UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea in Tecnologie Digitali per l'Edilizia e il Territorio

TESI DI LAUREA

IL CONTRIBUTO DELLA CERTIFICAZIONE LEED ALL'EDILIZIA SOSTENIBILE

Relatrice: Chiar.ma Prof.ssa DANIELA BOSO
Correlatori: Chiar.mo Prof. LIVIO PETRICCIONE
Ing. GIULIA DE CET

Laureando: ALESSANDRO FACCHIN

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

SOMMARIO

INTRODUZIONE 5
Obiettivi 5
Importanza del LEED nell'edilizia 6
CAPITOLO PRIMO: LA SOSTENIBILITÀ NELL'EDILIZIA 9
1.1 Cosa è l'edilizia sostenibile 9
1.2 L'impatto ambientale del mondo edile 11
1.3 Normative 13
CAPITOLO SECONDO: LA CERTIFICAZIONE LEED 17
2.1 Storia 17
2.2 Obiettivi 19
2.3 Differenze tra certificazioni 22
2.3.1 Nel Mondo 22
2.3.2 In Italia 26
CAPITOLO TERZO: FUNZIONAMENTO DELLA CERTIFICAZIONE LEED 31
3.1 Tipologie di certificazione 31
3.1.1 Building Design and Construction (BD+C) 32
3.1.2 Interior Design and Construction (ID+C) 35
3.1.3 Building Operations and Maintenance (O+M) 37
3.1.4 Neighborhood Development (ND) 40
3.1.5 Homes 41
3.1.6 Cities and Communities 43
3.1.7 Contesto italiano 45
3.2 Processo di ottenimento 46
3.3 Livelli di certificazione 48
CAPITOLO QUARTO: BENEFICI DELLA CERTIFICAZIONE LEED 51
4.1 Vantaggi della certificazione 51
4.1.1 Ambientali 51
4.1.2 Economici 52
4.1.3 Sociali 52
4.2 Aspetti negativi 53
4.2.1 Costi 53
4.2.2 Lungo Processo di Ottenimento 53
4.2.3 Criticità del Sistema a Punti 53
4.2.4 Materiali Utilizzabili 54
CAPITOLO QUINTO: IL FUTURO DELLA CERTIFICAZIONE LEED 55
5.1 Tendenze future 55
5.2 Tecnologie e materiali innovativi 58
CAPITOLO SESTO: CASO STUDIO 63
6.1 Analisi del caso studio 63
CONCLUSIONI 67
Considerazioni generali 67
Prospettive future 68
BIBLIOGRAFIA 71
RINGRAZIAMENTI 73

INTRODUZIONE

Obiettivi

La tesi si propone di affrontare temi legati all'edilizia sostenibile e nello specifico quella che è la certificazione LEED, acronimo di Leadership in Energy and Enviromental Design.
Tale approfondimento nasce dall'esperienza del Tirocinio svolto nel percorso accademico.
Osservare ciò ha reso possibile comprendere l'importanza anche delle scelte a prima vista più irrilevanti per andare verso un futuro dove la sostenibilità ambientale, in questo ambito come in molti altri, sarà la base di ogni cosa.
Come detto, i temi affrontati nei prossimi capitoli saranno molteplici, uno degli obiettivi consiste nell'analizzare la certificazione in oggetto e quindi anche il suo conseguente ruolo nel settore edile, con i relativi pro e contro.
Gli approfondimenti riguarderanno i criteri di valutazione utilizzati per l'ottenimento del certificato, l'impatto che questo ha sulla sostenibilità ambientale e il perché questo standard è sempre più adottato nel mondo.
Si comincerà dall'evoluzione storica, passando per le categorie che contraddistinguono il certificato e in ultima parte analizzando le differenze con protocolli differenti a livello nazionale e globale.
Risulterà fondamentale esaminare il processo che c'è dietro la certificazione LEED, in primo luogo dalla progettazione ma anche durante la realizzazione e soprattutto, una volta realizzato, nel corso degli anni con la manutenzione e gestione dell'opera.
Non solo gli aspetti positivi saranno oggetto di analisi, particolare attenzione verrà data proprio alle difficoltà che il personale qualificato (progettisti, tecnici e operai) incontrerà e quindi alle possibili soluzioni da intraprendere.
Verranno esaminati i vantaggi che possono essere prodotti sotto diversi aspetti, ambientali o economici. Per questi ultimi si intendono vantaggi dovuti al risparmio di costi o all'aumento del valore immobiliare.
Dal punto di vista ambientale invece ne verranno studiati i benefici considerando la riduzione dell'impatto di quest'ultimo, l'efficienza energetica che contraddistingue le opere realizzate sotto questi standard, il risparmio di risorse idriche vitali in un prossimo futuro, la qualità degli ambienti sotto diversi aspetti quali la salubrità, ad esempio, e l'utilizzo di materiali eco-compatibili legandosi così alle tecnologie in via di sviluppo in questo settore.
La dimostrazione dell'efficacia avverrà esaminando un preciso caso studio, comprendendo come siano stati applicati gli standard nell'atto pratico e quali vantaggi hanno apportato in quel determinato esempio, cercando inoltre di capire le eventuali difficoltà che ci sono state durante la fase di realizzazione o progettazione, comparando ciò con quanto analizzato nei capitoli precedenti.
La scelta ricadrà su un'opera caratterizzata da un contesto geografico e realizzativo particolare per poter avere una dinamica dell'effettivo funzionamento e della particolare adattabilità del protocollo.
Il tutto porterà a valutare le prospettive future e che ruolo avrà il LEED nell'edilizia sostenibile, cercando quindi di capire se la validità di questa certificazione avrà la possibilità di essere utilizzata nel corso dei decenni o se verrà sostituita da altre certificazioni.

Verranno valutate così le possibili innovazioni nei criteri di certificazione e l'integrazione con nuove tecnologie edilizie.
Quanto elencato guiderà la ricerca della tesi, provando a delineare un quadro dettagliato della certificazione LEED e dell'impatto che questa avrà sull'edilizia sostenibile.

Importanza del LEED nell'edilizia

La certificazione LEED è uno dei pilastri fondamentali all'interno del settore dell'edilizia sostenibile, fornendo quella che è una valutazione, riconosciuta a livello internazionale, per valutare edifici eco-compatibili.
Il sistema sviluppato dalla U.S. Green Building Council e adattato qui in Italia dal Green Building Council Italia, si è affermato come standard globale utile a garantire quella che è l'efficienza energetica, la riduzione dell'impatto ambientale e la qualità della vita di chi sfrutta tali opere. (1)
Trattandosi di un periodo e un contesto in cui le pressioni normative e la volontà di contrastare il cambiamento climatico sono sempre in aumento, basti pensare agli obiettivi climatici europei che prevedono una neutralità carbonica entro il 2050, il LEED indica la via per scelte alla cui base c'è la sostenibilità, ma porta anche vantaggi economici non indifferenti, soprattutto per un facile accesso agli incentivi, oltre ad un incremento intrinseco del valore immobiliare dell'opera. (2) (3)
La caratteristica fondamentale consiste nel poter trasformare gli edifici in sistemi con efficienze energetiche notevoli, riducendo naturalmente in consumo di energia e acqua, due risorse sempre più importanti, tramite l'ausilio di tecnologie.
A differenza delle costruzioni tradizionali, edifici con questa certificazione hanno la capacità di arrivare a risparmi energetici compresi tra i 30% e l'80% rispetto ai primi, il tutto integrando pannelli solari, sistemi di isolamento termico sempre più efficienti e fonti di consumo il meno possibile dispendiose, un esempio possono essere i led per l'illuminazione interna ed esterna. (4)
La gestione idrica ha un ruolo fondamentale, promuovendo in particolare il riutilizzo delle acque piovane.
L'insieme di tutto ciò, in primo luogo, riduce l'impatto ambientale e allinea gli edifici alle direttive europee sull'economia circolare. (3)
Un altro contributo lo si ha in maniera diretta sulla riduzione delle emissioni di CO_2, il LEED infatti incentiva l'utilizzo di materiali, edili e no, caratterizzati da un basso contenuto di carbonio. Premiando progetti che superano gli standard energetici locali del 10%-15%, accelerando il processo che porta ad avere edifici a zero emissioni.
Preferendo inoltre materiali riciclati o prodotti localmente, tutto l'impatto che i trasporti e la produzione di nuovo materiale provocherebbero viene ridotto. (3)
Edifici realizzati con questi standard hanno un'attrattiva sul mercato immobiliare sicuramente maggiore rispetto ad altri, questo deriva dalla percezione di qualità e durabilità associati al marchio, sinonimo di standard elevati e costi ridotti nel lungo termine.
In Italia, soprattutto dove il patrimonio edilizio necessita di una riqualificazione, la certificazione riesce nel doppio intento di valorizzare la storia e attuare un'innovazione sostenibile. (3) (4)
Sotto l'aspetto economico, sono numerosi gli incentivi che si possono richiedere, tra cui sgravi fiscali, crediti d'imposta e finanziamenti verdi con tassi agevolati. (2)
Non vengono così solo compensati i costi iniziali di certificazione, ma viene generato un ritorno sull'investimento in dieci volte il capitale iniziale entro il ciclo di vita dell'opera. (4)
Un altro aspetto cruciale è l'attenzione per la salubrità degli ambienti interni. Imponendo standard rigorosi per la ventilazione, l'uso di materiali con un basso contenuto di emissioni VOC (composti

chimici che evaporano facilmente a temperatura ambiente, trasformandosi in gas o vapori) e un buon accesso alla luce naturale. (1)

Il LEED ha un ruolo importante anche nell'allineamento alle Normative e Politiche Europee, risultando uno strumento necessario a raggiungere gli obiettivi imposti nel nostro continente. Avendo standard più stringenti rispetto a quelle che sono le normative locali, riesce ad anticipare i requisiti futuri, proteggendo in questo modo l'investimento fatto per la realizzazione dell'edificio, che in alcuni casi potrebbe nel corso degli anni risultare obsolescente a livello normativo. In Italia nel caso specifico, i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia pubblica richiedono con una frequenza sempre maggiore certificazioni come il LEED per partecipare a gare d'appalto. In questo modo viene facilitato l'accesso a progetti ad esempio finanziati dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza(PNRR). (3).

CAPITOLO PRIMO: LA SOSTENIBILITÀ NELL'EDILIZIA

1.1 Cosa è l'edilizia sostenibile

L'edilizia sostenibile rappresenta una rivoluzione nel settore delle costruzioni, le cui basi consistono nel creare una riconciliazione tra l'attività antropica e quello che è l'equilibrio ecologico. Tale fine viene raggiunto integrando efficienza energetica, circolarità dei materiali, benessere abitativo e resilienza economica. (5)

Analizzando le fonti ed esaminando alcuni esempi pratici, verranno delineati i fondamenti teorici e le prospettive di un approccio costruttivo che porta a ridefinire il rapporto tra l'uomo e l'ambiente che lo circonda.

Il concetto di edilizia sostenibile si applica tramite un insieme di principi che valgono per tutto il ciclo di vita degli edifici, partendo dalla progettazione, passando per la realizzazione e arrivando fino alla dismissione degli stessi.

Se per opere standard il focus è sulla riduzione dei costi immediati, l'approccio in esame valuta gli impatti cumulativi che influenzerebbero più generazioni.

