

Valutazione LCA all'interno dei protocolli ambientali multicriteri per il settore delle costruzioni

Sara Ganassali, Monica Lavagna, Andrea Campioli

Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

Email: sara.ganassali@polimi.it

Abstract

La ricerca affronta il tema dell'inserimento dell'analisi Life Cycle Assessment all'interno dei sistemi di certificazione ambientali multicriteri degli edifici (Green Building Rating Systems e certificazioni energetiche), sottolineandone il ruolo centrale, o ancora marginale, che la metodologia acquista al loro interno. I sistemi a punteggio dei protocolli ambientali, sempre più frequentemente, prevedono l'uso di indicatori LCA per conteggiare le prestazioni ambientali di un edificio in termini di impatti prodotti e risorse consumate durante l'intero ciclo di vita, ma il peso che l'analisi acquista all'interno dei criteri valutativi della certificazione è differente. A partire dai diversi approcci vengono messi in luce gli aspetti potenziali e critici nell'uso dell'analisi LCA all'interno di alcune certificazioni e le possibilità di sviluppo.

1. Introduzione

I sistemi multicriteriali di certificazione ambientale nel campo delle costruzioni nascono a livello nazionale da un percorso volontario ad opera di enti di ricerca o associazioni e si configurano come strumenti atti a fornire requisiti precisi all'interno di criteri che, se rispettati, consentono l'accesso a punteggi premiali. A ciascun criterio è assegnato un indicatore di prestazione e un valore soglia che danno diritto al punteggio premiale, tarato in base al raggiungimento di prestazioni migliorative rispetto alla prassi convenzionale. Sommati i punteggi ottenuti per ogni criterio, l'edificio è collocato all'interno di un rating di sostenibilità, ovvero una graduatoria di merito. Questi sistemi si pongono come strumenti di valutazione dell'impatto ambientale e della sostenibilità di una scelta progettuale e del manufatto edilizio completo. Per ottenere un indice che possa rappresentare il grado di sostenibilità del progetto, il protocollo converte i differenti valori riferiti agli impatti ambientali (come il consumo di energia, di acqua, di materiali e le emissioni inquinanti e di rifiuti) e ai livelli qualitativi del progetto in analisi (come la salubrità dell'aria interna, la flessibilità d'uso e il grado di manutenibilità) in punti premiali sommabili tra loro, ottenuti in base alla soglia di prestazione raggiunta. La somma dei punti premiali in genere avviene tramite il conferimento di un peso percentuale prestabilito, in base alla rilevanza del singolo criterio rispetto agli altri. In questo modo un sistema complesso come l'edificio viene ricondotto ad una verifica per parti; il risultato di questa verifica può celare distorsioni e restituire un risultato non veritiero.

Ogni strumento di certificazione ambientale a punteggio è costituito da molteplici categorie caratterizzate da criteri, indicatori di prestazione, valori soglia, punti premiali e percentuali di pesatura differenti, non equiparabili tra loro. Questo solleva il dubbio sull'attendibilità di tali strumenti, visto che il rating

di sostenibilità in cui è collocato l'edificio, è elaborato in modo arbitrario e autonomo da ogni protocollo.

Oggi all'interno di alcuni protocolli ambientali si riscontra la necessità di inserire la valutazione Life Cycle Assessment (LCA) per garantire un calcolo più oggettivo dell'impatto ambientale del progetto sotto certificazione. In particolare in questo testo vengono analizzate quattro certificazioni ambientali: DGNB, LEED, BREEAM e Minergie-ECO. Il "peso" che l'analisi Life Cycle Assessment acquista all'interno del sistema a punteggio varia da protocollo a protocollo. L'analisi LCA può riguardare la valutazione dell'edificio nell'intero ciclo di vita e occupare un posto di rilievo grazie alla sua integrazione a partire dalla nascita della certificazione stessa (DGNB); oppure riguardare solo la struttura e l'involucro dell'edificio ed essere stata integrata di recente (LEED); oppure può essere semplicemente un'analisi di supporto per una scelta consapevole dei materiali costruttivi (BREEAM); o può essere esplicitata solo in parte con la dichiarazione dell'uso di energia primaria (Minergie-ECO).

