

# LCA di materiali isolanti in calcecanapulo per edilizia sostenibile

Alessandro Arrigoni<sup>1</sup>, Cristian Colombo<sup>1</sup>, Ottavio Ruggieri<sup>1</sup>, Giovanni Dotelli<sup>1</sup>, Gianluca Ruggieri<sup>2</sup>, Sergio Sabbadini<sup>3</sup>, Paco Melià<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Politecnico di Milano, Dip. di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G.Natta", p.zza L. da Vinci 32, 20133 Milano

<sup>2</sup>Università degli Studi dell'Insubria, Dip. di Scienze Teoriche e Applicate, via Dunant 3, 21100 Varese

<sup>3</sup>Disstudio, Via Piolti de' Bianchi 48, 20129 Milano - ANAB

<sup>4</sup>Politecnico di Milano, Dip. di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, via Ponzio 34/5, 20133 Milano

## Abstract

*La necessità di ridurre le emissioni derivanti dal settore dell'edilizia ha portato alla ricerca di soluzioni per migliorare la sostenibilità e la performance energetica degli edifici. Una soluzione efficace è l'utilizzo di materiali isolanti di origine naturale. Il calcecanapulo è un biocomposito ottenuto dalla miscela di una fibra naturale (canapulo) e di un legante (calce) con ottime capacità isolanti e igrometriche. L'obiettivo dello studio è quello di valutare la sostenibilità in termini di Life Cycle Assessment di tre diverse miscele del biocomposito prodotte dall'azienda italiana Equilibrium: Natural Beton 200 (con un rapporto calce canapa 1:1), Natural Beton 300 (con rapporto 2:1) e Biomattone (2:1). L'approccio dello studio è "dalla culla al cancello". Per tutte le miscele la fase di produzione della calce e della canapa risultano essere quelle con impatti maggiori. Gli impatti derivanti dal trasporto della calce possono essere ridotti cambiando il sito di approvvigionamento.*

## 1. Introduzione

Il settore dell'edilizia contribuisce a livello globale per circa il 40% dell'utilizzo di energia primaria e per circa il 40% delle emissioni di gas serra (García-Casals, 2006). La necessità di ridurre queste emissioni ha incentivato la ricerca di materiali meno impattanti da sostituire ai materiali tradizionali per migliorare la sostenibilità e la performance energetica degli edifici. L'utilizzo di materiali isolanti di origine naturale permette di ridurre il consumo di risorse e gli impatti ambientali associati al consumo di combustibili fossili. L'isolamento termico permette inoltre di ridurre le perdite di calore dagli edifici garantendo notevoli risparmi energetici e monetari in fase di riscaldamento e condizionamento (Zimmermann et al., 2005). L'utilizzo di materiali naturali consente per di più il recupero, riutilizzo e riciclo prima dello smaltimento finale. Il calcecanapulo è un biocomposito ottenuto dalla miscela di una fibra naturale (canapulo) e di un legante (calce). Il materiale ha tutte le qualità richieste ad un materiale da costruzione a basso impatto ambientale: alta capacità isolante, bassa energia incorporata e alto contenuto di CO<sub>2</sub> stoccata (Ip, Miller, 2012). Il calcecanapulo contribuisce a ridurre i cambiamenti climatici tramite il sequestro di CO<sub>2</sub> atmosferica sia con il processo di fotosintesi che con la carbonatazione (Pretot et al., 2014). Le costruzioni in calce-canapa garantiscono un miglioramento della qualità dell'aria grazie alle proprietà igroscopiche della parete e minori consumi energetici attribuiti al passaggio di calore grazie alle sue capacità termiche (Bevan, Woolley, 2008). L'obiettivo del nostro lavoro di ricerca è quello di valutare le performance ambientali in termini di Life Cycle Assessment del biocomposito.

## 2. Metodologia

L'analisi del ciclo di vita è condotta in accordo con la normativa corrente in materia di LCA (ISO, 2006a, b). La prospettiva dello studio è del tipo "dalla culla al cancello". I calcoli sono stati realizzati con l'ausilio del software SimaPro 7.3.3.

### **2.1. Obiettivo dello studio**

Lo studio si propone di calcolare gli impatti ambientali di tre miscele di biocompositi a base di calce e canapa prodotte dall'azienda Equilibrium ([www.equilibrium-bioedilizia.it](http://www.equilibrium-bioedilizia.it)) con sede in provincia di Como. I prodotti sono rispettivamente: Natural Beton 200 (miscela di legante e canapulo con rapporto in peso di 1 a 1), Natural Beton 300 (miscela con rapporto 2 a 1) e Biomattone (blocco prefabbricato con rapporto in peso 2 a 1).

