

Progettazione sostenibile: criteri da integrare al BIM

Giovanna Acampa*, Javier Ordóñez García**, Mariolina Grasso***, Carmen Díaz-López****

parole chiave: green buildings assessment tools, qualità architettonica, BIM

Abstract

La qualità dell'architettura è una tematica di importanza strategica nel campo delle costruzioni ed è diventata una questione sempre più rilevante anche nel panorama normativo europeo. In particolare, sostenibilità e strumenti di "green buildings assessment" sono aspetti imprescindibili che garantiscono il soddisfacimento dei requisiti di qualità architettonica di un progetto (sia che si tratti di edifici che di città). La fase preliminare del progetto rappresenta il momento migliore per integrare le strategie sostenibili, permettendo di limitare i costi rispetto ad un eventuale processo di adeguamento a posteriori che al contrario risulterebbe molto più oneroso.

Un grande numero di Paesi ha già sviluppato specifiche procedure di certificazione energetica, con lo scopo di valutare le performance degli edifici.

Strumenti e protocolli sul "green building assessment" sono stati sviluppati con l'obiettivo di migliorare la qua-

lità del processo di progettazione, riducendo i consumi energetici e gli impatti ambientali sia nella fase di costruzione che in quella di gestione di un edificio.

In letteratura solitamente si distinguono due tipologie di metodi di valutazione:

- a) basati su analisi multi-criteriali quali BREEAM, LEED, CASBEE;
- b) basati sul Life Cycle Assessment (LCA) quali BEES, BEAT, EcoQuantum.

In questo contesto, il Building Information Modeling (BIM), assume un ruolo chiave. Facilita infatti il processo di valutazione del progetto tenendo conto di criteri ambientali ed economici.

A tal proposito, lo studio analizza gli attuali strumenti e protocolli "green buildings" e la loro integrazione nei processi di progettazione BIM.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il tema dell'efficienza energetica e del consumo di energia ha assunto un'importanza sempre più rilevante a livello mondiale.

A testimonianza di ciò, nel Settembre 2015, i Governi dei 193 Paesi membri dell'ONU, hanno sottoscritto l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile¹ che ingloba 17 obiettivi di sostenibilità (*Sustainable Development Goals, SDGs*) in un programma di azione composto da 169 'target'. Molti di questi obiettivi mirano a garantire l'introduzione e il mantenimento di modelli di produzione e

consumo energetico sostenibili in ambito civile e industriale.

Considerato questo contesto, risulta fondamentale applicare le strategie di sostenibilità nell'ambito dell'industria edilizia al fine di ridurre il fabbisogno energetico degli edifici e limitarne l'impatto ambientale. Tra le strategie atte a garantire una progettazione sostenibile, vi sono i metodi di valutazione per i *green buildings* (BREEAM, LEED, LCA etc.), i quali suggeriscono le azioni necessarie per abbattere l'impatto ambientale degli edifici.

Al fine di ottenere risultati ottimali è altresì importante che tali azioni siano compiute già nella fase preliminare della progettazione (Lu et al., 2017). Ciò diventa più complesso se ci si avvale dei tradizionali software di progettazione 2D, che consentono di effettuare l'analisi ener-

¹ Fonte: Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite (Unric) <https://www.unric.org/it/agenda-2030>.

getica solo alla fine del processo di progettazione limitando la possibilità di miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio (Azhar et al., 2009). In quest'ambito il processo progettuale previsto dal BIM può risultare ottimale; permette infatti di monitorare ogni fase del processo di progettazione (e post-costruzione) e di integrare le strategie riguardanti la sostenibilità fin dall'inizio dell'iter progettuale (Acampa et al., 2019).

2. PROGETTO ARCHITETTONICO: STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ

Il miglioramento della qualità in architettura (sia in fase progettuale che costruttiva) dipende dalla capacità dei progettisti di tenere in considerazione l'intero ciclo di vita dei manufatti edilizi e dalla disponibilità degli *stakeholders* di creare virtuose cooperazioni, infatti, ogni decisione indipendentemente dal momento in cui è presa, non può prescindere da un'attenta valutazione delle ripercussioni che determina sull'intero sistema (Bertoldini e Campioli, 2009; Bentivegna, 2016). Il tema della cooperazione tra gli *stakeholders* diventa, quindi, uno scenario di riferimento interessante e al contempo urgente, per raggiungere nuovi livelli di qualità architettonica. Si dovrà trattare di una cooperazione simultanea, in quanto l'elaborazione sequenziale dell'attività di progettazione e costruzione viene sostituita dal confronto in tempo reale tra diverse competenze (Campioli, 2011).

Al tema della qualità dell'architettura è strettamente legato il concetto di benessere e qualità della vita che si traduce nella consapevolezza di dover prestare maggiore attenzione anche all'assetto e alla qualità complessiva dello spazio fisico urbano e territoriale.

Si tratta quindi di considerare congiuntamente sia le qualità di tipo intrinseco, che riguardano l'oggetto architettonico in sé, sia le qualità di tipo estrinseco, che invece riguardano la collocazione dell'oggetto nel contesto urbano e territoriale (Acampa, 2019).

Altro concetto legato alla qualità dell'architettura riguarda il successo di un'opera. Tale successo è ottenuto grazie al particolare equilibrio tra il livello prestazionale raggiunto e l'ammontare di tutte le risorse impiegate per la sua realizzazione. Equilibrio che definisce il risultato delle scelte in fase progettuale e la loro influenza durante il ciclo di vita (Forte, 2019).

D'altra parte, questo equilibrio deve tenere sempre conto delle risorse necessarie per le operazioni di manutenzione atte a preservare la qualità iniziale da un lato e per il suo funzionamento e la sua gestione dall'altro (Fattinanzi, 2018; Fattinanzi et al., 2018).

