

Valutazioni di sostenibilità di sistemi tecnologici complessi: *lessons learned* dal progetto TyGRe

L'applicazione del framework LCSA per valutare la sostenibilità di un sistema tecnologico complesso evidenzia vantaggi e limiti degli strumenti per le valutazioni economiche con approccio ciclo di vita

DOI 10.12910/EAI2018-010

di **Oscar Amerighi**, ENEA, **Barbara Burchi**, INNOLABS Srl, **Patrizia Buttol**, ENEA e **Alessandra Zamagni**, Ecoinnovazione Srl

Il progetto TyGRe (*“High added value materials from waste Tyre Gasification Residues”*, www.tygre.eu)¹ ha messo a punto e sviluppato un processo integrato per la gestione del fine vita degli pneumatici finalizzato alla co-produzione di energia elettrica e di carburanti di silicio (SiC) per applicazioni a elevato valore aggiunto. Nell'ambito del progetto, è stato realizzato uno studio di *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) del sistema tecnologico, con l'obiettivo di fornire una valutazione degli impatti ambientali, economici e sociali in una prospettiva di ciclo di vita della tecnologia [1,2].

Il *framework* metodologico di riferimento per lo studio di LCSA, come illustrato in [3], si basa sull'ipotesi di validità della seguente formula concettuale:

$$LCSA = LCA + eLCC + S-LCA$$

dove

LCA= Life Cycle Assessment

eLCC= environmental Life Cycle Costing

S-LCA= Social Life Cycle Assessment

Nel presente articolo, illustreremo il *framework* LCSA e i suoi principali strumenti metodologici con approccio ciclo di vita per valutare in particolare la dimensione economica

di un sistema tecnologico, nonché i limiti e vantaggi della loro applicazione per una valutazione di sostenibilità.

Come integrare nella valutazione di un sistema tecnologico complesso impatti ambientali con impatti economici e sociali? La soluzione del Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)

La valutazione ambientale del ciclo di vita dei prodotti (LCA) è ampiamente applicata e utilizzata come strumento di supporto per la definizione di politiche² e regolamentazioni basate sulla *performance* ambien-

tale di prodotti e servizi. Si pensi, ad esempio, allo strumento del *Green Public Procurement*, sviluppato per integrare considerazioni di carattere ambientale nelle procedure di acquisto della Pubblica Amministrazione, e che dovrebbe conseguentemente stimolare il mercato di prodotti meno impattanti sull'ambiente sia in termini di offerta da parte delle imprese che in termini di domanda da parte dei consumatori.

Nell'ultimo decennio, si è cercato di integrare la valutazione degli impatti ambientali di un prodotto con strumenti e metodologie che consentissero di restituire una valutazione anche degli impatti economici (*Life Cycle Costing*, LCC, ed *environmental Life Cycle Costing*, eLCC) e sociali (*Social Life Cycle Assessment*, S-LCA) nell'ottica di fornirne una valutazione di sostenibilità (*Life Cycle Sustainability Assessment*, LCSA) basata sui tre pilastri (ambientale, economico e sociale) del modello *triple bottom line* di sostenibilità [4].

Il *framework* LCSA, sintetizzato nella formula concettuale

$$LCSA = LCA + eLCC + S-LCA$$

suggerisce che la valutazione di sostenibilità venga effettuata attraverso la contemporanea applicazione dei tre metodi seguendo lo stesso *framework* metodologico dell'LCA, standardizzato dalle norme ISO 14040-14044 (2006), e adottando definiti requisiti per garantire la coerenza tra i metodi applicati. Questo significa applicare il LCSA attraverso le quattro fasi tipiche di uno studio LCA: definizione di obiettivo e campo di applicazione; inventario dell'uso delle risorse e delle emissioni; valutazione di impatto; interpretazione dei risultati.

I tre metodi che concorrono al LCSA mostrano diversi gradi di maturità. L'LCA è un metodo consolidato

e standardizzato, che permette di quantificare la *performance* ambientale di un prodotto lungo l'intero ciclo di vita, dalla culla alla tomba (dall'acquisto delle materie prime, alle fasi di produzione e uso, fino alla gestione del fine vita), oppure, in un'ottica di economia circolare (Figura 1), dalla culla alla culla, includendo le attività tecnicamente necessarie perché il prodotto realizzi la sua funzione. L'LCA applica un modello statico lineare basato sulle relazioni tecnologiche del sistema prodotto, senza prendere in considerazione gli effetti sociali ed economici.

