POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

L’analisi LCA a supporto della sostenibilità delle imprese: prodotti edilizi in laterizio

Original
L’analisi LCA a supporto della sostenibilità delle imprese: prodotti edilizi in laterizio / Thiebat, F., Carbonaro, C., Deidda, A., Andreotti, J., Faruku, D.. - ELETTRONICO. - (2021), pp. 234-244. (La sostenibilità della LCA tra sfide globali e competitività delle organizzazioni Cortina d'Ampezzo (Italia) 9-11 Dicembre 2020).

Availability:
This version is available at: 11583/2870372 since: 2022-01-14T11:58:36Z

Publisher:
ENEA

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

16 November 2026

ATTI

XIV Convegno della rete Italiana LCA
IX Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA

La sostenibilità della LCA tra sfide globali e competitività delle organizzazioni

Cortina d'Ampezzo
9-11 dicembre 2020

A cura di Erika Mancuso, Sara Corrado, Arianna Dominici Loprieno, Laura Cutaia

1222·2022 800 ANNI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Rete Italiana LCA



Rete Italiana LCA

AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

1222·2022 800 ANNI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

La sostenibilità della LCA tra sfide globali e competitività delle organizzazioni

ATTI
del XIV Convegno della rete Italiana LCA -
IX Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA

Cortina d'Ampezzo
9-11 dicembre 2020

A cura di Erika Mancuso, Sara Corrado, Arianna Dominici Loprieno, Laura Cutaia

La sostenibilità della LCA tra sfide globali e competitività delle organizzazioni

Atti del del XIV Convegno della rete Italiana LCA - IX Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA
Cortina d'Ampezzo 9-11 dicembre 2020

A cura di Erika Mancuso, Sara Corrado, Arianna Dominici Loprieno, Laura Cutaia

ISBN: 978-88-8286-416-3

2021 ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Copertina: Flavio Miglietta
Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - Centro Ricerche Frascati

Comitato Scientifico **5**

Comitato Organizzatore **7**

Programma **8**

SESSIONE I - *Sostenibilità Agroalimentare* **17**

Impronta ambientale delle soluzioni di confezionamento del Grana Padano DOP **18**

Analisi dell'impatto ambientale della produzione di carne bovina in un sistema di allevamento semi-intensivo in Paraguay **27**

Sviluppo di un database italiano di Life Cycle Inventory dei prodotti agroalimentari: la metodologia **37**

Assessment of carbon footprint of Italian red wines **46**

Lo stoccaggio di carbonio organico nei suoli come indicatore addizionale negli studi di Product Environmental Footprint: il modello RothC applicato a un uliveto biologico in Italia **56**

La definizione dei sistemi di prodotto di riferimento negli standard ISO 14000: applicazione nel Passaporto Ambientale per i prodotti agroalimentari della Montagna Vicentina **65**

Impatto ambientale della coltivazione in pieno campo della canapa industriale (Cannabis sativa L.): valutazione di differenti itinerari tecnici **75**

Profili ambientali di prodotti Made in Italy **84**

SESSIONE I – poster **96**

LCA as a tool for measuring Sustainable Development Goals for food and biowaste. A review **97**

Commodity Life Cycle Costing: un nuovo approccio per valutare l'uso delle risorse naturali nel corso del ciclo di vita **114**

LCA approach for the C&D waste management system in different countries of the world **125**

Measuring circularity in the tourism sector: a step forward **134**

Emissioni provenienti dall'allevamento suinicolo: valutazione dell'impatto ambientale considerando l'utilizzo di uno scrubber per il trattamento dell'aria **146**

LCA methodology application to assess the environmental impact of CCS and CCU: a review **155**

An environmental life cycle assessment of paints and varnishes in the Italian production process **165**

SESSIONE II - *Sostenibilità nella Gestione dei Rifiuti* **174**

Influenza della tipologia di sacchetto nella valutazione LCA della filiera di gestione del rifiuto organico **175**

Life Cycle Assessment della pirolisi di biomasse residuali dal settore agro – alimentare **185**

Technical functionality as a basis for developing substitution coefficients in waste management Life Cycle Assessment studies **195**

Environmental impacts evaluation of a ceramic industry processes through integration of Life Cycle Assessment and Risk Assessment **204**

How can Life Cycle Assessment contribute to circular economy transition: hints from sustainability transition research **214**

SESSIONE III - *Sostenibilità in Edilizia* **223**

Life Cycle Assessment e monetizzazione degli impatti come strumenti di supporto alle politiche di circular economy nel settore edilizio **224**

L'analisi LCA a supporto della sostenibilità delle imprese: prodotti edilizi in laterizio **234**

Valutazione dei tempi di ritorno energetici e ambientali e della convenienza economica per la riqualificazione energetica di una scuola **245**

Assessing maritime transport through LCA and LCC: a literature review **256**

Life cycle assessment of AlTiN thin films deposited by magnetron sputtering **266**

LCA di diverse configurazioni realizzative per un impianto fotovoltaico piano con moduli ad eterogiunzione **275**

SESSIONE IV - *Sostenibilità Circolare* **285**

Sviluppo della prima RCP nell'ambito dello schema "Made Green in Italy" **286**

LCA-based material selection in the early stages of design: environmental benefits, tools, obstacles and opportunities **296**