Un edificio sostenibile deve soddisfare alcuni requisiti fondamentali:

1. Possedere un'efficienza energetica passiva, ottenibile tramite il giusto orientamento dell'opera, un adeguato isolamento termico e lo sfruttamento di quelle che sono le energie rinnovabili disponibili;
2. Gestione circolare dei materiali e quindi preferire principalmente risorse ottenute tramite processi di riciclo, prodotte localmente e la cui realizzazione non avesse bisogno di un grosso dispendio di energia;
3. Benessere psico-fisico garantito da un'adeguata qualità dell'aria negli ambienti interni, comfort acustico e abbondante illuminazione naturale;
4. Integrazione dell'ecosistema cercando di limitare il fenomeno sempre crescente dell'impermeabilizzazione dei suoli in aree urbane soprattutto e favorendo la biodiversità in queste aree. (5) (6)

L'impronta ecologica complessiva è data in gran parte dai materiali scelti per la realizzazione dell'opera; pertanto, un'appurata selezione di questi risulta fondamentale in questo ambito. Vengono quindi privilegiati ad esempio:

- Materiali naturali e rinnovabili come il legno certificato PEFC/FSC, canapa, lino e sughero, tutti caratterizzati da cicli produttivi a basso impatto carbonico;
- Prodotti riciclati e riciclabili come l'acciaio siderurgico con percentuali di riciclabile vicine al 100% o calcestruzzo con aggregati ottenuti da rifiuti di demolizione di altre opere;
- Biocomposti come il PLA (Acido Polilattico) derivato da amidi vegetali, con prestazioni meccaniche vicine alle plastiche ottenute da origine fossile e quindi molto più inquinanti e difficili da smaltire. (5) (7)

Uno degli esempi forse più conosciuti e livello nazionale è il Bosco Verticale a Milano, quest'opera è l'esempio pratico dell'efficacia di soluzioni ibride, le 20.000 piante inserite sulle facciate assorbono CO_2 e contemporaneamente riducono anche il fabbisogno di raffrescamento nel periodo estivo grazie all'evaporazione delle foglie (si veda Figura 1).

Inoltre, il sistema radicale aiuta ad assorbire l'acqua piovana, favorendo così il riciclo di risorse idriche. (7)

Figura 1: Fotografia del Bosco Verticale (MI) (https://chiararchdaily.jimdofree.com/stefano-boeri/progetti/bosco-verticale/)

L'integrazione tra impianti ed involucro dell'edificio raggiunge ottimi livelli nei progetti Nearly Zero Energy Building (NZEB); in Figura 2 la Biocasa_82, esempio di un edificio collocato Treviso. L'edificio raccoglie il 100% dell'acqua piovana ed emette il 60% in meno di emissioni rispetto ai classici edifici. Oltre a materiali naturali ed a basso impatto, sono state sfruttate nel migliore dei modi le fonti di energia rinnovabile con pannelli solari e geotermia, inoltre l'ottimizzazione dell'isolamento termico ha contribuito insieme al resto a ridurre considerevolmente i consumi energetici e le emissioni. (7)

Figura 2: Biocasa_82 (TV) (https://blog.bcasa.it/casa-ecologica-biocasa_82-certificazione-leed-platinum.html)

L'analisi costi-benefici estesa all'intero ciclo di vita dell'opera riporta vantaggi sotto l'aspetto ambientale con riduzioni considerevoli di emissioni rispetto agli standard e sotto quello economico con aumenti del valore immobiliare oltre ad una diminuzione dei costi operativi e sociali portando ad una migliore produttività.

A questi aspetti positivi però, vanno a sommarsi quelli negativi. I costi iniziali risultano maggiori rispetto all'edilizia tradizionale, anche se ammortizzabili su più anni. Inoltre, c'è carenza di tecnici in questo ambito e la normativa europea risulta frammentata tra i vari Stati membri. (5)

L'edilizia sostenibile si conferma quindi l'unico strumento capace di conciliare crescita urbana e tutela ambientale.
La sfida risiede nel trasformare queste pratiche ancora considerabili quasi di nicchia in uno standard edile adottato regolarmente.

1.2 L'impatto ambientale del mondo edile

Anche se il settore edile rappresenta un elemento fondamentale per lo sviluppo economico globale, allo stesso tempo costituisce una delle fonti principali di pressione ambientale. Secondo il 2022 Global Status Report for Buildings and Constructions del programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, le costruzioni sono responsabili circa del 37% delle emissioni globali di anidride carbonica e consumano oltre il 34% della domanda mondiale di energia.
Considerando anche le proiezioni che prevedono un raddoppio della superficie edificata entro il 2060, si delinea uno scenario che richiede una riconversione ecologica del settore. (8)
L'impatto ambientale si manifesta sotto vari aspetti, tra cui:

- Lo sfruttamento intensivo di risorse non rinnovabili,
- L'alterazione degli ecosistemi,
- L'inquinamento atmosferico,
- La generazione di rifiuti specializzati.

In questo settore la normativa si sta conseguentemente evolvendo verso modelli circolari.
Secondo le stime di Green Building Council oltre il 50% delle emissioni totali di carbonio delle costruzioni tra il 2020 e il 2050 saranno dovute al carbonio incorporato (emissioni relative ai materiali e alla fase di costruzione o ristrutturazione).
Inoltre, va considerato anche il carbonio operativo (emissioni durante l'uso dell'edificio ossia gestione e manutenzione), questo costituisce il 28% delle emissioni globali. (9)
Il materiale più influente nelle stime di calcolo del carbonio incorporato risulta essere il calcestruzzo con 2.750 milioni di tonnellate di CO_2 a livello globale (Figura 3), mentre il materiale che consuma più energia per tonnellata sono invece i pannelli in alluminio con oltre 100 GJ/T, invertendo la tendenza del calcestruzzo che in questo caso risulta il meno dispendioso con meno di 10 GJ/T (Figura 4).

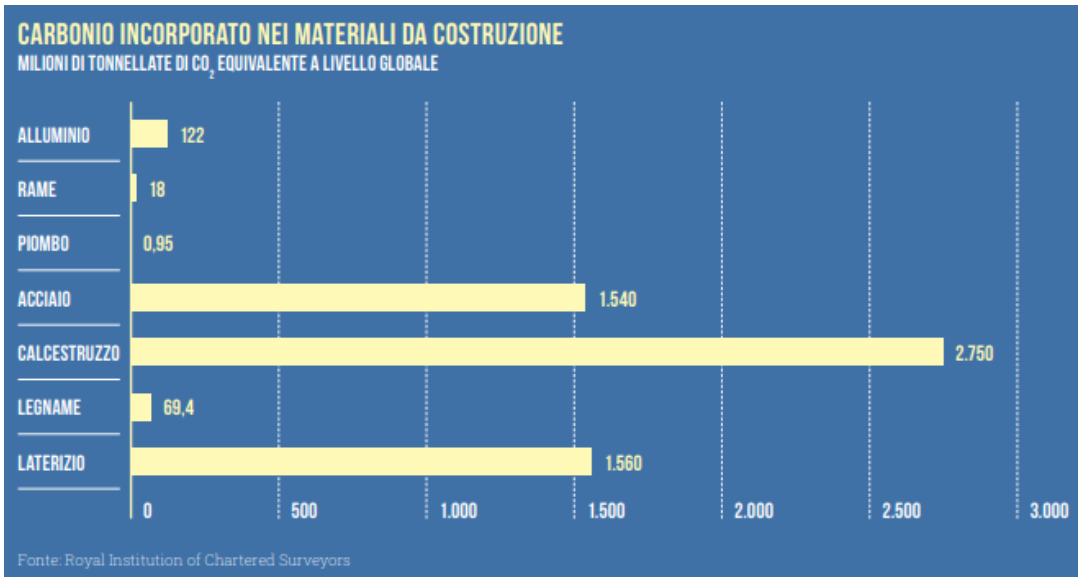

Figura 3: Carbonio Incorporato

(https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/La-decarbonizzazione-delle-costruzioni_report-2022.pdf)

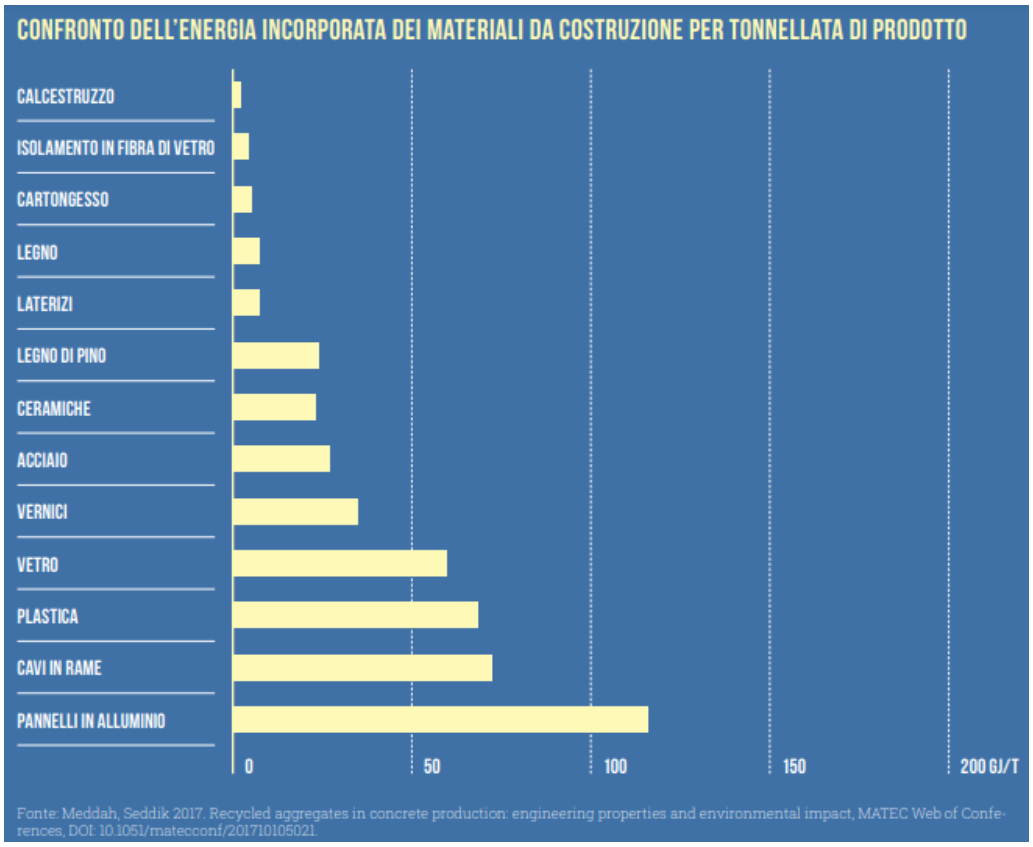

Figura 4: Energia Incorporata

(https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/La-decarbonizzazione-delle-costruzioni_report-2022.pdf)

Il basso tasso di circolarità dei materiali è uno standard da invertire nel momento in cui questo settore è responsabile del consumo di circa il 50% delle materie prime estratte, che corrispondono a oltre 42 miliardi di tonnellate di materiali utilizzati in un anno.
Inoltre, vengono prodotti un terzo del totale dei rifiuti, che in Europa però trovano un ottimo tasso di riciclato pari al 79,8% nel 2022, anche sopra al 70% previsto dalla Direttiva 2008/98/CE. (10) (11)