Si riportano nel testo i differenti approcci delle quattro certificazioni a punteggio nell'integrazione dell'LCA, evidenziando l'importanza del metodo Life Cycle Assessment al loro interno.

2. Sistemi di certificazione ambientale degli edifici a confronto

2.1 Life Cycle Assessment nel DGNB

Il "Deutsches Gutesiegel Nachhaltiges Bauen" (DGNB), nato in Germania, è stato il primo sistema a punteggio a contenere al suo interno, fin dal principio, la valutazione Life Cycle Assessment. Il protocollo si articola in sei macro-categorie (qualità ecologica, qualità economica, qualità socio-culturale e funzionale, qualità tecnica, qualità del processo e qualità del sito) e l'analisi LCA è presente nei criteri "Environment 1.1 - Life Cycle Impact Assessment" ed "Environment 2.1 - Life Cycle Impact Assessment - Primary Energy". Nel primo vi sono le indicazioni per il calcolo di cinque indicatori di impatto ambientale: riscaldamento globale (GWP), riduzione dell'ozono presente nella stratosfera (ODP), formazione fotochimica dell'ozono nella troposfera (POCP), acidificazione potenziale (AP) ed eutrofizzazione potenziale (EP), mentre nel secondo vi sono le indicazioni per il calcolo dell'energia primaria da fonti rinnovabili e non rinnovabili (PEI). Dunque, l'analisi LCA "pesa" all'interno della certificazione per il 13,5% del punteggio totale. Per il calcolo degli impatti nelle fasi di produzione (A1-3), di uso (B1-6) e di fine vita (C3-4), si considera una vita utile dell'edificio pari a 50 anni e si determina in fase preliminare un'unità funzionale di riferimento che sia in grado di rendere i risultati confrontabili tra loro. L'unità di riferimento è un m² di superficie netta (Net Floor Area - NFA) in un intero anno (m²NFA*a). La metodologia LCA è basata sulle indicazioni contenute nella normativa DIN EN 15978, mentre il software utilizzato per effettuare il calcolo è LEGEP, il quale utilizza, oltre al proprio database, la banca dati tedesca Okobau.dat. Il calcolo dei valori derivanti dall'uso di energia elettrica e di energia consumata per il riscaldamento si basano sulle prescrizioni delle DIN V 18599 e EnEV 2014, in cui si indica il mix elettrico e termico di

riferimento. La certificazione DGNB fornisce dei valori soglia, per le fasi A1-3 e B1-6, per ogni indicatore ambientale LCA (Tabella 1), riferiti alla realizzazione di un edificio con caratteristiche costruttive “standard” conformi alle norme edilizie in vigore; per ottenere i punteggi premiali occorre dimostrare di essere al di sotto di tali soglie. I valori limite sono stati definiti da una ricerca nazionale sul patrimonio edilizio tedesco promossa dal Ministero federale dei Trasporti, dell’Edilizia e dello Sviluppo Urbano tedesco (BMVBS). Ad ogni indicatore di impatto ambientale è associato un valore percentuale che esprime il peso dell’indicatore stesso all’interno del risultato finale del criterio.

