-88-8286-333-3

ENEA – Servizio Promozione e Comunicazione

Revisione editoriale: Giuliano Ghisu

Copertina: Cristina Lanari

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA – Frascati

Giugno 2016

## SOMMARIO

Comitato scientifico .....	7
Comitato organizzativo .....	8
Prefazione .....	9
EDILIZIA.....	11
LCA as a starting point for the design of a framework for sustainability of building technologies in an innovative perspective .....	12
Strumenti LCA di supporto al settore delle costruzioni .....	21
Life Cycle Assessment of Low Embodied Energy Advanced Insulation Materials and Insulating Masonry Components for Energy Efficient Buildings .....	29
Embodied Energy versus Operational Energy in un caso studio “Nearly Zero Energy Building”. Ideazione e sviluppo del software IREEA: strumento per il calcolo dell’Embodied Energy iniziale e periodica .....	38
Valutazione LCA di edifici temporanei: il caso dei Cluster di Expo 2015 .....	46
Potentialities of LCA for urban systems sustainability assessment .....	54
Analisi LCA comparativa di materiali isolanti tradizionali ed innovativi: Il caso del progetto ELISSA.....	63
La Life Cycle Assessment come strumento di supporto per lo sviluppo di materiali e sistemi innovativi per l’edilizia .....	72
Life Cycle Assessment di calcestruzzi leggeri: benefici derivanti dall’utilizzo di materiali riciclati.....	82
Life Cycle Assessment di un Playground: Climbing Structure CS06 .....	91
Effetti del rischio sismico sulla sostenibilità ambientale degli interventi di recupero energetico .....	100
ENERGIA .....	109
Elettricità da impianti di biogas agricolo: impatto ambientale e strategie di mitigazione .....	110
Esternalità positive delle azioni di risparmio energetico .....	128

# Life Cycle Assessment di un Playground: Climbing Structure CS06

Giovanni Dotelli<sup>1</sup>, Guido Scaccabarozzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politecnico di Milano, Dip. Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica G. Natta, Milano  
<sup>2</sup>Demetra Onlus

Email: [scaccabarozzi@demetra.net](mailto:scaccabarozzi@demetra.net)

## Abstract

*L'oggetto del presente studio LCA è una struttura per parchi gioco (playground CS06), costituita da tronchi circolari irregolari e concepita per integrarsi sia in ambienti naturali che in aree urbane. Lo studio nasce dalla volontà dell'azienda produttrice del gioco, Richter Spielgeräte GmbH, di analizzare in termini di prestazioni ambientali il proprio prodotto CS06, anche in considerazione del fatto che è principalmente costituito da legno, che può essere riconosciuto come un materiale maggiormente sostenibile rispetto ad altri impiegati normalmente nel medesimo settore (plastica, acciaio, cemento). La valutazione degli effetti ambientali legati al ciclo di vita di un prodotto principalmente costituito da legname (*Larix decidua*), come il playground in oggetto, potrebbe ricondurre a un impatto globale dell'oggetto trascurabile; tuttavia, esistono degli impatti latenti che vengono alla luce dopo un'attenta analisi che solo l'approccio del Life Cycle Assessment è in grado di far emergere. L'analisi della Climbing Structure CS06 è stata diretta a esaminare tutti i principali effetti sull'ambiente e sulla salute in maniera da coprire tutte le fasi del ciclo di vita: per molte delle fasi principali erano disponibili dati primari, il che permette di considerare la valutazione effettuata con un buon livello di affidabilità. La prospettiva dello studio è dalla culla alla tomba.*

## 1. Introduzione

La CS06 è una struttura per parchi gioco (playground), costituita da tronchi circolari irregolari e concepita per integrarsi sia in ambienti naturali che in aree urbane. È una tipologia di playground che può accogliere numerosi bambini contemporaneamente e consente di sperimentare l'altezza, il tatto (esperienza sensoriale di mani e piedi), e può anche essere utilizzata come uno strumento per la distensione e il relax. I principali componenti della CS06 sono pali in legno di larice, minuteria metallica e cordame. La Climbing Structure 06 (CS06) è realizzata con uso esclusivo di legno di larice alpino (*Larix decidua*), e proveniente da silvicoltura sostenibile, certificato secondo la norma EN 45011 PEFC. Il legno di larice costituisce l'82,25% (Figura 1), in massa, del peso totale della struttura che è di 1.670,59 kg.