### **2.2. Materiali**

Natural Beton 200, Natural Beton 300 e Biomattone sono materiali isolanti massicci composti da un legante a base di calce idraulica naturale e legno di canapa (canapulo) miscelati con acqua. I materiali hanno ottime proprietà termiche, acustiche ed igrometriche, sono resistenti al fuoco, al gelo, a insetti e roditori, non producono fumi tossici in caso di incendio e sono riciclabili e biodegradabili a fine del ciclo di vita. La messa in opera dei prodotti Natural Beton necessita di una struttura di sostegno, al contrario del Biomattone che viene utilizzato senza supporto di altri materiali. Quest'ultimo, pur non avendo caratteristiche strutturali, combinato con una struttura portante (pilastri o telaio) è efficace nella realizzazione di muratura perimetrale in cui assolve sia la funzione di tamponamento che quella di isolamento. I prodotti Natural Beton vengono solitamente integrati con pannelli in magnesite. In futuri lavori di ricerca sarebbe interessante un confronto degli impatti dell'intero pacchetto stratigrafico realizzato con i prodotti qui analizzati, anche se le diverse soluzioni progettuali sono utilizzate in diversi contesti.

### **2.3. Unità dichiarata**

Nello studio è utilizzata una unità dichiarata anziché una unità funzionale, dal momento che l'utilizzo dei tre prodotti non è definito al momento dell'uscita dal cancello. Infatti, questi materiali sono utilizzati sia in murature di tamponamento sia come isolanti termici in stratigrafie complesse. Poiché il presente studio si limita alla prospettiva "dalla culla al cancello" non è possibile definire a priori la funzione nelle fasi successive. Per questa ragione, in accordo con la norma EN 15804, si è deciso di utilizzare come base di calcolo l'unità dichiarata (*declared unit, claim 6.3.2, EN 15804*) e non l'unità funzionale. Pertanto, nelle figure, i valori ottenuti analizzando i tre prodotti sono affiancati per semplicità e non con una finalità comparativa. L'unità dichiarata scelta per lo studio è il chilogrammo di materiale prodotto ed imballato al cancello dell'azienda.

Data la tipologia di materiale si è deciso di effettuare un LCA nella prospettiva "dalla culla al cancello". Si sono utilizzati dati primari per la parte relativa all'azienda che produce i materiali finiti ("da cancello a cancello") e dati secondari per quanto riguarda la produzione delle materie utilizzate per la miscela del biocomposito: gli impatti dovuti alla produzione in massa della calce sono direttamente estrapolati dal database di SimaPro, mentre gli impatti ambientali associati al processo di produzione del canapulo sono desunti da un precedente studio sull'LCA della coltivazione della canapa e sui possibili utilizzi di tale coltura nel campo della bioedilizia (Zampori et al., 2013).

Per quanto riguarda i processi di trasporto e di imballaggio, i dati (mezzi di trasporto, distanze, quantità di materiale trasportato e imballaggio per materiale in entrata ed uscita dall'azienda) sono stati forniti dall'azienda stessa.