Nel contesto delineato, unire le sinergie del Building Information Model con i protocolli *green building* esistenti, potrebbe risultare una strategia ottimale per il miglioramento complessivo della qualità architettonica.

2.1 BIM come strumento di valutazione del progetto

Finora, l'attenzione è stata rivolta principalmente alla capacità del BIM di rendere più trasparenti e codificabili i rapporti tra l'amministrazione aggiudicatrice, le imprese appaltatrici e gli *stakeholders* coinvolti nel processo di realizzazione di un intervento.

È altrettanto importante essere consapevoli che una completa informatizzazione della progettazione consente di acquisire e preservare una enorme quantità di informazioni che altrimenti andrebbero perse. Tali informazioni, opportunamente rilevate e organizzate digitalmente, consentono di integrare le procedure di valutazione già nell'iter progettuale. Ne derivano vantaggi notevoli, come ad esempio un controllo più rapido e puntuale degli aspetti sia prestazionali che economici delle opere realizzate fin dalle fasi iniziali (Mondini, 2016; Acampa et al., 2020).

Da un punto di vista generale, progettare in BIM non significa solo utilizzare nuovi software, ma creare anche una maggiore condivisione dei dati tra gli *stakeholders* coinvolti nella progettazione.

La valutazione di un progetto dunque diventa un processo più semplice, quando ogni elemento del progetto è correlato da informazioni sia quantitative che qualitative divenendo così un oggetto BIM.

In linea generale, le informazioni contenute possono essere trattate in maniera diretta o indiretta. Nel primo caso i dati vengono elaborati direttamente dal software² con cui si realizza il progetto, come per quanto riguarda la verifica delle interferenze (ad es. tra elementi strutturali e impiantistici) o la generazione di computi metrici. Il secondo caso prevede invece l'esportazione³ dei dati, sottoforma di abaco, al fine di utilizzare le informazioni per condurre specifiche analisi o indagini non supportate dal software in uso.

In questo ambito, si segnala il progetto di ricerca InnovANCE⁴ finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico, che mira a creare la prima banca dati nazionale contenente tutte le informazioni tecniche, scientifiche, economiche utili all'industria delle costruzioni. Il sistema favorirà l'integrazione di tutti i soggetti coinvolti nel processo costruttivo per eliminare le incomprensioni che generano

² I software BIM (ad esempio Autodesk Revit o Bentley Aecosis Building Design) si avvalgono di *plug-in* che permettono di estendere notevolmente il loro campo d'azione in ambito di verifiche strutturali, energetiche ecc.

³ L'esportazione dei dati dal software, avviene solitamente in formati digitali quali .ifc, e .xls

⁴ Fonte: <http://www.innovance.it/it/>; InnovANCE è un progetto per la digitalizzazione della filiera delle costruzioni finanziato con il bando Industria 2015 sull'efficienza energetica. Il progetto è stato promosso da 15 partner, tra cui Ance, Confindustria, Università, Cnr, produttori di software.

inefficienze, soprattutto attraverso l'utilizzo di metodologie BIM (Motawa e Carter, 2013).

2.1.1 Il BIM per la progettazione sostenibile

La sostenibilità, come già accennato nei paragrafi precedenti, e oggi riconosciuta come uno dei requisiti fondamentali per lo sviluppo della società contemporanea e delle città (Amendola, 2016). L'American Institute of Architect AIA⁵ definisce la sostenibilità come "La capacità della società di continuare a sopravvivere nel futuro senza essere costretta al declino a causa dell'esaurimento delle risorse naturali da cui dipende". Nel settore dell'edilizia vi è una continua tensione verso la progettazione sostenibile. Solitamente, per appurare che un progetto rispetti i requisiti di sostenibilità, vengono utilizzati software per la verifica del consumo energetico, che considerano diversi fattori quali l'isolamento termico, la risposta climatica dell'edificio, il funzionamento dei sistemi di ventilazione meccanica e naturale (Cho, 2010). Nel caso in cui gli esiti della verifica dimostrino che le performance energetiche dell'edificio sono inadeguate, i progettisti hanno la possibilità di modificare le caratteristiche progettuali che incidono negativamente sui risultati. La possibilità di verifica ed eventuale modifica è però limitata alla fase di progettazione. Non si tiene quindi in conto che, a causa delle attività di manutenzione o dello stato di esercizio dell'edificio, le caratteristiche previste in fase di progetto potrebbero subire delle alterazioni, compromettendo le performance energetiche dell'edificio (e di conseguenza il suo grado di sostenibilità).

Tra i maggiori vantaggi derivanti dalla progettazione BIM vi è la possibilità di gestire tutte le fasi del ciclo di vita di un progetto (dalla realizzazione, alla fase di esercizio fino alla dismissione) mitigando tempi e costi dovuti ad errori o perdita di dati. Al fine di ottenere risultati ottimali dall'applicazione della metodologia BIM al campo della progettazione sostenibile, è stata sviluppata una nuova branca: il *Green BIM*. *Green BIM* include la modellazione energetica degli edifici, permettendo di identificare le strategie progettuali che ottimizzano l'efficienza energetica degli edifici durante il ciclo di vita. Rappresenta dunque uno strumento a supporto non solo della progettazione, ma anche delle valutazioni di impatto ambientale. Al centro del *Green BIM* si trova la modellazione parametrica e gli strumenti di simulazione che supportano la condivisione automatica dei dati e la progettazione multidisciplinare (de Klijjn-Chevalerias e Javed, 2017). Sulla base di quanto detto, si può quindi evincere come lo sviluppo del *Green BIM* dipenda dal grado di interoperabilità tra diversi software⁶.

⁵ L'American Institute of Architects è l'associazione degli architetti degli Stati Uniti. Ha sede a Washington D.C. ed offre ausilio all'istruzione, riqualificazione professionale e sensibilizzazione del pubblico per sostenere la professione dell'architetto.