The new Guidelines for Social Life Cycle Assessment of products and related pilot phase: challenges and successes **306**

Towards an LCA-based market incentive mechanism regulated through blockchain for carbon emissions reduction **313**

Carbon footprint di uno stand espositivo **323**

Valutazione preliminare in ottica di ciclo di vita della fattibilità di una filiera italiana del riciclaggio delle batterie elettriche per autotrazione **333**

SESSIONE II - poster **342**

Approcci LCA per la verifica di Tecnologie Reversibili per il riuso, la rigenerazione e il riciclo **343**

Analisi di esperienze applicative LCA di edificio: differenze, complementarità, sinergie **353**

A green chemistry case study: sensor-based methods for bioactive compounds determination in food **363**

Circolarità e sostenibilità nella digestione anaerobica **372**

Comparative LCA of fossil fuels and biofuels use for transportation – A literature review **381**

Life cycle inventories for modelling the production of battery electric vehicles in the European life cycle assessment studies **392**

Do PCRs and EPDs need to be improved? Critical issues to EPD system with a focus on the construction sector **402**

SESSIONE III – poster **411**

Social Organizational Life Cycle Assessment (SO-LCA): un caso studio focalizzato sulla comunità locale **412**

Analisi di letteratura e aspetti metodologici per LCA di batterie stazionarie **419**

Long-term prospective LCA of emerging photovoltaics **429**

Dalla PCR alla EPD: il percorso di sostenibilità dell'attività estrattiva del calcare micronizzato di Gola della Rossa Mineraria (Ancona) 437

L'utilizzo del Life Cycle Assessment nel settore della ristorazione. Una revisione sistematica della letteratura 446

Carbon footprint implications of using seawater and marine aggregates in concrete 459

Analisi del ciclo di vita del kWh Italiano 468

Evidences of human health damage mitigation associated with the Italian lockdown due to COVID-19 through the lens of energy metabolism assessment 479

Banca dati Italiana LCA: creazione di dataset sul mix elettrico nazionale 493

Performing a fast and effective Global Sensitivity Analysis using Python: a simplified example applied to the LCA of Italian electricity generation scenarios 503

Modeling combined heat and power plants in Life Cycle Assessment: a comparison among different approaches to deal with multifunctionality 515

PREMIO GIOVANI RICERCATORI 527

Temporal variability and Battery Electric Vehicles influence on LCA impacts of marginal electricity consumption in Italy 528

LCA- and LCC-based Solar Home Systems ecodesign 538

L’analisi LCA a supporto della sostenibilità delle imprese: prodotti edilizi in laterizio

Francesca Thiebat[1], Corrado Carbonaro[1], Andrea Deidda[1], Jacopo Andreotti[1], Denis Faruku[1]

Politecnico di Torino, Dipartimento di Architettura e Design

Email: *francesca.thiebat@polito.it*

Abstract

Capacità di innovare e prodotti ad alta sostenibilità ambientale saranno fondamentali per superare le difficoltà che stanno interessando il settore delle costruzioni negli ultimi anni.

Lo studio presentato in questo articolo rappresenta un esempio di come il Life Cycle Assessment costituisca uno strumento essenziale a supporto della valorizzazione delle risorse e delle filiere locali nel campo dell’edilizia sostenibile.

L’analisi condotta su alcuni prodotti edilizi in laterizio, ha portato a risultati interessanti sullo stato attuale: le aziende stanno infatti acquisendo una maggiore consapevolezza sia per quanto riguarda il miglioramento della filiera produttiva sia per quanto riguarda l’implementazione della competitività e la comunicazione degli aspetti ambientali rivolti all’utente finale.

1. Introduzione

In un clima di crisi del settore delle costruzioni, che prima della pandemia di COVID-19 2019-20 sembrava essere finalmente in ripresa, ma che inevitabilmente registrerà una battuta di arresto, sarà fondamentale la capacità di innovazione coerente con un mercato che privilegia la riqualificazione edilizia e i materiali ad elevata sostenibilità energetica e ambientale. La possibilità di mettere a confronto le performance ambientali dei prototipi e dei nuovi prodotti con un mercato competitivo e cangiante, attraverso l’uso del metodo *Life Cycle Assessment*, può rappresentare una strategia utile per individuare le strade da intraprendere per lo sviluppo industriale futuro.
Oggi la comunicazione di un prodotto deve evidenziare che l’azienda produce in un’ottica eco-friendly. Sistemi di certificazione ambientale di processo (es. EMAS) o di prodotto (Environmental Product Declaration) garantiscono, attraverso enti terzi, il risultato ambientale dichiarato.
Anche l’ambito della progettazione e della costruzione, oltre ad implementare strategie di marketing e d’impresa, deve rispondere ai requisiti cogenti previsti da leggi e decreti nazionali in recepimento di direttive europee, il cui obiettivo è massimizzare i risparmi energetici in fase d’uso, riducendo al contempo l’impatto ambientale, nell’intero ciclo di vita, di materiali e componenti. Nel documento “Verso un modello di economia circolare per l’Italia” del Ministero dell’Ambiente (Min. Amb., 2017), si evidenzia il ruolo strategico che riveste il settore dell’edilizia nello sviluppo di un’economia circolare, in cui l’uso efficiente e sostenibile delle