Questo tipo di legname riceve un trattamento minimo, prima di essere utilizzato per la costruzione del playground.

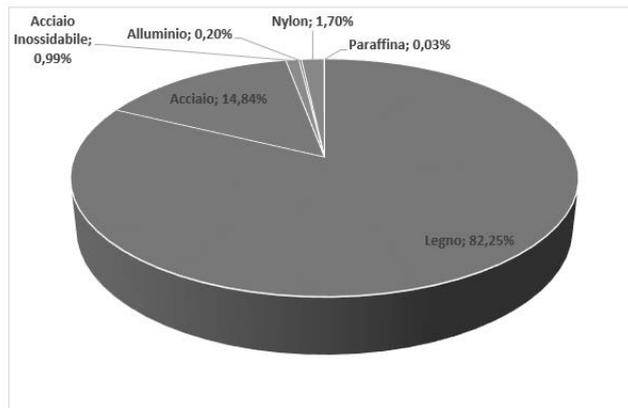


Figura 1: Percentuali in massa dei materiali che compongono la CS06

La volontà della casa produttrice è quella di andare verso standard di sostenibilità sempre maggiori, e quindi di valutare le performance e gli impatti della climbing structure, non solo per quanto riguarda il legname, e non solo nella fase di crescita e gestione dell'albero, ma nel corso di tutto il ciclo di vita della CS06. La metodologia LCA è stata ritenuta la più appropriata per valutare quantitativamente e qualitativamente la sostenibilità ambientale del prodotto oggetto di studio. Da un'analisi della letteratura primaria si è ritrovato un solo studio riconducibile a un prodotto analogo alla CS06 (González-García S. et al., 2012) in cui si è analizzato un gioco modulare in legno. Un confronto diretto dei risultati non è possibile in quanto l'indicatore utilizzato è CML2001 e la prospettiva dello studio è cradle to gate; tuttavia, un raffronto semplificato verrà discusso in seguito.

## 2. Definizione dello scopo e degli obiettivi

Il presente studio LCA è stato realizzato con l'obiettivo di analizzare le performance ambientali di un playground: si tratta di una struttura pensata per un parco giochi per bambini da situare all'aperto e concepita per l'arrampicata.

L'unità funzionale (UF) scelta è una climbing structure CS06 (1.670,59 kg, Figura 2) di cui si ipotizza una durata di 15 anni e la cui funzione è ludica. Lo studio adotta la prospettiva "dalla culla alla tomba", pertanto in accordo con il documento PCR 2012:01 versione 1.2 e la norma UNI EN 15804 il ciclo di vita del prodotto CS06 è suddiviso nelle fasi di upstream, core e downstream.

I confini del sistema (Figura ) determinano le unità di processo da includere nello studio LCA e quale tipologia di dati in "ingresso" e/o "uscita" al sistema possono essere omessi.