Tabella 1: Valori di riferimento degli indicatori LCA per la fase di costruzione e uso dell’edificio (DGNB) – OEI = impatto della domanda di energia elettrica in fase di uso (da modello Life Cycle Energy Modelling, LCEM e database ESUCO); OH = impatto della domanda di energia termica per il riscaldamento in fase di uso (da modello LCEM e database ESUCO); EI = domanda di energia elettrica H = domanda annuale di energia per il riscaldamento. Fonte: DGNB Core and Scheme Sheet, Env 1.1 e Env 2.1

GWP	ODP	POCP	AP	EP	PEI nrm
kgCO ₂ eq/m ² NFA* a	kgR11eq/m ² NFA* a	kgC ₂ H ₄ eq/m ² NFA* a	kgSO ₂ eq/m ² NFA* a	kgPO ₄ eq/m ² NFA* a	kWh/m ² NFA*a
Peso: 40%	Peso: 15%	Peso: 15%	Peso: 15%	Peso: 15%	Peso: 60%
Costruzione	Costruzione	Costruzione	Costruzione	Costruzione	Costruzione
9.4	5.3*10 ⁻⁷	0.0042	0.037	0.0047	34.167
Uso	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso
GWP _{OEIref} + GWP _{OHref}	ODP _{OEIref} + ODP _{OHref}	POCP _{OEIref} + POCO _{OHref}	AP _{OEIref} + AP _{OHref}	EP _{OEIref} +EP _{OHref}	PEnrn _{OEIref} + PEnrn _{OHref}
GWP _{OEIref} 0.62*EI _{ref}	ODP _{OEIref} 3.07*10 ⁻⁹ *EI _{ref}	POCP _{OEIref} 7.62*10 ⁻⁵ *EI _{ref}	AP _{OEIref} 1.03*10 ⁻³ *EI _{ref}	EP _{OEIref} 9.92*10 ⁻⁵ *EI _{ref}	PEnrn _{OEIref} 8.78*EI _{ref}
GWP _{OHref} 0.29*H _{ref}	ODP _{OHref} 3.08*10 ⁻¹¹ *H _{ref}	POCP _{OHref} 3.95*10 ⁻⁵ *H _{ref}	AP _{OHref} 3.92*10 ⁻⁴ *H _{ref}	EP _{OHref} 2.43*10 ⁻⁵ *H _{ref}	PEnrn _{OHref} 4.36*H _{ref}

I valori soglia definiti dalla certificazione DGNB mutano e si evolvono nel tempo in relazione all’aggiornamento delle normative nazionali e ai processi di ricerca sull’ambiente costruito. L’analisi LCA viene indicata nel calcolo di due criteri rilevanti al fine dell’ottenimento della certificazione e permette di assistere per la prima volta ad una sinergia tra le pubbliche amministrazioni, che incentivano la promozione dell’analisi, e l’organismo indipendente che gestisce il sistema a punteggio, che adotta le normative internazionali e integra la metodologia LCA, riconosciuta come centrale all’interno del processo di certificazione, evidenziando gli impatti generati nell’intero ciclo di vita del manufatto edilizio.

2.2 Life Cycle Assessment nel LEED

La nuova versione del protocollo americano Leadership in Energy and Environmental Design (LEED v.4) introduce per la prima volta tra i criteri a