risorse e la valorizzazione dei rifiuti diventano il cardine per un modello di sviluppo non solo più economico, ma anche ambientale e sociale. Con la legge 221/2015 sono stati introdotti i requisiti ambientali minimi (CAM) che ogni stazione appaltante deve rispettare nell'acquisto di beni e servizi. Secondo i CAM è necessario che per un appalto pubblico siano premiati quei prodotti o servizi caratterizzati da materiali riciclati certificati e apparecchi ad alta efficienza e a basso consumo di energia. Le difficoltà di approccio a una tale rivoluzione procedurale si concentrano nelle elevate competenze richieste necessarie alla comprensione di temi ambientali non sempre di dominio diffuso tra gli operatori dei settori coinvolti. Soprattutto per il settore del laterizio, come rilevano Bribián et al. (2011), Murmu e Patel (2018) appare necessario innescare processi di innovazione in un'ottica di riduzione degli impatti nel ciclo di vita e di sostenibilità ambientale. Lo studio presentato in questo articolo rappresenta un esempio emblematico di come il *Life Cycle Assessment* costituisca uno strumento essenziale a supporto della valorizzazione delle risorse e delle filiere locali nel campo dell'edilizia sostenibile. La tracciabilità delle materie prime e dei prodotti diventa infatti un atto ineludibile in uno scenario sempre più orientato verso la riduzione dell'impatto ambientale dei prodotti e, in generale, verso l'abbattimento dell'impronta ecologica delle costruzioni. In questo contesto, lo studio riporta l'analisi LCA condotta su elementi di laterizio prodotti da alcune fornaci site nel territorio piemontese, inserite all'interno del progetto "ECO-BATI" e in seno al proposito della comunità a scala regionale piemontese di sfruttare l'innovazione ambientale del prodotto edilizio per rilanciare il comparto del settore delle costruzioni attraverso:

- la disseminazione delle imprese e dei prodotti locali certificati;
- il supporto alle aziende locali virtuose e innovatrici attraverso un sistema di incentivi;
- l'educazione da parte di scuole professionali e università alla diffusione delle competenze per la progettazione e esecuzione ambientalmente sostenibile;
- individuazione di istituzioni pubbliche e private per il sostegno di azioni ecosostenibili da parte del settore delle costruzioni.

In questo senso lo studio condotto è testimonianza di una comunità che condivide le norme sempre più restrittive in materia ambientale all'interno di un mercato assai competitivo, spingendo le aziende a ripensare e ottimizzare le filiere produttive dei loro prodotti attraverso metodi progettuali, analitici e di certificazione basati sull'LCA.

2. Valutazione ambientale di prodotti in laterizio per l'edilizia

L'obiettivo dello studio è la valutazione degli impatti energetici e ambientali relativi alla produzione di laterizio di tre aziende piemontesi con lo scopo di proporre sul mercato prodotti ad elevata tracciabilità ed eco-sostenibili.
L'analisi è strettamente legata alla messa a punto di Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (DAP-EPD), confrontabili e utilizzabili nel mercato dei materiali ecosostenibili. A tal fine, lo studio, oltre a fare riferimento alle norme 14040-44 sulla valutazione del ciclo di vita, si basa sulle regole quadro di sviluppo per

categoria di prodotto e specifiche del settore edilizio (ISO 21930; EN 15804:2019; PCR 2012:01; PCR 2012:01-SUB-PCR-D).

a. Unità funzionale, confini del sistema e metodologia

Le fornaci analizzate producono, a partire dalle stesse materie prime, diverse tipologie di elementi per l'edilizia come, ad esempio, blocchi e tavelle per muratura o blocchi per solaio. In accordo con le finalità delle aziende coinvolte, si è scelto di effettuare un'analisi sulla produzione media annuale dei prodotti includendo i processi "dalla culla al cancello" elencati in figura 1. L'unità funzionale scelta, in accordo con la PCR 2012:01-SUB-PCR-D, è 1 tonnellata di elementi in laterizio imballati e pronti per la distribuzione.

UPSTREAM	CORE PROCESSES	
A1 - RAW MATERIAL	A2 - TRANSPORT	A3 - MANUFACTURING
Estrazione materie prime (argilla, marna) compreso ripristino delle cave a fine vita	Trasporto materie prime, materiali da siti di estrazione o fornitori al sito di produzione	Pre-lavorazione miscela a base di argilla
Produzione e reperimento degli additivi (chimici, vegetali, co-prodotti, scarti)		Trasporto e stoccaggio della miscela nei silos
Produzione energia da fonti primarie (elettricità, calore e aria calda, gasolio)		Preparazione impasto, estrusione e taglio
		Essiccazione degli elementi in laterizio
		Cottura dei laterizi
		Imballaggio, stoccaggio elementi in laterizio
		Fasi di movimentazione tra processi produttivi

Processi esclusi dai confini del sistema: costruzione della fornace, degli uffici e le infrastrutture; produzione macchinari; manutenzione e produzione di pezzi di ricambio; attività del personale. Viene inoltre escluso il trasporto dei rifiuti prodotti da imballaggio dall'azienda dalla discarica.