Nell'ambito del LCSA, gli impatti economici di un prodotto sono ricondotti ai *life-cycle costs*, e valutati mediante l'*environmental Life Cycle Costing* (eLCC), un metodo recentemente oggetto di teorizzazione da parte di studiosi di *Life Cycle Management* [5]⁴, che tuttavia risulta inadeguato quando si tratta di considerare una prospettiva di sostenibilità economica più ampia rispetto a quella dell'azienda.

Rispetto al (e)LCC, la valutazione degli impatti sociali (S-LCA) si trova in una fase di sviluppo ancora precedente, e pone una serie di problematiche relative sia all'impostazione metodologica che all'applicazione del metodo stesso, in particolare in relazione alla disponibilità di dati sull'intera catena del valore. Tuttavia, il metodo ha subito un rapido sviluppo negli ultimi anni e numerose sono le organizzazioni che lo stanno applicando per un utilizzo interno.

La Figura 2 mostra come il concetto di sostenibilità e sviluppo sostenibile, che risulta dall'intersezione (e dal corretto bilanciamento) delle componenti ambiente, economia e società, trovi una corrispondenza con il *framework* LCSA nella misura in cui i tre strumenti metodologici sviluppati per valutare le diverse componenti soddisfino determinati requisiti di coerenza rispetto all'oggetto della valutazione. È importante infatti notare che i tre metodi (LCA, eLCC, S-LCA) del *framework* LCSA non sono integrati ma appli-



Fig.1 Economia circolare³

Fonte: <http://www.iatecowaste.com/economia-circolare/>

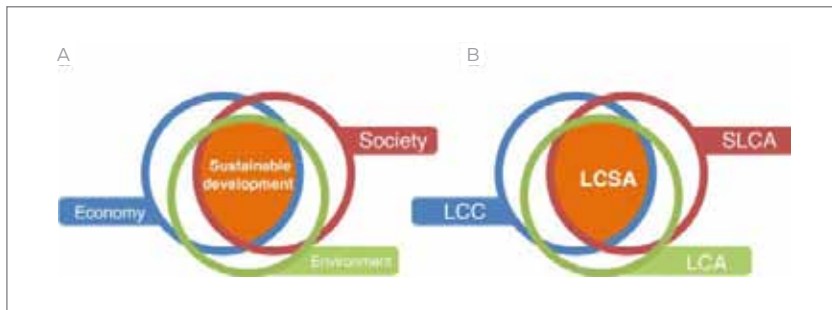


Fig. 2 Relazione tra dimensioni della sostenibilità (a) e framework LCSA (b)
 Fonte: Schau, E. M., Traverso, M., Finkbeiner, M., 2012, "Life cycle approach to sustainability assessment: a case study of remanufactured alternators", *Journal of Remanufacturing*, 2:5

cati separatamente, con il vincolo di mantenere coerenti (idealmente, equivalenti) i confini del sistema valutato e l'unità funzionale. I risultati di una valutazione di sostenibilità con il *framework* LCSA corrispondono pertanto all'unione dei risultati delle tre valutazioni (ambientale, economica e sociale). La scelta di mantenere distinti i risultati delle tre valutazioni, pur rappresentando un punto di forza dell'approccio, in quanto evita di creare fenomeni di compensazione tra le diverse dimensioni della sostenibilità, pone maggiori difficoltà in termini di interpretazione dei risultati e di utilizzo degli stessi in un contesto decisionale, che viene demandato all'utilizzatore finale dello studio.

Che impatti economici si valutano con approccio ciclo di vita? Impatti sulla filiera, sul mercato di riferimento, sul sistema economico nel suo complesso, costi per la società? Life Cycle Costing e Societal Life Cycle Costing

Il *Life Cycle Costing* (inclusa la sua variante eLCC richiesta dal *framework* LCSA) e il *Societal Life Cycle Costing* (S-LCC) rappresentano due degli strumenti metodologici con approccio ciclo di vita per valutare i

costi di un prodotto/servizio/tecnologia. Questi due strumenti hanno funzionalità e finalità diverse sia per quanto attiene i costi da valutare sia per la prospettiva adottata. In altre parole, forniscono risposte diverse al duplice quesito "chi sopporta quali costi?".

Il LCC rappresenta uno strumento importante per il processo decisionale nelle aziende perché indica il percorso da seguire nello sviluppo e nell'introduzione dell'innovazione, in modo economicamente sostenibile e perseguendo anche obiettivi ambientali. In quanto metodologia utile a stimare i costi futuri (tra cui le possibili esternalità ambientali che il produttore sarà chiamato a internalizzare), il LCC prevede l'applicazione di specifici modelli di stima, riconducibili sostanzialmente a tre metodi principali (ingegneristico o dettagliato, parametrico, e basato sull'analogia) [6].