## 2.4. Confini del sistema e qualità dei dati

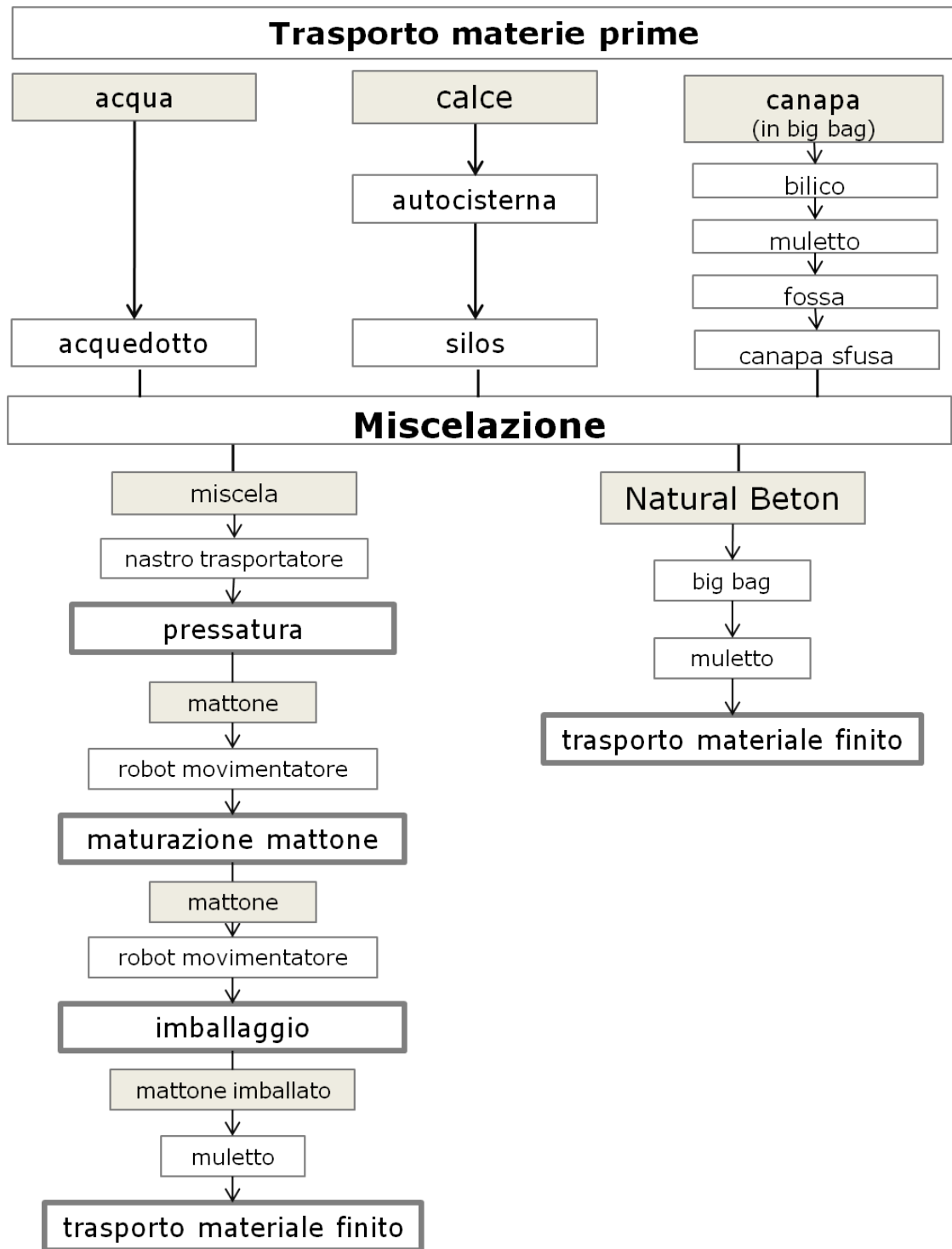


Figura 1: Schema a blocchi della produzione delle miscele

## 2.5. Indicatori di impatto

L'analisi degli impatti è stata compiuta utilizzando tre indicatori midpoint: 1) Greenhouse Gas Protocol (GGP, in kg CO<sub>2</sub>-eq) per valutare l'effetto delle emissioni climalteranti; 2) Cumulative Energy Demand (CED, in MJ) per valutare l'energia totale incorporata; 3) Ecological Footprint (EF, in ha\*yr). È stato utilizzato anche un metodo endpoint, Ecoindicator 99 (H), al fine di confrontare le categorie d'impatto e gli impatti delle diverse fasi di produzione.

### 3. Life Cycle Impact Assessment

#### 3.1. Greenhouse Gas Protocol

Dall'analisi si evince in primo luogo che entrambe le miscele e il Biomattone hanno un valore di CO<sub>2</sub>-eq totale negativo grazie all'alto valore di anidride carbonica assorbita in fase di crescita della canapa (Tabella 1). In particolare la miscela di Natural Beton 200 contiene un'elevata dose di canapa per kg di prodotto, che genera un rilevante assorbimento di CO<sub>2</sub>, e una bassa dose di calce, che risulta in un basso impatto di CO<sub>2</sub> fossile. Studiando differenti scenari di trasporto della calce per la miscela Natural Beton 200 si evidenzia che, passando da una distanza di 530 km a 40 km, gli impatti di CO<sub>2</sub> fossile si riducono sensibilmente e di conseguenza anche i chilogrammi di CO<sub>2</sub> totale. L'azienda Equilibrium potrebbe migliorare il processo produttivo della miscela cambiando il sito di approvvigionamento della calce in modo da ridurre le distanze.