Il consumo di suolo rappresenta un'altra criticità ambientale provocata dal settore edile, questo è definito come "Un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative" – ISPRA. (12)
Nel 2018 la copertura di aree artificiali in Europa era pari al 4,2%, con situazioni regionali molto eterogenee.
Una maggiore concentrazione di queste aree la si trova nell'Europa continentale con casi come la regione di Bruxelles che presenta un valore di occupazione del 62,8%.
I problemi legati a tale fenomeno sono rappresentati dall'impermeabilizzazione dei terreni e quindi un aumento del rischio idrogeologico, la creazione dell'isola di calore urbana ovvero zone dove le temperature risulta più elevate rispetto ad aree rurali e la frammentazione degli habitat naturali che produce una riduzione della connettività ecologica. (12)
Il Life Cycle Assessment (LCA) risulta quindi utile come mezzo analitico per valutare l'impronta ambientale, spazia quindi dalle fasi di estrazione delle materie prime fino alla dismissione, fornendo infine i valori di impatto ambientali.
Sono diverse le categorie prese in considerazione, in merito al primo tema trattato nel capitolo riguardante le emissioni di CO_2, l'aumento dell'effetto serra antropogenico considera proprio queste ultime, generate dai consumi di energia e materia durante il ciclo vitale.
Lo scopo finale è quello di poter gestire gli impatti calcolati, tramite la loro riduzione e compensazione, oppure aiutare a poter scegliere modalità produttive e materiali con una minore impronta ambientale.
A livello internazionale l'LCA segue una determinata prassi di studio, strutturato secondo le seguenti fasi:

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione,
2. Compilazione di un inventario degli input e output di un sistema,
3. Valutazione impatto ambientale correlato a input e output,
4. Interpretazione risultati. (13)

I dati analizzati confermano la necessità di trasformare il settore con politiche integrate, innovazione tecnologica e collaborazione di filiera tra produttori e progettisti.
La sfida risiede nel governare questi processi complessi coniugando principalmente rigore scientifico e partecipazione sociale.

1.3 Normative

Essendo l'edilizia sostenibile un pilastro fondamentale per quelle che sono e strategie di transizione ecologica, risultano necessarie una serie di direttive e standard tecnici sia a livello internazionale sia a livello nazionale che evidenzino come l'interazione tra le varie regolamentazioni ridefinisca la progettazione, la costruzione e la certificazione degli edifici.
Il sistema risulta complesso ma allo stesso tempo coordinato, passando dal Regolamento UE sui prodotti da costruzione, dalla direttiva EPBD sulle prestazioni energetiche e dall'Intenational Green Construction Code americano, fino alle recenti norme UNI italiane. (14) (15) (16)
Il Regolamento sui Prodotti da Costruzione (CPR), approvato a Novembre 2024 e introdotto nel Contesto del Green Deal europeo, va a modificare il precedente quadro normativo varato nel 2011 tramite cinque principali innovazioni:

- **Passaporti digitali dei materiali:** con questo, i prodotti immessi nel mercato UE devono essere accompagnati da un documento che ne certifichi l'origine, la composizione e l'impatto ambientale che produce a lungo termine. Obbligatorio dal 2025, garantisce tracciabilità lungo tutta la filiera produttiva come mai era stato possibile fare prima d'ora;
- **Economia circolare applicata:** viene promosso l'utilizzo di materiali riciclati e riutilizzabili, promuovendo così il modello dell'economia circolare, fondamentale soprattutto considerando le percentuali elevate di materiali vergini estratti e rifiuti prodotti dal settore, analizzati nel precedente paragrafo;
- **Armonizzazione e libera circolazione dei prodotti:** il regolamento unifica le regole per la commercializzazione dei materiali edili, favorendo la libera circolazione nel mercato unico europeo. L'effetto ottenuto è una riduzione degli oneri amministrativi per le imprese oltre ad un commercio più fluido tra le diverse frontiere;
- **Adozione di nuovi standard tecnologici:** viene facilitata l'introduzione di standard innovativi, la Commissione Europea può quindi adottare specifiche comuni in caso di blocchi nei processi per la creazione di una normativa;
- **Maggiori tutele per i consumatori:** essendo la priorità quella di fornire prodotti sicuri e conformi, sono stati rafforzati i requisiti necessari che produttori, importatori e distributori devono rispettare, intensificando allo stesso tempo la vigilanza all'interno del mercato stesso. (14)

Viene quindi introdotto un approccio più integrato e moderno alla regolamentazione dei prodotti da costruzione, con focus sulla sostenibilità, innovazione e digitalizzazione, per affrontare nel migliore dei modi le sfide che il settore si trova ad avere al giorno d'oggi.

La direttiva Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) o "Direttiva Case Green" è un provvedimento anch'esso emanato dall'UE, risalente a diversi anni fa, volta a promuovere la sostenibilità del settore, che però è stata aggiornata di recente imponendo una stretta ulteriore verso le imprese edili, questo tramite due obiettivi principali:

1. **Aumento del tasso di ristrutturazioni:** vengono così svecchiati gli edifici già presenti sul territorio, aggiornandoli con gli attuali standard di sostenibilità e risparmiando in termini di materiali e quindi di inquinamento evitando la demolizione e la creazione di nuove opere;
2. **Riduzione del consumo energetico e delle emissioni**.

Il punto principale della direttiva è il miglioramento della classe energetica degli edifici, delineando gli obiettivi in base alla tipologia dell'edificio. Quelli residenziali, ad esempio, devono raggiungere la classe E entro il 2030 ed entro il 2033 la classe superiore D.
Per gli edifici non residenziali invece vengono richieste le stesse classi ma con un anticipo di tre anni e quindi rispettivamente la classe E per il 2027 e la classe D entro il 2030.
Inoltre viene vietato agli Stati di fornire incentivi per acquistare caldaie funzionanti con combustibili fossili, con una conseguente riduzione delle emissioni.

L'applicazione di questi criteri si applica sia agli edifici già realizzati sia a quelli da costruire, gli interventi di miglioramento energetico andranno fatti quando l'immobile viene venduto o quando si stabilisce un nuovo inquilino.

In merito ai nuovi edifici, l'obiettivo è raggiungere le emissioni zero dal 2028 e che sempre dallo stesso anno questi dovranno possedere tecnologie solari (2032 per edifici residenziali sottoposti a ristrutturazioni importanti). (15)

L'International Green Construction Code (IgCC), sviluppato dall'International Code Council in collaborazione con l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

e l'United States Green Building Council, rappresenta lo standard di riferimento a livello globale per l'edilizia sostenibile.
La versione del 2024 prevede migliori performance energetiche con riduzioni dei consumi rispetto agli standard del 2018, una gestione idrica che permetta il recupero di almeno la metà delle acque meteoriche e la circolarità dei materiali con una buona parte delle componenti edili di provenienza dalle zone limitrofe al cantiere. Questo per quanto concerne l'approccio integrato, in merito ai modelli prestazionali adattivi vengono introdotte tabelle parametriche per le zone climatiche (8 categorie con prescrizioni su isolamento termico e ventilazione non artificiale) e tipologie edilizie (parametri differenti in funzione dell'opera, che sia residenziale, commerciale ecc). (16)
Per l'Italia la UNI/PdR 13:2019 deriva dal precedente protocollo dell'Istituto per l'Innovazione e per la Trasparenza degli Appalti e Compatibilità Ambientale (ITACA). Viene introdotta così una nuova sezione per valutare la sostenibilità ambientale, consentendo al progettista di formulare un giudizio sintetico su quelle che sono le performance dell'edificio, giudizio sulla base di un punteggio che indicherà il livello d sostenibilità ambientale. È formata da tre sezioni con il fine di inquadrare i cambiamenti in atto, la prima fornisce un inquadramento generale e i principi metodologici alla base del sistema di analisi, la seconda stabilisce i criteri (particolar attenzione verso gli edifici residenziali) e la terza esplica come si valutano le opere non residenziali. (17)
Le opere edili hanno un ciclo di vita e come visto in precedenza anche un impatto sull'ambiente, per meglio definire questo ambito è stata elaborata la UNI EN 15643:2021; questa fornisce i principi per valutare la prestazione ambientale, sociale ed economica degli edifici e delle opere di ingegneria civile, considerando le proprie caratteristiche di natura tecnica e funzionale. Va innanzitutto ricordato che per le opere edili, durante la progettazione, devono essere considerati i criteri ambientali minimi (CAM), ovvero dei requisiti ambientali con lo scopo di individuare il prodotto o la soluzione migliore sotto il profilo ecosostenibile per tutto il ciclo di vita.
Questi sono regolamentati dall'art.18 della legge 28 dicembre 2105 n.221 e, in seguito dall'art.34 del D.Lgs. 50/2016, rendendoli obbligatori per tutte le stazioni appaltanti.
Tornando alla norma UNI, vengono utilizzati indicatori calcolabili misurati, non esprimendo alcun giudizio di valore.
Facendo in questo modo, si rende possibile comparare i risultati delle valutazioni.
I risultati infine forniscono informazioni su diversi tipi di indicatori, gli scenari e le varie fasi del ciclo di vita all'interno della valutazione. Anche le attività associate all'opera realizzata vanno prese in considerazione nella valutazione, come il carburate consumato o l'energia necessaria per gli spostamenti. Con l'evolvere dell'opera, la valutazione fatta nelle fasi di pianificazione deve poi essere rivista e aggiornata continuamente, per poi arrivare a quella finale (as-built) e i relativi risultati utilizzati per informare tutte le parti interessate, inoltre questi possono anche servire per progetti simili in futuro. (18)

CAPITOLO SECONDO: LA CERTIFICAZIONE LEED

2.1 Storia

Figura 5: Logo LEED (https://www.radiocolore.it/podcast/che-cos-la-certificazione-leed/)

La certificazione LEED è considerabile uno degli standard internazionali più importanti nell'ambito dell'edilizia sostenibile, nato ed evoluto a partire dagli anni '90 dello scorso secolo. Questo certificato il cui acronimo è Leadership in Energy and Enviromental Design, risulta essere attualmente un punto di riferimento per la progettazione, la costruzione e la gestione di edifici ecosostenibili.
L'evoluzione che ha subito va di pari passo con i progressi tecnologici del settore edile e soprattutto con la sempre più importante tutela ambientale che caratterizza gli ultimi anni. Nato negli Stati Uniti e diffuso in tutto il Mondo, ha tracciato un continuo miglioramento in base anche alle caratteristiche territoriali, mantenendo lo scopo principale di promozione di pratiche costruttive caratterizzate da un impatto ambientale il più esiguo possibile.
Il sistema è stato creato dall' U.S. Green Building Council (USGBC), un'organizzazione nata nel 1993 negli Stati Uniti d'America in quello che era un contesto dove l'attenzione per le tematiche ambientali era sempre più crescente. (19)
Quest'organizzazione nacque come coalizione nel settore bioedile, per creare edifici con l'attenzione verso un'ottimizzazione pensando alle persone e alla natura. (20)
I membri dell'USGBC nello specifico riconobbero la necessità di sviluppare un sistema utile a misurare l'efficienza dei criteri di sostenibilità, intuizione fondamentale per quella che poi sarà l'evoluzione del settore.
I criteri LEED iniziarono ad essere sviluppati dal 1994, sotto la tutela del Natural Resorces Defense Council (NRDC).
Lo scienziato Robert K.Watson coordinò la collaborazione tra organizzazione no profit, enti governativi, architetti, ingegneri, costruttori, fornitori di prodotti edili e altri leader industriali.
L'unione di più discipline si è rivelato un punto di forza, facendo sì che le diverse competenze contribuissero a creare uno standard efficiente e condiviso.
Il comitato successivamente creato, con la funzione di analisi dei risultati e l'approfondimento delle tematiche legate alla bioedilizia, riuscì a garantire una maggiore profondità allo sviluppo del sistema. Questo anche grazie alle differenti competenze dei membri, tra cui il cofondatore Mike Italiano, gli architetti Bill Reed e Sandy Mendler, il costruttore Gerard Heiber e l'ingegnere Richard Bourne. (21)