Figura 2: La climbing structure mentre viene utilizzata da un gruppo di bambini

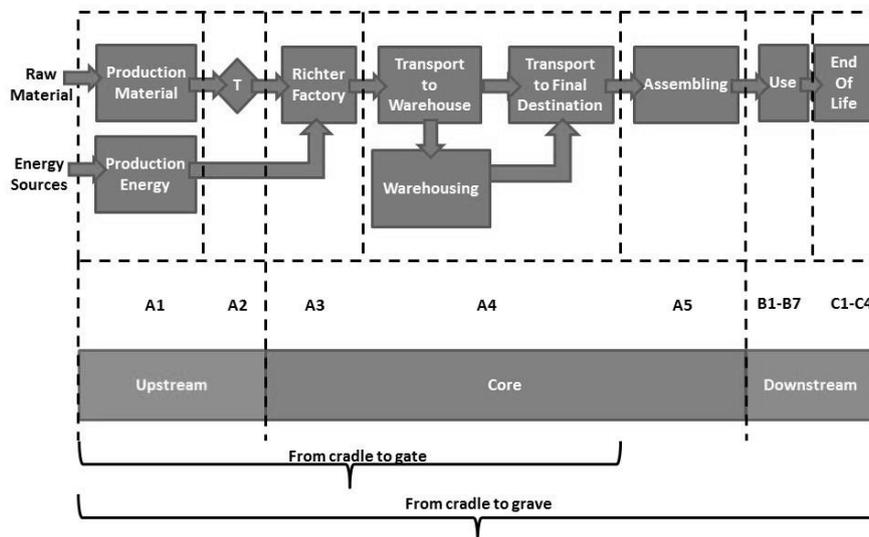


Figura 3: Confini del sistema

Il gioco viene interamente prodotto nel sito produttivo Richter in Germania (<http://www.richter-spielgeraete.de/home.html>); il montaggio avviene, invece, in situ. Nel presente caso di studio si è valutata l'installazione avvenuta in Agrate Brianza.

I dati primari utilizzati nello studio sono riferiti all'anno 2014 e raccolti direttamente nel sito produttivo Richter e sul sito di installazione in Agrate Brianza. Sono da considerarsi secondari (fonte ecoinvent 3.0) i dati riguardanti la produzione dei materiali, le emissioni da trasporti e la produzione di energia elettrica.

Le metodologie scelte per la valutazione degli impatti sono:

- IPCC 2013, prospettiva a 100 anni
- ILCD 2011 Midpoint V1.03
- ReCiPe Midpoint (H) V1.10 / Europe

### 3. Analisi di inventario

Il processo di produzione del playground CS06 ha inizio con la produzione e l'approvvigionamento delle materie prime (1.Products and Materials) e delle fonti di energia (2.Production Energy) necessarie per giungere al prodotto finito. I materiali grezzi vengono successivamente trasportati presso i siti dove vengono lavorati e dove si ottengono i semilavorati (legname, minuteria). I semilavorati vengono inviati al sito produttivo Richter (3.Transport to Richter Factory) dove vengono realizzati i componenti di ciascun playground (4.Richter Factory). Da qui i singoli componenti finiti vengono inviati al distributore (5.Transport to Warehouse) che li prende in carico (5a.Warehousing) per poi trasportarli al sito di installazione (6.Transport to Final Destination). Il montaggio del playground avviene direttamente nel sito di installazione (7.Assembling) dove il gioco viene utilizzato per tutta la sua fase d'uso e nel quale viene sottoposto a manutenzione programmata (8.Maintenance). Quando il playground giunge a fine vita e non è più utilizzabile, viene smontato e il sito in cui era stato posizionato viene smantellato (9.Dismantling); a questo punto il materiale di risulta viene conferito ai siti di Disposal (10.Transport to Demetra) per essere trattato negli appropriati processi di smaltimento o riutilizzato nei modi previsti (11.Disposal).

Le 11 fasi in cui è stata suddivisa la vita della struttura CS06 sono convenientemente raggruppate in 4 macro-aree così denominate per brevità: (1) Cradle to Richter gate, (2) Transports, (3) Installation and use, (4) End of life (Figura 4).

<b>Id</b>	<b>Fase</b>	<b>Macro Area</b>
1	Products and Materials	Cradle to Richter Gate
2	Production Energy	
3	Transport to Richter Factory	
4	Richter factory	
5	Transport to Warehouse	Transports
6	Transport to Final Destination	
7	Assembling	Installation and Use
8	Maintenance	
9	End Of Life - Dismantling	End of Life
10	End Of Life - Transport to Demetra	
11	End of Life - Disposal	

Figura 4: Fasi e categorie del processo from cradle to grave CS06

## 4. Valutazione degli impatti

Le categorie di impatto considerate sono il cambiamento climatico valutato utilizzando i fattori di caratterizzazione forniti da IPCC 2013 nella prospettiva dei 100 anni. Tuttavia per fornire un'analisi più completa, gli impatti sono stati valutati anche con due metodologie a multi-indicatore.

### 4.1. Global Warming Potential (IPCC 2013 100a)

Dalla Figura 5 si può notare quali siano le 3 fasi nelle quali si ha il maggior impatto in termini di CO<sub>2</sub> equivalente: le produzioni iniziali (1.Products and materials), il trasporto alla destinazione finale (6. Transport to Final Destination) e l'assemblaggio (7.Assembling).