Da un punto di vista economico, il *Life Cycle Costing* si configura pertanto prevalentemente come un metodo di contabilità aziendale che consente di evidenziare in quali fasi del ciclo di vita di un prodotto/processo l'azienda può intervenire per ottimizzare/minimizzare il costo complessivo sopportato per realizzare il prodotto.

Tuttavia, quando si parla di impatti economici di un prodotto/tecnologia, il LCC presenta alcune criticità. In particolare, come argomentiamo in seguito, si rivela funzionale alla valutazione della convenienza economica del prodotto/tecnologia, ma non consente di valutare le ricadute economiche (dirette e indirette) dell'introduzione di un nuovo prodotto/tecnologia sul mercato o, a maggior ragione, di un sistema tecnologico complesso innovativo rispetto ad un sistema tradizionale, quale è stata ad esempio l'analisi effettuata nell'ambito del progetto TyGre. Tale valutazione, infatti, richiederebbe un approccio di equilibrio economico generale, ossia di analizzare come l'introduzione di un dato prodotto/tecnologia modifichi il mercato di riferimento e quali siano le ripercussioni sui mercati e sulle filiere ad esso collegati.

Il *Societal Life Cycle Costing* (S-LCC) è un metodo usato per tradurre in valori monetari le esternalità ambientali generate lungo il ciclo di vita di un prodotto/tecnologia. Si pensi, ad esempio, ai costi per il sistema sanitario derivanti dalla cura di patologie respiratorie riconducibili alle emissioni di inquinanti locali (PM10, SO_x, ecc.). Il S-LCC persegue pertanto la finalità di rappresentare i costi sopportati dalla società nel suo complesso e derivanti dal prodotto/tecnologia oggetto della valutazione. Il S-LCC non fa parte del *framework* di LCSA, ma può esserne considerato un'alternativa, pur tenendo conto della diversa natura delle informazioni fornite e dei limiti dei dati e dei modelli di valutazione economica del danno ambientale.

In un'ottica di valutazione di sostenibilità di un sistema tecnologico complesso (e di scenari alternativi di svi-



luppo del sistema stesso), il S-LCC appare pertanto come uno strumento più adatto rispetto al LCC per rappresentare la prospettiva di un decisore pubblico chiamato a progettare e attuare politiche finalizzate ad uno sviluppo sostenibile.

Insegnamenti dell'applicazione del *framework* LCSA a TyGRe

L'applicazione del *framework* LCSA nell'ambito del progetto TyGRe si è rivelato un esercizio complesso e impegnativo innanzitutto perché l'oggetto della valutazione non è un prodotto già presente sul mercato, ma un impianto pilota di un sistema tecnologico complesso con molteplici funzionalità: smaltimento degli pneumatici a fine vita, produzione di energia elettrica e di carbori di silicio (SiC).

Fino ad oggi, inoltre, il dibattito su LCSA si è focalizzato sulla disponibilità di dati piuttosto che sulla fattibilità e robustezza del *framework* di analisi, ossia sul "corretto" modo di utilizzare i diversi metodi di valutazione ambientale, economica e sociale all'interno del *framework*. La sua applicazione a TyGRe ha consentito di identificarne punti di forza e di debolezza, in particolare in merito ai metodi per la valutazione della dimensione economica del sistema analizzato.

L'applicazione del *framework* LCSA richiede che ci sia coerenza tra i tre metodi applicati. In accordo con la letteratura, tale coerenza viene interpretata come equivalenza nella definizione degli obiettivi e dell'ambito dell'analisi (in particolare, prospettiva di analisi o *target audience*, confini del sistema, unità funzionale).

In TyGRe, la prospettiva adottata negli studi di LCA e S-LCA è quella del decisore pubblico che deve

valutare il valore (per la società nel suo complesso) di un investimento nella nuova tecnologia sviluppata. Tale scelta è legata alle caratteristiche della problematica che la tecnologia intende risolvere, ossia una gestione più sostenibile del fine vita degli pneumatici.

L'adozione della prospettiva di un decisore pubblico implica la necessità di confrontare la performance

della tecnologia TyGRe con quella di alternative esistenti per la gestione del fine vita degli pneumatici. A tal fine, sono stati confrontati due scenari, uno di riferimento, basato su tecnologie tradizionali, e uno innovativo, basato sulle tecnologie messe a punto con TyGRe (Figura 3).