⁶ La trattazione di tale tema è affrontata al paragrafo 2.2

2.2 Strumenti di valutazione ambientale degli edifici

Gli edifici, dalla loro realizzazione, per tutto il ciclo di vita, consumano un'elevata quantità di materie prime. Il settore dell'edilizia ha un grande impatto sulle risorse ambientali ed è uno dei principali artefici del cambiamento climatico e dell'esaurimento delle risorse naturali (Macías e García Navarro, n.d.; Darko et al., 2017; Yilmaz e Baki, 2015). Da studi inerenti il dissesto ambientale emerge che il settore edilizio contribuisce all'esaurimento del 30% delle materie prime, il 25% dell'acqua a livello mondiale, il 12% del suolo e genera il 25% dei rifiuti solidi mondiali e il 40% dei rifiuti solidi nei paesi sviluppati (Dong e Ng, 2015).

La riduzione del fabbisogno energetico e l'attenuazione degli impatti ambientali nel settore delle costruzioni sono diventati obiettivi chiave delle politiche energetiche in molti Paesi.

Considerato tale contesto, i principali attori coinvolti nell'industria delle costruzioni sono tenuti ad optare per un'edilizia sostenibile, (Dixit et al., 2013) con l'obiettivo di affrontare i problemi d'impatto ambientale causati dagli edifici (Giannetti et al., 2018; Doan et al., 2017).

Attualmente sono disponibili diversi metodi per certificare il grado di sostenibilità di un edificio; essi affrontano il problema da diverse prospettive e cercano di sintetizzare in modo quantitativo e oggettivo il comportamento dell'edificio e i suoi impatti.

Dal 1975, anno in cui è nato il primo metodo di valutazione della sostenibilità, ne sono stati sviluppati più di 600 a livello mondiale (Macías e García Navarro, 2010) per valutare, qualificare e certificare la sostenibilità di diverse tipologie di edifici in diverse fasi. Negli anni '70 la maggior parte dei metodi focalizzavano l'attenzione sulla valutazione della fase di esercizio dell'edificio. Negli anni '80 sono stati introdotti quelli per calcolare l'impatto dell'intero ciclo di vita, spostando l'attenzione sull'energia e sulle risorse necessarie per costruire, mantenere e demolire gli edifici (Dong e Ng, 2015). All'inizio degli anni '90 sono apparsi i primi metodi basati su valutazioni multicriteriali, per certificare e valutare la sostenibilità degli edifici. Essi suggeriscono una serie di azioni atte a limitare l'impatto ambientale degli edifici durante il loro intero ciclo di vita (Vega Clemente, 2015).

In generale, in letteratura emergono diverse tipologie di classificazione di questi metodi, secondo le loro caratteristiche, la loro struttura e gli obiettivi comuni (Awadh, 2017).

In questo studio saranno classificati in:

1. metodi di valutazione di tipo multicriteriali e
2. metodi di valutazione basati sul *Life Cycle Assessment* (LCA).

Entrambe le macro-tipologie di metodi sono applicabili alle nuove costruzioni, alle costruzioni esistenti ed alle singole componenti di un edificio.

Nei seguenti paragrafi è stata riportata una breve descrizione di ciascuna delle tipologie.

2.2.1 Valutazioni basate su analisi multi-criteriali

I metodi basati su valutazioni multicriteriali generalmente stimano il grado di sostenibilità di un edificio (o dei sistemi e sottosistemi che lo compongono) oltre a classificarlo e certificarlo, sulla base di una serie di criteri⁷ raggruppati per categorie. Le categorie, elencate di seguito, sintetizzano i capisaldi della progettazione sostenibile:

- C1) sviluppo sostenibile del sito;
- C2) Acqua;
- C3) Materiali e consumo delle risorse;
- C4) Energia;
- C5) Qualità dell'ambiente interno;
- C6) Innovazione
- C7) Sociale ed economico;
- C8) Qualità dei servizi;
- C9) Economia;
- C10) Cambiamenti climatici.

Il processo di valutazione consiste quindi nell'attribuzione di punti in funzione al livello di soddisfacimento dei criteri in ciascuna categoria.

Tra i metodi che si avvalgono di valutazioni di tipo multicriteriale, i più diffusi sono: BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) (Haapio e Viitaniemi, 2008).

Il BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), sviluppato da BRE Trust nel 1992, è uno dei metodi più utilizzati e precursore dei sistemi di certificazione ambientale. In un primo momento permetteva di valutare solo gli aspetti energetici, ma in seguito si è ampliato e ora tiene conto di questioni ecologiche, ambientali e sanitarie (IHOBE, 2010).

Il LEED, creato dall'*United States Green Building Council* (USGBC) nel 2000, è un sistema di valutazione e certificazione riconosciuto a livello mondiale, usato come riferimento nella progettazione, costruzione e gestione di edifici verdi anche al di fuori degli Stati Uniti. Come il BREEAM, si basa sull'assegnazione di punti in relazione al soddisfacimento di ciascuna delle categorie citate nel paragrafo precedente. Negli ultimi anni, il protocollo LEED viene sem-

pre più usato anche in Italia. Secondo i dati diffusi da GBC Italia⁸, gli edifici certificati e registrati LEED sono circa 440 per una superficie totale di circa 5,3 milioni di metri quadrati⁹. Un esempio famoso in Italia riguarda Palazzo Ricordi, sottoposto ad una imponente ristrutturazione che ha interessato la struttura, l'involucro, la distribuzione interna e l'intero sistema di riscaldamento, raffreddamento e ventilazione (HVAC). Gli interventi hanno permesso di migliorare la qualità complessiva dell'edificio, grazie all'implementazione delle prestazioni energetiche. La certificazione di Palazzo Ricordi (LEED Core&Shell - Gold level) è datata alla fine del 2014. L'edificio ristrutturato, in classe A, consente di risparmiare oltre il 35% dei consumi energetici, riducendo del 40% le emissioni di CO₂¹⁰.

CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*) (Haapio e Viitaniemi, 2008) sviluppato in Giappone nel 2002 e inizialmente chiamato DfE (Design for Environment), è il primo metodo di valutazione multicriteriale utile alla realizzazione di edifici sostenibili. Effettua valutazioni sulla base delle specifiche di progettazione e delle prestazioni previste. CASBEE, utilizzato principalmente da architetti e ingegneri durante il processo di progettazione, può essere anche utilizzato sia come strumento di supporto alla progettazione sia come check-list.

2.2.2 Valutazioni basate sul Life Cycle Assessment (LCA)

I metodi basati sulla valutazione del ciclo di vita (LCA) sono standardizzati a livello internazionale (ISO 14040) e sono utili per valutare gli impatti ambientali globali causati da un prodotto o servizio. Invece di analizzare solo una parte specifica del ciclo di vita, le valutazioni LCA analizzano l'intero sistema produttivo, dall'estrazione e produzione delle materie prime al loro utilizzo e smaltimento (Cole, 2006). Tali metodi non sono solo orientati alla valutazione, alla certificazione o al rispetto di requisiti minimi sostenibili, ma forniscono al progettista uno strumento di supporto alla progettazione sostenibile dell'edificio (Evaluaci, n.d.; Díaz López et al., 2019).

Altra peculiarità riguarda il loro campo di applicazione, poiché permettono anche di mettere in gerarchia edifici aventi diverse funzioni, rispetto al parametro della sostenibilità (CASBEE, n.d.).

Tra i metodi basati su valutazioni LCA troviamo:

- BEES 4.0 (Building for Environmental and Economic Sustainability), sviluppato dall'U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST) nel 2007, misura le prestazioni ambientali dei prodotti di costruzione utilizzando l'approccio di valutazione del ciclo di vita ambientale specificato nella norma ISO 14040 (Asdrubali et al., 2013). Fornisce un pacchetto integrato di valutazione

⁷ I criteri che compongono ogni categoria sono esplicitati in tabella 1

⁸ Green Building Council Italia: è un'associazione no-profit che fa parte della rete internazionale dei GBC che operano in molti altri paesi; grazie ad un accordo di partnership con USGBC, GBC Italia si adatta alla realtà italiana e promuove il sistema di certificazione indipendente LEED® Leadership in Energy and Environmental Design, i cui parametri stabiliscono precisi criteri per la progettazione e la costruzione di edifici sani, energeticamente efficienti e rispettosi dell'ambiente.

⁹ Fonte: GBC Italia anno 2017

¹⁰ Fonte: <http://www.green.it/protocollo-leed-in-italia>

economica e ambientale per una varietà di materiali da costruzione.

- BEAT 2002 (Building Environmental Assessment Tool) è un metodo di inventario e valutazione basato su LCA sviluppato presso il Danish Building and Urban Research. Si rivolge specificamente all'industria edile per la valutazione ambientale degli edifici (Martínez-Rocamora et al., 2016).
- EcoQuantum, sviluppato in Olanda nel 1999, si propone di definire le prestazioni ambientali degli edifici durante il loro ciclo di vita e di valutare il grado di efficienza ecologica delle diverse possibili alternative progettuali (Hernandez et al., 2019; Lippiatt, 2007). Lo studio del ciclo di vita utile dell'edificio è alla base di questo sistema che valuta le performance ambientali e converte i dati ottenuti in quattro serie di indicatori:
 - 1) consumo di materie prime;
 - 2) emissioni;
 - 3) consumo energetico;
 - 4) rifiuti.

Al fine di ottemperare al processo di valutazione, ad ogni indicatore viene assegnato un punteggio, diretta conseguenza delle strategie progettuali (Al-Jebouri et al., 2017).

2.2.3 Confronto tra metodi di valutazione e categorie di criteri

Dopo aver classificato e descritto vari metodi di valutazione, è stato ritenuto opportuno anche porli a confronto. Come termine di paragone sono state considerate le categorie e i criteri che le compongono; per ogni metodo di valutazione citato nei paragrafi precedenti, sono state evidenziate le categorie di cui tiene conto durante il processo di valutazione (Tab. 1) (Chandratilake, 2015).

Come si può notare osservando la tabella, i sistemi basati su analisi multicriteri (BREEAM, LEED, CASBEE) considerano il maggior numero di categorie. In particolare il protocollo LEED è l'unico che raggiunge il totale. Le categorie di criteri riguardanti l'energia (C4) e la qualità dell'ambiente interno (C5), sono tenute in conto da tutti i metodi studiati (BREEAM, LEED, CASBEE, BEES 4.0, BEAT 2002 and ECO-QUANTUM); ciò dimostra che si tratta di aspetti di sostenibilità ai quali viene posta maggiore attenzione, più facili da valutare, a differenza degli aspetti sociali ed economici di più recente incorporazione.

3. INTEGRAZIONE TRA STRATEGIE

3.1 Funzionamento del sistema dati nei software BIM

Al fine di adempiere allo scopo di questo studio, ovvero indagare sulla possibilità di integrazione tra software BIM e gli strumenti di valutazione dei *green buildings*, la conoscenza del sistema dati di tali software è un aspetto impre-

scindibile. Per questo motivo, di seguito, sono stati analizzati i sistemi dati di due software BIM differenti. L'analisi è stata condotta per AECOsim Building Designer¹¹ (ABD) e Revit 2018 di proprietà rispettivamente di Bentley e di Autodesk.

Guardando al processo di gestione dati di ABD, tutte le informazioni quantitative e qualitative sono rispettivamente distribuite in due ambienti tra loro complementari e associati, il DataSet ed il DataGroup (Fig. 1).