Il primo programma originato è stato il LEED Version 1.0, per edifici di nuova realizzazione o ristrutturazione di edifici esistenti, lanciato dall'USGBC nel 1998. (21)
Rappresentò un punto fondamentale nel settore dell'edilizia sostenibile, in particolare per i progetti futuri.
Vennero inizialmente valutati 19 progetti pilota considerando gli standard scelti, testando in questo modo la sua efficacia in situazioni reali. (20)
Nel 2000, l'evoluzione del programma originale portò alla pubblicazione del LEED Green Building System Version 2.0, incentrato in maniera particolare sulle nuove costruzioni. Con questa versione iniziò la diffusione su larga scala del sistema di certificazione.
Negli anni successivi uscirono altre nuove versioni evolute, in particolare la LEED Version 2.1 nel 2002, LEED Version 2.2 nel 2005 e LEED 2009 nello stesso anno, venivano così incorporati miglioramenti e raffinamenti sulla base di quanto applicato in precedenza e sul progresso tecnologico. (22)
La successiva evoluzione è avvenuta nel 2013 con il LEED Version 4.0, ampliando le tipologie edilizie che possono essere certificate.
L'ultimo passo, a seguito dell'aggiornamento alla versione LEED v4.1 (una versione più stringente sotto molti aspetti quali l'efficienza energetica, la selezione del sito, la conservazione dell'acqua e la riduzione dei rifiuti), lo si ha con la LEED Version 5.0 che presenta tre aree d'impatto principali, una relativa alla decarbonizzazione, una alla qualità della vita e una alla conservazione e ripristino ecologico. Negli anni dal 1994 al 2006 in particolare, si passò da quello che era uno standard per le nuove costruzioni a diventare un sistema complesso di sei standard relativi a tutto il processo di sviluppo e realizzazione. Anche la struttura organizzativa subì grossi miglioramenti, partendo da 6 volontari si arrivò alla creazione di 20 comitati con circa 200 volontari. (19)
Vennero intraprese anche iniziative per adattarsi a diverse tipologie edilizie e fasi del ciclo vitale degli edifici. Svilupparono così sistemi di valutazione specifici in base alle tipologie e alle caratteristiche del mercato immobiliare, tra cui LEED for Core & Shell, LEED for New Construction, LEED for Schools, LEED for Neighborhood Developments, LEED for Retail, LEED for Healthcare e LEED for Homes, portando il sistema a adattarsi alle differenti necessità e contesti. (22)
Dall'elaborazione nel 1998, la certificazione crebbe fino ad includere 7.000 progetti tra gli USA e altri 30 paesi, con 99km² di aree di sviluppo.
Un aspetto rilevante per la diffusione globale è sicuramente stato il processo trasparente, i criteri tecnici infatti venivano pubblicamente rivisti, per essere approvati, da oltre 10.000 organizzazioni che formavano parte dell'USGBC. Venne così mantenuta la credibilità del sistema con la conseguente accettazione in diversi contesti. (21)
Un altro fattore che contribuì a garantire l'integrità del processo, fu il lancio nel 2008 del Green Business Certification Inc. (GBCI), ovvero un'organizzazione autonoma con lo scopo di fornire una supervisione indipendente alla certificazione LEED, rilasciando anche credenziali a persone riconosciute come esperte del settore, dando origine alle due distinte figure di LEED Green Associate e LEED Accredited Professional. Questi hanno svolto il ruolo di ambasciatori nei rispettivi paesi. (20)
Nel tempo è così diventato uno dei protocolli di sostenibilità più diffusi, grazie alla capacità di adattamento. In Europa, ad esempio, gli adattamenti sono stati resi possibili dall'utilizzo degli Alternative Compliance Paths (ACP) e dai Regional Priority Credits, rispondendo efficacemente alle diverse condizioni climatiche, normative e culturali delle varie aree. (23)
In Italia la storia del LEED inizia nel 2002, con un complesso di caserme della US Navy a Ederle (VI) divenne il primo progetto registrato nella penisola. (23)

L'introduzione formale avvenne però nell'aprile 2010, con il riconoscimento e l'adozione nel mercato edilizio nazionale. (19)
Lo sviluppo in Italia venne favorito dall'istituzione nel 2008 del Comitato LEED, con la funzione di promuovere e adattare il sistema al contesto del nostro paese. Il lavoro nello specifico consisteva nel garantire che gli standard potessero essere applicati nel migliore dei modi considerando il patrimonio e le normative vigenti. (22)
Un altro passo fondamentale per l'evoluzione del sistema è stata l'introduzione del 2012 del LEED for Historical Buildings, concepito per il restauro sostenibile del patrimonio architettonico italiano. È stato così possibile applicare il concetto di edilizia sostenibile a edifici storici come le ville venete o i borghi medievali per citare un paio di esempi, dando un ulteriore dimostrazione di quanto sia flessibile e capace di evolversi questo protocollo.
Un caso pratico è la sede dell'Università Ca' Foscari di Venezia (Figura 6), che detiene il titolo di edificio green più antico al mondo. (24)

Figura 6: Ca' Foscari (VE) (https://www.habitech.it/single-portfolio/palazzo-ca-foscari/)

Il percorso evolutivo del LEED dimostra come a partire da un'idea e sviluppandola seguendo un processo di collaborazione su base scientifica, si possa generare un impatto positivo su scala globale. La storia vede un processo basato sul miglioramento e sull'adattamento, con versioni sempre più efficienti, permettendo di mantenersi all'avanguardia nonostante i cambiamenti continui del settore e le nuove scoperte tecnologiche dello stesso.
La diffusione in tutto il globo inoltre evidenzia quanto sia valido e trasparente, per l'applicazione di quelli che sono i principi di edilizia sostenibile ed efficienza energetica.

2.2 Obiettivi

La certificazione LEED risulta essere, come già detto, un cardine a livello globale per la progettazione sostenibile, dove l'obiettivo primario è la trasformazione del settore edile in un elemento chiave per mitigare il cambiamento climatico.
Gli obiettivi si suddividono in molteplici strategie, allineate agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) delle Nazioni Unite e alle politiche sul clima internazionali, atte a raggiungere lo scopo finale precedentemente esposto. (25)
La struttura del sistema si presenta quindi come una scala gerarchica con una serie di obiettivi atti a risolvere o ridurre problematiche differenti con strategie appropriate.
In base all'area tematica, divisa in prerequisiti e crediti, vengono identificate in dettaglio le caratteristiche da soddisfare, assegnando poi un massimo di 110 crediti per il sistema di classificazione di progettazione e costruzione di edifici (il più comune), gli altri sistemi hanno

comunque in linea di massima gli stessi obiettivi. Il peso poi varia in base all'edificio da certificare, seguendo questo ordine d'importanza:

- **Aspetto Energetico:** Il peso è del 30%, questo riguarda le prestazioni energetiche degli edifici, lo scopo risulta quindi contenere i consumi energetici. I principali sono quelli inerenti al riscaldamento e il raffreddamento ma l'attenzione viene posta anche su quelli che sono consumi dovuti all'illuminazione, alla produzione d'acqua calda sanitaria e infine alla gestione generale dell'opera da parte del proprietario nel corso della sua vita utile;
- **Qualità degli ambienti interni:** Con un peso del 14.5%, l'oggetto sono le performance minime che devono essere garantite per la qualità dell'aria interna e la presenza di metodologie di controllo legate alle contaminazioni delle attività antropiche. L'importanza è posta sul benessere di chi utilizza l'edificio e soprattutto sulla qualità che gli ambienti interni devono presentare;
- **Trasporto e ubicazione:** Anche in questo caso il peso è del 14.5%, viene valorizzata l'eventuale attenzione verso lo sviluppo di relazioni con comunità, la conservazione del territorio, l'utilizzo di mezzi a basso impatto ambientale e la salvaguardia di zone naturali. Le specifiche va sottolineato che non sono obbligatorie;
- **Materiali e risorse:** L'importanza diminuisce con un 11.8%, l'oggetto è l'utilizzo dei materiali da costruzione e la gestione dei successivi rifiuti prodotti. La scelta dei primi deve sempre vedere di buon occhio l'economia circolare e durante la costruzione del fabbricato è obbligatorio applicare in modo accurato la raccolta differenziata riducendo poi il trasporto di materiali non riciclati verso la discarica;
- **Gestione del consumo d'acqua:** Il peso qui è del 10%, viene posta l'attenzione sulla gestione dell'acqua, sia nel modo in cui viene utilizzata, sia allo smaltimento (in particolare deve impattare ben poco sul sistema fognario). Viene quindi implementata un'apposita strategia per gestire le acque meteoriche e ridurre l'elevato consumo di acqua potabile domestica. Devono inoltre essere recuperate le acque per l'utilizzo in altri modi;
- **Sostenibilità del sito**: Ora le percentuali sono relativamente basse, con valori sotto il 10%, in particolare questo aspetto rappresenta il 9% del totale. Presentando i cantieri livelli di inquinamento elevati, deve avvenire una prevenzione di tale fenomeno valorizzando la gestione delle acque meteoriche, inoltre l'integrazione nell'ecosistema circostante e soprattutto nel sistema urbano è fondamentale per ridurre l'impatto dell'opera. Se l'area è compromessa invece, va prevista una bonifica;
- **Innovazione:** Il peso è del 5.4% e viene premiata l'innovazione progettuale in funzione della sostenibilità ambientale;
- **Priorità regionali:** Infine con un peso del 3.6%, vengono valorizzate le caratteristiche proprie del territorio locale, adottando nel migliore dei modi le peculiarità dello stesso.

La tabella riportata in Figura 7 nella versione più recente 4.1 per il sistema di classificazione "Progettazione e costruzione di edifici" (BD+C), in attesa dell'arrivo della versione 5.0 che attualmente (12/03/2025) è ancora in fase di ratifica, vede la suddivisione dei crediti in primo lungo a seconda della categoria e in secondo luogo a seconda dei requisiti che ne fanno parte.

Nello specifico si fa riferimento alle scuole in questo caso, altre tabelle sono quelle che rispondono alle opere inquadrate come "Nuove costruzioni e ristrutturazioni importanti", "Centri dati" o "Assistenza Sanitaria" per citarne alcune.