Figura 1: Processi analizzati suddivisi nei tre macro-moduli A1, A2 e A3 in accordo con la PCR 2012:01

I confini del sistema, così come previsto dalla PCR 2012:01, comprendono tre macro-moduli (fig. 1): *Upstream module*, che contiene i processi a "monte" rispetto alla manifattura del prodotto; *Core module*, che contiene i processi "centrali" dell'azienda che avvengono all'interno dei confini aziendali; *Downstream module*, che contiene i processi a valle della produzione dal momento in cui il prodotto esce dal cancello dell'azienda.

I dati relativi alla produzione del laterizio, riferiti all'anno di produzione 2018, sono stati prevalentemente forniti dai produttori attraverso questionari ed elaborati successivamente dal gruppo di ricerca Tecnologia e Ambiente (TeAM) del Politecnico di Torino, attraverso il programma di calcolo SimaPro 8.2.3.0. Ove non disponibili dati primari, sono stati integrati dati secondari tratti dalla banca dati Ecoinvent (v.2.2 e v.3.0) specifici dell'ambito geografico italiano o europeo.

b. Analisi di inventario

La maggior parte delle materie prime utilizzate per la produzione dei laterizi sono estratte da cave di proprietà delle aziende per le quali lo studio include informazioni relative a durata e interventi di ripristino. I data-set relativi alla produzione degli additivi, invece, sono tratti dalla banca dati Ecoinvent o da fonti scientifiche (ad esempio: report di ricerca; Blengini e Busto 2009).

L’energia elettrica usata nel processo produttivo, prodotta *in situ* da fotovoltaico e prelevata dalla rete, è stata calcolata secondo i dati forniti dalle tre fornaci. Solo una delle tre integra la produzione *on site* da impianto di cogenerazione a metano.

Per i trasporti sono stati utilizzati i data-set corrispondenti, per caratteristiche e distanze percorse, ai veicoli utilizzati nel processo produttivo.

I dati di inventario sono stati elaborati secondo il flow chart rappresentato in figura 2.

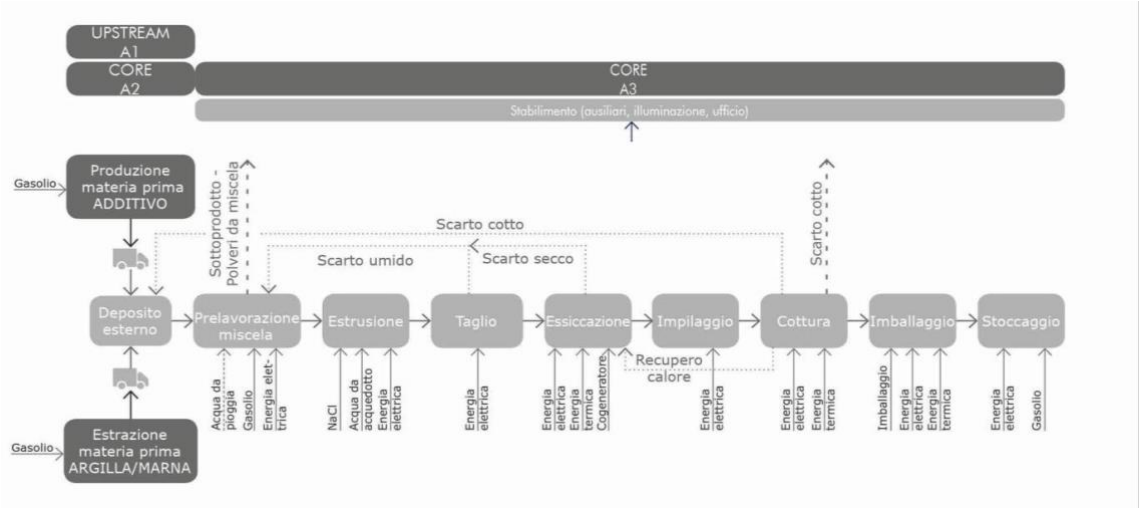


Figura 2: Flow chart riassuntivo del processo produttivo delle tre fornaci

c. Analisi degli impatti ed interpretazione dei risultati

Rimanendo in linea con le analisi ambientali svolte su prodotti edilizi nell’ambito delle certificazioni ambientali di prodotto, i metodi scelti per la classificazione e caratterizzazione dei dati di inventario sono:

- CED v1.06: utilizzato per il calcolo della Cumulative Energy Demand. I principali flussi di risorse energetiche primarie e derivate utilizzate nella produzione del materiale sono stati convertiti in fabbisogno di energia primaria di produzione. Metodo sviluppato da Baustead & Hancock nel 1979.
  Il fattore di caratterizzazione generale è il potere calorifico superiore.
- EPD v1.01: metodo utilizzato per la creazione di certificazioni ambientali di prodotto. Tutte le categorie di impatti contenute in questo metodo di caratterizzazione sono prese direttamente dal metodo CML-IA baseline.
  Le principali categorie considerate fanno riferimento al consumo di risorse e di energia (biotiche e abiotiche) e all’inquinamento potenziale (riscaldamento globale, assottigliamento dello strato di ozono, tossicità umana, ecotossicità delle acque dolci e marine, formazione di smog fotochimico, acidificazione, eutrofizzazione).