Categoria d'impatto	Unità	N.B. 200	N.B. 200 alternativo	N.B. 300	Biomattone
Fossile	kg CO <sub>2</sub> -eq	0,25	0,23	0,34	0,29
Biogenica	kg CO <sub>2</sub> -eq	0,01	0,01	0,01	0,01
Cambiamento di uso del suolo	kg CO <sub>2</sub> -eq	0,00	0,00	0,00	0,00
Assorbimento	kg CO <sub>2</sub> -eq	-0,56	-0,56	-0,39	-0,34
CO <sub>2</sub> totale	kg	-0,30	-0,32	-0,04	-0,04

Tabella 1: Emissioni di CO<sub>2</sub>-eq suddivise nelle quattro componenti

#### 3.2. Cumulative Energy Demand

I risultati di Figura 2 mostrano come i contributi di energia fossile varino per i tre prodotti. La differenza è dovuta ai diversi consumi elettrici e al diverso apporto della fase di trasporto e produzione degli ingredienti della miscela. L'elevato valore di energia da biomassa per tutti e tre i prodotti è dovuto alla elevata presenza di canapulo. A parità di peso il quantitativo di calce nella miscela Natural Beton 300 è leggermente superiore al Biomattone per la quantità minore di acqua impiegata. Il maggiore impatto della miscela 2 a 1 è dunque soprattutto legata al trasporto della calce e alla produzione della stessa.

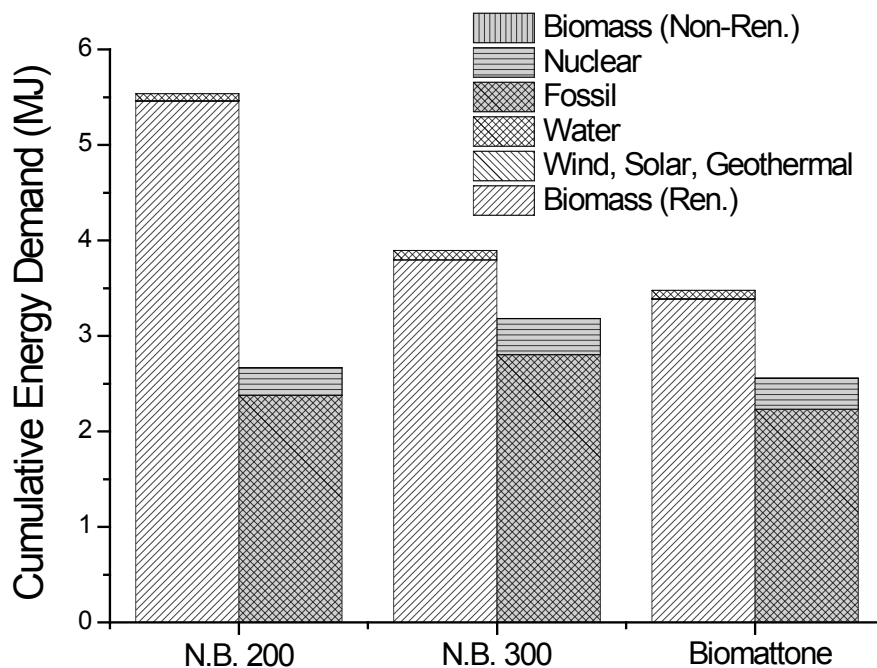


Figura 2: Cumulative Energy Demand dei tre prodotti, per le sei componenti energetiche

### 3.3. Ecological Footprint

L'impronta ecologica (Figura 3) fornisce risultati in linea col GGP. Dalla Figura è evidente che i maggiori contributi sono dovuti al consumo di combustibile fossile. Il consumo di carburante per la fase di trasporto dei materiali ha un peso rilevante.