In base all'opera poi vengono distribuiti in maniera diversa i crediti, in funzione dell'importanza che una determinata categoria presenta rispetto a quest'ultima, le percentuali scritte prima sono una

stima in linea di massima, in quanto i crediti seppur aumentando o diminuendo nelle diverse opere non si discostano mai troppo l'una dall'altra.
A seconda dei crediti assegnati poi verrà certificato un livello raggiunto dall'opera, in particolare le categorie sono 4 e nello specifico "Certified", "Silver", "Gold", "Platinum", i cui crediti necessari sono presenti sempre nella tabella di seguito.
Naturalmente il livello Platinum rappresenta la massima espressione della certificazione LEED, dove l'opera presenta le migliori prestazioni di sostenibilità possibili, fino a scendere al livello minimo Certified dove semplicemente si attesta che l'opera è LEED. (26) (27)

LEED v4.1 BD+C: Schools
Project Checklist

Project Name:
Date:

Y	?	N			
			Credit	Integrative Process	1

0	0	0	**Location and Transportation**		15
			Credit	LEED for Neighborhood Development Location	15
			Credit	Sensitive Land Protection	1
			Credit	High Priority Site and Equitable Development	2
			Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
			Credit	Access to Quality Transit	4
			Credit	Bicycle Facilities	1
			Credit	Reduced Parking Footprint	1
			Credit	Electric Vehicles	1

0	0	0	**Sustainable Sites**		12
Y			Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
Y			Prereq	Environmental Site Assessment	Required
			Credit	Site Assessment	1
			Credit	Protect or Restore Habitat	2
			Credit	Open Space	1
			Credit	Rainwater Management	3
			Credit	Heat Island Reduction	2
			Credit	Light Pollution Reduction	1
			Credit	Site Master Plan	1
			Credit	Joint Use of Facilities	1

0	0	0	**Water Efficiency**		12
Y			Prereq	Outdoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Indoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Building-Level Water Metering	Required
			Credit	Outdoor Water Use Reduction	2
			Credit	Indoor Water Use Reduction	7
			Credit	Optimize Process Water Use	2
			Credit	Water Metering	1

0	0	0	**Energy and Atmosphere**		31
Y			Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Y			Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Y			Prereq	Building-Level Energy Metering	Required
Y			Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
			Credit	Enhanced Commissioning	6
			Credit	Optimize Energy Performance	18
			Credit	Advanced Energy Metering	1
			Credit	Grid Harmonization	2
			Credit	Renewable Energy	5
			Credit	Enhanced Refrigerant Management	1

0	0	0	**Materials and Resources**		13
Y			Prereq	Storage and Collection of Recyclables	Required
			Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5
			Credit	Environmental ProductDeclarations	2
			Credit	Sourcing of Raw Materials	2
			Credit	Material Ingredients	2
			Credit	Construction and Demolition Waste Management	2

0	0	0	**Indoor Environmental Quality**		16
Y			Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Y			Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Y			Prereq	Minimum Acoustic Performance	Required
			Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2
			Credit	Low-Emitting Materials	3
			Credit	Construction Indoor Air Quality Management Plan	1
			Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
			Credit	Thermal Comfort	1
			Credit	Interior Lighting	2
			Credit	Daylight	3
			Credit	Quality Views	1
			Credit	Acoustic Performance	1

0	0	0	**Innovation**		6
			Credit	Innovation	5
			Credit	LEED Accredited Professional	1

0	0	0	**Regional Priority**		4
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1

0	0	0	**TOTALS**	**Possible Points:**	**110**

Certified: 40 to 49 points, **Silver:** 50 to 59 points, **Gold:** 60 to 79 points, **Platinum:** 80 to 110

Figura 7: Project List Credits for Schools (https://www.usgbc.org/resources/bdc-v41-credit-overview)

Tornando all'allineamento con gli obiettivi globali, la certificazione contribuisce a 12 dei 17 SDGs, in particolare quelli relativi alle città sostenibili, all'energia pulita e alla salute e benessere degli utilizzatori. Questo promuovendo spazi verdi urbani, monitoraggi dei cosnumi con BMS e garantendo standard igienico-sanitari superiori alle normative nazionali.
In previsione futura verranno rivisti, in particolare con la nuova versione LEED 5.0, gli obiettivi di neutralità carbonica entro il 2040, prevedendone non solo l'azzeramento ma anche la compensazione di quelle proprie dei materiali.
Inoltre, altre due aree d'impatto fondamentali di questa versione saranno legate alla qualità della vita, introducendo un credito per la valutazione e verifica continua dell'aria interna e la conservazione e ripristino ecologico con l'introduzione del pre-requisito "planning for zero waste operations", con lo scopo di ridurre il peso delle discariche e inceneritori.

2.3 Differenze tra certificazioni

Per promuovere la sostenibilità ambientale, le tipologie di certificazioni sono numerose e variano in relazione alla posizione geografica che si analizza.
Il LEED si distingue sicuramente per essere uno dei protocolli più riconosciuti a livello globale, ma non per questo si sceglie necessariamente di utilizzarlo; risulta così importante valutare le differenze metodologiche, i criteri di valutazione e l'impatto economico dei vari sistemi per poi scegliere quello più appropriato. Facendo attenzione anche al caso specifico dell'Italia, dove si sta confermando una sensibilità sempre maggiore verso l'edilizia sostenibile.
Innanzitutto, va ricordato che il LEED si basa, come descritto in maniera approfondita nel precedente capitolo, sull'ottenimento di crediti in base ad otto categorie principali, assegnando in seguito il relativo livello di certificazione.
Premiando in questa maniera la diversificazione delle soluzioni ecosostenibili in vari ambiti, inoltre un elemento particolare è anche l'integrazione di un fattore di adattamento regionale e quindi tenendo in considerazione le specifiche di determinate zone geografiche, per quanto riguarda l'ecosistema e il clima.
Tenendo in considerazione ciò, verranno di seguito presentate altre tipologie di certificazione.

2.3.1 Nel Mondo

Il Building Research Establishment Enviromental Assessment Method (BREEAM) è un sistema di certificazione per l'edilizia sostenibile nato nel Regno Unito, più precisamente dal Building Research Establishment (BRE). Pur essendo utilizzato a livello internazionale, trova applicazione maggiore in Regno Unito. Come il LEED si occupa di valutare fattori come l'efficienza energetica, la qualità dell'aria interna o l'utilizzo delle risorse, offrendo numerose varianti per le diverse tipologie di edifici. Le varianti presenti nello specifico sono:

Figura 8: Logo BREEAM (https://www.greenbuildingfactory.com/it/capabilties/progettazione-certificazione-edifici-breeam)

1. BREEAM New Construction: Valutazione di nuovi edifici o ristrutturazioni come Uffici, Edifici industriali, Prigioni ecc;
2. BREEAM Communities: Valutazione di progetti incentrati sullo sviluppo di quartieri con particolare attenzione alla sostenibilità ambientale;
3. BREEAM In-Use: Valutazione di edifici non residenziali ma già esistenti;
4. BREEAM Refurbishment: Valutazione di ristrutturazioni, dividendo in edifici residenziali e non residenziali;
5. ECO Homes: Valutazione di nuovi edifici residenziali;
6. BREEAM EcoHomes XB: Valutazione e monitoraggio di edifici residenziali esistenti;
7. BREEAM for Sustainable Homes: Valutazione di nuove costruzioni residenziali seguendo le specifiche statali.

Il processo per l'elaborazione della certificazione parte dalla selezione della variante di sistema più appropriata tra quelle presenti, l'incaricato autorizzato dopodiché supervisiona il processo di realizzazione tramite ispezioni e presentando la relativa documentazione.

Prima di registrare il progetto presso il BRE GLOBAL va inoltre fatta una valutazione preliminare per decidere il livello che la certificazione deve raggiungere.
In ultima parte viene fatta una valutazione finale e se tutti i criteri risultano rispettati viene assegnato il certificato BREEAM.
Qualora fosse stata fatta una valutazione provvisoria con i documenti di progetto, viene rilasciato un pre-certificato e la valutazione ad opera finita avviene con una Post-Construction Review.
I criteri di valutazione riguardano nove categorie oltre ad una in più per l'innovazione:

- Gestione: Riguarda l'impatto che il cantiere ha sull'ambiente e il manuale di gestione;
- Salute e Benessere: Qualità dell'aria, isolamento acustico e comfort termico;
- Energia: Utilizzo di rinnovabili ed impianti efficienti per diminuire le emissioni;
- Trasporti: Accesso al trasporto pubblico e utilizzo di veicoli caratterizzati da basse emissioni;
- Acqua: Riduzione e riciclo dell'acqua, insieme al riutilizzo di quella piovana;
- Materiali: Utilizzo di materie riciclabili e con un elevata durabilità;
- Rifiuti: Adeguata gestione dei rifiuti di cantiere e apposite strutture per il riciclo e il compostaggio;
- Uso del Suolo ed Ecologia: Miglioramento ecologico e appurata selezione del terreno;
- Inquinamento: Riduzione delle emissioni oltre all'inquinamento acustico e luminoso;
- Innovazione: Uso di tecnologie e tecniche innovative.

Le differenti categorie hanno poi un peso specifico e i punti ottenuti, una volta sommati, determinano il grado di conformità in base alla percentuale.
I livelli possibili vanno dall'Unclassified con una percentuale inferiore al 30%, fino all'Outstanding dall'85% in su.
Inoltre, sono presenti dei requisiti minimi a seconda del livello, dove vengono richiesti dei punteggi minimi in alcune categorie oltre alla percentuale. (28)

Il German Sustainable Building Council (DGNB), sviluppato nel 2009, è invece un sistema di certificazione dell'omonima organizzazione, sempre con lo scopo di promuovere l'edilizia sostenibile e l'utilizzo in maniera responsabile dell'ambiente. La fondazione aveva l'obiettivo di far coincidere le esigenze di quelle che sono le generazioni attuali e quelle future.

Figura 9: Logo DGNB (https://www.dgnb.de/en)

I principi fondamentali sono sostanzialmente tre:

1. Efficienza: ottimizzare l'utilizzo di risorse con approcci tecnici e sistematici;
2. Sufficienza: limitare l'utilizzo eccessivo riguardante il consumo di risorse, promuovendo i concetti di uso moderato e consapevole;
3. Consistenza: utilizzare tecnologie che possano essere compatibili con la natura, con l'incoraggiamento di cicli chiusi che possano preservare gli ecosistemi.

Il processo di certificazione parte dal committente che su richiesta avvia l'iter, il secondo passo lo fa il DGNB nominando un auditor formato da loro stessi che raccolga e valuti i dati dell'opera con appositi software.
I dati necessari vengono poi controllati dall'organizzazione stessa garantendone precisione e rispetto per poi emettere un certificato qualora tutti i requisiti siano soddisfatti.

Come per altri sistemi di certificazione anche il DGNB si basa su molteplici criteri valutativi, nello specifico su sei aree tematiche a loro volta suddivise in diversi gruppi.
Le aree sono poi ponderate in maniera differente e i criteri si adattano all'edificio.

1. Qualità ecologica: valutazione del ciclo di vita, requisiti di energia primaria, impatti ambientali e uso del suolo;
2. Qualità economica: costi durante il ciclo di vita, possibilità di riconversione e mercato dell'immobile;
3. Qualità socio-culturale e funzionale: comfort termico/visivo/acustico, qualità degli interni e del design;
4. Qualità tecnica: misure preventive per gli incendi, isolamento acustico, idoneità a smontaggio e riciclo e manutenzione;
5. Qualità del processo: integrazione nel capitolato della sostenibilità, garanzia della qualità costruttiva e corretta messa in servizio dell'opera;
6. Qualità del sito: condizioni micro-locali, immagine del quartiere e collegamenti alle linee di trasporti.