L’analisi degli impatti è stata condotta inizialmente per quantificare e valutare il contenuto di risorse rinnovabili e non rinnovabili per la produzione di 1 tonnellata di laterizio.

In generale, osservando la figura 3 si può evidenziare che in tutte le aziende l’uso di risorse energetiche non rinnovabili, CED RNR (rispettivamente 2714,70 MJeq/ 2493,19 MJeq/ 1830 MJeq) è ampiamente superiore all’uso di risorse rinnovabili, CED RR (rispettivamente 134,4 MJeq/ 191,2 MJeq/ 171 MJeq).

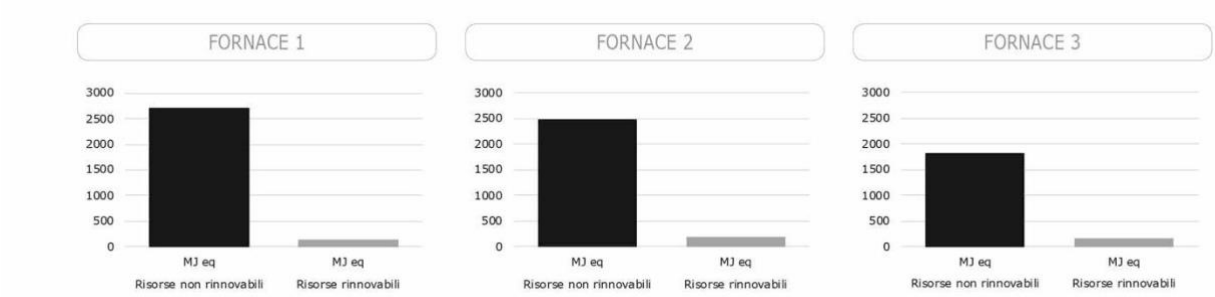


Figura 3: Uso di risorse energetiche per la produzione di 1 t di laterizio delle tre fornaci. Suddivisione tra risorse non rinnovabili e risorse rinnovabili. Elaborazione con metodo CED v1.06

Suddividendo ulteriormente il processo produttivo (fig. 4), si evidenzia che, per le fornaci 1 e 2, i processi ad impatto maggiore sono quelli relativi all’estrazione e lavorazione delle materie prime a causa della presenza di additivi di origine chimica. Mentre per la fornace 3, che utilizza un additivo di origine naturale, gli impatti ambientali sono imputabili quasi esclusivamente al processo produttivo.

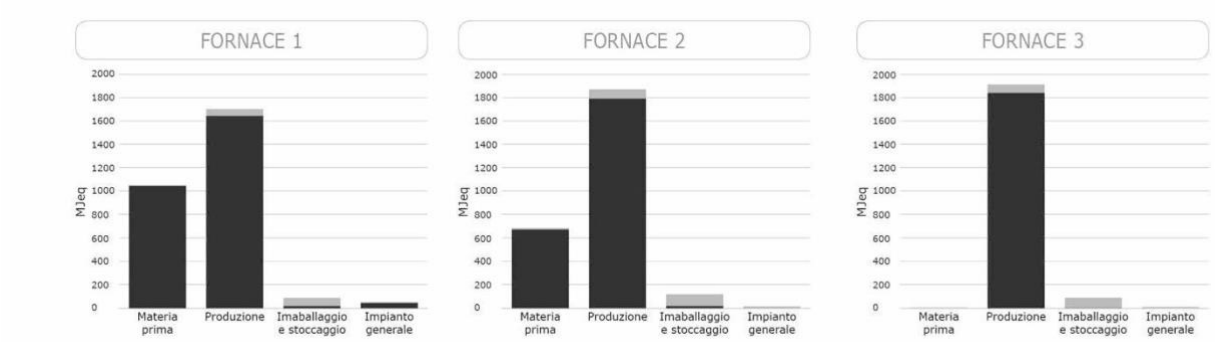


Figura 4: Uso di risorse energetiche per la produzione di 1 t di laterizio delle tre fornaci.

Suddivisione tra macro processi produttivi.

Una seconda valutazione è stata eseguita con il metodo EPD. La figura 5 mostra i principali impatti potenziali considerati: acidificazione (AP), eutrofizzazione (EP), riscaldamento globale (GWP), formazione di smog fotochimico (POCP).

Analizzando i valori percentuali di tali indicatori di impatto, si può affermare che per tutte e tre le aziende, la fase di produzione ha maggiore incidenza alle altre.

Si evidenzia, inoltre, come già analizzato per l'indicatore CED e illustrato nella figura 4, che la presenza di additivi chimici incide in modo significativo su tutti gli indicatori di impatto. Infatti, osservando i valori complessivi di ciascun indicatore riportati nella figura 5, emerge come la fornace 3 che non utilizza additivi chimici presenti valori inferiori alle altre due (ad esempio, valori di un decimo per l'indicatore POCP o di quasi il 50% per il GWP).