Il DataSet raggruppa tutte le informazioni di visualizzazione e computazione, al cui interno si trovano Parti e Famiglie¹². Il DataGroup invece è un vero e proprio catalogo di oggetti, a ciascuno dei quali è associata una scheda tecnica con tutte le informazioni inerenti i materiali, i certificati, la manutenzione, i produttori, ecc. Così come sono modificabili le impostazioni del DataSet, anche le schede di default presenti all'interno del DataGroup possono essere personalizzate o aggiunte in base alle esigenze.

Il software Revit ha una struttura diversa. Il binomio DataSet / DataGroup, tipico di ABD, è sostanzialmente tradotto all'interno delle Famiglie (Fig. 2).

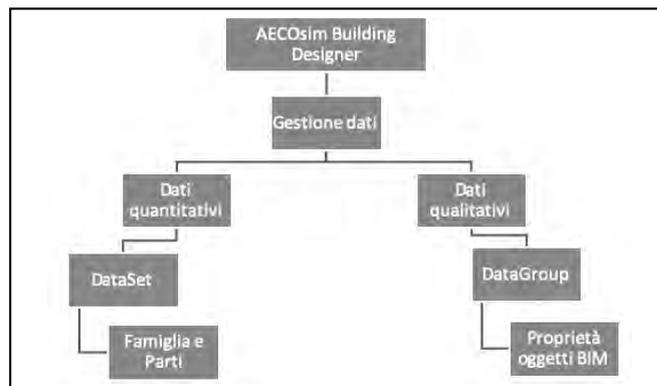


Figura 1 - Struttura ABD

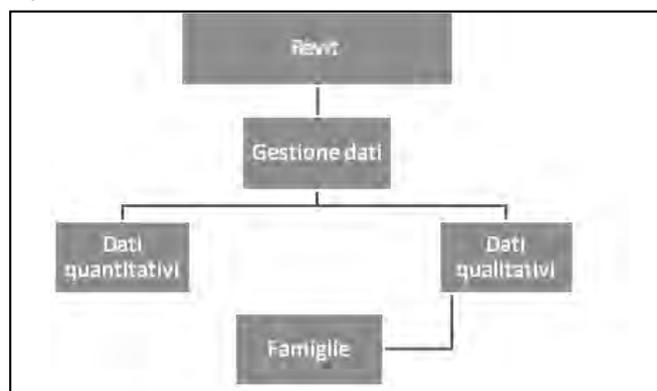


Figura 2 - Struttura Revit

¹¹ Nel seguito verrà indicato con l'abbreviazione di ABD;

¹² Le famiglie sono definite come un "gruppo di elementi con un insieme di proprietà comuni denominate parametri ed una rappresentazione grafica associata". Tale definizione può essere considerata valida per entrambi i software citati in questo caso studio.

Tabella 1 - Relazione tra categorie di criteri e metodi

Categorie	Criteri	AMC			LCA		
		BREEAM	LEED	CASBEE	BEES 4.0	BEAT 2002	ECO-QUANTUM
(C1) Sviluppo sostenibile del sito	impatti legati alla pianificazione, alla progettazione, alla rigenerazione e all'influenza delle caratteristiche del sito; gestione dei trasporti e dell'inquinamento luminoso esterno	•	•	•			
(C2) Acqua	prestazioni, ciclo, utilizzo e monitoraggio delle varie fonti d'acqua	•	•	•	•		•
(C3) Materiali e consumi delle risorse	uso, riciclaggio, riutilizzo e impatto ambientale dei materiali e delle risorse	•	•	•	•	•	•
(C4) Energia	riduzione, controllo, consumo e l'uso dell'energia	•	•	•	•	•	•
(C5) Qualità dell'ambiente interno	ergonomia ambientale	•	•	•			
(C6) Innovazione	progetti, processi e strategie che promuovono la sostenibilità nell'ambiente edificato e nell'edilizia	•	•	•	•		
(C7) Sociale ed economico	uso di materiali e tecniche tradizionali locali, progettazione compatibile con i valori culturali, il costo d'uso e la fattibilità commerciale	•	•	•	•		
(C8) Qualità dei servizi	efficienza nell'uso degli spazi, la capacità di controllo locale dei diversi sistemi e l'efficienza di un adeguato piano di gestione e manutenzione	•	•	•			
(C9) Economia circolare	utilizzo delle risorse e riutilizzo di materiali, sistemi e sottosistemi da costruzione	•	•				
(C10) Cambiamento climatico	capacità degli edifici di adattarsi ai cambiamenti climatici e alle loro conseguenze senza subire danni		•				

La loro organizzazione è suddivisa in due macro categorie principali dette di Sistema e Caricabili. Le famiglie di Sistema comprendono tutti gli elementi di base normalmente utilizzati in un processo costruttivo che sono personalizzabili entro certi limiti¹³ preimpostati dal software (Holleris Petersen, n.d.).

Le famiglie Caricabili invece, non sono presenti di default nell'ambiente di progetto ma possono essere importate da librerie esterne. Anch'esse sono personalizzabili in termini di forma, composizione, aspetto e parametrizzazione dell'oggetto.

¹³ I limiti sono posti appositamente per escludere modifiche che possano compromettere il corretto funzionamento della Famiglia.