punteggio la valutazione LCA. La certificazione si suddivide in otto categorie ambientali (collocazione e trasporti, sostenibilità del sito, uso efficiente dell'acqua, energia e atmosfera, materiali e risorse, qualità dell'ambiente interno, innovazione e priorità regionale) e l'analisi LCA è affrontata all'interno della categoria "Materiali e Risorse", nel criterio "Building Life Cycle Impact Reduction". Il punteggio premiale che può essere ottenuto dal soddisfacimento di tale requisito è di 3 punti su un totale complessivo di 110, dunque una incidenza percentuale del 4% all'interno del protocollo. Per soddisfare il credito e ottenere i punti premiali è necessario modellare un edificio di riferimento confrontabile per localizzazione, forma, orientamento e funzione all'edificio sotto certificazione, dimostrando la capacità di quest'ultimo di ridurre del 10% il valore ottenuto dall'edificio di riferimento per almeno tre indicatori di impatto ambientale e di non superare del 5% il valore di ogni indicatore. Gli impatti ambientali che devono essere considerati sono: riscaldamento globale (GWP), riduzione dell'ozono presente nella stratosfera (ODP), formazione fotochimica dell'ozono nella troposfera (POCP), acidificazione potenziale (AP), eutrofizzazione potenziale (EP), uso di energia primaria da fonti non rinnovabili (PEI). Per il calcolo degli impatti ambientali si considera un ciclo di vita dei materiali della struttura e dell'involucro dell'edificio pari a 60 anni con un approccio "from cradle to grave" e con la quantificazione degli impatti durante le fasi di produzione (A1-3), di trasporto al cantiere (A4), di uso (B1-7) e fine vita (C1-4). Le categorie di impatto ambientale LCA fanno riferimento alle norme ISO 14044, ISO 14025, ISO 14040, ISO 21930, EN 15804 e alle indicazioni fornite dal US Green Building Council, che regola la modellazione dell'edificio di riferimento sulle indicazioni della norma ASHRAE 90.1-2010, appendice G, sezione "opaque assemblies, vertical fenestration skylightsm roof-solar reflectance and thermal emittance". Il protocollo LEED premia con 1 credito aggiuntivo se le scelte dei materiali costruttivi ricadono su almeno venti prodotti, di almeno cinque produttori diversi, certificati con Environmental Product Declaration (EPD).

La metodologia Life Cycle Assessment all'interno di LEED v4 presenta ancora carenze applicative. L'analisi condotta riguarda solo il ciclo di vita dei materiali costruttivi, senza alcuna considerazione sugli impatti ambientali generati dalla fase di uso dell'edificio, da sempre la fase responsabile del maggior impatto ambientale. Inoltre, la valutazione LCA, nonostante sia stata appena introdotta all'interno del protocollo, occupa ancora un ruolo marginale poiché il raggiungimento, o meno, dei 3-4 punti non incide in modo significativo sul punteggio finale e non modifica il posizionamento dell'edificio nel rating di sostenibilità della certificazione.

2.3 Life Cycle Assessment nel BREEAM

L'analisi LCA è presente all'interno della certificazione anglosassone British Research Establishment Environment Assessment Methodology (BREEAM), primo protocollo ambientale per il settore delle costruzioni. La certificazione si suddivide in dieci categorie (management, acqua, salute e benessere, materiali, energia, rifiuti, trasporto, uso del suolo ed ecologia, innovazione, inquinamento) e l'analisi LCA è affrontata all'interno della categoria "Materiali" nel criterio

“Mat01 - Life Cycle Impacts”. Il punteggio premiale che può essere raggiunto per il soddisfacimento del criterio è di 5 punti, con una incidenza percentuale del 6% sul risultato totale finale.

I punti premiali vengono assegnati al progetto utilizzando un programma di calcolo, BREEAM International Calculator Mat01, che pesa gli impatti ambientali correlati al pacchetto costruttivo inserito (involucro esterno, partizioni interne orizzontali e verticali, copertura) e lo colloca all'interno di un sistema di rating da A+ (3 punti) a E (0 punti). Ad ogni indicatore di impatto ambientale è assegnata una lettera da A+ a E ed un valore percentuale di peso dell'impatto rispetto agli altri: riscaldamento globale (21.6%), estrazione dell'acqua (11.7%), estrazione risorse minerali (9.8%), ODP (9.1%), tossicità per l'uomo (8.6%), tossicità per l'acqua potabile (8.6%), rifiuti nucleari (8.2%), tossicità per il suolo (8%), smaltimento dei rifiuti (7.7%), consumo di combustibile fossile (3.3%), eutrofizzazione (3%), POCP (0.20%), acidificazione (0.05%). In aggiunta vengono calcolati, ed espressi in numeri, il carbonio incorporato (kgCO₂eq) in un metro quadro di pacchetto costruttivo, i kg, e la relativa percentuale, di materiali riciclati all'interno dei materiali utilizzati e la percentuale di materiali riciclabili a fine vita (Tabella 2). Per il calcolo degli impatti ambientali si considera una vita utile di 60 anni in cui vengono considerate le fasi di produzione (A1-3), costruzione (A4-5) e fine vita (C1-4).