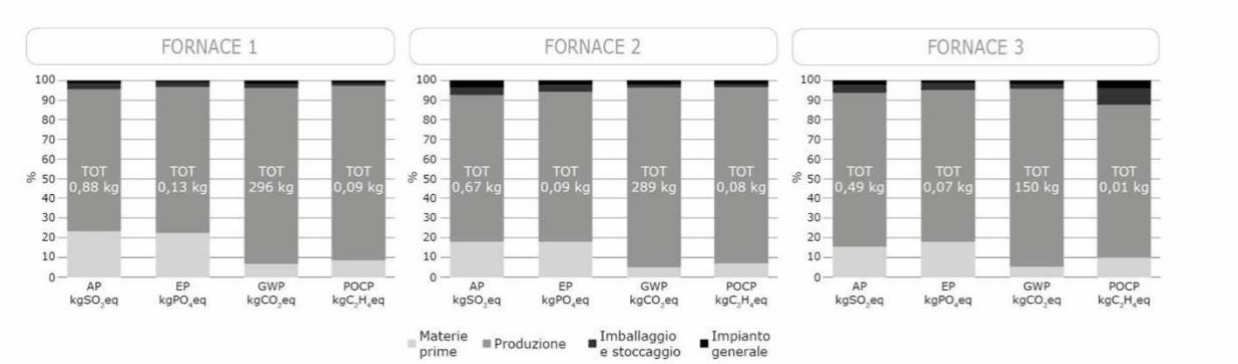


Figura 5: Analisi di impatto ambientale per la produzione di 1 t di laterizio delle tre fornaci.

Elaborazione dati con metodo EPD v1.01 (CML baseline).

La fase di interpretazione dei risultati è stata condotta attraverso due verifiche.
La prima, finalizzata alla comparazione con altri prodotti uguali o simili per funzione presenti sul mercato, si basa sul confronto tra i risultati ottenuti e valori di impatto ambientale ricavati da EPD di altri prodotti (fig. 6). Dal confronto si evince che i risultati si collocano intorno alla media europea, sia per quanto riguarda prodotti in laterizio, sia per quanto riguarda prodotti con simile funzione composti da differenti materie prime.

	LATERIZIO					MATERIALI COMPARABILI		
	MEDIA FORNACI	FORNACE DESSON	HELUZ	RANDERS TEGL (grey)	RANDERS TEGL (red)	CLS cellulare XELLA ITALIA	CLS prefabbricato CBA	CLS prefabbricato Enviroblock
	IT	IT	CZ	DK	DK	IT	UK	UK
Non rinnovabili MJeq	2,27	1,21	2,88	3,18	4,13	6,58	0,06	0,16
Rinnovabili MJeq	0,15	0,00	4,42	0,35	0,31	0,38	0,59	0,041
GWP $kgCO_2eq$	2,22E-01	1,66E-01	2,83E-01	2,43E-01	3,14E-01	3,39E-01	9,12E-02	3,86E-02

Figura 6: Confronto tra valori ottenuti e valori di altri prodotti tratti da EPD in corso di validità

La seconda verifica, riportata nel paragrafo seguente, è invece orientata alla potenziale ottimizzazione della filiera produttiva attraverso l'elaborazione di alcuni scenari di miglioramento che prendono in considerazione le fasi di maggior impatto.

3. Scenari per il miglioramento della filiera

Al fine di valutare una possibile riduzione dell'impatto del processo produttivo di una tonnellata di laterizio sono state eseguite alcune simulazioni su software partendo dalle fasi di maggiore rilevanza (osservando la fig. 7: materie prime, essiccazione e cottura) e ipotizzando diversi scenari caratterizzati dalle seguenti variabili:

- Materie prime (additivi)
- Elettricità
- Calore

Gli indicatori di impatto ambientale considerati negli scenari sono: il contenuto di energia primaria rinnovabile e non rinnovabile (CED RR-RNR) e la quantità di CO_2 equivalente emessa potenzialmente in atmosfera (GWP).
I valori riportati nel presente paragrafo rappresentano i dati medi tra le aziende analizzate.
Ogni scenario si basa sull'ottimizzazione di una delle tre variabili sopracitate (materie prime, elettricità e calore).

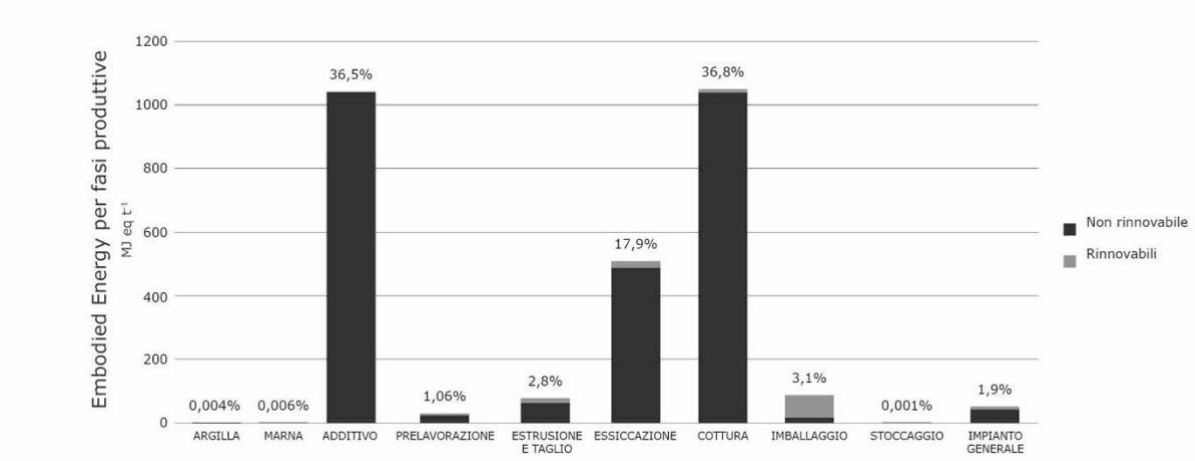


Figura 7: Analisi degli impatti energetici suddivisi per ciascun processo unitario della filiera, per la scelta delle variabili nella fase di analisi degli scenari di miglioramento