3.2 Integrazione dei protocolli "green building" all'interno dei software BIM

Come si è visto nel paragrafo precedente, la gestione dei dati costituisce l'essenza del BIM; non è raro che gli *stakeholders* impegnati nello stesso progetto utilizzino software distinti, al fine di portare a termine analisi specifiche. La conseguenza diretta di questo ambiente eterogeneo, per un progetto edilizio, è la perdita di produttività: se i membri del team di lavoro parlassero lingue diverse, senza che un interprete traducesse il dialogo, la comunicazione risulterebbe gravemente compromessa e le informazioni e i dati critici del progetto non verrebbero trasferiti in modo comprensibile. In questo contesto risulta importante chiarire il concetto di interoperabilità che risponde alla capacità di condividere i dati attraverso un

apposito formato di interscambio tra i software. I principali formati sono in genere (Acampa et al., 2018):

- link diretti tra specifici software BIM;
- formati di scambio file proprietari, che riguardano principalmente la geometria;
- prodotti pubblici di formato scambio dati (IFC e CIS/2);
- formati di scambio XML.

IFC e CIS/2 sono, ad oggi, gli unici standard pubblici e riconosciuti a livello internazionale. A causa della limitazione settoriale del CIS/2 all'industria dell'acciaio, il modello di dati IFC¹⁴ è diventato lo standard internazionale per lo scambio di dati e l'integrazione delle industrie edilizie.

Il formato è stato appositamente sviluppato per contenere tutte le informazioni di un oggetto (riguardanti il suo intero ciclo di vita) e poter trasferire tali informazioni da un software all'altro senza perdere dati o crearne di ridondanti.

Ma per capire se i metodi BIM e gli strumenti di valutazione *green buildings* possano davvero interagire è importante rispondere ad alcune domande:

1. Che cosa richiede il sistema di certificazione LEED?
2. Quali soluzioni può fornire il BIM?

Prima di rispondere ai due quesiti, è opportuno specificare il perché della scelta del metodo LEED. Come indicato nella tabella 1, è l'unico sistema a tenere conto di tutte le categorie esistenti (da C1 a C10), dallo sviluppo sostenibile del sito al cambiamento climatico. Questa caratteristica permette quindi di valutare pienamente le possibilità di integrazione di tutte le categorie di criteri, in uso nei metodi basati sull'analisi dell'intero ciclo di vita, con il sistema dati dei software che usano un approccio BIM. Torniamo adesso alle nostre domande:

1. Che cosa richiede il sistema di certificazione LEED?

Come descritto nel paragrafo 1.2.1, ad ogni edificio vengono attribuiti punti in funzione delle sue performance energetiche e il numero complessivo dei punti determina il livello di certificazione. Sono previsti quattro livelli progressivi di certificazione: Certificato (40-49 punti), Argento (50-59 punti), Oro (60-79 punti) e Platino (80 punti o più) (Eastman et al., 2008). Ogni punto (o livello di certificazione) ottenuto corrisponde quindi al soddisfacimento di una determinata categoria di criteri.

2. Quali soluzioni può fornire il BIM?

Al fine di rispondere al quesito si può fare riferimento ad una indagine di tipo *proof-of-concept* condotta da Wu et al.

¹⁴ Industry Foundation Class (IFC) è un formato che risponde ad una norma ISO (ISO/PAS 16739) per lo scambio di dati di costruzione.

¹⁵ L'indagine è stata condotta tramite Zoomerang.com (servizio di rilevazione web) dal 30 Giugno 2017 al 1 Agosto 2017. Sono stati somministrati 35 questionari a 190 professionisti AEC nel mercato statunitense.

(2017). L'obiettivo era quello di raccogliere le opinioni di un *tool* di esperti del settore AEC sulla fattibilità, in termini di tecnologia e funzionamento, dell'integrazione tra BIM e LEED¹⁵. In particolare, è stata valutata la possibilità di implementazione in BIM di ogni categoria del sistema LEED. I punteggi assegnati vanno da: 0 non applicabile; 1 difficilmente applicabile; 2 Alquanto applicabile; 3 Moderatamente applicabile; 4 Applicabile; 5 Altamente applicabile (Wu, 2010). Dall'indagine è emerso che tra le 10 categorie di criteri, quelle che hanno ottenuto il punteggio più alto sono state la C5 "Qualità dell'ambiente interno" e la C8 "Qualità del servizio" (Tabella 2). Queste due categorie rappresentano infatti gli aspetti più comuni tenuti in conto durante il processo di progettazione in BIM. Pertanto, tutti i software presenti sul mercato che sfruttano l'approccio BIM, permettono di implementare queste categorie nel processo di progettazione senza bisogno di plug-in o formato di esportazione IFC.

Per tutte le altre categorie di criteri senza supporto di funzionalità immediate, si propongono due soluzioni:

le informazioni esterne provenienti da applicazioni incompatibili possono fornire dati attraverso l'intermediazione dei formati IFC e XML;

nuove applicazioni sono state sviluppate dalle software *house BIM* per aiutare i progettisti a configurare le prestazioni degli edifici in termini di efficienza energetica, qualità dell'aria interna e altri importanti parametri ambientali. Tali applicazioni sono ad esempio Autodesk Green Building Studio (GBS)¹⁶ per la simulazione energetica, l'illuminazione diurna e il calcolo del consumo idrico; e Bentley AECOSim per ASHRAE. 90.1¹⁷ (LEED Energy). Spinta da incentivi e dalla formulazione di codici e standard "green", la progettazione sostenibile ha raggiunto un livello senza precedenti e, naturalmente, con lo sviluppo di nuovi plug-in da parte dei produttori di software, sarà sempre in crescita.

4. CONCLUSIONI

Al fine di migliorare la qualità del progetto architettonico, riteniamo sia indispensabile

l'integrazione di due elementi: BIM come sistema di rappresentazione, informatizzazione e simulazione del progetto e LEED come sistema di valutazione e certificazione

¹⁶ Autodesk Green Building Studio è software cloud che consente di eseguire simulazioni delle prestazioni degli edifici per ottimizzare l'efficienza energetica

¹⁷ ASHRAE 90.1 è uno standard che fornisce i requisiti minimi per la progettazione ad alta efficienza energetica della maggior parte degli edifici, ad eccezione degli edifici residenziali a basso impatto. Offre, in dettaglio, i requisiti minimi di efficienza energetica per la progettazione e la costruzione di nuovi edifici e dei loro sistemi, nuove porzioni di edifici e dei loro sistemi, e nuovi sistemi e attrezzature in edifici esistenti, nonché i criteri per determinare la conformità a questi requisiti.