Tabella 2: Esempio di scheda valutativa BREEAM per criterio Mat01 “Life Cycle Impacts”. Fonte: The Green Guide to specification, edizione 2009

Solaio in calcestruzzo armato		Rating finale	Cambiamento climatico	Estrazione acqua	Estrazione risorse minerali	ODP	Tossicità per l'uomo	Tossicità acqua potabile	Rifiuti nucleari	Tossicità per il suolo	Smaltimento rifiuti	Uso combustibile fossile	Eutrofizzazione	POCP	Acidificazione	CO ₂ incorporata (kgCO ₂ eq)	Contenuto di riciclati (kg)	Contenuto di riciclati (%)	Riciclo al fine vita (%)
Stratigrafia: legno compensato (EN 636-2); barriera al vapore; listelli lignei; isolante polietilene DPM; solaio in cls armato.		D	A	E	B	D	E	E	D	C	E	D	D	D	C	65	33 2	38	89

Al progetto viene assegnato 1 punto premiale aggiuntivo se almeno cinque prodotti sono certificati con dichiarazione EPD, mentre 1 credito più l'attributo di “livello esemplare” viene assegnato al progetto che contiene almeno dieci prodotti certificati con EPD. L'analisi LCA è obbligatoria all'interno del protocollo ed occorre ottenere almeno 1 punto per accedere alla certificazione, mentre per posizionarsi al livello più virtuoso nel suo rating di sostenibilità, occorrono 5 punti. Tuttavia, il punteggio finale disponibile è composto da 150 punti ed è evidente come ancora l'analisi life cycle all'interno della certificazione BREEAM occupi un'importanza non pienamente rilevante.

2.4 Life Cycle Assessment in Minergie-ECO

La certificazione svizzera Minergie-ECO è una certificazione energetica nella quale la valutazione delle prestazioni energetiche non si limita alla sola fase d'uso. La certificazione si suddivide in due categorie: salute, con lo studio dell'illuminazione naturale, dell'isolamento acustico e del comfort interno, ed ecologia della costruzione, con l'analisi del consumo totale di energia grigia da parte dell'edificio e della qualità dei materiali. All'interno di quest'ultima categoria vi è la valutazione Life Cycle Assessment: l'indicatore di impatto ambientale considerato è il consumo di energia non rinnovabile (PEI nrr), chiamata "Energia Grigia", ed intesa come la quantità complessiva di energia utilizzata per i processi di produzione (A1-3), costruzione (A4-5), uso (B1-7) e fine vita (C1-4) in un periodo utile di 60 anni.

Il sistema comprende l'intero edificio includendo all'interno del bilancio gli elementi costruttivi dell'involucro, le parti non riscaldate all'esterno del perimetro di isolamento, gli elementi costruttivi interni, gli scavi e la tecnica dell'edificio (impianto elettrico, di riscaldamento, di ventilazione e idraulico) secondo la norma svizzera SIA 380/1. Inoltre, il calcolo dettagliato dell'energia grigia dei materiali è effettuato secondo gruppi di elementi classificati dai codici dei costi di costruzione eBKP-H della norma SIA 2032 (cif. 3.2.3). L'impatto ambientale è espresso in MJ per un metro quadro di superficie all'anno ($\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$) e viene calcolato attraverso software appositamente sviluppati in grado di soddisfare i requisiti richiesti dal sistema di certificazione Minergie (Bauteilkatalog, Enerweb 380/1, Lesonsai, THERMO e GREG). La certificazione Minergie-ECO indica due valori soglia (GW1 e GW2) entro cui deve obbligatoriamente collocarsi il consumo di energia grigia dell'edificio in analisi (Tabella 3) per ottenere la certificazione.