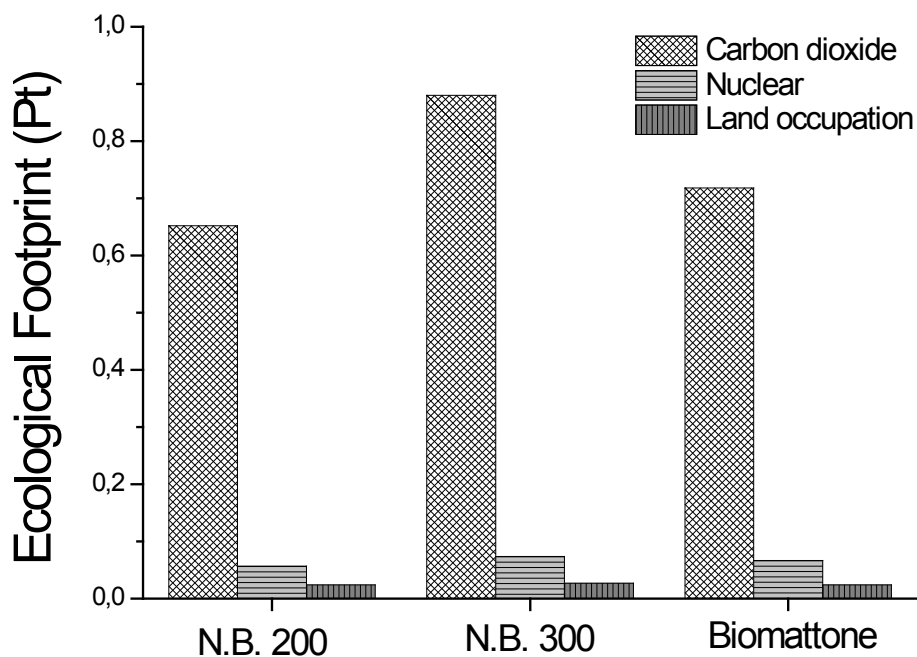


Figura 3: Ecological footprint dei tre prodotti

### 3.4. Ecoindicator 99

I risultati di Figura 4 e Figura 5 confermano quanto già evidenziato dagli indicatori midpoint (GGP, CED e EF): le fasi di produzione e trasporto della calce sono quelle più impattanti tranne che per la miscela Natural Beton 200, per la quale la lavorazione della canapa ha un peso maggiore rispetto alle altre unità di processo. Le lunghe distanze di approvvigionamento della calce penalizzano i prodotti con un maggiore quantitativo in peso di legante.