Tabella 2 - Categorie di criteri e possibilità di implementazione in BIM

Categorie di criteri - LEED	Punteggio massimo	Punteggio minimo	Media punteggi
(C1) Sviluppo sostenibile del sito	3.34	1.94	2.68
(C2) Acqua	2.78	2.44	2.60
(C3) Materiali e consumi delle risorse	3.44	2.16	2.69
(C4) Energia	3.78	2.31	2.99
(C5) Qualità dell'ambiente interno	4.15	2.20	3.18
(C6) Innovazione	3.68	1.83	2.76
(C7) Sociale ed economico	2.32	2.32	2.32
(C8) Qualità dei servizi	4.50	2.60	3.55
(C9) Economia circolare	4.13	2.10	3.03
(C10) Cambiamenti climatici	2.60	1.85	2.22

green buildings. Per capire come tale processo di integrazione possa avvenire sono stati analizzati i risultati dell'indagine condotta da Wu *et al.* nel 2017. Dall'indagine è emerso che solo 2 delle 10 categorie caratterizzanti il sistema di certificazione LEED sono facilmente integrabili nei software BIM. L'interoperabilità quindi rappresenta ancora un collo di bottiglia che limita lo sviluppo del processo di integrazione, considerando che lo scambio di informazioni è una condizione cardine nella gestione del progetto. Una battuta d'arresto enorme negli attuali fra-

mework di interoperabilità come IFC è la mancanza di ontologia e semantica per trascrivere il "vocabolario" della sostenibilità in un formato che possa essere letto e compreso quanto più possibile in maniera universale. Nel frattempo, il supporto all'interoperabilità nei software BIM, a livello di database, è ancora sottosviluppato. Ad ogni modo, la continua evoluzione dei software e la standardizzazione dei formati lascia intravedere una soluzione futura prossima per la questione, a tutto vantaggio degli utilizzatori.

* **Giovanna Acampa**, Professore Associato, Facoltà di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Enna "Kore"
e-mail: giovanna.acampa@unikore.it

** **Javier Ordóñez García**, Professore Ordinario, Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni e P.M., Università di Granada
e-mail: javiord@ugr.es

*** **Mariolina Grasso**, PhD Student, Facoltà di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Enna "Kore"
e-mail: mariolina.grasso@unikore.it

**** **Carmen Díaz-López**, PhD Student, Dipartimento di Ingegneria Civile - Area Tecnologie e Ambiente, Università di Granada
e-mail: carmendiaz@ugr.es

Bibliografia

ACAMPA G., *Normativa e linee guida sulla qualità architettonica*, Valori e Valutazioni, Vol. 23, 2019, pp. 47-56.

ACAMPA G., GRASSO M., PARISI C., PIRRERA A., *Test for Interoperability: From Theory to Practice*, Workshop 3d Modeling and BIM Roma, 2018, pp. 2-4.

ACAMPA G., CRESPO CABILLO I., MARINO G., *Representación del dibujo frente a simulación de los sistemas bim. Oportunidad o amenaza para la arquitectura*, ACE: architecture, city and environment, Vol. 40, 2019, pp. 111-132. doi:

<http://dx.doi.org/10.5821/ace.14.40.6689>

ACAMPA G., FORTE F., DI PAOLA P., *BIM Models and Evaluations, Values and Functions for Future Cities*, 2020, pp. 351-363. doi:10.1007/978-3-030-23786-8_20

AL-JEBOURI M.F.A., SALEH M.S., RAMAN S.N., RAHMAT R.A.A.B.O.K., SHAABAN A.K., *Toward a national sustainable building assessment system in Oman: Assessment categories and their performance indicators*, Sustainable Cities and Society, Vol. 31, 2017, pp. 122-135.