Per quanto riguarda l'eLCC, l'applicazione a TyGRe ha rivelato degli aspetti contraddittori rispetto alla

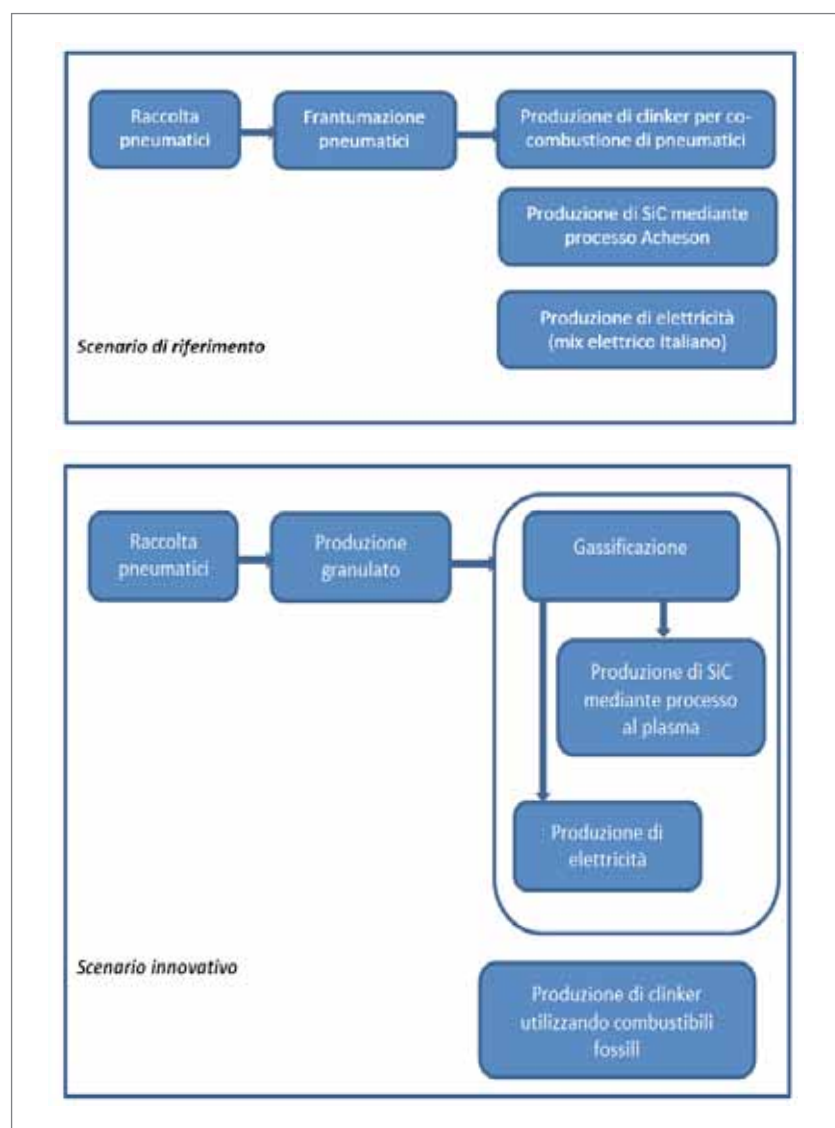


Fig. 3 Schema degli scenari analizzati nel progetto TyGRe

prospettiva da adottare, ossia quella del decisore pubblico. Infatti, tale metodologia è tesa ad includere tutti i costi a carico dei diversi attori del ciclo di vita, cioè produttori, utilizzatori, consumatori etc., mentre è l'S-LCC che, considerando i costi rilevanti per tutti i portatori di interesse, direttamente o indirettamente influenzati dalle esternalità, può valutare anche quei costi sociali di cui un decisore pubblico deve tener conto. D'altro canto, andando a considerare tutte le esternalità, l'S-LCC non è utilizzabile nell'ambito del *framework* LCSA, in quanto si rischia una doppia contabilizzazione degli impatti già valutati (seppur con valori non monetari) con LCA e S-LCA.

Conclusioni e sviluppi futuri

A seguito di quanto osservato, si possono identificare due alternative per valutare la sostenibilità di un sistema tecnologico, come quello messo a punto nell'ambito di TyGRé, a partire dagli strumenti di valutazione dei costi con approccio ciclo di vita illustrati in precedenza.

Coerentemente con l'impostazione del *framework* LCSA, la valutazione di sostenibilità viene affidata alla combinazione degli impatti ambientali (LCA) e sociali (S-LCA). L'eLCC è utilizzato per valutare preliminarmente la convenienza economica del prodotto/tecnologia, aggiungendo rispetto al LCC una prospettiva di responsabilità di impresa rispetto ad alcune esternalità ambientali.