Le tre fasi rappresentano il 91,2% delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente di tutta la vita di CS06. Il contributo dello smaltimento a fine vita (11. End of Life – Disposal) ha invece un valore negativo in termini di CO<sub>2</sub> equivalente (-30,91 kg CO<sub>2</sub> eq), dovuto alla produzione di "cippato di legno" derivante dalla macinazione dei residui legnosi dello smantellamento della struttura.

Il cippato di legno è stato considerato un prodotto evitato. Il totale delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente è 6644,15 kg CO<sub>2</sub> eq (Tabella 1) e il valore normalizzato sulla massa della CS06 è 3,98 kg CO<sub>2</sub> eq/kg<sub>UF</sub>. Le emissioni al cancello sono 1236,66 kg CO<sub>2</sub> eq che riferiti all'unità di massa della UF sono 0,74 kg CO<sub>2</sub> eq/kg<sub>UF</sub>.

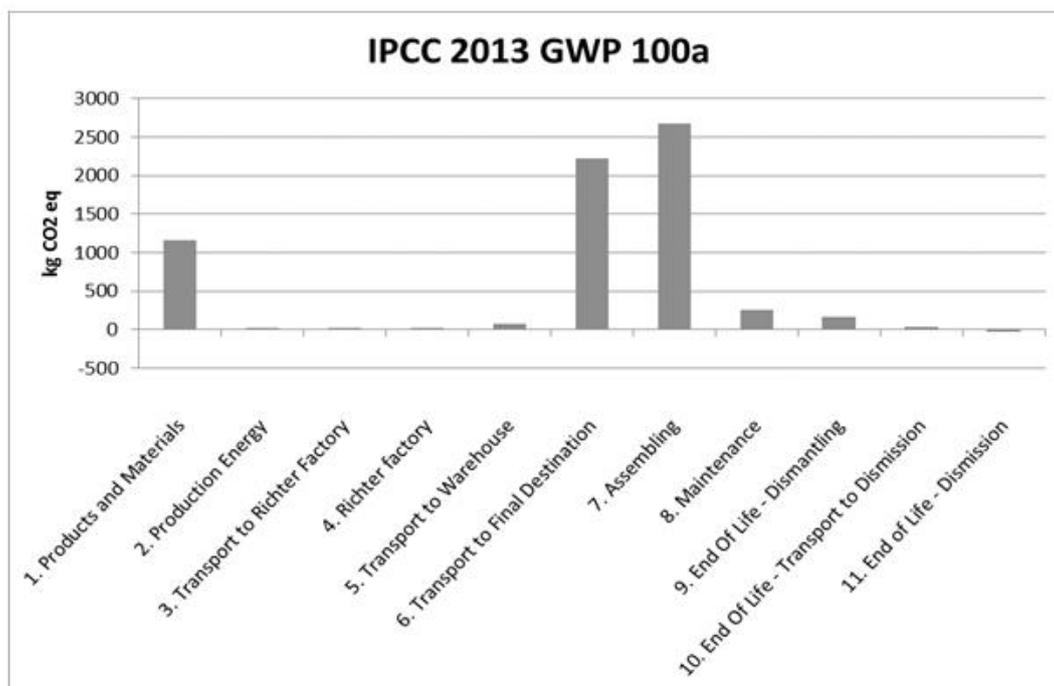


Figura 5: Impatto secondo l'IPCC 2013 GWP 100a dell'intera CS06

Macro Area	kg CO2 eq	%
Cradle to Richter Gate	1236,66	18,60%
Transports	2294,16	34,50%
Installation and Use	2933,86	44,20%
End of Life	179,47	2,70%
Total	6644,15	100,00%

Tabella 1: Valori in termini di CO<sub>2</sub> eq (IPCC 2013 GWP 100a V1.00) per le 4 macro aree del ciclo from cradle to grave

#### 4.2. Valutazione secondo il metodo ILCD - International Reference Life Cycle Data System

Le categorie con impatto sensibile tra quelle considerate nel metodo ILCD sono Freshwater Ecotoxicity, Acidification, Photochemical Ozone Formation e Land Use (Tabella 2). Al contrario i consumi di risorse naturali (Mineral, fossil & ren resource depletion) e idriche (Water resource depletion) risultano particolarmente bassi considerando l'intera vita della struttura CS06. In Figura 6 viene illustrato l'impatto in termini di uso del suolo; si evidenzia come la fase di assemblaggio sia responsabile per il 92,2% dell'impatto.

