

Life Cycle Assessment Applications To Construction Sector

Clara Vite^{a*}

^a Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Scuola Politecnica, Università di Genova, Stradone S. Agostino 37, Genova, 16123, Italia

Highlights

Life Cycle Assessment Application to Construction Sector.

The present work is developed in steps in order to investigate the Life Cycle Analysis and to test its application at different levels: products, building elements and new or existing buildings.

The research is done in several years and it gives an overview of its feasible application in the construction industry, debunking the myth, "natural is sustainable", and providing some suggestions to make choices with less environmental impacts.

Abstract

The Life Cycle Analysis (LCA) is a method developed to assess environmental impacts associated with all the stages of a product's life "from cradle to grave" (from raw material extraction, materials processing, production, transport, use, maintenance until end of life). The LCA has been developed for the industry but can also be applied to construction sector. The research was developed in several stages in order to know the Life Cycle Analysis and to test its application at different levels in the construction sector: products, building elements and new or existing buildings.

Keywords

Sustainability, Life Cycle Assessment (LCA), Sustainable Performances, Optimization, Construction Sector

1. INTRODUZIONE

La consapevolezza della convenienza di riqualificare l'elevato numero di edifici esistenti è stata diffusa e incoraggiata dalla missione della Comunità Europea di "costruire sul costruito" e dall'obiettivo che ci è stato posto di convertire gli edifici esistenti in "edifici a consumo quasi zero", presentato nella direttiva europea 2010/31/EU.

Generalmente, le scelte relative alle soluzioni tecnologiche in una nuova costruzione o in un progetto di riqualificazione sono fatte considerando differenti punti di vista (risparmio energetico, tempo di ritorno dell'investimento, incremento del comfort abitativo, ...), ma i costi dovuti agli impatti ambientali non sono tenuti in considerazione nel *budget* finale. L'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Analysis – LCA*) è un approccio che permette di valutare gli impatti ambientali per ciascuna fase del ciclo di vita di un prodotto o processo studiato.

2. STATO DELL'ARTE

L'analisi del ciclo di vita è una metodologia sviluppata per il settore industriale al fine di valutare gli impatti ambientali associati a ciascuna fase della vita di un prodotto, "dalla culla alla tomba" (dall'estrazione delle materie prime, lavorazione delle materie prime, produzione, trasporto e distribuzione del prodotto, uso,

* Corresponding author. Tel.: +39-010-20-95-18-16; e-mail: clara.vite@arch.unige.it

manutenzione sino al fine vita). Le norme ISO 14040 [1] e ISO 14044 [2] definiscono i principi e le linee guida per l'applicazione della metodologia e i passaggi fondamentali sono:

- Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione (*Goal and Scope Definition*);
- Analisi di inventario del ciclo di vita (*Life Cycle Inventory Analysis*);
- Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (*Life Cycle Impact Assessment*);
- Interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*).

Questa metodologia è versatile poiché permette di studiare un processo, un prodotto o un'attività pertanto può anche essere applicata al settore delle costruzioni, tenendo in considerazione le peculiarità di questo ambito. Ad esempio, la lavorazione delle materie prime per ottenere i prodotti è simile a quella del settore industriale ma l'assemblaggio di essi al fine di realizzare un edificio o un elemento costruttivo avviene in cantiere, un luogo in cui è difficile controllare ogni input/output e raccogliere i dati necessari per un'analisi LCA. Un'altra peculiarità del settore delle costruzioni è l'unicità dei suoi "prodotti", gli edifici, questo complica la realizzazione di uno studio LCA e la comparazione dei risultati ottenuti con altri casi studio [3].

L'analisi del ciclo di vita è una metodologia che può essere applicata principalmente con due finalità. La prima è quella di confrontare diversi scenari, materiali o elementi costruttivi da impiegare al fine di ottimizzare la convenienza di un progetto in termini di impatti ambientali globali. La seconda è quella di analizzare gli impatti dovuti a ciascuna fase dell'intero ciclo di vita con lo scopo di individuare le opportunità di miglioramento delle prestazioni ambientali dell'oggetto studiato [4].

Allo stato attuale questa metodologia presenta diversi limiti, tra i quali i dati e la poca fruibilità della metodologia. La maggior parte dei dati impiegati non sono dati raccolti sul campo ma sono dati secondari che provengono da *database* contenenti dati medi nazionali o internazionali. Un altro limite è la necessità di un tecnico esperto che esegua lo studio a causa della sua complessità della metodologia e della valutazione dei risultati ottenuti.