AMENDOLA G., *La Città Giusta*, Valori e Valutazioni, Vol. 17,

- AMENDOLA G., *La Città Giusta*, Valori e Valutazioni, Vol. 17, 2016, pp. 13-14.
- ASDRUBALI F., BALDASSARRI C., FTHENAKIS V., *Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings*, Energy Build.; Vol. 64, 2013, pp. 73-89. doi: 10.1016/j.enbuild.2013.04.018
- AWADH O., *Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis*, J. Build. Eng., Vol. 11, 2017, pp. 25-29. doi: 10.1016/J.JOBE.2017.03.010
- AZHAR S., JUSTIN B., RIZWAN F., *BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software*, Proceedings of the 45th ASC Annual Conference, 2009.
- BENTIVEGNA V., *Dialogo e trasparenza nei processi decisionali*, Valori e Valutazioni, Vol. 17, 2016, pp. 25-28.
- BERTOLDINI M., CAMPIOLI A., *Cultura tecnologica e ambiente*, ed. De Agostini, Novara, 2009.
- CAMPIOLI A., *Qualità dell'architettura: innovazione, ricerca tecnologica e progetto*, Techne 01, Firenze University Press, 2011, pp. 62-63.
- CASBEE, n.d. <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/> (accessed February 21, 2019).
- CHANDRATILAKE S. R., DIAS W. P. S., *Ratio based indicators and continuous score functions for better assessment of building sustainability* Energy, Vol. 83, 2015, pp. 137-143. doi:10.1016/j.energy.2015.02.007
- CHO D. W., *International and domestic building energy efficiency rating system status and future directions*, J. Korean Assoc. Air Cond. Refrig. Sanit. Eng., Vol. 27, 2010, pp. 45-51.
- COLE R. J., *Shared markets: coexisting building environmental assessment methods*, Build. Res. Inf., Vol. 34, 2006, pp. 357-371. doi:10.1080/09613210600724624
- DARKO A., CHAN A. P. C., AMEYAW E. E., HE B. J., OLANIPEKUN A. O., *Examining issues influencing green building technologies adoption: The United States green building experts' perspectives*, Energy Build, Vol. 144, 2017, pp. 320-332. doi: 10.1016/J.ENBUILD.2017.03.060
- DE KLIJN-CHEVALERIAS M., JAVED S., *The Dutch approach for assessing and reducing environmental impacts of building materials*, Build. Environ., Vol. 111, 2017, pp. 147-159. doi:10.1016/J.BUILDENV.2016.11.003
- DÍAZ LÓPEZ C., CARPIO M., MARTÍN-MORALES M., ZAMORANO, M., *A comparative analysis of sustainable building assessment methods*, Sustainable Cities and Society, Vol. 49, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.10161>
- DIXIT M. K., CULP C. H., FERNÁNDEZ-SOLÍS J. L., *System boundary for embodied energy in buildings: A conceptual model for definition*, Renew. Sustain. Energy Rev., Vol. 21, 2013, pp. 153-164. doi: 10.1016/J.RSER.2012.12.037
- DOAN D.T., GHAFARIANHOSEINI A., NAISMITH N., ZHANG T., GHAFARIANHOSEINI A., TOOKEY J., *A critical comparison of green building rating systems*, Build. Environ., Vol. 123, 2017, pp. 243-260. doi:10.1016/J.BUILDENV.2017.07.007
- DONG Y. H., NG S. T., *A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong*, Build. Environ., Vol. 89, 2015, pp. 183-191. doi: 10.1016/J.BUILDENV.2015.02.020
- EASTMAN C., TEICHOLZ P., SACKS R., LISTON K., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd Edition, Wiley, NJ, 2008. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470261309>
- EVALUACI T. D. E., EDIFICIOS A. D. E., *Un método de evaluación ambiental de edificios*, n.d.
- FATTINNANZI E., *La qualità della città. Il ruolo della valutazione nelle metodologie di redazione di piani e progetti*, Valori e Valutazioni, Vol. 20, 2018, pp. 3-12.
- FATTINNANZI E., ACAMPA G., FORTE F., ROCCA F., *La valutazione complessiva della qualità nel Progetto di Architettura*, Valori e Valutazioni, Vol. 21, 2018, pp. 3-14.
- FORTE F., *Qualità architettonica e valutazione: una lettura nel quadro europeo*, Valori e Valutazioni, Vol. 23, 2019, pp. 37-45.
- GIANNETTI B. F., DEMÉTRIO J. C. C., AGOSTINHO F., ALMEIDA C. M. V. B., LIU G., *Towards more sustainable social housing projects: Recognizing the importance of using local resources*, Build. Environ., Vol. 127, 2018, pp. 187-203. doi: 10.1016/J.BUILDENV.2017.10.033
- HAAPIO A., VIITANIEMI P., *A critical review of building environmental assessment tools*, Environ. Impact Assess. Rev., Vol. 28, 2008, pp. 469-482. doi: 10.1016/J.EIAR.2008.01.002
- HERNANDEZ P., OREGI X., LONGO S., CELLURA M., *Life-Cycle Assessment of Buildings*, Handb. Energy Effic. Build., 2019, pp. 207-261. doi:10.1016/B978-0-12-812817-6.00010-3
- HOLLERIS PETERSEN E., BEAT 2002, *An LCA based assessment tool for the building industry*, n.d. <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB4368.pdf> (accessed February 21, 2019)
- IHOBE SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL, GREEN BUILDING RATING SYSTEMS, *Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación*, Ihobe, Vol. 72, 2010. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- LIPPIATT B. C., *BEES 4.0: Building for Environmental and Economic Sustainability*, Technical Manual and User Guide | NIST, NIST Interagency/Internal Rep. - 7423, 2007. <https://www.nist.gov/publications/bees-40-building-environmental-and-economic-sustainability-technical-manual-and-user> (accessed February 18, 2019)
- LU Y., WU Z., CHANG R., LI Y., *Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future direction*, Automation in Construction, Vol. 83, 2017, pp. 134-248. doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.024
- MACÍAS M., GARCÍA NAVARRO J., *Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios VERDE*, A methodology and tool for a sustainable building assessment, Vol. 62, n.d, pp. 87-100. doi:10.3989/ic.08.056
- MACÍAS M., GARCÍA NAVARRO J., *Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios*, Inf. La Construcción, Vol. 62, 2010, pp. 87-100. doi:10.3989/ic.08.056

[
MARTÍNEZ-ROCAMORA A., SOLÍS-GUZMÁN J., MARRERO M., *LCA databases focused on construction materials: A review*, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 58, 2016, pp. 565-573. doi: 10.1016/J.RSER.2015.12.243

MONDINI G., *Valutazioni integrate per la gestione delle nuove sfide sociali*, *Valori e Valutazioni*, Vol. 17, 2016, pp. 15-17.

MOTAWA I., CARTER K., *Sustainable BIM-based Evaluation of Building*, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 74, 2013, pp. 420-421.

VEGA CLEMENTE R., *Evaluación de la Sostenibilidad de Siste-*

mas de Construcción Industrializados de Fachada en Edificios de Vivienda Colectiva, Vol. 893, 2015.

WU W., *Integrating Building Information Modeling and Green Building Certification: The BIM-LEED application Model Development*, A dissertation presented to the Graduate School of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor Philosophy, University of Florida, 2010, pp. 60-70.

YILMAZ M., BAKI A., *Sustainability in Construction Sector*, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*; Vol. 195, 2015, pp. 2253-2262. doi: 10.1016/J.SBSPRO.2015.06.312