I valori riportati sono applicabili alle nuove costruzioni contenenti le funzioni di ufficio, scuola e residenza (singola o multifamigliare) e si differenziano tra superfici di ambienti riscaldati e superfici di ambienti non riscaldati. Se l'edificio si colloca molto al di sotto della soglia massima GW1, con un consumo di energia grigia pari, o inferiore, a $50 \text{ MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ è possibile conseguire un livello superiore della certificazione Minergie, raggiungendo lo standard Minergie-A.

Tabella 3: Valori GW1 e GW2 per le nuove costruzioni (Minergie-ECO). I valori derivano da una ricerca nazionale su edifici campione del patrimonio edilizio svizzero, differenti tra loro per tipologia e caratteri costruttivi

Uso	GW1	GW2	GW1	GW2
	[$\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$] Superficie riscaldata	[$\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$] Superficie riscaldata	[$\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$] Superficie non riscaldata	[$\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$] Superficie non riscaldata
Edificio per uffici	110	150	30	50
Scuola	90	130	30	50
Residenza	90	130	30	50

La certificazione Minergie-ECO individua soglie che devono essere obbligatoriamente raggiunte al fine di conseguire la certificazione. Questa modalità valutativa pone il calcolo dell'energia grigia su un livello d'importanza superiore rispetto agli altri sistemi, poiché senza di essa non viene rilasciata la certificazione.

3. Conclusioni

Dall'analisi delle certificazioni è emerso il differente "peso" che la valutazione Life Cycle Assessment ha all'interno dei sistemi a punteggio utilizzati nel settore delle costruzioni.

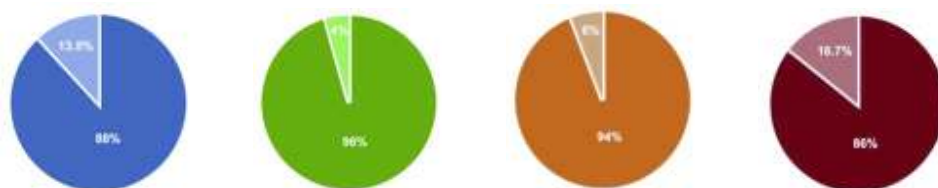


Figura 1: Contributo percentuale dell'analisi LCA all'interno delle quattro certificazioni ambientali multicriteri (in ordine di grafico: DGNB, LEED, BREEAM, Minergie-ECO)

Il DGNB, fin dalla sua creazione, pone la metodologia LCA alla base della certificazione facendola divenire condizione fondamentale e necessaria per il posizionamento all'interno del proprio rating di sostenibilità. L'analisi Life Cycle occupa in questo modo il 13,5% del totale, grazie all'integrazione dei criteri "Environment 1.1" ed "Environment 2.1", i quali devono essere obbligatoriamente rispettati, con il raggiungimento minimo di 1 punto per ognuno, se si vuole accedere alla certificazione ambientale. LEED promuove lo studio del ciclo di vita dei materiali utilizzati nel progetto, tuttavia non viene considerata la fase di uso dell'edificio all'interno della metodologia e nessun indicatore di impatto ambientale legato all'analisi LCA è esplicitato all'interno della certificazione nella categoria dedicata ai consumi energetici. In questo modo si mostra un carente ruolo dell'approccio LCA, il quale incide solamente per il 4% del totale. In realtà la certificazione LEED, mediante la modellazione di un edificio di riferimento per il calcolo degli impatti ambientali e delle prestazioni energetiche, potrebbe già essere in grado di estendere l'analisi del ciclo di vita in modo completo anche alla fase di uso. BREEAM, come la certificazione americana, usa l'analisi LCA per il calcolo del consumo di risorse e degli impatti ambientali prodotti solo dai materiali utilizzati. La valutazione ha un'incidenza pari al 6% rispetto al risultato totale ed equivale alla metà del punteggio raggiungibile nella categoria "Materiali". Sia in BREEAM che in LEED un ruolo non marginale è giocato dall'utilizzo delle EPD, le quali garantiscono un aumento del punteggio premiale se utilizzate oltre un numero minimo prestabilito. L'EPD diviene utile supporto alla valutazione LCA, obbligando il professionista a conoscere l'eco-compatibilità del prodotto scelto e dei materiali che lo compongono.