L'analisi del ciclo di vita non consente però di avere una visione globale della sostenibilità del sistema studiato poiché non valuta la relazione dell'edificio con il sito in cui sarà o è già stato costruito, la prossimità con i servizi, la permeabilità del suolo, etc. Per questi aspetti esistono metodologie appropriati che andrebbero integrate con uno studio LCA, quali i sistemi a punteggio (LEED, BREEAM, ...) [5].

3. METODOLOGIA

Il presente lavoro di ricerca è stato sviluppato in diverse fasi al fine di analizzare la metodologia LCA e testare la sua possibile applicazione nel settore delle costruzioni a differenti livelli.

La ricerca è stata sviluppata con l'ausilio del software SimaPro 7.2 [6] e i dati utilizzati provengono dai *database* inclusi nel software, Ecoinvent e ELCD. L'analisi degli impatti è stata fatta utilizzando i metodi di valutazione Eco-Indicator 99 (H) e EPS 2000 considerando per ciascuno tutte le categorie di impatto.

In particolare, le analisi svolte e sintetizzate nei paragrafi seguenti sono state ai seguenti livelli: prodotti, elementi costruttivi ed edifici.

Prodotti

I primi studi sono stati condotti su delle singole categorie di prodotti al fine di individuare quali hanno un minor impatto ambientali. Le categorie considerate sono:

- Calcestruzzi: sono stati messi a confronto 1 kg di calcestruzzo generico e 1 kg di calcestruzzo fibrorinforzato con fibre polimeriche.
- Laterizi e blocchi cementizi: le analisi sono state fatte tra differenti tipologie di blocchi con le stesse prestazioni termiche. Nello specifico sono stati confrontati blocchi in laterizio alleggerito in pasta con fibra di legno o con eps, blocchi in calcestruzzo alleggerito in pasta con argilla espansa o con eps.
- Materiali isolanti: sono state svolte tre differenti analisi sui materiali isolanti a parità di prestazioni termiche, dimensioni o peso. In particolare sono stati confrontati: la fibra di cellulosa, la lana di roccia, il sughero e l'eps.
- Rivestimenti per facciate ventilate: sono stati confrontati rivestimenti in legno, in laterizio, in metallo e in calcestruzzo.

Elementi Costruttivi

Attraverso la combinazione dei materiali elencati nel paragrafo precedente sono stati realizzati e studiati in una prima fase 44 casi studio di tamponamenti verticali opachi pesanti che possono essere riassunti nelle seguenti tipologie:

- Tamponamento monostrato;
- Tamponamento con strato di isolamento termico in intercapedine;
- Tamponamento con strato di isolamento termico esterno;
- Tamponamento ventilato e con strato di isolamento termico esterno.

In una seconda fase è stato affrontato il tema della prefabbricazione, analizzando i tamponamenti opachi realizzati con pannelli prefabbricati in calcestruzzo. Questo è risultato un ambito interessante per l'applicazione della metodologia dell'analisi del ciclo di vita poiché la produzione di questi elementi è un processo industriale che minimizza le incognite e le conseguenti ipotesi generalmente fatte in uno studio LCA per valutare gli input/output nella fase di cantierizzazione e messa in opera. Sono stati confrontati i seguenti tipi di pannelli prefabbricati: pannello in calcestruzzo con armatura in acciaio, pannello in calcestruzzo fibrorinforzato con fibre polimeriche e pannello in calcestruzzo con armatura in carbonio.

Edifici

L'applicazione a livello di edificio è stata affrontata da due differenti punti di vista studiando un caso di nuova costruzione di un prototipo di 35 m² e un caso reale di riqualificazione.

Nel primo caso sono stati confrontati due differenti tipologie di prototipo: una costruita interamente con elementi prefabbricati e l'altra con tecniche tradizionali con struttura in calcestruzzo armato gettato in situ. In particolare, sono stati confrontati gli impatti ambientali dovuti dalle due differenti tecniche costruttive

evidenziando il contributo di ciascun elemento della costruzione (fondazioni, tamponamenti opachi, copertura, tamponamenti trasparenti e solai).

Il secondo caso studio indagato sono due alloggi rappresentativi dell'edificio denominato "Diga Rossa" (Figura 1), una grande stecca abitativa appartenente al quartiere di edilizia popolare di Begato realizzato nella periferia di Genova tra il 1975 e il 1986 [7]. Il nome deriva dal colore delle facciate e dalla posizione rispetto alla morfologia della valle in cui è stato costruito.



Figura 1. La "Diga Rossa" del quartiere di Begato a Genova.

In questo caso, lo studio LCA è stato utilizzato per verificare la convenienza ambientale di differenti scenari e durata della vita utile:

- dalla costruzione dell'edificio fino alla conclusione della vita utile stimata allo stato attuale a 50 anni (1986 - 2036);
- dalla costruzione dell'edificio fino alla conclusione della vita utile dell'edificio riqualificato stimata a 100 anni (1986 - 2086).