a. Materie prime: additivo

Come si evince dai risultati dell'analisi LCA illustrati nel paragrafo 2, la sostituzione dell'additivo di origine chimica con uno di origine naturale potrebbe ridurre l'impatto associato alla fase di estrazione delle materie prime (cfr. fig. 4). Si ipotizza quindi, sulla base della media dei valori ottenuti dalle due fornaci che utilizzano l'additivo chimico, di variare la quantità di additivi di origine chimica ad elevato impatto ambientale presenti nell'impasto, di un valore di ± 10 %. Una limitata riduzione di tali sostanze permetterebbe di non alterare le quantità di materia prima argilla e marna, e garantirebbe le proprietà meccaniche e termo-acustiche del prodotto finale. Una variazione maggiore richiederebbe invece specifici studi sperimentali.

Poiché l'additivo, soprattutto quello di origine chimica, partecipa alla fase di cottura, fornendo una quota di calore in fase di combustione, lo scenario ipotizzato non tiene in considerazione solo la modifica delle materie prime nell'impasto, ma anche la quantità di metano necessaria: si aggiungerà una quota di metano pari a quella necessaria ad eguagliare il calore prodotto dalla combustione dell'additivo in relazione ai rispettivi poteri calorifici inferiori (PCI). Al contrario la quota di metano sarà ridotta nel caso in cui la quantità di additivo di natura chimica sarà superiore a quella correntemente utilizzata.

Riducendo del 10% il contenuto di additivo di natura chimica nell'impasto si determina rispettivamente:

1. Una diminuzione dell'1% del contenuto di energia primaria totale (rinnovabili e non rinnovabili) sull'intero ciclo produttivo del laterizio (A1+A2+A3) rispetto ai valori di CED calcolati nello studio;
2. una proporzione diretta pari a 10 a 1 tra la quantità di additivo utilizzato e la diminuzione del valore di CED del processo produttivo.
3. un abbassamento del consumo di risorse energetiche del 3% della per la fase A1 – Raw Material in relazione al totale degli impatti del prodotto finito.
4. Un incremento di gas metano in fase di cottura del 7%, che tuttavia, come detto, determina l'1% in più del valore di CED.

Nel caso dell'aumento del 10% del contenuto di additivo chimico nell'impasto, si riscontrano valori identici a quelli riferiti alla riduzione del 10%, ma con direzioni opposte (ad esempio l'aumento del 10% di additivo produce un incremento dell'1% del valore di CED).
La proporzionalità diretta riscontrata per l'indicatore CED produce risultati analoghi per il GWP: l'aumento o la diminuzione del 10% dell'additivo chimico produce rispettivamente un aumento o una diminuzione dell'1% dell'impatto ambientale in termine di CO2 equivalente.

b. Approvvigionamento energetico: elettricità

Tutte le fornaci oggetto di studio utilizzano energia elettrica per il funzionamento dei processi produttivi, per i quali sono previste tre principali fonti di approvvigionamento: la rete elettrica nazionale, il fotovoltaico e la cogenerazione.
Il 7 % degli impatti di CED (rinnovabile e non rinnovabile) è determinato dall'uso di energia elettrica, la quale incide inoltre per l'11% sull'indicatore GWP.
Nello scenario adottato, in tale fase di studio, si ipotizza che tutta l'energia elettrica utilizzata provenga da fonti rinnovabili andando a potenziare i sistemi fotovoltaici già in possesso delle aziende. Osservando l'indicatore CED, la sostituzione dell'impianto porterebbe all'aumento della quota di risorse rinnovabili (da 152 MJeq a 273 MJeq) e una diminuzione di quella relativa alle risorse non rinnovabili del 9% (da 2272,5 MJeq a 2067 MJeq).
Per quanto riguarda la categoria di impatto GWP, con la sostituzione dell'impianto si può ottenere una diminuzione del 12% di CO_2eq potenzialmente emessa in atmosfera in tutta la fase produttiva del laterizio.

c. Approvvigionamento energetico: calore da metano

Dai risultati dell'analisi di impatto si evince che una variazione del sistema di produzione del calore, in cui la fonte energetica del metano venga sostituita con la biomassa legnosa, porterebbe ad una riduzione complessiva degli impatti.

Per la sostituzione del metano con la biomassa è stata considerata solo la fase di essiccazione: per tale processo, infatti, non vi è necessità di fiamma diretta, ma di aria riscaldata e per questo i bruciatori potrebbero essere sostituiti con una caldaia a biomassa. Per la fase di cottura invece, essendo necessaria fiamma diretta, non sarebbe plausibile immaginare la sostituzione dei bruciatori a metano utilizzati correntemente dalle tre fornaci.