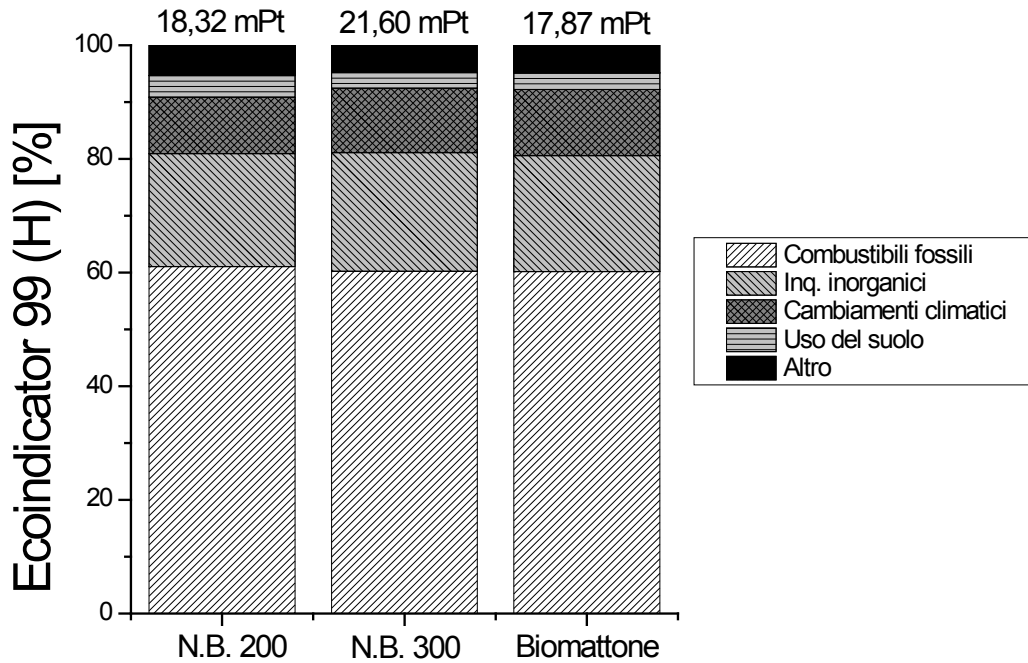


Figura 4 : Punteggio Ecoindicator 99 disaggregato nelle categorie d'impatto

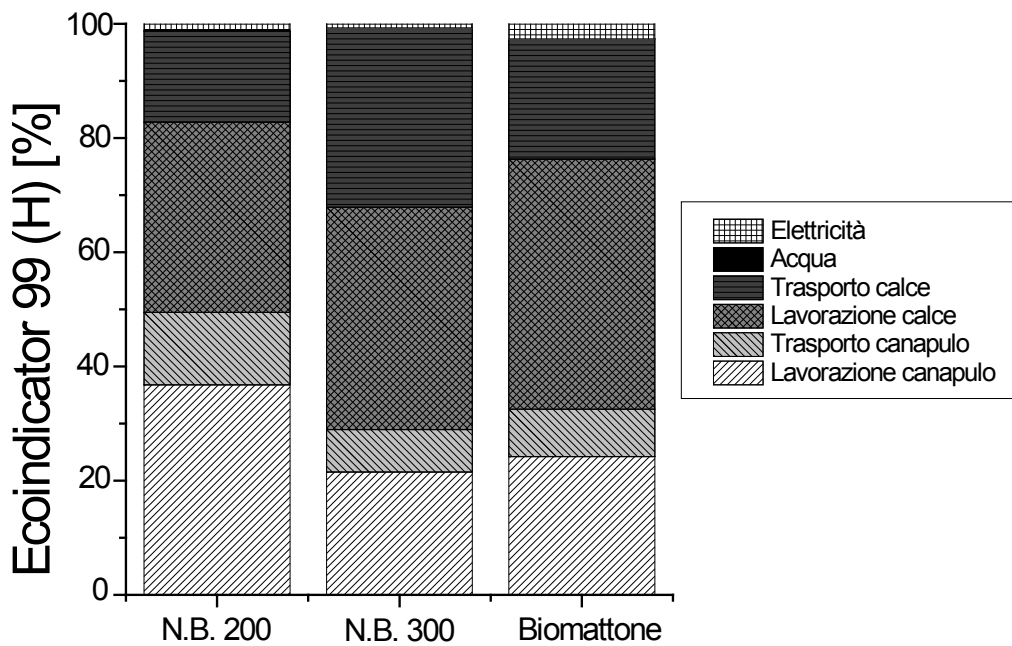


Figura 5: Punteggio Ecoindicator 99 disaggregato per fase di processo

## 4. Conclusioni

L'analisi LCA "dalla culla al cancello" ha permesso di valutare i potenziali impatti ambientali di tre materiali isolanti di origine naturale impiegati in edilizia, composti da calce idraulica naturale e legno di canapa, prodotti dall'azienda italiana Equilibrium. Gli indicatori midpoint utilizzati (GGP, CED, EF) e l'indicatore endpoint (Ecoindicator 99) hanno evidenziato come le fasi di produzione della calce e del canapulo siano i processi più impattanti per tutti e tre i prodotti. Gli impatti derivanti dal trasporto del legante rappresentano inoltre una parte rilevante degli impatti ambientali totali legati all'approvvigionamento delle materie prime impiegate. Uno dei primi accorgimenti che l'azienda produttrice dovrebbe adottare sarebbe quindi quello di cambiare il sito di rifornimento al fine di ridurre le distanze di trasporto.

## 5. Bibliografia

- Bevan, R, Woolley, T, 2008, 'Hemp lime construction – a guide to building with hemp lime composites', Bracknell, UK: IHS BRE Press
- CEN 2012, UNI EN 15804:2012 Sostenibilità delle costruzioni. Dichiarazioni ambientali di prodotto. Regole chiave di sviluppo per categorie di prodotto.
- Equilibrium Srl, Romanò di Inverigo (CO), <http://www.equilibrium-bioedilizia.it>
- García-Casals, X, 2006, 'Analysis of building regulation and certification in Europe: their role, limitations and differences', Energy and Buildings, vol. 38, no. 5, pp. 381-392
- Ip, K, Miller, A, 2012, 'Life cycle greenhouse gas emissions of hemp-lime wall constructions in the UK', Resources, Conservation and Recycling, vol. 69, pp. 1-9
- ISO 2006a, EN ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
- ISO 2006b, EN ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines
- Pré Consultants, 2011, 'SimaPro 7.3.3.', <http://www.pre-sustainability.com>
- Pretot, S, Collet, F, Garnier, C, 2014, 'Life cycle assessment of hemp concrete wall: Impact of thickness and coating', Building and Environment, vol. 72, pp. 223-231
- Zampori, L, Dotelli, G, Vernelli, V, 2013, 'Life cycle assessment of hemp cultivation and use of hemp-based thermal insulator materials in buildings', Environmental Science and Technology, vol. 47, no. 13, pp. 7413-7420
- Zimmermann, M, Althaus, H-J, Haas, A, 2005, 'Benchmarks for sustainable construction. A contribution to develop a standard', Energy and Buildings, vol. 37, no. 11, pp. 1147-1157