4. RISULTATI

I risultati ottenuti dalla ricerca sono sintetizzati per livello di analisi.

Prodotti

Gli studi LCA svolti a livello di prodotto sono stati svolti con lo scopo di confrontare diversi materiali e individuare quelli con il minor impatto ambientale. In generale la ricerca ha evidenziato che i migliori sono quelli con il minor uso di materie prime e di energia in fase di produzione.

Nello specifico, nel caso dei calcestruzzi è risultato migliore quello rinforzato con fibre polimeriche. Le analisi svolte sui laterizi e sui blocchi in calcestruzzo hanno evidenziato che il blocco in laterizio alleggerito in pasta con farina di legno ha un minor impatto ambientale. Nel caso dei materiali isolanti sia a parità di prestazioni sia di peso la fibra di cellulosa è quello che ottiene il punteggio minore. Un risultato interessante è stato quello che a parità di prestazione termica il sughero e l'eps risultano i peggiori con un impatto superiore circa 10 volte rispetto alla fibra di cellulosa. Infine nel caso dei rivestimenti quello realizzato in legno è risultato il migliore.

Elementi Costruttivi

Lo scopo delle analisi LCA svolte alla scala degli elementi costruttivi è stato quello di confrontare l'impatto ambientale di ciascuna tipologia a parità di superficie. Dai risultati ottenuti (Figura 2) è emerso che la tipologia con il minor impatto è il tamponamento con un isolamento esterno a cappotto mentre la peggiore è il pannello prefabbricato con armatura in acciaio. La differenza si riscontra maggiormente nella categoria di danno riguardante le risorse dovuta al minor impiego di materiale, in particolare di calcestruzzo, e al minor utilizzo di energia derivante da combustibili fossili.

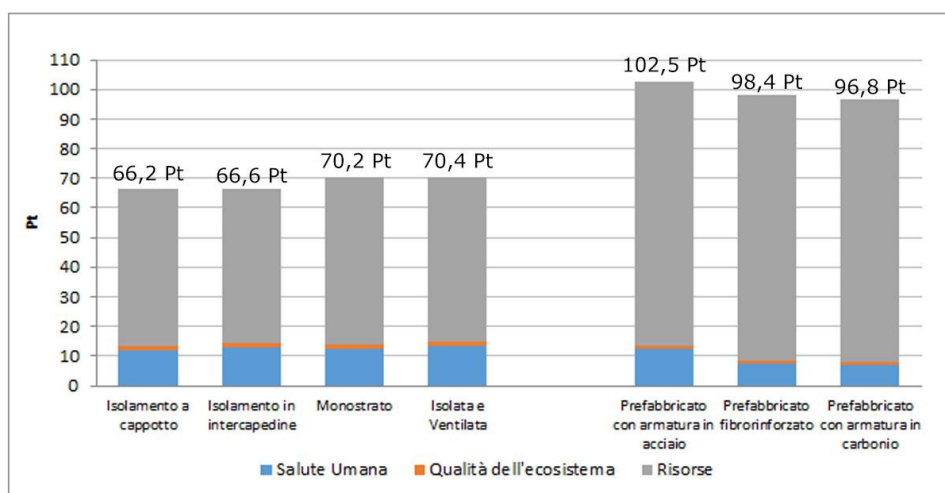


Figura 2. Risultati ottenuti per l'analisi del ciclo di vita dei tamponamenti opachi studiati.

Edifici

I risultati ottenuti dal confronto delle due differenti tipologie di prototipo evidenziano che l'edificio gettato in opera e realizzato con le tecniche tradizionali ha un minor impatto ambientale dovuto al minor impiego di calcestruzzo, in particolare si può notare la maggior differenza nel primo solaio controterra dove è stata prevista una fondazione a platea per il prototipo prefabbricato e fondazioni con plinti e travi per quello gettato in opera.

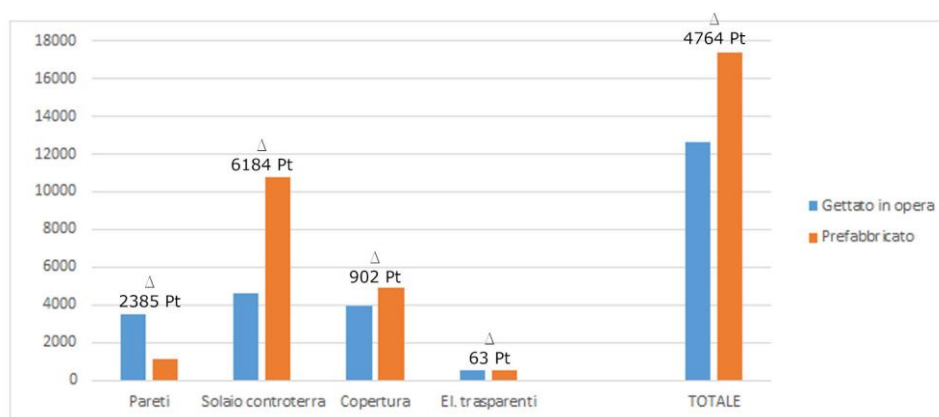


Figura 3. Confronto dell'impatto ambientale di ciascun elemento costruttivo dei due prototipi analizzati.

L'unico elemento che risulta maggiormente vantaggioso nel caso del prototipo prefabbricato è il tamponamento opaco poiché vi è un minor utilizzo di materie prime, in particolare si evita l'utilizzo dei blocchi in laterizio.

I risultati dell'analisi del ciclo di vita completo a livello di edificio (Figura 4), normalizzati a un anno per poter confrontare le due diverse ipotesi, confermano che il progetto di riqualificazione, nonostante allunghi la vita utile dell'edificio da 50 anni a 100 anni, produce un minore impatto ambientale rispetto allo stato attuale.

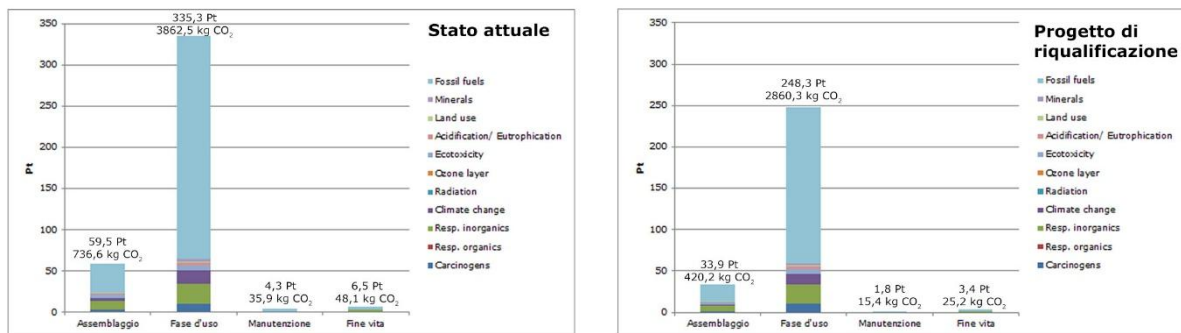


Figura 4. Analisi LCA suddivisa per fasi del ciclo di vita degli alloggi pilota del mantenimento dello stato di fatto (vita utile 50 anni) e del progetto di riqualificazione (vita utile 100 anni).

5. CONCLUSIONI

La ricerca ha confermato che i dati e la loro raccolta sono il maggior problema allo stato attuale della metodologia e che andrebbe risolto direttamente con i protagonisti dell'industria manifatturiera. Attualmente l'applicazione della metodologia a casi di progetti di riqualificazione è ancor più difficile per la raccolta dati "del passato" dei materiali e della loro posa opera al fine di ricostruire il ciclo di vita completo.

L'analisi del ciclo di vita è una metodologia utile e che può essere adattata al settore delle costruzioni per valutare gli impatti ambientali e individuare le fasi che possono essere ottimizzate. I software disponibili sono complessi e andrebbero semplificati per facilitare l'accesso a tutti i tecnici coinvolti in un progetto edilizio.

Per affrontare le nuove sfide occorre che tutti i soggetti protagonisti del settore delle costruzioni integrino le tecnologie e le metodologie esistenti con quelle nuove. In particolare per quanto riguarda questa ricerca si sta indagando la possibilità di integrare questa metodologia con altri metodi di analisi, come il *Building Information Modelling* (BIM) e i metodi di ottimizzazione [5].

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework, 2006, UNI EN ISO 14040.
- [2] Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, 2006, UNI EN ISO 14044.
- [3] M. Lavagna, Life Cycle Assessment in edilizia, Hoepli, Milano, 2012.
- [4] P. Neri, Verso la valutazione ambientale degli edifici, Alinea Editrice, Firenze, 2008.
- [5] L.Á. Antón, J. Díaz, Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction. International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering, 2014, 1371–1375.
- [6] P. Consultants, SimaPro Life Cycle Analysis version 7.2 (software).
- [7] A. Amato, L'ulivo sul tetto, 1892-1992: cent'anni di edilizia genovese fra storia e ricordo. Cassa Edile Genovese, Genova.