Le aree tematiche relative alla Qualità ecologica, economica e socio-culturale possiedono tutte lo stesso peso specifico pari al 22,5%, la Qualità tecnica scende con un valore del 15%, la Qualità del processo con un peso pari al 12,5% e la Qualità del sito ha invece un peso del 5%.
La valutazione in questo caso è leggermente diversa messa a confronto con i casi precedentemente descritti.
I risultati ottenibili possono essere 4, il livello Bronzo, Argento, Oro oppure Platino, per assegnarne uno all'edificio si deve fare il rapporto tra i punti che possono essere ottenuti e quelli effettivamente raggiunti, il rapporto percentuale poi coincide con il livello assegnato.
Per il Bronzo il rapporto deve essere ≥35%, per quello Argento ≥50%, per il livello Oro ≥65% e per quello Platino ≥80%.
Ogni area tematica richiede però che venga raggiunto uno standard minimo per garantirne lo standard qualitativo e in particolare serve che sia rispettato un valore minimo percentuale in tutte queste ultime, un esempio pratico è che per un edificio con valutazione Oro oltre alla percentuale complessiva minima del 65%, nelle varie categorie di qualità ecologica, economica, socio-culturale ecc. deve essere sempre rispettata la soglia del 50%, come evidenziato della figura 10

	DGNB Platinum	DGNB Gold	DGNB Silver	DGNB Bronze*
Total performance index	80% and higher	65% and higher	50% and higher	35% and higher
Minimum performance index	65%	50%	35%	-- %

* This award only applies to certification of existing buildings/the Buildings in Use certificate.

Figura 10: Livelli Certificazione DGNB (https://www.dgnb.de/en/certification/important-facts-about-dgnb-certification/assessment-and-award)

Insieme al certificato, possono essere ottenuti tre ulteriori premi: il DGNB Diamond inerente alla qualità del design e dell'architettura, il DGNB Climate Positive Award per gli edifici con un impatto climatico pari a zero e il DGNB Special Award Ecolabel come prerequisito per i nuovi progetti di costruzione nelle aree di sviluppo urbano di Amburgo HafenCity, Billebogen, Grasbrook e Science City Hamburg Bahrenfeld.
L'origine di tale certificazione è attribuibile ai paesi di lingua tedesca, attualmente risulta comunque in espansione a livello internazionale mettendolo in competizione con gli altri sistemi come LEED o BREEAM.
La differenza sostanziale con questi ultimi, motivo per cui probabilmente questo sistema non risulta essere leader nel settore come gli altri e quindi concentrato principalmente nel territorio tedesco, ricade nell'importanza che viene data ai vari fattori e in particolare se i primi due privilegiano quelli che sono gli aspetti ecologici, il DGNB mette sullo stesso piano la qualità tecnica e la fattibilità economica. (29)

L'ultima certificazione presentata in questo elaborato è il WELL, sviluppato dall'International Well Building si concentra sul garantire la qualità degli spazi chiusi per poter migliorare la salute e il benessere di chi li utilizza. Viene così creato un ambiente che migliora la vita umana tramite la forma fisica, il benessere e l'alimentazione. È molto recente; infatti, la sua nascita avviene nel 2014 con la versione WELL v1, per poi aggiornarsi ufficialmente nel 2020 con WELL v2.

Figura 11: Logo WELL (https://www.macrodesignstudio.it/certificazioni-old/certificazione-well/)

I protocolli su cui è possibile fare affidamento sono 4, il più noto è il WELL Building Standard, a questo si affiancano:

1. WELL Health & Safety Rating con lo scopo di supportare gli sviluppatori ad implementare nuove strategie per proteggere i dipendenti, i visitatori creando spazi sicuri e salubri;
2. WELL Performance Rating per aiutare le organizzazioni ad implementare monitoraggi continui e prestazioni delle principali metriche IEQ relative alla qualità dell'aria, dell'acqua, all'aria o all'illuminazione;
3. WELL Equity Rating permette alle organizzazioni di aumentare le proprie responsabilità verso obiettivi di equità e inclusione.

Per quanto riguarda il protocollo WELL Building Standard, nella versione WELL v2, si fonda su differenti principi che lo caratterizzano in maniera differente rispetto ad alte certificazioni presenti sul mercato internazionale:

1. Equo: favorisce una varietà di persone e popolazioni vulnerabili;
2. Globale: mette in atto interventi e applicazioni in tutto il mondo;
3. Basato su prove: la base ha origine su diverse ricerche in molteplici discipline, convalidate da team di esperti;
4. Tecnicamente solido: mette in evidenza le migliori pratiche proprie del settore, convalidando strategie tramite la verifica delle prestazioni;
5. Orientato al cliente: sponsorizza quello che è il successo dei suoi utenti con appositi servizi dedicati;
6. Resiliente: va di pari passo con quelli che sono i progressi in settori scientifici, tecnologici e di ricerca, migliorandosi sempre di più.

Per ottenere la certificazione, innanzitutto serve registrare l'edificio, dopodiché il team, supportato da un WELL AP, prepara i documenti necessari da presentare.
In prima fase avviene un controllo da parte dell'ente esterno GBCI della documentazione presentata, per poi in un secondo momento verificare sul campo l'edificio, l'operazione prende il nome di WELL Performance Verification.
Questa è realizzata da un WELL Performance Testing Agent, soggetto indipendente per conto di una WELL Perfromance Testing Organization.
Per poter valutare l'edificio sono presenti dieci categorie che prendono il nome di "Concept", ognuno di questi poi ha delle Precondition, ovvero alcuni requisiti obbligatori e delle Optimization, cioè dei parametri non obbligatori a cui corrisponde un punteggio.
Il WELL v2 le categorie sono:

- Aria;
- Acqua;
- Alimentazione;
- Illuminazione;
- Movimento;
- Comfort termico;
- Acustica;
- Materiali;
- Salute Mentale;
- Comunità.

A questo punto la certificazione ottenibile può essere di 4 tipi, Bronzo tra i 40 e i 49 punti ottenuti, Argento tra i 50 e i 59 punti, Oro tra i 60 e i 79 punti e Platino oltre gli 80 punti. Il punteggio massimo è pari a 100 punti, con altri 10 ottenibili nelle aree di innovazione. (30) (31)
Analizzando queste tre tipologie di certificazioni e mettendole a confronto con il LEED, risulta evidente che quest'ultimo insieme alla certificazione BREEAM detengono la leadership all'interno del mercato internazionale per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, questo grazie al focus che le contraddistingue in questo ambito e alla facilità di adattamento nelle diverse aree geografiche. Il DGNB e il WELL invece vedono una minore diffusione o comunque un utilizzo concentrato ma in poche zone, sia perché il secondo si concentra più sul tema della salubrità verso l'individuo, sia perché, nel caso del primo, si vede una minore adattabilità proprio a causa di come vengono gestiti i punti e le categorie.

2.3.2 In Italia

L'Italia si colloca all'ottavo posto mondiale considerando il numero di edifici certificati LEED (con 135 progetti certificati nel 2024). Con opere di particolare rilevanza come il Bosco Verticale si ha una sponsorizzazione della certificazione sul territorio nazionale (32). Il protocollo è sempre più utilizzato nel paese anche se a questo non mancano sicuramente delle alternative nazionali.
Il Protocollo ITACA sviluppato dall'omonimo Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale – Associazione Nazionale delle Regioni e delle Province Autonome Itaca è uno strumento atto alla valutazione del livello di sostenibilità ambientale ed energetica per gli edifici.

Figura 12: Logo ITACA (https://fvgenergia.it/energia-e-sostenibilita/I.T.A.C.A./index.html)

Ha origine alcuni anni fa dalla Conferenza delle Regioni a causa dell'esigenza di possedere uno strumento apposito per le attuali politiche ambientali ed energetiche.
Come obiettivo primario vi era lo sviluppo di un sistema che fosse caratterizzato da una valutazione a punteggio, in maniera tale da stabilire in maniera oggettiva e misurabile gli obiettivi nelle iniziative pubbliche con il fine di incentivare la sostenibilità, venendo così adottato da diverse Regioni e amministrazioni comunali proprio per tali scopi.
Risulta così possibile verificare le prestazioni in base ai consumi, all'efficienza energetica, all'impatto ambientale e sulla salute umana.
Lo scopo ultimo è quindi arrivare a edifici innovativi e ad energia zero con consumi ridotti al minimo ma garantendo allo stesso tempo un adeguato comfort abitativo.
Questo strumento si basa fondamentalmente su quattro principi cardine:

1. Individuazione di criteri: rendono possibile la misurazione delle differenti prestazioni ambientali proprie dell'opera;
2. Prestazioni di riferimento: servono per essere confrontare con quelle specifiche dell'edificio con lo scopo di attribuire in seguito un punteggio;
3. Pesatura dei criteri: non tutti i criteri hanno la stessa importanza, alcuni risultano essere più rilevanti e altri meno;
4. Punteggio finale sintetico: definisce qual è il grado di miglioramento delle varie prestazioni confrontato con il livello standard.

La precedente UNI/PdR 13:2019 si aggiorna nel più recente D.M. 23 giugno 2022 come strumento per dimostrare conformità e requisiti del progettista ai criteri ambientali.
Inoltre, sono state prese in considerazione anche le ultime normative europee introducendo elementi che derivano dal sistema di indicatori ambientali Level(s) e dalla Tassonomia, vengono così apportate modifiche a tutte le tipologie presenti di edifici.
L'inquadramento è in tre distinte parti:

- **Inquadramento generale e principi metodologici:** l'oggetto della valutazione consiste nell'edificio (di nuova costruzione / ristrutturazione importante) e la sua area di pertinenza. Viene adottato un sistema a 3 livelli gerarchici, ovvero: area, categorie e criteri. Le aree sono 6: Sviluppo e rigenerazione del sito, Energia e consumo di risorse, Carichi ambientali, Qualità ambientale indoor, Qualità del servizio e Adattamento ai cambiamenti climatici.
  Ognuna di queste comprende molteplici categorie che a loro volta sono divise in criteri con il fine di approfondire particolari aspetti delle prime. Questi ultimi sono le voci di valutazione del protocollo.
- **Edifici residenziali:** Vengono definiti i criteri su cui si fonda il tutto, fornendo le indicazioni per il calcolo del punteggio prestazionale. Qui vengono illustrati il codice, nome, area di valutazione e categoria di appartenenza / indicatore di prestazione e unità di misura / scala di riferimento da -1 a +5 / strumenti di verifica. Nelle tabelle riportate in Figura 13 sono presenti le varie aree e categorie, con un confronto tra l'ultimo aggiornamento e la vecchia versione.
- **Edifici non residenziali:** in questo caso la valutazione avviene tramite tre fasi in cui, inizialmente vengono quantificate le performance, dopodiché il valore degli indicatori viene reso adimensionale e adattato in un intervallo di normalizzazione e infine i punteggi vengono combinati per produrre quello finale. (33)