La valutazione di sostenibilità è affidata all'utilizzo del S-LCC, con cui vengono monetizzati gli impatti ambientali valutati con l'LCA. Tale soluzione richiede però un'integrazione con valutazioni (qualitative e/o quantitative) degli impatti sociali non monetizzati e non coperti dal S-LCC. È importante sottolineare come negli ultimi anni siano stati utilizzati diversi modelli di valutazione delle esternalità e non si sia registrato un accordo a livello della comunità scientifica su quale fosse più robusto. Più di recente, lo sforzo di definire uno standard comune su questo tema ha portato allo sviluppo di due standard ISO, nello specifico ISO 14007 - *Environmental management: Determining environmental*

costs and benefits – Guidance, e ISO 14008 - *Monetary valuation of environmental impacts and related environmental aspects*, di cui si prevede la pubblicazione rispettivamente nel 2019 e a fine 2018.

I metodi con approccio ciclo di vita, come quelli trattati nel *framework* LCSA, offrono una base solida per poter impostare correttamente uno studio di sostenibilità. Tuttavia, a seconda dell'applicazione, può essere necessario abbinarli e/o integrarli con altri elementi conoscitivi e input, quali ad esempio quelli che provengono dall'analisi degli *stakeholders*. Questi ultimi, in quanto portatori di interessi legittimi, hanno un ruolo fondamentale nella valutazione di sostenibilità: infatti, l'inclusione strutturata dei loro valori e bisogni consente di ridurre parte di quelle incertezze che caratterizzano necessariamente ogni metodo analitico, e di esplicitare gli aspetti valoriali ed etici, che sono parte integrante di ogni valutazione e processo decisionale.

Per saperne di più:
oscar.amerighi@enea.it

¹ Il progetto collaborativo TyGRe, coordinato da ENEA, è stato finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro (2007-2013) per il tema Ambiente (Grant Agreement no. 226549). Si ringraziano il responsabile tecnico/scientifico del progetto, Sergio Galvagno (ENEA), e tutti i partner di progetto che, mettendo a disposizione i dati tecnologici, hanno reso possibile effettuare lo studio di LCSA

² Il metodo LCA è stato inserito nella *toolbox* di metodi e modelli per la valutazione dell'impatto delle politiche, nell'ambito dell'iniziativa denominata "Better regulation for better results – An EU agenda" (Communication from the Commission, COM(2015) 215 final

³ Secondo la definizione dell'Ellen MacArthur Foundation ("Towards the Circular Economy", 2013), l'economia circolare è un'economia in cui i rifiuti di un processo di produzione e consumo circolano come nuovo ingresso nello stesso o in un differente processo

⁴ L'eLCC viene definito come la valutazione di tutti i costi associati al ciclo di vita di un prodotto, che sono direttamente sostenuti da uno o più attori del ciclo di vita (fornitori, produttori, utilizzatori/consumatori, attori responsabili del fine vita), con l'inclusione di quelle esternalità che si anticipa verranno internalizzate nell'immediato futuro

BIBLIOGRAFIA

1. Amerighi, O., Benveniste, G., Burchi, B., Buttol, P., Porta, P.L., and Zamagni, A., 2014, "LCA, LCC and SLCA results of the current reference system and of the tyres recycling system proposed", Deliverable D7-A, TyGRe FP7 project
2. Amerighi, O., Burchi, B., Buttol, P., and Zamagni, A., 2014, "Sustainability Assessment of the studied system and analysis of future scenarios", Deliverable D7-B, TyGRe FP7 project
3. Valdivia, S., Ugaya, C.M.L., Hildenbrand, J. et al., 2013, "A UNEP/SETAC approach towards a life cycle sustainability assessment—our contribution to Rio+20", International Journal of Life Cycle Assessment, vol.18, pp. 1673-1685, DOI 10.1007/s11367-012-0529-1
4. Guinée, J., 2016, "Life Cycle Sustainability Assessment: What Is It and What Are Its Challenges?", in: R. Clift, A. Druckman (eds.), *Taking Stock of Industrial Ecology*, SpringerOpen, Chapter 3, pp. 45-68, DOI 10.1007/978-3-319-20571-7
5. Swarr, T., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H.-L., Ciroth, A., Brent, A.C., Pagan, R., 2011, *Environmental Life Cycle Costing: A Code of Practice*, CRC Press, USA
6. Bettini, F., Amerighi, O., Burchi, B., and Buttol, P., 2012, "A methodological approach to life cycle costing of an innovative technology: from pilot plant to industrial scale", in: Proceedings of 2nd DIRE meeting on "What is sustainable technology? The role of life cycle-based methods in addressing the challenges of sustainability assessment of technologies", ISBN 978-88-8286-270-1