Il risultato dell'analisi di scenario determina la riduzione del contenuto di energia primaria non rinnovabile (CED RNR) del 20%, con conseguente aumento dell'energia rinnovabile (CED RR), mentre il suo valore complessivo, per l'intera fase di produzione, diminuisce del 4% sul totale di CED (rinnovabile e non rinnovabile).

L'indicatore di impatto GWP, relativo alla CO_2eq emessa, si riduce del 12% rispetto al totale della fase di produzione.

Per questo scenario, un ulteriore necessario approfondimento verrà svolto riguardo gli indicatori l'eutrofizzazione e l'acidificazione, che in molti casi sono soggetti a sensibile variazione in caso di utilizzo di biomassa per la produzione di calore.

4. Conclusioni e prospettive future

Lo studio condotto ci mostra le prestazioni di tre fornaci, la cui produzione media ha costi ambientali in linea con prodotti analoghi certificati nazionali e internazionali. Il confronto tra i loro processi produttivi, mette in luce la convenienza ambientale del processo con additivi naturali. Nell'analisi però non si tiene conto delle performance tecnologiche meccaniche e termiche dei laterizi, che nella fase d'uso potrebbero beneficiare della presenza degli additivi chimici generando prestazioni migliori. Ci si propone infatti di estendere lo studio anche alla fase d'uso in modo da mettere a confronto componenti in laterizio con dimensioni, funzioni e prestazioni comparabili.
L'analisi degli scenari di miglioramento delle fornaci 1 e 2 evidenzia come la variazione dell'ordine del 10% degli additivi chimici nella miscela non produca effetti consistenti sugli impatti ambientali in termini di CED o GWP, ma potrebbe causare significative ricadute in termini economici, visto il basso costo degli additivi rispetto al costo del metano da utilizzare in fase di cottura. Certamente la massimizzazione delle fonti rinnovabili (fotovoltaico e biomassa) determinerebbe un miglioramento evidente dell'impatto ambientale (-29% di uso di risorse non rinnovabili se si adottassero entrambe le misure), ma con costi di trasformazione d'impianto di consistente entità. È da considerare, però, che gli incentivi messi a disposizione del governo italiano per l'uso di fonti rinnovabili, parteciperebbero sensibilmente alla riduzione dei costi, migliorando il rapporto costi-benefici.
Oggi le norme comunitarie e italiane, il mercato europeo e la ricerca si stanno progressivamente allineando ai principi della circolarità delle risorse e della

sostenibilità sull'intero ciclo di vita. Il mercato dei laterizi può quindi rilanciarsi attraverso un processo d'innovazione che riduca i costi ambientali di produzione, ingegnerizzi sistemi costruttivi ad elevata efficienza con l'uso di materiali a basso impatto ambientale, orientandosi su componenti disassemblabili e riciclabili nella fase di fine vita. Tale processo di sviluppo industriale non potrà che avvenire, come per il caso del progetto Eco-Bati, in sinergia con le istituzioni e gli enti di ricerca, che possono dare il supporto economico, giuridico e scientifico necessario ad un'efficace e diffusa innovazione di settore.

Acknowledgement

Si ringrazia la Scuola Edile di Cuneo che ha finanziato lo studio e ha coordinato le tre aziende che hanno fornito i dati per le analisi LCA: Fornace Laterizi Carena srl; Fornace Laterizi Garelli&Viglietti srl; Vincenzo Pilone srl.

Bibliografia

Blengini, G.A. ,Busto, M., 2009. The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems in Vercelli (Italy). Journal of Environmental Management 90. 1512–1522

Bribián, I.Z., Capilla, A.V., Usón, A.A., 2011. "Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential". Building and Environment Volume 46, Issue 5, pp. 1133-1140

ECO-BATI progetto Alcotra Italia-Francia Interreg V A, 2014-2020 (http://www.interreg-alcotra.eu/it/decouvrir-alcotra/les-projets-finances/eco-bati).

Gargari, C., Hamans, C., Torricelli, M. C., 2013. "L'impegno dell'industria delle costruzioni per promuovere la sostenibilità dei prodotti: un approccio comune europeo per le prestazioni ambientali di prodotto", Techne, No. 05, pp. 101-109.

ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works – Core rules for environmental product declarations of construction products and services.

L. 221/2015. "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali".

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e Ministero dello Sviluppo Economico, 2017. "Verso un modello di economia circolare per l'Italia, documento di inquadramento e di posizionamento strategico". Plan.ed srl – Roma

Murmu, A.L., Patel, A., 2018. "Towards sustainable bricks production: An overview", Construction and Building Materials. Volume 165, pp. 112-125

PCR 2012-01-SUB-PCR-D Bricks, blocks, tiles, flagstone of clay and siliceous earths (construction product).

PCR 2012:01 Construction products and construction services (combined PCR & PCR Basic Module).

UNI EN15804:2019 Sostenibilità delle costruzioni – Dichiarazioni ambientali di prodotto – Regole quadro di sviluppo per categoria di prodotto.