Aggiornamento 2023		UNI/PdR 13.1:2019	
A	Sviluppo e rigenerazione del sito	A	Qualità del sito
A.1	Selezione del sito	A.1	Selezione del sito
A.1.1	Valore ecologico del suolo	A.1.5	Riutilizzo del territorio
A.1.2	Accessibilità al trasporto pubblico	A.1.6	Accessibilità al trasporto pubblico
A.1.3	Adiacenza alle infrastrutture	A.1.10	Adiacenza alle infrastrutture
A.1.4	Prossimità ai servizi	A.1.8	Mix funzionale dell'area
A.2	Sviluppo del sito	A.3	Progettazione dell'area
A.2.1	Uso di specie vegetali autoctone o naturalizzate	A.3.7	Uso di specie vegetali autoctone o naturalizzate
A.2.2	Aree esterne di uso comune attrezzate	A.3.3	Aree esterne di uso comune attrezzate
A.2.3	Supporto all'uso di biciclette	A.3.4	Supporto all'uso di biciclette
A.2.4	e-Mobility	A.3.10	Supporto alla mobilità green
B	Energia e consumo delle risorse	B	Consumo delle risorse
B.1	Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita	B.1	Energia primaria non rinnovabile richiesta durante il ciclo di vita
B.1.1	Energia primaria totale	B.1.3	Energia primaria totale
B.1.7	Energia primaria globale non rinnovabile	B.1.2	Energia primaria globale non rinnovabile
B.2	Energia da fonti rinnovabili	B.3	Energia da fonti rinnovabili
B.2.2	Energia rinnovabile per usi termici	B.3.2	Energia rinnovabile per usi termici
B.2.3	Energia rinnovabile per usi elettrici	B.3.3	Energia rinnovabile per usi elettrici
B.3	Materiali	B.4	Materiali eco-compatibili
B.3.3	Materiali rinnovabili	B.4.7	Materiali da fonti rinnovabili
B.3.4	Materiali riciclati	B.4.6	Materiali riciclati e riusati
B.3.5	Materiali locali	B.4.8	Materiali locali
B.3.6	Disassemblabilità dell'edificio	B.4.10	Materiali disassemblabili
B.3.7	Adattabilità per usi futuri	NUOVO	
B.3.8	Materiali certificati	B.4.11	Materiali certificati
B.4	Acqua	B.5	Acqua potabile
B.4.3	Consumo d'acqua per usi indoor	B.5.2	Acqua potabile per usi indoor
B.4.4	Consumo d'acqua per irrigazione	B.5.1	Acqua potabile per usi irrigazione
B.6	Prestazioni dell'involucro	B.6	Prestazioni dell'involucro
B.6.1	Energia termica utile per il riscaldamento	B.6.1	Energia termica utile per il riscaldamento
B.6.2	Energia termica utile per il raffrescamento	B.6.2	Energia termica utile per il raffrescamento
B.6.3	Coefficiente medio globale di scambio termico	B.6.3	Coefficiente medio globale di scambio termico
B.6.4	Controllo della radiazione solare	B.6.4	Controllo della radiazione solare

UNI/PdR 13.1:2019			
C	Carichi ambientali	C	Carichi ambientali
C.1	Emissione di gas a effetto serra	C.1	Emissioni di CO2 equivalente
C.1.2	Emissione di gas a effetto serra in fase operativa	C.1.2	Emissioni previste in fase operativa
C.3	Rifiuti solidi	C.3	Rifiuti solidi
C.3.3	Riuso delle terre	C.3.3	Riuso delle terre
D	Qualità ambientale indoor	D	Qualità ambientale indoor
D.1	Qualità dell'aria e ventilazione	D.2	Ventilazione
D.1.5	Radon	D.2.1	Efficacia della ventilazione naturale
D.1.8	Ventilazione	D.2.6	Radon
D.2	Comfort termico	D.3	Benessere termoigrometrico
D.2.5	Temperatura operativa nel periodo estivo	D.3.2	Temperatura operativa nel periodo estivo
D.3	Comfort visivo	D.4	Benessere visivo
D.3.2	Sufficienza della luce naturale	D.4.1	Illuminazione naturale
D.4	Comfort acustico	D.5	Benessere acustico
D.4.6	Qualità acustica interna	D.5.5	Tempo di riverberazione
D.4.7	Qualità acustica dell'edificio	D.5.6	Qualità acustica dell'edificio
D.5	Inquinamento elettromagnetico	D.6	Inquinamento elettromagnetico
D.5.1	Minimizzazione dell'esposizione ai campi magnetici ELF	D.6.1	Campi magnetici a frequenza industriale
E	Qualità del servizio	E	Qualità del servizio
E.1	Controllabilità	E.3	Controllabilità degli impianti
E.1.1	Efficienza dei sistemi di controllo	E.3.5	BACS
E.2	Ottimizzazione della prestazione in fase operativa	E.6	Mantenimento delle prestazioni in fase operativa
E.2.1	Disponibilità della documentazione tecnica	E.6.5	Disponibilità della documentazione tecnica
E.2.2	Monitoraggio dei consumi	E.3.6	Monitoraggio dei consumi
E.3	Servizi per gli utenti	E.2	Funzionalità ed efficienza
E.3.1	Dotazione spazi funzionali	E.2.1	Dotazione spazi funzionali
E.4	Aspetti sociali	E.7	Aspetti sociali
E.4.1	Accesso universale al sito e all'edificio	E.7.1	Design for all
H	Adattamento ai cambiamenti climatici	C	Carichi ambientali
H.1	Incremento della temperatura	C.6	Impatto sull'ambiente circostante
H.1.1	Albedo delle superfici	C.6.8	Effetto isola di calore
H.2	Precipitazioni estreme	C.4	Acque reflue
H.2.1	Permeabilità del suolo	C.4.3	Permeabilità del suolo

Figura 13: Tabelle di confronto UNI PdR 13-19-23 (https://biblus.acca.it/protocollo-itaca-cosa-serve-e-come-si-usa-nei-cam/)

Un altro elemento degno di nota riguardante la sostenibilità ambientale in Italia, che si collega direttamente con il protocollo ITACA, sono i Criteri Ambientali Minimi (CAM). Non sono una certificazione vera e propria ma dei requisiti ambientali obbligatori da rispettare negli appalti pubblici.

I CAM nascono con la legge finanziaria del 2007 e sono diventati obbligatori per alcune tipologie di appalti, tra cui l'edilizia, con il Codice dei Contratti Pubblici del 2023, in tale ambito sono vigenti i sopracitati CAM Edilizia, inerenti quindi i lavori di edilizia pubblica nello specifico.

Figura 13: Logo CAM (https://edilcolorsassari.it/perche-scegliere-un-prodotto-verniciante-certificato-cam-e-a/)

Essendo fondamentali per guidare e soprattutto regolare gli acquisti e gli appalti pubblici in Italia, risultano inoltre importanti sotto vari aspetti:

- Definizione degli standard ambientali: è resa possibile la selezione dei migliori progetti sotto il profilo ambientale;
- Gestione responsabile delle risorse: viene assicurato che quanto acquistato risulta sostenibile lungo l'intero arco di vita;
- Incentivazione di pratiche sostenibili: viene promossa il risparmio energetico e l'uso di materie riciclate;

Gli obiettivi dei CAM Edilizia quindi non si discostano da quelli già evidenziati per altre certificazioni ma anzi, risultano perfettamente allineati a questi.

Non essendo presente una certificazione unica, la dimostrazione ai CAM può avvenire attraverso certificazioni specifiche tra le quali:

- Certificazione EPD: quantifica gli impatti ambientali valutando quindi la sostenibilità dei materiali;
- Certificazione Ecolabel UE: marchio che indica un basso impatto ambientale;
- Plastica Seconda Vita: indica l'utilizzo di plastica riciclata;
- CP-DOC: certifica che il progetto edile sia conforme ai requisiti ambientali;
- UNI/PdR 88: punto di riferimento per processi la cui base è la sostenibilità;
- ReMade in Italy: è una garanzia che riguarda l'origine e la quantità di riciclato.

Tramite queste certificazioni è quindi possibile dimostrare che siano soddisfatti i requisiti vigenti imposti.

L'obbligatorietà vige per tutte quelle che sono opere di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione.

Vengono interessati maggiormente materiali atti all'isolamento acustico e termico per interventi di riqualificazione energetica con detrazioni fiscali.

L'utilizzo ne viene specificato all'interno dell'articolo 57, comma 2 del Codice dei Contratti del DL n.36 31/03/2023 che ne stabilisce l'obbligo d'applicazione per l'intero valore della gara.

Per i CAM Edilizia è presente la relativa definizione con il Decreto n.256 23/06/2022, che sostituisce il precedente DM 11/10/217 dove erano segnati i materiali edili che devono rispettare i requisiti, tra cui, oltre gli isolamenti predetti, sono presenti laterizi, pitture, ferro, calcestruzzi, acciaio.

Vanno inoltre evidenziati, essendo correlati ai CAM, quelli che sono il GPP (Green Public Procurement) e il PAN GPP (Piano d'Adozione Nazionale per il Green Public Procurement), il primo consiste in una strategia della PA negli acquisti di beni e i CAM sono lo strumento per implementarlo; il secondo serve a definire le linee guida per attuare il GPP. (34)

In conclusione, la varietà di certificazioni ambientali esistenti è sintomo di quelle che sono le difficoltà presenti nel realizzare una transizione ecologica efficace.

Il LEED probabilmente risulta essere il mezzo più versatile da adottare grazie alla sua facilità d'integrazione con i vari contesti internazionali, ma a questo servono sistemi più specifici e dettagliati come il DGNB.

L'Italia invece si distingue per essere un caso di successo nell'amalgamare quelli che sono i protocolli internazionali e le soluzioni proprie del Paese, anche se servirebbe avere delle normative più armonizzate per permettere una diffusione più veloce dell'edilizia sostenibile.

CAPITOLO TERZO: FUNZIONAMENTO DELLA CERTIFICAZIONE LEED

3.1 Tipologie di certificazione

La certificazione LEED, come evidenziato fino ad ora, rappresenta il protocollo più adattabile ai diversi contesti.
Questo è possibile anche grazie alla sua organizzazione per la gestione dei punti e del certificato finale. I diversi obiettivi a cui sono legati i punteggi si differenziano nell'importanza e quindi nel peso che si dà a questi ultimi a seconda della tipologia del progetto e di intervento previsto. Vengono infatti suddivisi in sei macro categorie, a loro volta articolate in sottosezioni che coprono quindi la maggior parte di opere da realizzare.
Le tipologie di progetto da poter utilizzare sono:

- **Progettazione e Costruzione di Edifici (BD+C)**;
- **Interior Design e Costruzione (ID+C)**;
- **Operazioni e Manutenzione degli Edifici (O+M)**;
- **Sviluppo di Quartiere (ND)**;
- **Case**;
- **Città e Comunità**.