Tabella 2: Impatto secondo il metodo ILCD 2011 Midpoint V1.03 dell'intera CS06

Categoria d'impatto	Unità	Totale
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	6.613,64
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	8,20E-04
Human toxicity, cancer effects	CTUh	3,16E-04
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	1,53E-03
Particulate matter	kg PM2.5 eq	4,48
Ionizing radiation HH	kBq U <sub>235</sub> eq	339,52
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	2,49E-03
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	30,75
Acidification	molc H+ eq	38,14
Terrestrial eutrophication	molc N eq	104,85
Freshwater eutrophication	kg P eq	0,21
Marine eutrophication	kg N eq	9,84
Freshwater ecotoxicity	CTUe	15.181,92
Land use	kg C deficit	209.971,09
Water resource depletion	m <sup>3</sup> water eq	2,81
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	0,49

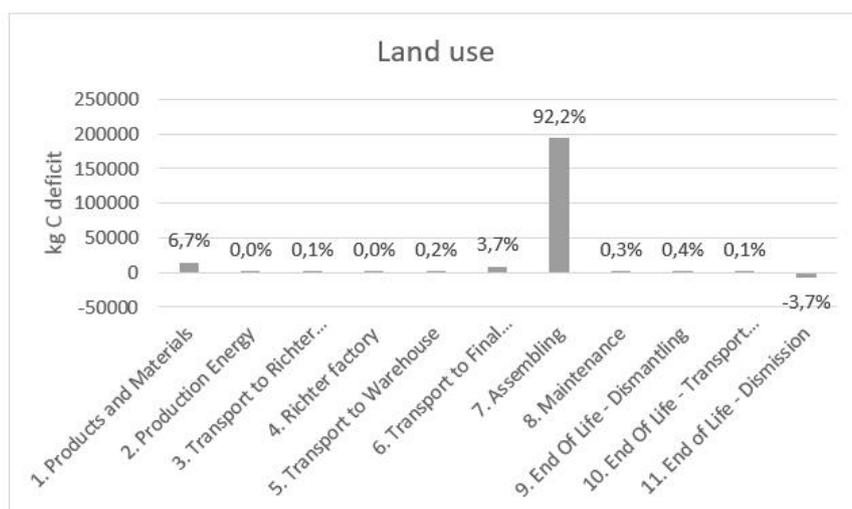


Figura 6: Calcolo del Land Use, in termini di deficit di massa di carbonio (kg C deficit) secondo il metodo ILCD 2011 Midpoint V1.03

#### 4.3. Valutazione secondo il metodo Recipe

Dalla analisi degli impatti con il metodo ReCiPe, le categorie d'impatto di maggiore rilievo sono: Terrestrial Acidification, Freshwater Ecotoxicity e Photochemical Oxidant Formation (Tabella 3). Gli impatti generati per queste categorie sono principalmente associabili alle fasi "Products and Materials", "Transport to final destination" e "Assembling".

### 5. Interpretazione dei risultati

Dai risultati ottenuti emerge che, sul totale delle 11 fasi in cui è stato suddiviso il ciclo di vita della CS06, ci sono 3 fasi dell'intero processo che si dimostrano responsabili della maggioranza degli impatti generati durante l'intera vita; queste fasi sono:

- Products and Materials (1);
- Transport to Final destination (6);
- Assembling (7).

Responsabili di questo impatto sono soprattutto:

- l'acciaio utilizzato per i componenti della CS06 nella fase "Products and Materials" (1) a causa dell'estrazione e del processo di produzione e lavorazione del metallo;
- il trasporto della ghiaia utilizzata come strato intermedio tra sottosuolo e superficie di posizionamento del playground e il trasporto del calcestruzzo per realizzare il basamento dei pali in larice, nella fase di

Tabella 3: Impatto con il metodo ReCiPe Midpoint (H) V1.10 / Europe Recipe H dell'intera CS06

