

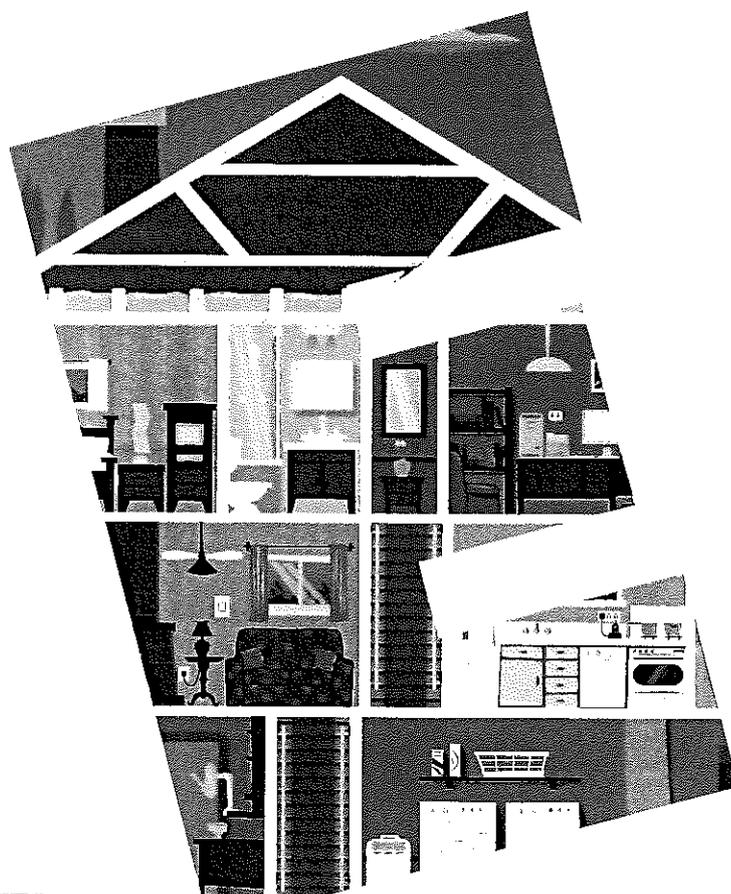


Dario Flaccovio Editore

Marco Filippi - Gianfranco Rizzo
Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

Efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie



- Strumenti normativi e incentivanti - Classificazione della qualità ambientale indoor ✓
- Fabbisogno energetico per garantire il comfort indoor - Tecnologie e strumenti ✓
- Compatibilità ambientale nella certificazione energetica ✓
- Strumenti per la certificazione ✓

Marco Filippi Gianfranco Rizzo Gianluca Scaccianoce
LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE
Efficienza – Compatibilità ambientale – Nuove tecnologie

ISBN 978-88-579-0252-4

© 2014 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686
www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: maggio 2014

Filippi, Marco <1944->

La certificazione energetica per l'edilizia sostenibile : efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie / Marco Filippi, Gianfranco Rizzo, Gianluca Scaccianoce. – Palermo : D. Flaccovio, 2014.

ISBN 978-88-579-0252-4

1. Edifici - Impianti termici - Risparmio energetico - Certificazione.
I. Rizzo, Gianfranco <1952->. II. Scaccianoce, Gianluca <1970->.
344.45046 CDD-22 SBN PAL0269286

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, maggio 2014

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

- [3] Michiya S., Tatsuo O., Kiyoshi O., *The estimation of energy consumption and CO₂ emission due to housing construction in Japan*, *Energ Build*, 1995;22(2): 165-169, 1995.
- [4] Al-Temeemi A.-S., *Climatic design techniques for reducing cooling energy consumption in Kuwaiti houses*, *Energ Build*, 1995;23(1):41-48, 1995.
- [5] Arif I., Shahrokh M., *Effects of common fuel and heating system options on the energy usage, pollutant emissions and economy*, *Energ Build* 1996;24(1): 11-18, 1996.
- [6] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, *Official Journal of the European Communities*, L 1/65, 04/01/2003.
- [7] Directive 2010/31 of the European Parliament and Council on the energy performance of buildings (recast), *Official Journal of the European Union*, L 153/13, 18/06/2010.
- [8] Regulation (EC) n. 1980/2000 of the European Parliament and of the Council of 17 July 2000 on a revised community eco-label award scheme.
- [9] ISPRA (Italian Institute for Environmental Protection and Research), *Commission decision on establishing the ecological criteria for the award of the community Eco-Label for buildings (new and existing)*, Third Draft Unpublished report, maggio 2010.
- [10] Franzitta V., La Gennusa M., Peri G., Rizzo G., Scaccianoce G., *Toward an European eco-label brand for residential buildings: holistic or by-components approaches?*, *Energy* 2011;36:1884-92. doi:10.1016/j.energy.2010.09.021. Published by: Elsevier Science Ltd.
- [11] Decision n. 287/2003/EC of the European Parliament and of the Council of 14 April 2003 establishing the ecological criteria for the award of the community eco-label to tourist accommodation service, *Official Journal of the European Union* L 102/82, <[http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:102:0082:0097:EN: PDFgt](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:102:0082:0097:EN:PDFgt).
- [12] Decision n. 338/2005/EC of the European Parliament and of the Council of 14 April 2005 establishing the ecological criteria for the award of the community eco-label to campsite service, *Official J Eur Union* L 108/67.
- [13] Peri G., *Prestazioni ambientali degli edifici: ipotesi per l'attribuzione di un marchio Eco-label*, Tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il territorio dell'Università di Palermo, Italia, 2008.
- [14] Peri G., Rizzo G., *The overall classification of residential buildings: Possible role of tourist EU Ecolabel award scheme*, *Building and Environment*, Volume 56, October 2012, pp. 151-161.
- [15] Commission decision of 9 July 2009 establishing the ecological criteria for the award of the community eco-label for tourist accommodation service, *Official J Eur Union* 30.7.2009; L 198:57.
- [16] EN 15251:2007, *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, Brussels: European Committee for Standardization; 2007.
- [17] La Gennusa M., Pietrafesa M., Rizzo G., Rodonò G., *Managing sustainable building design and indoor environment performances*, in Pereira FOR, et al. (editors), *Renewable energy for a sustainable development of the Built environment*, Proceedings of the PLEA 2001 Conference, 07-09, vol. 1; November 2001, pp. 429e33. Florianopolis, Brazil, 2001.

5.2. Life Cycle Sustainability Assessment al comparto edilizio. Teoria e applicazioni pratiche

di Marzia Traverso, Giorgia Peri, Cinzia Capitano, Matthias Finkbeiner e Gianfranco Rizzo

5.2.1. Introduzione

Il termine *sostenibilità* o *sviluppo sostenibile* è spesso utilizzato da governi e amministrazioni locali e nazionali per ottenere il consenso dell'opinione pubblica su determinate

scelte e azioni politiche. Nonostante il frequente utilizzo del termine pochi dei suoi utilizzatori ne percepiscono il reale significato, le sue numerose sfaccettature e le relative metodologie di valutazione che rendono per esempio l'analisi di sostenibilità un efficace strumento di supporto alle decisioni.

Una delle definizioni ufficiali di sviluppo sostenibile è riportata nel rapporto Brundtland (1987), dove sostenibilità è "equilibrio fra il soddisfacimento delle esigenze presenti senza compromettere la possibilità delle future generazioni di sopperire alle proprie" (World Commission on Environment and Development, 1987). È il termine *esigenze* (o *bisogni*) che racchiude la tridimensionalità del concetto di sostenibilità, infatti, al fine di garantire che le future generazioni abbiano le stesse opportunità di sviluppo e risorse delle presenti è significativo valutare contemporaneamente i benefici e le ricadute economiche, ambientali e sociali che hanno le scelte strategiche di prodotto, di progetto e così via.

In questo capitolo è riportata la descrizione della metodologia atta alla valutazione delle prestazioni complessive di sostenibilità di un prodotto del settore edilizio nel suo intero ciclo di vita. Tale procedura è conosciuta con il termine anglosassone *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) (Finkbeiner et al., 2010; Klopffer, 2003). Essa, conformemente alla procedura standardizzata di analisi ambientale del ciclo di vita di un prodotto (*Life Cycle Assessment*, LCA) (ISO14040, 2006), estende l'analisi degli impatti generati da un prodotto nel suo ciclo di vita, dall'estrazione delle sue materie prime, attraverso la fase di produzione e utilizzo fino alla sua dismissione, agli aspetti economici e sociali.

La LCSA nelle fasi di applicazione rimane conforme alla serie ISO 14040/44 (ISO 14044, 2006), pertanto è definita dalle quattro seguenti fasi:

- individuazione e definizione degli obiettivi dello studio e dei confini del sistema;
- analisi di inventario (*Life Cycle Inventory* – LCI);
- analisi degli impatti (*Life Cycle Impact Assessment* – LCIA);
- interpretazione dei risultati.

Seppur composte dalle stesse fasi la LCSA e LCA si differenziano in molti punti, tra questi uno è indubbiamente rappresentato dal livello di applicazione e sperimentazione. La LCA ha raggiunto una fase di piena maturazione ed è riconosciuta a livello internazionale attraverso le già citate norme ISO (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) che ne delineano i contorni e il contesto di applicazione. Numerosi sono anche i database elaborati al fine di supportare le aziende e gli auditor nell'applicazione di LCA al prodotto. In fase di sperimentazione e di definizione è invece la LCSA, che dispone ancora di pochi casi studio e poca disponibilità di dati almeno per quel che riguarda le dimensioni economiche e sociali. Al fine di tracciare uno stato dell'arte quanto più completo possibile e di individuare pregi e difetti della metodologia LCSA, sono qui dettagliatamente analizzate alcune delle applicazioni al comparto edile. L'utilizzo della suddetta procedura quale strumento a supporto delle decisioni nelle scelte di progettuali di un edificio si propone quale uno dei più completi approcci al fine di ottenere un edificio sostenibile in tutte le sue fasi di vita.

5.2.2. *Life Cycle Sustainability Assessment: metodologia e criteri*

L'analisi di sostenibilità di un prodotto o servizio nel suo intero ciclo di vita può essere definita come:

LCSA = LCA + LCC + S-LCA (Kloepffer, 2008; Finkbeiner et al., 2008; Valdivia et al., 2012), dove:

- LCA (acronimo in inglese di *Life Cycle Assessment*) è la nota e già più volte citata analisi del ciclo di vita di un prodotto/servizio. Essa valuta i carichi ambientali generati dal prodotto in ogni fase del ciclo di vita dello stesso, dall'estrazione delle materie prime fino alla fase di dismissione, identificando i relativi consumi di energia e risorse e le emissioni in ambiente;
- LCC (acronimo in inglese di *Life Cycle Costing*) è l'analisi dei costi diretti e indiretti associati a tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto/servizio considerato (Swarr et al., 2011; Rebitzer et al., 2008);
- S-LCA (acronimo in inglese di *Social Life Cycle Assessment*) è la valutazione degli impatti sociali, positivi e negativi, causati dal prodotto/servizio relativamente ai diversi *stakeholder* coinvolti nel ciclo di vita del prodotto.

Questa equazione, accettata al livello scientifico e industriale, sottolinea la necessità di considerare i tre pilastri della sostenibilità alla stessa stregua (Hunkeler, Rebitzer, 2005) nella valutazione complessiva di sostenibilità di un prodotto. L'equazione che ha un valore formale stabilisce che per ottenere un'analisi completa di sostenibilità di un prodotto nel suo ciclo di vita è necessario applicare contemporaneamente le tre metodologie. È importante sottolineare che l'intera metodologia è stata applicata poche volte e che presenta ancora numerose incertezze nella valutazione degli aspetti sociali e nella fase di interpretazione complessiva, nonché limitazioni nella fase di definizione degli indicatori e nella conseguente fase di raccolta dei dati.

La fase di implementazione della LCSA, come detto in precedenza, segue quanto più è possibile le fasi della LCA, in quanto quest'ultima è l'unica delle tre procedure che gode di uno standard internazionale (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) e dagli anni '60 – nel 1969 il Midwest Research Institute e dopo la Franklin Associates iniziavano uno studio per la Coca-Cola per determinare quale tipo di contenitore della bevanda avesse il minore impatto sull'ambiente e la più bassa richiesta di materia ed energia (Franklin Associates, 1991) – a oggi ha accresciuto il suo livello di applicazione ed è diventata al livello industriale e scientifico uno dei principali modelli di supporto alle decisioni. Testimonianza di tale successo è data dai numerosi database e software presenti oggi in letteratura con cui è possibile modellizzare l'impatto ambientale del ciclo di vita di diversi tipologie di prodotto nel comparto edilizio e non solo.

Nei paragrafi successivi viene proposta una descrizione delle singole metodologie che compongono la LCSA e infine il paragrafo conclusivo che descrive limiti e benefici della loro integrazione e applicazione contemporanea.

5.2.3. *Life Cycle Assessment di un prodotto: applicazione al settore edile*

L'utilizzo dell'analisi del ciclo di vita nelle prime fasi progettuali diventa un importante mezzo di supporto decisionale per i progettisti, consentendo infatti di identificare quali componenti dell'edificio hanno un impatto ambientale minore in termini di risorse e di energia nella loro intera vita. Inoltre la stessa metodologia applicata a tutto l'edificio quale singolo prodotto, consente di individuare le scelte progettuali che condurranno:

- a un minore consumo energetico e di risorse e a un minore impatto ambientale in fase di gestione;
- all'utilizzo di materiali e componenti che, a parità di prestazione richiesta, incidano meno sull'ambiente.

Come accennato in precedenza, la LCA è una procedura standardizzata e le sue fasi con le possibili applicazioni della stessa sono mostrate in figura 5.2.

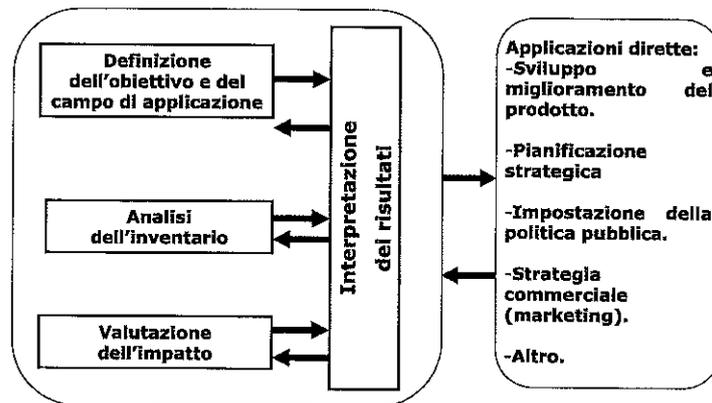


Figura 5.2. Fasi della *Life Cycle Assessment* (ISO 14040, 2006)

Numerose sue applicazioni riguardano il settore edilizio sia per la valutazione dei singoli componenti che per la valutazione dell'intero edificio.

È importante sottolineare che la classica LCA misura gli impatti ambientali potenzialmente generati dal prodotto su scala globale. Infatti i fattori di caratterizzazione che consentono di passare dal dato di inventario al valore di impatto si riferiscono alle principali categorie di impatto ambientale quali effetto serra, acidificazione, eutrofizzazione, e così via. *Impatto ambientale potenziale* significa che non è definito né il momento né il luogo in cui tale impatto avverrà ma se ne definisce la potenzialità complessiva. La variabile tempo è stata recentemente inserita con la *consequential LCA* (Zamagni et al., 2012) con cui è possibile valutare diversi scenari di impatto al variare del tempo.

Numerosi sono i database oggi disponibili per l'analisi degli impatti ambientali della maggior parte degli elementi edilizi. La loro realizzazione è stata possibile grazie al fatto che la globalizzazione della società moderna ha portato al diffondersi degli stessi sistemi industriali in tutto il mondo, rendendo pressoché simili, almeno tecnologicamente, i processi di estrazione, produzione, utilizzo e dismissione dei materiali edili. Inoltre, le materie prime dei diversi elementi edilizi, sono principalmente prodotte nei pochi Paesi che dispongono delle maggiori riserve di tali metalli o materiali che poi vengono esportati in altre nazioni. Questo riduce in numero le tipologie di prodotti edili disponibili e ne omogeneizza ulteriormente le caratteristiche. Esempi di database utili a questo scopo sono quelli contenuti tra i più utilizzati software per l'LCA dei materiali edili. Un sommario più completo dei software oggi disponibili sulla LCA dei materiali edili è riportato in tabella 5.4.

Tabella 5.4. Alcuni dei più conosciuti database sulla LCA dei materiali edili

Database	Breve descrizione	Fonte	Sito internet di riferimento
U.S. Life Cycle Inventory Database	Impatti ambientali su materiali, componenti e assemblati presenti negli USA. È un database on line	National Renewable Energy Laboratory (NREL) e i suoi partner	http://www.nrel.gov/lci/
SimaPro LCA software	È una piattaforma contenente diversi database in particolare Ecoinvent quale riferimento per il calcolo degli impatti	PRé	http://www.pre.nl/simapro/inventory_databases.htm
Building for Environmental & Economic Sustainability (BEES)	È un software che include dati reali riguardanti la prestazione ambientale ed economica di 230 prodotti dell'edilizia. I metodi utilizzati per il calcolo della prestazione ambientale ed economica sono: <i>life-cycle assessment</i> (in accordo agli standard della serie ISO 14040), <i>ASTM standard life-cycle cost</i>	The Building and Fire Research Laboratory of the National Institute of Standards and Technology http://www.nist.gov	http://www.bfrl.nist.gov/oa/software/bees/bees.html
Athena Institute	I database proposti coprono il 90-95% dei sistemi strutturali e d'involucro, tipicamente utilizzati negli edifici residenziali e commerciali. Costituiscono la base dei due software proposti da tale organizzazione: the ATHENA® Impact Estimator for buildings e EcoCalculator for Assemblies ¹ .	ATHENA	http://www.athenasmi.org/tools/database/index.html
The Boustead Model 5.0	Il database all'interno del modello contiene circa 13.000 operazioni unitarie, che coprono un vasto numero di processi di produzione di materiali, combustibili e processi di trasporto. In dettaglio, i relativi dati sono contenuti nel gruppo di file chiamato <i>core data</i>	Boustead Consulting Ltd	http://www.boustead-consulting.co.uk/products.htm
GaBi	Oltre ai database standard (<i>lean e professional</i>) sono disponibili anche diversi <i>extension databases</i> . I dati presenti riguardano i metalli, i prodotti intermedi organici e inorganici, i materiali plastici, i materiali minerali, la fornitura di energia, i processi di smaltimento, i materiali da costruzione, i materiali tessili, ecc.	PE Europe GmbH and IKP University of Stuttgart.	http://www.gabisoftware.com/gabi/databases1/
Economic Input-Output Life Cycle Assessment (EIO-LCA)	I risultati provenienti dall'impiego di tale strumento on line forniscono una guida sui relativi impatti di differenti tipologie di prodotti, materiali, servizi o industrie riguardo all'uso di risorse ed emissioni nella filiera di produzione	The Green Design Institute	http://www.eiolca.net
Building Life-Cycle Cost (BLCC)	Consente di condurre analisi economiche valutando l'efficacia di costo di alternative di edifici e sistemi o componenti edilizi	The National Institute of Standards and Technology (NIST)	http://www1.eere.energy.gov/femp/information/download_blcc.html

¹ L'EcoCalculator for Assemblies utilizza anche dati provenienti dal US Life Cycle Inventory Database.

Un particolare riferimento va fatto ai numerosi tentativi di costruire un database di risultati del parco edilizio italiano (Neri et al., 2007; Masoni et al., 2006). L'Italia, infatti, svolge un ruolo di leadership europea nell'elaborazione dei criteri Eco-label (Franzitta et al., 2011) per un intero edificio. Come stabilito dalla norma ISO 14024 (ISO 14024, 2001) infatti, è proprio attraverso una valutazione degli impatti ambientali generati da un prodotto nel suo intero ciclo di vita che è possibile elaborare i criteri e i limiti numerici che devono essere rispettati da coloro che vogliono richiedere una etichettatura di tipo 1, quale è appunto il marchio Eco-label europeo (noto anche come European Flower).

Al fine di confrontare diverse tipologie di edificio o di singoli componenti attraverso l'analisi del ciclo di vita, è necessario che sia considerato lo stesso o equivalente sistema di prodotto e che sia scelta la stessa unità funzionale, a cui verranno riferiti i risultati di impatto. L'unità funzionale rappresenta la prestazione quantificata del prodotto utilizzata come unità di riferimento. Quest'ultima cambia a seconda del gruppo di prodotti. Un esempio di unità funzionale per il settore edilizio è: metro quadro di marmo o copertura dura che ha la funzione di ricoprire e isolare le superfici di un ambiente e che ha delle prestazioni anche estetiche di abbellimento e miglioramento dell'ambiente.

I risultati ottenuti dall'analisi di inventario LCI (acronimo del termine inglese *Life Cycle Inventory*) possono anche essere espressi in indicatori finali di impatto (indicatori Endpoint), quali per esempio "danno alla salute umana" o "danno alla qualità degli ecosistemi" (Goedkoop M., Spriensma, R, 2001), attraverso alcuni fattori di caratterizzazione che rappresentano l'intensità degli impatti su ognuna di tali categorie.

Altri indicatori, detti di *Midpoint* perché rappresentano gli impatti ambientali attraverso indicatori di passaggio, sono: l'energia incorporata (*Embodied Energy*), il GWP (*Global Warming Potential*, effetto sui cambiamenti climatici potenziale), l'acidificazione e così via.

5.2.4. *Life Cycle Costing: metodologia, criteri ed eventuali applicazioni al settore edile*

Il concetto di LCC possiede la stessa importanza e riscuote lo stesso interesse nel supportare lo sviluppo di prodotto al fine di conciliare le esigenze di riduzione dei costi con quelle di una migliore performance ambientale, tenendo in considerazione costi e carichi ambientali non solo entro i confini aziendali, ma coinvolgendo, in una prospettiva più olistica, processi e operatori a monte e a valle della filiera (*supply chain*) (Rebitzer e Hunkeler, 2005; Bennett e James, 1997).

La *Life Cycle Costing* (LCC) nella sua configurazione originaria non nasce come strumento di contabilità ambientale ma al contrario come uno strumento di consolidato impiego nell'ambito della contabilità direzionale (Horngren et al., 2002; Atkinson et al., 1998) con il principale obiettivo di monitorare i costi e perseguire una riduzione degli stessi. Tuttavia, per essere impiegato nell'ambito della LCSA come controparte economica di un approccio tipo analisi del ciclo di vita (Saur et al., 2003; Klöppfer, 2003), la LCC deve fondarsi su un'analisi sistematica che sia complementare e coerente con la corrispondente valutazione ambientale (Rebitzer e Hunkeler, 2003). Un'importante condizione, affinché si possano effettivamente ottenere delle sinergie dalla contestuale implementazione di LCA e LCC, è che i confini del sistema, l'unità funzionale e le principali ipotesi siano le stesse in entrambe le metodologie.

Una delle possibili definizioni di LCC ricavata da un'elaborazione di alcune tra quelle proposte in letteratura (Rebitzer e Hunkeler, 2003; Schaltegger e Burritt, 2000; White et al., 1996; Weitz et al., 1994) è la seguente: "il LCC si configura come uno strumento a supporto delle decisioni aziendali che consente di guardare a entrambe le dimensioni (quella economica e quella fisica) (Bartolomeo et al., 1997; Burritt et al., 2003) della contabilità ambientale, considerando tutti i costi interni, effettivamente sostenuti ovvero stimati, ed esterni associati a un sistema, prodotto, processo o attività sostenuti dai molteplici attori operanti nell'arco del suo intero ciclo di vita con riguardo a una specifica unità funzionale". Va rilevato però, che se la LCC è applicata non come unico strumento di valutazione ambientale ed economica ma come metodologia complementare alla LCA, particolare attenzione va posta nella valutazione doppia dei carichi ambientali. Infatti, in accordo con la recente pubblicazione SETAC *Environmental Life Cycle Costing – A code of conduct* (Swarr et al., 2011) la LCC non intende presentarsi come unica metodologia di valutazione delle prestazioni di sostenibilità di un prodotto ma bensì come la componente economica della stessa. Pertanto ai fini di una corretta determinazione delle performance economiche di un prodotto, è necessario considerare tutti i *cash flow* o flussi di denaro affrontati da uno stesso *stakeholder* lungo il ciclo di vita del prodotto.

Nell'accezione accolta, la metodologia LCC permette, così, di determinare, con riferimento all'unità funzionale di prodotto considerata, in ciascuno stadio del ciclo di vita dello stesso, una configurazione di costo che si estende al di là dei confini della singola unità economica di produzione. In altri termini la LCC considera il ciclo di vita di un prodotto diviso nelle seguenti fasi (Rebitzer e Hunkeler, 2005):

- ricerca e sviluppo;
- produzione di materie prime e di componenti;
- produzione del prodotto;
- uso e gestione del prodotto;
- fine vita del prodotto.

In ognuna di queste fasi essa considera tutti i flussi in entrata e in uscita in termini di costi interni, costi esterni e ricavi, dove:

- i costi interni sono tutti i costi e i ricavi all'interno del sistema considerato e direttamente sostenuti per le fasi di produzione, uso, ecc.;
- i costi esterni sono i costi ambientali e non, che hanno già caratterizzato un flusso reale di denaro. Un esempio di costi esterni sono per esempio tasse e multe pagate per la produzione di rifiuti e di emissioni.

Nelle esternalità ambientali non vanno monetizzati i danni ambientali potenziali e che non hanno provocato alcun reale flusso di denaro perché altrimenti si incorrerebbe in quello che è stato definito *double counting* o *doppio conteggio delle esternalità ambientali*. Infatti, i danni ambientali potenziali sono tutti oggetto di valutazione della complementare LCA.

Tutte le alternative di prodotto e di scenario sono quindi infine caratterizzate, attraverso l'analisi LCC, nell'ambito di un "portafoglio", sulla base, da un lato, dei costi interni del ciclo di vita e dall'altro, dei costi ambientali, da un unico indicatore sintetico più o meno

complesso che è facilmente espresso in unità monetarie (Saling, 2002; Rebitzer, 2002; Kasai et al., 2002; Stutz et al., 2002; Takamura, 2001).

La LCC è stata applicata diverse volte e numerosi risultati di tali applicazioni al settore edile sono disponibili in letteratura. Un esempio di queste applicazioni è stato realizzato e pubblicato nel 2008 dal Lijing et al. (Lijing et al., 2008). In questo caso la valutazione è stata eseguita su un intero edificio governativo di 30 piani per confrontare cinque diverse tipologie di facciate e le relative performance economiche e ambientali. Al fine di facilitare l'applicazione di tale metodologia, anche in questo caso sono stati elaborati alcuni software.

Inoltre per facilitare la contemporanea applicazione delle valutazioni ambientale ed economica alcuni tra i più utilizzati software a supporto dell'analisi del ciclo di vita sono stati aggiornati e predisposti con dati e tabelle adatte per l'implementazione della LCC.

Un esempio recente di applicazione della LCC e della LCA è quello condotto da Peri et al. (2012) sulle coperture a verde. Lo studio condotto dai ricercatori è finalizzato a fornire un contributo nel coprire un *gap* degli studi di valutazione economica (LCC e analisi costi/benefici) dei tetti verdi rintracciabili in letteratura, rappresentato dall'assenza dei costi di smaltimento. In maggior dettaglio, gli autori hanno applicato a un tetto verde estensivo reale, la cui area totale è 82 m², situato in un'area mediterranea (Sicilia), la procedura proposta da D.G. Woodward per condurre una LCC (Woodward, 1997), estendendo però la valutazione anche ai costi di smaltimento. Contestualmente, gli autori hanno applicato sullo stesso tetto verde una classica metodologia LCA includendo però nell'analisi anche l'intero ciclo di vita del substrato, elemento invece trascurato nei precedenti studi rintracciabili in letteratura (Saiz et al., 2006; Kosareo e Ries, 2007). Per entrambe le analisi è stata scelta la stessa unità funzionale e gli stessi confini del sistema, che includono: estrazione delle materie prime, produzione dei componenti del tetto verde, installazione dei componenti, uso/manutenzione e smaltimento.

Le figure 5.3 e 5.4 riportano alcuni dei risultati ottenuti applicando la LCC. In particolare, va rilevato che, per ottenere il grafico di figura 5.4, che indica il costo totale annuo che il proprietario di un tetto verde dovrebbe sostenere nell'intero ciclo di vita del tetto, è stata applicata una comune procedura per l'attualizzazione di un assegnato costo capitale (Tarquin, 2005).

La figura 5.5 riporta, invece, per ciascuna categoria d'impatto, il contributo delle singole fasi del ciclo di vita al potenziale carico ambientale complessivo del caso-studio su quella categoria di impatto.

Una delle principali difficoltà emersa dall'inclusione del costo di smaltimento nella LCC dei tetti verdi è consistita nell'identificazione del più idoneo metodo di smaltimento per il substrato. Ciò discende sia dal fatto che questo tipo di prodotto non è stato ancora classificato nel catalogo europeo dei rifiuti, sia dal fatto che nelle schede tecniche fornite dai produttori del substrato non è data alcuna indicazione al riguardo.

Altre difficoltà emerse dall'inclusione dell'intero ciclo di vita del substrato nella LCA riguardano principalmente la possibilità di ottenere dati primari specialmente inerenti i consumi di energia e risorse per la produzione e smaltimento del substrato (i dati secondari utilizzati nell'applicazione provengono, per la maggior parte, dal database Ecoinvent (Goedkoop et al., 2010)) e i valori netti stimati delle emissioni di NO_x e N₂O provenienti dai substrati fertilizzati utilizzati nei tetti verdi.

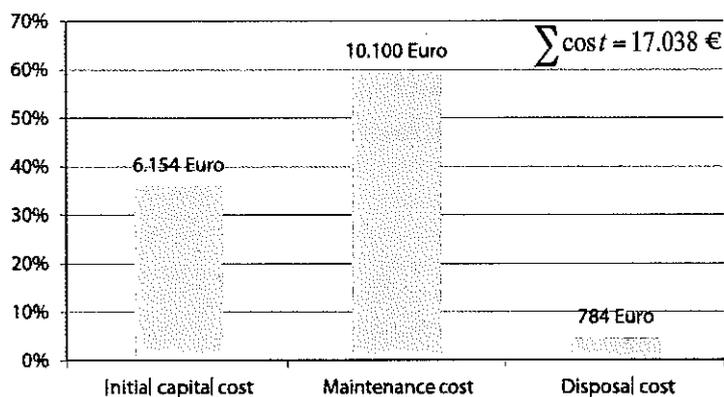


Figura 5.3. Contributo di ciascuna fase del ciclo di vita all'intero costo del ciclo di vita del caso-studio (costi non attualizzati)

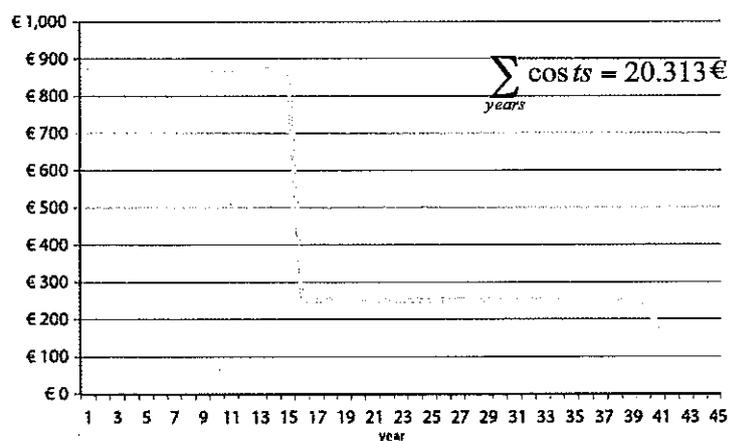


Figura 5.4. Costo che l'utente finale del tetto verde esaminato dovrebbe sostenere annualmente per l'intero ciclo di vita del tetto (costi attualizzati)

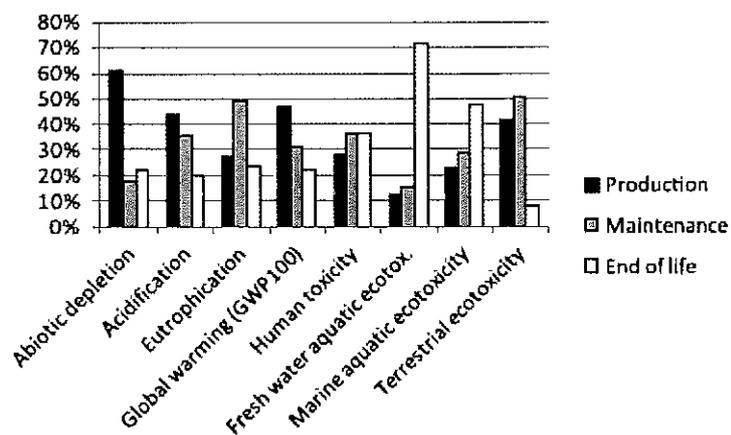


Figura 5.5. Valutazione di impatto ambientale di un tetto verde estensivo reale

5.2.5. Social Life Cycle Assessment: metodologia, potenzialità e limiti

Il terzo pilastro della LCSA è l'analisi degli impatti sociali generati da un prodotto nel suo intero ciclo di vita. Delle tre procedure finora analizzate, la social LCA è quella che presenta le maggiori difficoltà di applicazione perché, nonostante numerosi progetti di ricerca (Joergensen et al., 2008; Hauschild et al., 2008), molte sono ancora le incognite nella sua implementazione pratica e teorica.

In tempi recenti l'interesse verso questa parte dell'analisi di sostenibilità è aumentato e ciò ha portato alla redazione di numerosi articoli su riviste scientifiche (Nazarkina et al., 2006; Labuschagne et al., 2006; Griesshammer R., 2004) e alla pubblicazione delle prime linee guida da parte di un gruppo di ricercatori sponsorizzati dalla UNEP SETAC (Benoît et al., 2010; UNEP, 2009).

In accordo con le linee guida e coerentemente con le altre due metodologie discusse in precedenza, anche in questo caso il sistema scelto, l'unità funzionale di prodotto e tutte le ipotesi fatte per i due studi precedenti devono essere verificate in questa fase di analisi. La procedura con cui dovrebbe essere applicata la S-LCA, come riportato nelle linee guida, ripercorre anche questa volta le fasi della LCA. Nonostante ciò tra la LCA e la S-LCA vi sono numerose differenze tra le due tecniche di valutazione: prime fra tutte la mancanza di un set di indicatori standardizzato e/o ampiamente accettato dalla comunità scientifica per la misurazione degli impatti sociali. Nonostante i numerosi tentativi per la definizione di indicatori sociali (Dreyer et al., 2006; Hunkeler, 2006; Joergensen et al., 2008) non è ancora stato definito un set minimo di indicatori per la valutazione sociale di un prodotto. La definizione di tale set di indicatori è ulteriormente complicata dal fatto che nel caso della S-LCA la valutazione e le categorie di impatto variano al variare del portatore di interesse considerato. Infatti mentre il principale ruolo dei diversi portatori di interesse o *stakeholder*, nella LCA si svolge all'atto dell'approvazione della bozza di analisi e i risultati della valutazione ambientale non variano al variare del gruppo di *stakeholder* interessato, nella S-LCA essi giocano un ruolo prioritario. La variabilità degli impatti e degli indicatori al variare dei portatori di interesse come riportato nelle linee guida è riportato dallo schema in tabella 5.5.

Tabella 5.5. Categorie di impatto relative ai portatori di interesse (UNEP/SETAC, 2009)

<i>Stakeholder "worker"</i>		<i>Stakeholder "comunità locale"</i>	
1	Libertà di associazione	18	Accesso a risorse materiali
2	Lavoro minorile	19	Accesso a risorse immateriali
3	Giusto stipendio	20	Delocalizzazione e migrazione
4	Ore lavorative	21	Eredità culturale
5	Lavoro forzato	22	Sicurezza e benessere nelle condizioni di vita
6	Pari opportunità/discriminazione	23	Rispetto dei diritti degli abitanti locali
7	Salute e sicurezza	24	Coinvolgimento delle comunità locali
8	Benefici sociali e sicurezza sociale	25	Occupazione locale
<i>Stakeholder "consumatori"</i>		26	Sicurezza nelle condizioni di vita
9	Salute e sicurezza	<i>Stakeholder "società"</i>	
10	Meccanismi di feedback	27	Coinvolgimento pubblico nelle tematiche sulla sostenibilità
11	Privacy dei consumatori	28	Contributo allo sviluppo economico
12	Trasparenza	29	Prevenzione e mitigazione dei conflitti armati

Compatibilità ambientale nella certificazione energetica ■ cap 5

13	Responsabilità di fine vita del prodotto	30	Sviluppo tecnologico
Stakeholder "catena del valore che non include il consumatore"		31	Corruzione
14	Leale competizione		
15	Promozione delle responsabilità sociale		
16	Rapporti coi fornitori		
17	Rispetto di diritti di proprietà intellettuale		

Conformemente alle linee guida (UNEP/SETAC, 2009) un altro gruppo scientifico organizzato dalla SETAC UNEP LCI ha proposto per ogni sottocategoria di impatto una tavola metodologica dove sono state suggeriti:

- indicatori per una valutazione generica, valutazione dei rischi e delle opportunità sociali a livello nazionale o di settore;
- indicatori per una valutazione specifica a livello di prodotto/azienda (Benoit-Norris et al., 2011).

Un'altra importante differenza tra la LCA e la S-LCA è rappresentata dalla forte dipendenza dei dati e della significatività dell'impatto rispetto alle condizioni locali. Questa caratteristica dà particolare importanza alla disponibilità di dati primari al variare dell'area geografica. Infatti, gli impatti sociali di un prodotto, il cui ciclo di produzione è distribuito tutto in Paesi emergenti o in via di sviluppo con molta probabilità interesserà impatti sociali relativi ai diritti umani e ai diritti dei lavoratori, contrariamente a uno stesso prodotto con lo stesso livello tecnologico il cui ciclo di produzione è in Paesi europei dove i diritti dei lavoratori sono regolati da leggi più restrittive che assicurano migliori condizioni lavorative.

Un'analisi dei principali rischi sociali o analisi *hotspots* dei Paesi in cui è distribuito il ciclo di vita di un prodotto permette non solo di identificare rischi e opportunità sociali che il prodotto e il suo ciclo di vita potrebbe avere ma anche di identificare le priorità sociali su cui focalizzare l'analisi di inventario.

Un esempio di rischio trasformato in impatto positivo si ha quando un'azienda produce in un Paese con un alto rischio di lavoro minorile, ma essa non solo non ne fa uso, ma supporta finanziariamente i propri lavoratori nell'educazione primaria dei figli e le comunità locali nella costruzione di scuole e infrastrutture. Pertanto il ciclo produttivo di tale prodotto avrà un impatto più che positivo sui lavoratori e sulle comunità locali; stesso impatto positivo non si potrebbe avere se invece l'azienda e il relativo ciclo produttivo fossero stato sviluppati in un paese industrializzato.

Un primo esempio di database per la valutazione *hotspots* (punti caldi o principali criticità) degli impatti sociali, e/o per una valutazione generica (come è definita dalle tavole metodologiche una valutazione sociale dei rischi a livello regionale e settoriale) è rappresentato dal Social Hotspots Database. Il database è stato realizzato da un progetto della New Earth in United States nel 2009 ed è stato recentemente aggiornato (Benoit-Norris, 2013). Esso permette di avere la valutazione dei rischi di molte delle sottocategorie di impatto sociale introdotte dalle linee guida per la maggior parte dei Paesi nel mondo.

Non sono molte le applicazioni (Kruse S.A., 2008) della S-LCA finora realizzate e tra queste quelle riguardanti i materiali o componenti edilizi sono solo tre: il marmo (Capi-

tano et al., 2011), il tetto verde (Peri et al., 2010) e il pannello fotovoltaico (Traverso et al., 2012b). Quest'ultimo non può essere totalmente considerato un componente edilizio, bensì un elemento a supporto di un edificio per la produzione di energia elettrica.

Il caso del marmo verrà trattato nel paragrafo relativo all'analisi di sostenibilità, infatti esso rappresenta uno dei primi casi di applicazione pratica della LCSA al prodotto (Capitano et al., 2011).

Per quanto riguarda l'applicazione della S-LCA al tetto verde, l'approccio metodologico proposto da Peri et al. (2010) fa principalmente riferimento a quello proposto dalle linee guida UNEP SETAC (UNEP, 2009), anche se ne prende le distanze per l'individuazione delle caratteristiche socialmente rilevanti da valutare e quindi dei relativi indicatori per ciascuna categoria di *stakeholder*. In maggior dettaglio, gli autori propongono al riguardo:

- a) un approccio di tipo *bottom-up*, per ciò che riguarda i *consumers*, la *local community*, e la *society*. Tale approccio presuppone dunque la definizione di indicatori sociali *ex-novo* per queste categorie di *stakeholder*;
- b) un approccio di tipo *top-down* per ciò che riguarda i *workers* (lavoratori). In prima istanza, le tematiche sociali di interesse da valutare potrebbero essere quelle proposte per tale categoria nelle linee-guida UNEP.

Per il caso in esame non sono stati individuati altri gruppi di persone che potrebbero ricadere nella categoria *value chain actors*.

Con riferimento al punto a) i ricercatori hanno individuato alcuni tra i potenziali impatti sociali di un tetto verde o di più tetti verdi rispetto ai *consumers*, *local community* e *society*, lungo l'intero ciclo di vita e proposto possibili indicatori sociali per ciascuna di queste categorie di *stakeholders* (figura 5.6).

CATEGORIA DI STAKEHOLDERS	POTENZIALI IMPATTI SOCIALI	PERCHE?	POSSIBILI INDICATORI SOCIALI
Occupanti l'edificio	Benessere generale e salute	<ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento delle condizioni indoor • Fornitura di spazi verdi per scopi di interazione sociale e relax 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura dell'aria indoor • Livello di pressione sonora indoor • Superficie resa accessibile
Comunità locale	Benessere generale e salute	<ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento della qualità dell'aria • Mitigazione dell'effetto "Isola di calore" • Fornitura di spazi verdi per scopi di interazione sociale e relax 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrazione locale di NOx, SOx e particolato • Temperatura dell'aria esterna • Superficie resa accessibile.
	Sviluppo economico locale	Contributo al miglioramento della produzione agricola in aree urbane e suburbane.	Produzione agricola/m ²
Società	Creazione di posti di lavoro		Numero di posti di lavoro generati

Figura 5.6. Potenziali impatti sociali di uno o più tetti verdi in un contesto urbano e proposta di un possibile set di indicatori sociali (fonte: Peri G., Rizzo G., Traverso M., Finkbeiner M., *Un possibile approccio "Social LCA" per le coperture a verde*, Atti di Ecomondo 2010, "Ambiente-economia. Nel cuore delle azioni", pp. 1171-1176, ISBN 978-88-387-5935-9, Maggioli Editore, 2010

Nel lavoro è espressa altresì la necessità di definire, in funzione dello scopo specifico per cui si esegue una S-LCA, due distinte procedure, ciascuna caratterizzata da un certo numero di categorie di *stakeholders* rispetto a cui valutare gli impatti e da un set di indicatori sociali. La tabella 5.6 illustra l'approccio metodologico proposto con l'indicazione per ogni procedura S-LCA delle categorie di *stakeholders* da valutare e dei possibili indicatori sociali per ciascuna categoria.

Tabella 5.6. Possibile approccio metodologico per la S-LCA dei tetti verdi

Scopo della SLCA	Sistema da analizzare	Procedura della SLCA da adottare	Categorie di <i>stakeholders</i> da prendere in esame	Possibili indicatori sociali
Paragonare due sistemi di copertura a verde	Implementazione di un tetto verde	Procedura 1: SLCA di un singolo tetto verde	Occupanti l'edificio	Temperatura dell'aria indoor Livello di pressione sonora indoor Superficie resa disponibile
			Lavoratori	Libertà di associazione Lavoro minorile Salario equo Ore lavorative Lavoro forzato Pari opportunità/discriminazione Salute e sicurezza Benefici sociali/sicurezza sociale
Paragonare due diverse tecnologie di copertura (ad esempio la tipologia "tetto verde" vs. la tipologia "tetto tradizionale")	Implementazione su larga scala dei tetti verdi	Procedura 2: SLCA dei tetti verdi	Occupanti l'edificio	Temperatura dell'aria <i>indoor</i> Livello di Pressione sonora <i>indoor</i> Superficie resa disponibile
			Comunità locale	Livelli di NOx, SOx e particolato Temperatura dell'aria esterna Superficie resa accessibile Produzione agricola/m ²
			Società	Numero di posti di lavoro generati
			Lavoratori	Libertà di associazione Lavoro minorile Salario equo Ore lavorative Lavoro forzato Pari opportunità/discriminazione Salute e sicurezza Benefici sociali/sicurezza sociale

5.2.6. LCSA applicata al comparto edilizio. Fase di interpretazione dei risultati

L'analisi completa delle prestazioni di sostenibilità, come accennato in precedenza, si ottiene attraverso la contemporanea applicazione delle tre metodologie LCA, LCC e S-LCA (Finkbeiner et al., 2010). Una prima pubblicazione per guidare gli esperti di LCA nell'applicazione della LCSA è stata realizzata da un gruppo di ricerca sponsorizzato dalla UNEP SETAC LCI (Valdivia et al. 2012) dove sono presentati teoria ed esempi pratici di ognuna delle tre e della complessiva LCSA (UNEP/SETA, 2012).

In accordo con lo schema di applicazione introdotto dalla pubblicazione e dalla ISO 14040, vanno pertanto definite: l'unità funzionale e i confini del sistema di prodotto, il/i portatori di interesse da considerare, i dati di inventario e così via.

Il sistema da considerare deve includere tutte le unità di processo che producono almeno un impatto rilevante, sul piano sociale o ambientale o economico. È evidente che particolare attenzione deve essere riposta alla valutazione degli impatti sociali ed economici al fine di evitare qualsiasi fenomeno di doppio conteggio degli stessi. Pertanto se per esempio il livello di occupazione determinato da un prodotto è valutato quale impatto economico, nel campo sociale tale indicatore non deve essere più considerato.

La procedura completa non dispone di molte applicazioni pratiche e nemmeno di database aggiornati, anche se uno dei software in commercio ha già predisposto il suo database per l'inserimento dei dati sociali includendo alcuni indicatori relativi ai diritti umani e dei lavoratori, dando così la possibilità agli utilizzatori di sperimentare l'implementazione contemporaneamente delle LCA, LCC e S-LCA. Per far ciò è necessario comunque collezionare dati primari relativi agli indicatori economici e sociali che sono predisposti nel database.

Una delle prime applicazioni della LCSA è stata realizzata sulle coperture dure e in particolare sul marmo, quest'ultimo esempio è stato riportato anche nella pubblicazione UNEP/SETAC (2012). Il caso studio è il risultato di un progetto di ricerca tra l'Università Tecnica di Berlino, l'Università di Palermo e due aziende rappresentative del comparto del marmo di Custonaci. Il risultato di tale LCSA è dettagliatamente descritto nell'articolo di Capitano et al. del 2011, mentre la fase di interpretazione dei risultati è stata realizzata attraverso l'applicazione del Life Cycle Sustainability Dashboard (LCSD) (Traverso et al., 2012a).

Il LCSD è una particolare applicazione del Cruscotto di Sostenibilità (Jesinghaus, 2000) introdotta da Traverso et al. (2012b) per supportare l'interpretazione dei risultati di un'analisi completa di sostenibilità di prodotto.

Il LCSD consente di operare un confronto delle prestazioni di sostenibilità di più prodotti della stessa tipologia e relativi alla stessa unità funzionale. Esso si presta quale database di raccolta dei risultati ottenuti dalla LCSA al fine di supportare la fase di interpretazione degli stessi. La visualizzazione dei risultati di confronto può essere presentata al livello di singola categoria di impatto, di ambito (ambientale, sociale o economico) o di indice di performance di sostenibilità complessivo. Quest'ultimo non è assolutamente consigliato dalla comunità scientifica perché poco trasparente e troppo complesso.

Il software LCSD, una macro di Excel®, è stato predisposto inserendo tutti gli indicatori utilizzati per la LCSA e che sono a loro volta raggruppati nei tre ambiti LCA, LCC e S-LCA. Una volta inseriti i risultati di ogni prodotto, il software ordina per indicatore i valori assunti da ogni prodotto assegnando alla migliore performance il punteggio 1000 (verde scuro per esempio il valore più basso di GWP) e alla peggiore 0 (rosso scuro il valore più alto di GWP), ai valori intermedi viene assegnato un punteggio ottenuto con l'interpolazione lineare dei due estremi (il colore varia da verde chiaro, giallo fino a rosso chiaro). A ogni indicatore può essere assegnato un peso diverso a seconda delle priorità strategiche dei portatori di interesse e il valore di performance dell'ambito (LCA o LCC o S-LCA) è ottenuto con la media ponderata dei punteggi dei relativi indicatori. A sua volta il punteggio di indice di performance di sostenibilità di ogni prodotto è ottenuto dalla media aritmetica dei punteggi relativi alle tre analisi: LCA, LCC e S-LCA.

È evidente che la valutazione di sostenibilità ottenuta dall'indice complessivo di performance è relativa ai prodotti inseriti nel database, pertanto, se un prodotto ottiene il

punteggio più alto per la LCC, si può solo dire che esso ha la migliore performance economica tra i prodotti considerati. Un esempio di possibile visualizzazione dei risultati è riportato in figura 5.7.

È sempre possibile visualizzare il dato originale di ogni indicatore contemporaneamente al punteggio e al colore. Questa caratteristica fa della LCSD un ottimo strumento di supporto alle decisioni in cui esperti e non esperti sono ugualmente chiamati a decidere. Il LCSD è solo uno dei possibili strumenti di interpretazione dei risultati LCSD (Finkbeiner et al., 2010) ma la sua flessibilità nel presentare i risultati di confronto in maniera semplice, trasparente e completa ne fa uno dei più adatti mezzi di supporto alle decisioni. Dall'altro lato, è importante che la sua implementazione sia realizzata da mani esperte del settore, perché la possibilità di inserire pesi diversi per ogni indicatore e conseguentemente variare la valutazione complessiva ne fa uno strumento sensibile e poco oggettivo se utilizzato in maniera poco attenta.

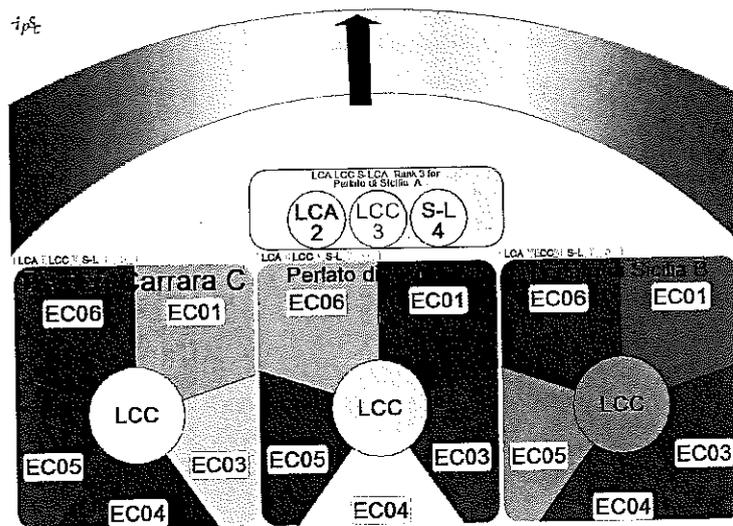


Figura 5.7. Esempio di visualizzazione dei risultati del LCSD relativi alle performance economiche di tre tipi di marmo (da Capitano et al., 2011)

5.2.7. Bibliografia

- Atkinson A.A., Banker R.D., Kaplan R.S., Young S.H., *Management Accounting. Una prospettiva fondata sulle attività*, 2nd edition, ISEDI, Torino, 1998.
- Bartolomeo M., Borghini S., Ranghieri F., Sammarco G., *I concetti chiave della contabilità ambientale*, in Bartolomeo M. (a cura di), *La contabilità ambientale d'impresa*, Il Mulino, Bologna, 1997.
- Bennett M., James P., *Environmental-related Management accounting: current practice and future trends*, in Backman M., Thun R. (eds.), *Total Cost Assessment*, Proceedings of the International Experts Seminar, Nagu, Åbolands Län, Finland, June 15-17, 1997.
- Benoît-Norris C., Aulisio Cavan D., Gregory Norris G., *Identifying Social Impacts in Product Supply Chains: Overview and Application of the Social Hotspot Database Sustainability*, 4(9), 1946-1965, 2012.

- Benoît-Norris C., Vickery-Niederman G., Valdivia S., Franze J., Traverso M., Ciroth A., Mazijn B., *Introducing the UNEP/SETAC methodological sheets for subcategories of social LCA*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 2011-05-31, Springer Berlin/Heidelberg, pp. 1-9, 2011.
- Benoît C., Norris G.A., Valdivia S., Ciroth A., Moberg A., Bos U., Prakash S., Ugaya C., Beck T., *The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time!*, Int J Life Cycle Assess (2010) 15:156-163, 2010.
- Boustead I., *General principles for life cycle assessment databases*, 1993. Journal of Brundtland Commission, *Our Common Future*, published by Oxford University Press.
- Burritt R.L., Hahn T., Shaltegger S., *An integrative framework of Environmental Management Accounting – consolidating the different approaches of EMA into common framework and terminology*, in Bennett M., Bouma J.J., Wolters (eds.), *Environmental Management Accounting: informational and institutional developments*, Kluwer Academic Publishers, London, 2003.
- Capitano C., Traverso M., Rizzo G., Finkbeiner M., *Life Cycle Sustainability Assessment: An Implementation to Marble Products*, Proceedings of the LCM 2011 Conference, Berlin, 29-31 August 2011, www.lcm2011.org, 2011.
- Emblemsvåg J., *Activity-Based Life-Cycle Costing*, Managerial Auditing Journal, 16 (1):17-27, 2001.
- Finkbeiner M., Schau E., Lehmann A., Traverso M., *Towards life cycle sustainability assessment*, Sustainability, 2(10), 3309-22, 2010.
- Finkbeiner M., Reimann K., Ackermann R., *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) for products and processes*, Paper presented at SETAC Europe 18th Annual Meeting, 25-29 May 2008, Warsaw, Poland, 2008.
- Franklin Associates, *Product Life-Cycle Assessment: Guidelines and Principles*, EPA Report #68-CO-0003, 1991.
- Franzitta V., La Gennusa M., Peri G., Rizzo G., Scaccianoce G., *Toward a European Eco-label Brand for Residential Buildings: Holistic or By Components Approaches?*, Energy 36 (2011) 1884-1892, Published by: ELSEVIER SCIENCE LTD., 2011.
- Griesshammer R., *Substance and product chain management with PROSA*, Sustainable Chemistry – Integrated Management of Chemicals, Products and Processes conference, Veranstalter OECD, BMU, UBA, BauA, Berlin 27., 29/1/2004.
- Goedkoop M., De Schryver A., Oele M., Durksz S., De Roest D., 2010, *SimaPro User Manual*, PRé Consultants B.V., The Netherlands
- Goedkoop M., Spriensma R., *The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report*, Amersfoort 2001, Third edition, 2001.
- Hauschild M.Z., Dreyer L.C., Joergensen A., *Assessing social impacts in a life cycle perspective – lessons learned*, CIRP Annals – Manufacturing Technology 57:21-24, 2008.
- Horngren C.T., Datar S.M., Foster G., *Cost Accounting. A managerial emphasis*, 11th edition, Prentice Hall, 2002.
- Hunkeler D., Rebitzer G., *The Future of Life Cycle Assessment*, Int. J LCA 10 (5) 305-308, 2005.
- ISO 14024, 2001, *Etichette e dichiarazioni ambientali – Etichettatura ambientale di Tipo I – Principi e procedure*, 2001.
- ISO 14040, 2006, *Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and framework*, International Organisation for Standardization, 2006.
- ISO 14044, 2006, *Environmental management – life cycle assessment – Requirements and Guidelines*, Geneva, International Organisation for Standardization, 2006.
- Jesinghaus J., *On the art of aggregating apples & oranges*, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milan, 2000.

- Joergensen A., Le Bocq A., Nazarkina L., Hauschild M., *Methodologies for Social Life Cycle Assessment*, Int. J LCA 13 (2) 96-103, 2008.
- Kasai J., Otake T., Takahashi M., *Life Cycle Costs and LCA Results on Actual Recycling Activities for Automotive Plastic Parts*, Proceedings of the Fifth International Conference on Eco Balance, November 6-8, 2002, Tsukuba, Japan, 2002.
- Kloepffer W., *Life-Cycle Based Methods for Sustainable Product Development*, Editorial for the Life Cycle Management (LCM) Section in Int. J LCA 8,157-159, 2003.
- Kloepffer W., *Life Cycle Assessment of Products*, Int. J LCA 13 (2) 89-95, 2008.
- Kosareo L., Ries R., *Comparative environmental life cycle assessment of green roofs*, Building and Environment 42, 2606e2613, 2007.
- Labuschagne C., Brent A.C., *Social Indicators for Sustainable Project and Technology Life Cycle Management in the Process Industry*, Int. J LCA 11 (1) 3-15, 2006.
- Lijing G., Borong L., Yingxin Z., Daojin G., Mingxing H., Jiazi G., *Integrated Assessment Method for Building Life Cycle Environmental and Economic Performance*, Build Simul (2008) 1: 169-177, 2008.
- Masoni P., Balazs S., Scimia E., Raggi A., *VerdEE: a tool for adoption of life cycle assessment in small and medium sized enterprises in Italy*, Progress in Industrial Ecology, an International Journal, Volume 1, Numbers 1-3/2004, pp. 203-228, 2006.
- Nazarkina L., Le Bocq A., *Social aspect of Sustainability Assessment: Feasibility Of Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*, EDF, Moretsur-Loing, France, 2006.
- Neri P., Basti A., Cervino M., Di Croce D., Massone A., Monticelli C., *Verso la Valutazione Ambientale degli Edifici: Life Cycle Assessment a supporto della progettazione eco-sostenibile*, ALINEA Editrice s.r.l., Firenze, 2007.
- Peri G., Rizzo G., Traverso M., Finkbeiner M., *Un possibile approccio "Social LCA" per le coperture a verde*, Atti di Ecomondo 2010 "Ambiente-economia. Nel cuore delle azioni", pp. 1171-1176, Maggioli Editore, 2010.
- Peri G., Traverso M., Finkbeiner M., Rizzo G., *The cost of green roofs disposal in a life cycle perspective: covering the gap*, Energy, 48, pp. 406-414, 2012.
- PRE Consultants, *SimaPro 7*, Pré-Product Ecology Consultants, The Netherlands, <http://www.pre.nl>, 2006.
- Rebitzer G., *Integrating Life Cycle Costing and Life Cycle Assessment for Managing Costs and Environmental Impacts in Supply Chains*, in Seuring S., Goldbach M. (editors), *Cost Management in Supply Chains*, Heidelberg, Physica-Verlag, 2002.
- Rebitzer G., Hunkeler D., *Life Cycle Costing in LCM: ambitious opportunities and limitations, discussing a framework*, Int. J. Of Life Cycle Assessment 8(5):253-256, 2003.
- Rebitzer G., Hunkeler D., *Towards a code of practice for LCC: update on the progress of the SETAC LCC Working Group*, SETAG Globe, May-June 2004.
- Rebitzer G., Hunkeler D., Lichtenvort K., *Environmental Life Cycle Costing*, SETAC PRESS, 2008.
- Rizzo G., Cellura M., Peri G., *Qualità ambientale degli edifici: analisi della trasferibilità dell'ecolabel europeo per i servizi turistici. Il Progetto Sostenibile. Ricerca e tecnologie per l'ambiente costruito "Strutture ricettive ecocompatibili"*, pp. 42-47, Edicom Edizioni, trimestrale, anno VI, 19 settembre 2008.
- Saiz S., Kennedy C., Bass B., Snail K., *Comparative life cycle assessment of standard and green roofs*, Environmental Science & Technology 40, 4312e4316, 2006.
- Saling P. et al., *Eco-Efficiency Analysis by BASF: The Method*, International Journal of Life Cycle Assessment, Online First, 2002.
- Saur K., Donato G., Cobas Flores E., Frankl P., Astrup Jensen A., Kituyi E., Lee K.M., Swarr T., Tawfic

- M., Tukker A., Rebitzer G., Weidema B., UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Draft Final Report of the LCM Definition Study, <http://www.unep.org/pc/sustain/reports/lcini/LCM%20Definition%20Study%20body%20ver%203.6.pdf>, 2003.
- Shaltegger S., Burritt R., Contemporary Environmental Accounting. Issues, Concepts and Practice. Greenleaf Publishing Limited, Sheffield, U.K., 2000.
- Stutz M., Lichtenvort K., Pflieger J., *GrEEEn – Cost Management System for Greening Electrical and Electronic Equipment: Methodology Development and Case Studies*, Proceedings of the Fifth International Conference on Eco Balance, Op. Cit., 2002.
- Swarr T., Hunkeler D., Klöpffer W., Pesonen H.-L., Ciroth A., Brent A.C., Pagan R., *Environmental life cycle costing: a code of practice*, SETAC, Pensacola, 2011.
- Takamura K., Lok K.P., Wittlinger R., *Microsurfacing for preventive maintenance: eco-efficiency strategy*, available on www.basf.com, 2001.
- Tarquin B., *Engineering Economy*, Mc GrawHill, 2005.
- Traverso M., Finkbeiner M., Jørgensen A., Schneider, L., *Life Cycle Sustainability Dashboard*, Journal of Industrial Ecology, 16, 680-688, 2012a.
- Traverso M., Asdrubali F., Francia A., Finkbeiner M., *Towards life cycle sustainability assessment: an implementation to photovoltaic modules*, International Journal of Life Cycle Assessment, September 2012, Volume 17, Issue 8, pp. 1068-1079, 2012b.
- Traverso M., Rizzo G., Finkbeiner M., *Environmental performance of building materials: Life Cycle Assessment of a typical Sicilian marble*, edited in the International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 15, No. (2010), pp. 104-114, 2010.
- UNEP/SETAC, *Towards Life Cycle Sustainability Assessment*, 65p. Paris SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment, 2011.
- UNEP/SETAC, *Guidelines for social life cycle assessment of products*, United Nations Environment Program, Paris SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2009.
- Valdivia S., Ugaya C.M.L., Hildenbrand J., Traverso M., Mazijn B., Sonnemann G., *A UNEP/SETAC approach towards a life cycle sustainability assessment – our contribution to Rio + 20*, International Journal of Life Cycle Assessment, , 2012.
- Weidema B.P. The integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment. Int J LCA 11 (1), Special Issue, 1 89-96, 2006.
- Weitz K. A., Smith J.K., Warren J.L., *Developing a Decision Support Tool for Life Cycle Cost Assessment*, Total Quality Environmental Management (Autumn), 23-36, 1994.
- White A.L., Savage D., Shapiro K., *Life-Cycle Costing: concepts and applications*, in Curran M.A. (editor), *Environmental Life-Cycle Assessment*, McGraw-Hill, 1996.
- Woodward D.G., *Life cycle costing theory, information acquisition and application*, International journal of project management; 15 (6): 335-344, 1997.
- World Commission on Environment and Development, *Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development*, Published as Annex to General Assembly document A/42/427, Development and International Co-operation: Environment August 2, 1987 (retrieved, 2007/11/14).
- Zamagni A., Guinée J., Heijungs R., Masoni P., Raggi A., *Lights and shadows in consequential LCA*, The International Journal of Life Cycle Assessment August 2012, Volume 17, Issue 7, pp. 904-918, 2012.



Marco Filippi - Gianfranco Rizzo - Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

Efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie

Il cospicuo e crescente *corpus* normativo nazionale e comunitario europeo spinge verso un incremento dell'efficienza energetica ma continua a non affrontare con la necessaria decisione il ruolo che le nuove tecnologie edilizie possono giocare in questo contesto. Questo tema è stato specificatamente esaminato in uno studio di "rilevante interesse nazionale" (PRIN) – coordinato dall'Università degli Studi di Palermo, con la partecipazione delle università di Torino, Venezia, Pisa e Reggio Calabria – i cui risultati sono stati raccolti nel presente testo.

Il volume, dopo un'attenta disamina delle principali normative in materia di efficienza energetica, affronta:

- a) la classificazione della qualità ambientale indoor nell'ambito del nuovo panorama normativo e di standard per il comfort;
- b) l'influenza sui consumi energetici degli edifici del livello di comfort degli occupanti, anche con riferimento ai modelli di simulazione che analizzano il comportamento termico degli edifici in regime estivo;
- c) l'analisi delle nuove tecnologie oggi disponibili per un'edilizia sostenibile, con riferimento agli impianti ad alta efficienza, alle facciate ventilate, alle coperture a verde, ecc.;
- d) la compatibilità ambientale nel processo di certificazione, anche con riferimento all'istituendo marchio Ecolabel per gli edifici e agli strumenti utilizzabili per la certificazione e l'autovalutazione di tali innovativi edifici.

Marco Filippi è professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Torino e dirige la Scuola nazionale di Fisica Tecnica. Nel Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino guida il gruppo di ricerca Technology Energy Building Environment TEBE. È direttore del centro di ricerca Indoor Environment and Energy Management (IEEM). È autore di oltre quattrocento pubblicazioni a carattere scientifico, didattico e divulgativo.

Gianfranco Rizzo è professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale presso l'Università degli Studi di Palermo. Ha svolto attività di ricerca presso l'Università di Berkeley e di docenza presso la Facoltà di Ingegneria di Luanda (Angola). Ha coordinato due progetti di rilevante interesse nazionale (PRIN) su tematiche legate alle prestazioni energetiche degli edifici. È autore di oltre trecento pubblicazioni scientifiche, didattiche e divulgative.

Gianluca Scaccianoce è professore associato di Fisica Tecnica Ambientale presso l'Università degli Studi di Palermo. È stato membro dei comitati di organizzazione di convegni internazionali e nazionali. È autore di più di cento pubblicazioni scientifiche. I suoi principali campi di ricerca riguardano le condizioni termoigrometriche e di qualità dell'aria degli ambienti chiusi, l'efficienza energetica degli edifici e l'utilizzo dei materiali naturali in edilizia.

● ENERGIE

ISBN 978-88-579-0252-4



9 788857 902524

DF 0252 € 45,00