L'aspetto negativo è la scelta facoltativa del loro uso, la quale dovrebbe invece essere regolata all'interno della certificazione e resa obbligatoria.

Nella certificazione Minergie-ECO l'importanza dell'analisi LCA non sarebbe quantificabile in termini percentuali poiché l'energia grigia dei materiali è un criterio obbligatorio da rispettare, tuttavia, il consumo di energia è uno dei sei criteri della certificazione, quindi possiamo affermare che equivale al 16,7% del totale.

Oggi, l'analisi LCA deve essere inserita tra i criteri di valutazione in altre certificazioni ambientali multicriteri europee, le quali, consapevoli del cambiamento delle politiche ambientali verso il rispetto per la natura e la salute dell'uomo, hanno attivato un processo di revisione dei propri criteri, inserendo la valutazione LCA al loro interno. Il protocollo francese HQE e lo spagnolo VERDE si stanno aggiornando con precise indicazioni sull'approccio al ciclo di vita dell'edificio, tuttavia queste integrazioni e modifiche vengono apportate a posteriori nella certificazione. La speranza è che il contributo dato all'analisi LCA possa essere maggiore rispetto a quello dei protocolli analizzati in questo testo e che la sua applicazione nel Rating System riesca ad incentivare uno sforzo da parte dei progettisti verso la consapevolezza della filiera produttiva. Un passo successivo e necessario è la dichiarazione trasparente dei risultati degli impatti ambientali nel rating delle certificazioni ambientali, risultati che vengono nascosti dalla conversione in punteggio e confinati nell'arbitrario ranking di sostenibilità senza nessuna possibilità di confronto tra un protocollo e l'altro. La diffusione delle certificazioni ambientali non corrisponde ad una uguale diffusione dell'analisi LCA, ciononostante l'incremento dell'attenzione verso l'applicazione della metodologia LCA mostra come la conoscenza del ciclo di vita del manufatto edilizio in termini oggettivi sia oggi la scelta più appropriata per una gestione complessiva della sostenibilità ambientale

4. Bibliografia

ASHRAE, 2010. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2010, Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings, (I-P) Edition

BREEAM, 2016. BREEAM International New-Construction 2016, Technical Manual SD233 1.0, ©2016 BRE Global

DGNB GmbH, 2014. DGNB Criterion ENV 1.1: Life Cycle Impact Assessment. Offices version 2014, © DGNB GmbH

Edition Minergie, 2012. Calcolo dell'Energia Grigia per gli edifici MINERGIE-A, MINERGIE-ECO, MINERGIE-P e MINERGIE A-ECO, Edition Minergie, Campus Trevano, Canobbio

Köning, H, 2008. Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe: Bürogebäude, Forschungsprojekt, Aktenzeichen 10.08.17.7-07.29, Bundesministerium für Verkehr (BMVBS), Berlino

Köning, H, 2010. Entwicklung von Bewertungsmaßstäben für das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau 10.08.17.7-10.30.2, Bundesministerium für Verkehr (BMVBS), Berlino

Lavagna, M, 2008. Life Cycle Assessment in edilizia: progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale, Hoepli, Milano

LEED USGBC, 2013. Reference Guide for Building Design and Construction v4, U.S. Green Building Council, Washington

SIA, 2010. SIA 2040 – via SIA verso l'efficienza energetica. SIA Zurich, Zurigo