<b>Categoria d'impatto</b>	<b>Unità</b>	<b>Totale</b>
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	6.613,49
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	8,25E-04
Terrestrial acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	29,03
Freshwater eutrophication	kg P eq	0,21
Marine eutrophication	kg N eq	1,55
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	1.433,73
Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	31,82
Particulate matter formation	kg PM10 eq	14,46
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	2,21
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	4,69
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	18,17
Ionising radiation	kBq U <sub>235</sub> eq	340,10
Agricultural land occupation	m <sup>2</sup> a	2.632,71
Urban land occupation	m <sup>2</sup> a	2.673,51
Natural land transformation	m <sup>2</sup>	2,50
Water depletion	m <sup>3</sup>	12,27
Metal depletion	kg Fe eq	1001,78
Fossil depletion	kg oil eq	1.931,35

- “Transport to Final destination” (6), a causa del peso delle masse trasportate;
- ghiaia e calcestruzzo nella fase di “Assembling” (7) a causa del loro impatto nell'estrazione dei minerali.

I consumi di acqua sono molto contenuti: metodo ReCiPe 12,61 m<sup>3</sup> (consumo complessivo di acqua all'interno dell'intero processo), metodo ILCD 2,63 m<sup>3</sup> di acqua equivalente (Swiss Ecoscacity 2006).

La quantità di CO<sub>2eq</sub> emessa durante il ciclo di vita della CS06 è pari a 6.614,95 kg CO<sub>2eq</sub> secondo il metodo IPCC GWP 2013 100.

## 6. Conclusioni

La fase di produzione della struttura CS06 nella maggioranza delle categorie contribuisce per il 20% circa dell'impatto complessivo, mentre i trasporti, intesi sia come fase intermedia, sia come contributo nella fase di installazione e uso, sono i maggiori responsabili dell'impatto complessivo nella quasi totalità delle categorie di impatto.

Per ragioni di brevità i contributi delle diverse fasi sono stati mostrati solo per l'impronta di carbonio. Questo ci consente un raffronto con l'unico studio in letteratura reperito: il gioco modulare ha un peso di circa 528 kg e un'impronta di carbonio pari a 741 kg CO<sub>2eq</sub>, che corrispondono a 1,4 kg CO<sub>2</sub> eq/kg<sub>UF</sub>. Sebbene un confronto diretto con la CS06 non sia possibile si rileva una sensibile differenza nelle impronte di carbonio. Un'attenta analisi dello studio reperito in letteratura mostra che il legno utilizzato ha subito numerose lavorazioni e trattamenti, mentre nel caso della CS06 i tronchi sono stati solo decorticati. Fanno eccezione le categorie di uso del suolo, nelle diverse accezioni, e di consumo di acqua e materie prime, per le quali i maggiori impatti provengono o dalla produzione dei materiali o dall'uso del suolo su cui è stata posta in opera la struttura CS06.

Per qualunque categoria di impatto e in tutti i metodi presi in considerazione, le fasi di fine vita (macro area 4) contribuiscono in maniera trascurabile agli impatti del sistema. Alla luce di queste considerazioni i principali margini di miglioramento nella sostenibilità ambientale del prodotto sono possibili attraverso un'ottimizzazione dei trasporti.

## 7. Bibliografia

FEBE Ecologic, Analyse environmental benefits and disadvantages related to design innovations of furnishing play areas Identify soaking agents with optimized environmental impact., viewed 5 Apr 2016, [http://xoomer.virgilio.it/emascimi/EN/progetti\\_EN.html](http://xoomer.virgilio.it/emascimi/EN/progetti_EN.html)

González-García S., García Lozano R., Buyo P., Castilla Pascual R., Gabarrell X., Rieradevall J., Moreira M.T., Feijoo G., 2012. Journal of Cleaner Production, 27, 21-31.

<http://www.richter-spielgeraete.de/home.html>

PCR 2012:01 versione 1.2 - CONSTRUCTION PRODUCTS AND CPC 54 CONSTRUCTION SERVICES, 2013-03-15, [www.environdec.com](http://www.environdec.com)

UNI EN 15804:2012, Sostenibilità delle costruzioni – Dichiarazioni ambientali di prodotto – Regole chiave di sviluppo per categoria di prodotto.

UNI EN ISO 14040: 2006, Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento.

UNI EN ISO 14044: 2006, Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida.