



FOSTERING INDUSTRIAL SYMBIOSIS FOR A SUSTAINABLE RESOURCE  
INTENSIVE INDUSTRY ACROSS THE EXTENDED CONSTRUCTION VALUE CHAIN

# Costi del ciclo di vita dei nuovi processi, materiali e prodotti

## Riepilogo generale

Agosto 2017

Autori: Sarah Broberg Viklund & Rickard Fornell (RISE)

D3.2 Costi del ciclo di vita dei nuovi processi, materiali e prodotti  
WP3, T3.1

H2020-WASTE-2014-two-stage



This project has received funding from the European Union's  
Horizon 2020 research and innovation programme under  
grant agreement N° 642154.

## Introduzione

L'economia circolare e la simbiosi industriale (IS) hanno come obiettivo di creare un modo più sostenibile ed efficiente sotto il profilo delle risorse di fornire prodotti e servizi al mercato. Il progetto FISSAC si rivolge alle industrie a forte consumo di risorse della catena di valore delle costruzioni, per sviluppare e dimostrare un approccio senza rifiuti usando un modello di simbiosi industriale. Quindi, è importante valutare questi nuovi sistemi di produzione da una prospettiva ambientale, sociale, economica per assicurare i loro benefici da una prospettiva di sostenibilità.

Il costo del ciclo di vita (Life-Cycle Costing - LCC), che è stato usato in questo progetto, non è una valutazione del ciclo di vita (Life-Cycle Assessment - LCA) standardizzata. Il termine è usato collettivamente per includere diversi tipi di analisi come gli investimenti economici, l'analisi di rischio e l'affidabilità. Il denominatore comune delle analisi è che si analizzano i costi attraverso l'intero ciclo di vita di un prodotto o di un investimento (Figura 1).

Figura 1 – Differenti passaggi del ciclo di vita di un prodotto



La valutazione LCC può essere fatta da diversi punti di vista:

- **Prospettiva del consumatore** – l'informazione necessaria per prendere una decisione è connessa alla fase dell'utilizzo e alla fase a fine vita, per esempio il prezzo del prodotto, la qualità, le tasse e le etichette del prodotto.
- **Prospettiva del produttore** – l'informazione necessaria per prendere una decisione è connessa soprattutto al costo di produzione e agli effetti su, ad esempio, manutenzione, costi operazionali, costi delle materie prime.
- **Prospettiva della società** – la LCC impatterà ad esempio su tasse e sussidi, emissioni/inquinanti, infrastrutture regionali, trattamento dei rifiuti.

La valutazione LCC in questa attività è stata eseguita da un punto di vista del produttore, ovvero si è concentrati sulla fattibilità/redditività per investire in questo tipo di reti integrate IS.

L'analisi dei costi del ciclo di vita è condotta in 5 passi:

- Definizione del problema
- Definizione della metodologia
- Sviluppo del modello
- Raccolta dei dati
- Valutazione dei risultati

Nell'ambito del progetto FISSAC, uno screening LCC preliminare è stato eseguito su diversi prodotti che sono stati identificati avere il potenziale di usare rifiuti o sotto-prodotti in una rete IS. L'obiettivo di questo screening LCC preliminare è di presentare una prima valutazione della sostenibilità economica dei prodotti sviluppati nell'ambito del progetto FISSAC e di fare una valutazione preliminare dell'impatto economico inerente l'intero ciclo di vita. I risultati aspettati da questo screening preliminare sono principalmente linee guida e aspetti da considerare nel lavoro continuo del progetto. Valutazioni LCC ricorrenti saranno condotte durante il progetto per analizzare continuamente e migliorare i processi e i prodotti a cui si fa riferimento.

## Limiti del sistema

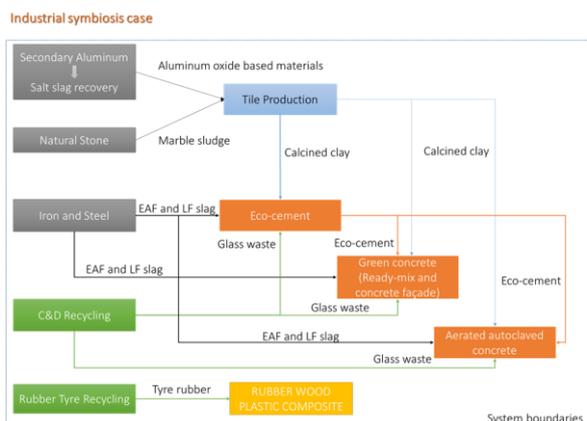
Per consentire il confronto sulla base di prodotti singoli o su sistemi di produzione, sono stati usati due differenti limiti di Sistema. Nel confronto su base prodotto, ciascun prodotto innovativo FISSAC è stato confrontato ad un prodotto di riferimento convenzionale (Figura 2).

Figura 2 – Limiti del Sistema per un confronto basato sul prodotto



Il secondo limite di Sistema, la rete di simbiosi industriale, include e visualizza diversi prodotti e le loro connessioni quando fanno parte dello stesso IS (Figura 3). La linea di base per questo confronto sono le vie di produzione convenzionali per i prodotti di base. In questa analisi LCC, il punto focale è il processo di produzione e principalmente i cambiamenti fatti per implementare la rete IS.

Figura 3 – Limiti del sistema per una rete concettuale IS



Both levels of comparisons consider the following foreground processes:

- Ceramic tile production (conventional and innovative tile production)
- Rubber wood plastic composite production (conventional and new composite floor)
- Cement manufacturing (Portland cement and eco-cement)
- Ready-mix concrete production (conventional and green ready-mix concrete)
- Aerated autoclaved concrete (AAC) production (conventional and green AAC)

## Scenari di simbiosi industriale

Gli scenari di base coinvolgono i prodotti industriali tradizionali precedentemente descritti, prodotti attraverso processi di produzione convenzionali. In FISSAC, la possibile valorizzazione dei rifiuti industriali in forma di materie prime seconde si riflette in diversi scenari.

Sono stati fatti due confronti. Nel primo i prodotti di base sono confrontati con i nuovi prodotti FISSAC; mattonelle ceramiche innovative, eco-cemento, calcestruzzo (convenzionale e AAC), e compositi a base plastica-legno. Nel secondo, è concettualizzato un parco eco-industriale per produrre i prodotti FISSAC.

Il progetto ha come obiettivo di stabilire l'applicabilità di una nuova rete concettuale IS del menzionato eco-prodotto attraverso la valorizzazione dei flussi di rifiuti industriali presentati nelle seguenti sezioni. I dati richiesti per le analisi LCC come ad esempio costi di investimento, costi di produzione, dismissione dei rifiuti sono basati sulle informazioni ricevute, per esempio, dai produttori coinvolti nel progetto FISSAC o su database.

## Piastrelle ceramiche

Il generico processo di produzione delle mattonelle ceramiche generiche consiste di diversi passaggi:

- Preparazione della materia prima, macinazione ed essiccamento spray: miscelazione dei componenti, macinazione umida della miscela, essiccamento spray per ottenere il contenuto di umidità richiesto;
- Pressatura: la mattonella è prodotta per compressione meccanica;
- Essiccamento: per ridurre il contenuto di umidità;
- Smaltatura vitrea e decorazione: applicazione di uno o più strati di rivestimento sulla mattonella;
- Cottura: per creare le proprietà desiderate nella mattonella.

Nel caso di simbiosi industriale sono stati studiati due materie prime alternative per la produzione di mattonelle ceramiche, provenienti da impasti di pietre naturali e scorie di rifiuti di alluminio.

## Compositi legno-plastica

I compositi a base legno e plastica (Wood plastic composite - WPC) sono un materiale ibrido composto da una miscela di fibre naturali di legno e polimeri plastici. Le fibre di legno, per esempio, da legno, bamboo e gusci di noci sono miscelati con rifiuti plastici ad alta temperatura. La miscela è poi plasmata nel prodotto finito. Diversi additivi possono essere aggiunti per raggiungere le proprietà desiderate. Il processo studiato è virtualmente senza rifiuto poiché i materiali in eccesso dalla produzione possono essere granulati nuovamente e reinseriti nel processo di produzione.

Briciole di gomma sono aggiunte nei materiali della miscela WPC nel caso di simbiosi industriale.

## Cemento

Sette passaggi principali costituiscono il processo di produzione del cemento.

- frantumazione/macinazione;
- pre-omogenizzazione (miscelazione dei materiali grezzi alla composizione richiesta) e produzione di farina grezza (la miscela è macinata in "farina grezza");
- preriscaldamento: per ridurre il contenuto di umidità;
- pre-calcinazione: decomposizione del calcare in calce;
- produzione di clinker (la farina viene fusa in clinker in un forno, raffreddata e immagazzinata);
- miscelamento: il clinker è miscelato con altri minerali;
- macinazione del cemento: la miscela è macinata fino ad ottenere una polvere.

Argilla calcinata dalla produzione di mattonelle e rifiuti vetrosi dal riciclo di costruzioni e demolizioni sono i nuovi materia prime per produzione di eco-cemento, nel caso di simbiosi industriale.

### Calcestruzzo

Le proprietà del calcestruzzo sono determinate dalle modifiche delle proporzioni degli ingredienti principali. Il calcestruzzo è prodotto miscelando insieme diversi ingredienti. Gli ingredienti principali sono: aggregate (una miscela di materiali grossolani, come calcare, e materiali fini, come la sabbia), cemento (usato come materiale legante), acqua, additivi chimici (per raggiungere differenti proprietà), armature (per aumentare la resistenza tensile), e miscele minerali (uso di sottoprodotti da altre industrie).

Per la produzione di calcestruzzo verde ed eco-cemento, sono usati come materie prime i rifiuti vetrosi dal riciclo di costruzioni e demolizioni e le scorie EAF dalla produzione di ferro ed acciaio.

### Calcestruzzo cellulare autoclavato (Aerated autoclaved concrete - AAC)

AAC, chiamato anche calcestruzzo cellulare, è un esempio di calcestruzzo leggero. Quattro passaggi costituiscono il processo di produzione: miscelamento (cemento e aggregate fini), aggiunta di acqua, espansione (un agente di espansione viene aggiunto alla miscela per aumentare il volume dell'impasto), e reazione (una reazione chimica causa la formazione di bolle di aria, con il risultato di un maggiore volume dell'impasto).

Come nel caso di calcestruzzo verde, eco-cemento e scorie EAF dalla produzione di ferro ed acciaio sono usati come materie prime per produrre AAC verde. Inoltre, sono aggiunte le scorie LF, sempre dall'industria siderurgica.

Il parco eco-industriale concettuale FISSAC, che include i flussi di materia descritti precedentemente, è illustrato in Figura 3.

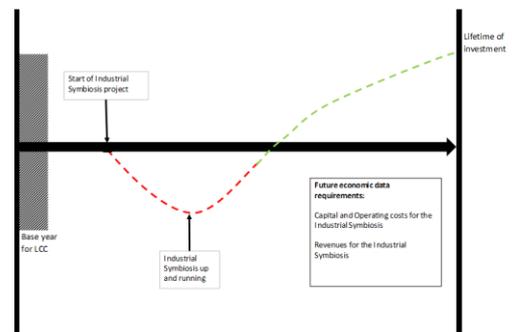
### Modello dei costi del ciclo di vita e metodo di valutazione

In FISSAC l'analisi LCC è stata fatta usando confronti basati sui prodotti. Il risultato di questa analisi comparativa dovrebbe essere capace di rivelare la fattibilità potenziale di fare investimenti in IS rispetto al normale business (Figura 4).

A causa dei suoi più ampi scopi, la contabilizzazione di tutti i costi (Full-Cost Accounting - FCA) è stata considerata adeguata per l'analisi LCC e, rientrando nello scopo di FCA, è stato adottato un valore netto attuale (Net Present Value - NPV) basato su di un

approccio di valutazione. L'analisi LCC nell'intero progetto FISSAC coprirà i costi di investimento, di sostituzione, operativi e di manutenzione e i costi a fine vita. Comunque, questo primo screening LCC non contiene l'analisi completa, dato che ad uno stadio così preliminare del progetto FISSAC non sono disponibili dei dati necessari.

Figura 4 – un esempio dell'effetto di un investimento in IS rispetto ad un normale business



### Conclusioni

L'obiettivo di questo screening LCC preliminare era di segnare la strada per gli sviluppi imminenti e le valutazioni LCC successive nel progetto.

Ad uno stadio così iniziale del progetto, dove un parco eco-industriale concettuale è studiato con prodotti innovative FISSAC, molte delle informazioni necessarie per eseguire un'analisi LCC completa in accordo con i cinque passi presentati in questo rapporto sono mancanti. Quindi il fulcro di questo riepilogo generale è sui primi tre passi (step a, b e c). Questi passi sono presentati attraverso questo rapporto.

- Definizione del problema: il problema è stato chiaramente definito coerentemente con la LCA, i limiti del Sistema sono stati stabiliti e l'obiettivo dello studio è stato spiegato.
- Definizione della metodologia: è stata selezionata la metodologia.
- Sviluppo del modello: un modello per l'analisi LCC è stato sviluppato.

Nel lavoro continuo del progetto FISSAC, il consiglio, basato su quest'attività, è quindi di focalizzarsi sugli ultimi due passi (step d ed e); raccolta dei dati e valutazione dei risultati. Dato che questi due step dipendono l'uno dall'altro, un miglioramento nella raccolta dati sarà legato anche ad una migliore analisi dei risultati. La raccolta dati è quindi il punto chiave per un miglioramento dell'analisi economica e conseguentemente del parco eco-industriale concettuale.