Tale suddivisione risulta equivalente nelle due versioni attualmente utilizzabili LEED v4.0 e LEED v4.1, con quest'ultima che presenta alcune variazioni e miglioramenti in merito alle emissioni di gas serra e alle normative di riferimento.
Essendo queste sei categorie molto diverse l'una dall'altra nei paragrafi successivi verranno descritte e articolate in maniera dettagliata, rendendo possibile una maggiore comprensione del livello di adattamento raggiungibile da questa certificazione.
Un breve cenno sarà fatto anche relativamente alla prossima versione LEED v5.0, per poter comprendere verso quale direzione stanno andando e quali differenze presenterà all'interno delle categorie di progetti selezionabili. Questo soprattutto considerando la volontà di allineamento con gli obiettivi 2030 e 2050 dell'accordo sul clima di Parigi e quindi verranno definiti parametri ancora più stringenti di decarbonizzazione, qualità della vita e restauro ecologico rispetto a quelli del LEED v4.1 già di suo difficilmente applicabile. (25)
I punteggi necessari per l'ottenimento delle relative certificazioni certified, silver, gold e platinum verranno poi analizzate in un apposito paragrafo.

3.1.1 Building Design and Construction (BD+C)

Figura 14: Galdi Village (TV) (https://www.venetoeconomia.it/2021/03/galdi-village/)

Il LEED BD+C fornisce tutto il necessario per poter realizzare un edificio verde sotto ogni aspetto, evidenziando ogni caratteristica di sostenibilità e fornendo i massimi benefici.
Tramite i vari sottogruppi è possibile andare a selezionare l'opzione più appropriata a seconda dell'edificio che deve essere certificato, questi sono otto e in particolare:

1. **Nuova Costruzione e Ristrutturazione Importante**: l'attività di progettazione e realizzazione è inerente sia a nuovi edifici sia a ristrutturazioni di opere esistenti ma che non sono adibite a funzioni presenti nei punti successivi;
2. **Sviluppo di Core e Shell**: serve nel caso di progetti dove lo sviluppatore svolge il compito di controllo della progettazione e realizzazione dei vari sistemi, tra cui meccanico, elettrico, idraulico e antincendio, però non controlla la progettazione e costruzione dell'allestimento di chi la utilizzerà;
3. **Centri Dati**: deve soddisfare le esigenze relative agli apparecchi informatici ad alta intensità, un esempio sono i rack dei server, necessari ad archiviare ed elaborare i dati e le informazioni;
4. **Assistenza Sanitaria**: serve per gli ospedali operativi tutto il giorno, sette giorni su sette e che forniscono sia cure mediche ai pazienti sia cure acute a lungo termine;
5. **Ospitalità**: in questo caso il focus è verso gli hotel, i motel, le locande o attività diverse da queste ma facenti parte al settore dei servizi che garantiscono alloggi transitori o a breve termine;
6. **Vendita al dettaglio**: le particolari esigenze da soddisfare sono relative ai rivenditori, ai ristoranti, all'abbigliamento, all'elettronica e tutto il resto che risulta essere correlato a tali attività;
7. **Scuole**: gli edifici in questo caso sono caratterizzati da spazi per l'apprendimento principale e ausiliario nei terreni K-12. Anche l'istruzione superiore può far parte di questa categoria e persino quelli che sono edifici non strettamente accademici all'interno dei campus scolastici;
8. **Magazzini e Centri di Distribuzione**: necessario agli edifici con lo scopo di stoccare merci, materie prime o effetti personali.

A seconda della categoria scelta tra le otto appena descritte variano poi leggermente i punteggi nelle categorie di riferimento, mantenendo comunque una linea generale comune, ad esempio la categoria "Energy and Atmosphere" risulta essere sempre la più importante con variazioni di poco conto, tutto ciò è evidenziato nella tabella riportata in Fugura 15.

		New Construction	Core and Shell	Schools	Retail	Data Centers	Warehouses and Distribution Centers	Hospitality	Healthcare
INTEGRATIVE PROCESS		**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Prerequisite	Integrative Project Planning and Design								P
Credit	Integrative Process	1	1	1	1	1	1	1	1
LOCATION AND TRANSPORTATION		**16**	**20**	**15**	**16**	**16**	**16**	**16**	**9**
Credit	LEED for Neighborhood Development Location	16	20	15	16	16	16	16	9
Credit	Sensitive Land Protection	1	2	1	1	1	1	1	1
Credit	High-Priority Site and Equitable Development	2	3	2	2	2	2	2	2
Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5	6	5	5	5	5	5	1
Credit	Access to Quality Transit	5	6	4	5	5	5	5	2
Credit	Bicycle Facilities	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Reduced Parking Footprint	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Electric Vehicles	1	1	1	1	1	1	1	1
SUSTAINABLE SITES		**10**	**11**	**12**	**10**	**10**	**10**	**10**	**9**
Prerequisite	Construction Activity Pollution Prevention	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Environmental Site Assessment			P					P
Credit	Site Assessment	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Protect or Restore Habitat	2	2	2	2	2	2	2	1
Credit	Open Space	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Rainwater Management	3	3	3	3	3	3	3	2
Credit	Heat Island Reduction	2	2	2	2	2	2	2	1
Credit	Light Pollution Reduction	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Site Master Plan			1					
Credit	Tenant Design and Construction Guidelines		1						
Credit	Places of Respite								1
Credit	Direct Exterior Access								1
Credit	Joint Use of Facilities			1					
WATER EFFICIENCY		**11**	**11**	**12**	**12**	**11**	**11**	**11**	**11**
Prerequisite	Outdoor Water Use Reduction	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Indoor Water Use Reduction	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Building-Level Water Metering	P	P	P	P	P	P	P	P
Credit	Outdoor Water Use Reduction	2	3	2	2	2	2	2	1
Credit	Indoor Water Use Reduction	6	4	7	7	6	6	6	7
Credit	Optimize Process Water Use	2	3	2	2	2	2	2	2
Credit	Water Metering	1	1	1	1	1	1	1	1
ENERGY AND ATMOSPHERE		**33**	**33**	**31**	**33**	**33**	**33**	**33**	**35**
Prerequisite	Fundamental Commissioning and Verification	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Minimum Energy Performance	P	P	P	P	P	P	P	P

Prerequisite	Building-Level Energy Metering	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Fundamental Refrigerant Management	P	P	P	P	P	P	P	P
Credit	Enhanced Commissioning	6	6	6	6	6	6	6	6
Credit	Optimize Energy Performance	18	18	16	18	18	18	18	20
Credit	Advanced Energy Metering	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Grid Harmonization	2	2	2	2	2	2	2	2
Credit	Renewable Energy	5	5	5	5	5	5	5	5
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1	1	1	1	1	1	1	1
MATERIALS AND RESOURCES		**13**	**14**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**19**
Prerequisite	Storage and Collection of Recyclables	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	PBT Source Reduction – Mercury								P
Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5	5	5	5	5	5	5	5
Credit	Environmental Product Declarations	2	2	2	2	2	2	2	2
Credit	Sourcing of Raw Materials	2	2	2	2	2	2	2	2
Credit	Material Ingredients	2	2	2	2	2	2	2	2
Credit	PBT Source Reduction – Mercury								1
Credit	PBT Source Reduction – Lead, Cadmium, and Copper								2
Credit	Furniture and Medical Furnishings								2
Credit	Design for Flexibility								1
Credit	Construction and Demolition Waste Management	2	2	2	2	2	2	2	2
INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY		**16**	**5**	**16**	**15**	**16**	**16**	**16**	**16**
Prerequisite	Minimum Indoor Air Quality Performance	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Environmental Tobacco Smoke Control	P	P	P	P	P	P	P	P
Prerequisite	Minimum Acoustic Performance			P					
Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2	2	2	2	2	2	2	2
Credit	Low-Emitting Materials	3	3	3	3	3	3	3	3
Credit	Construction Indoor Air Quality Management Plan	1	1	1	1	1	1	1	1
Credit	Indoor Air Quality Assessment	2		2	2	2	2	2	2
Credit	Thermal Comfort	1		1	1	1	1	1	1
Credit	Interior Lighting	2		2	2	2	2	2	1
Credit	Daylight	3	3	3	3	3	3	3	2
Credit	Quality Views	1	1	1	1	1	1	1	2
Credit	Acoustic Performance	1		1		1	1	1	2
INNOVATION		**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**
Credit	Innovation	5	5	5	5	5	5	5	5
Credit	LEED Accredited Professional	1	1	1	1	1	1	1	1
REGIONAL PRIORITY		**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**
Credit	Regional Priority	4	4	4	4	4	4	4	4
TOTAL		**110 POSSIBLE POINTS**							

Figura 15: Punteggi LEED (BD+C)

(https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings)

I punteggi fanno riferimento alla versione LEED v4.1, questa prendendo come base la categoria BD+C del LEED v4.0, per affrontare l'impatto del carbonio prodotto da un edificio include i costi e le emissioni di gas serra all'intero della metrica energetica. Inoltre, lo standard di riferimento per le prestazioni energetica cambia e diventa l'ASHRAE 90.1-2016 invece del precedente ASHRAE 90.1-2010.

Infine i crediti di alcune categorie come "Daylight e Acoustic" e "Material and Resources" sono stati ristrutturati per una maggiore flessibilità e il riconoscimento degli sforzi. (35)

3.1.2 Interior Design and Construction (ID+C)

Figura 16: Hotel Continentale (TS) (https://www.continentalehotel.com/)

Il LEED per Interior Design and Construction permette ai team progettuali, il cui controllo sull'intera opera potrebbe non essere garantito, la possibilità di sviluppare gli spazi interni con un occhio critico verso il pianeta e le persone che ne usufruiranno.
A differenza del LEED BD+C in questo caso ne fanno parte soltanto tre sottocategorie, sempre con lo scopo di rispondere alle diverse esigenze relative alle tipologie di spazi interni, queste nello specifico risultano essere:

1. **Interni commerciali**: tale categoria è dedicata a spazi interni con specifiche funzioni di vendita al dettaglio e ospitalità. Inoltre, è particolarmente adatta a uffici e ambienti di lavoro amministrativi;
2. **Vendita al dettaglio**: questa categoria è progettata per quelli che sono gli spazi interni di attività inerenti alla vendita al dettaglio di beni di consumo. Sono comprese non soltanto le aree relative al servizio diretto al cliente, ma anche quelle di preparazione e stoccaggio che lo supportano;
3. **Ospitalità**: quest'ultima serve alla progettazione di spazi interni per hotel, motel, locande o attività diverse da queste ma facenti parte il settore dei servizi con lo scopo di fornire alloggi transitori o a breve termine sia che forniscano cibo, sia che non lo forniscano.

Anche in questo caso a seconda della sottocategoria scelta cambieranno i punteggi, anche se nello specifico le differenze saranno quasi nulle, infatti la differenziazione del punteggio è presente per poche sezioni e nella maggior parte di queste non cambia nulla.
La tabella del LEED v4.1 riportata in Figura 17 evidenzia tali cambiamenti.

		New Construction	Retail	Hospitality
INTEGRATIVE PROCESS		**1**	**1**	**1**
Credit	Integrative Process	1	1	1
LOCATION AND TRANSPORTATION		**18**	**18**	**18**
Credit	LEED for Neighborhood Development Location	18	18	18
Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	8	8	8
Credit	Access to Quality Transit	7	7	7
Credit	Bicycle Facilities	1	1	1
Credit	Reduced Parking Footprint	2	2	2
WATER EFFICIENCY		**12**	**12**	**12**
Prerequisite	Indoor Water Use Reduction	P	P	P
Credit	Indoor Water Use Reduction	12	12	12
ENERGY AND ATMOSPHERE		**38**	**38**	**38**
Prerequisite	Fundamental Commissioning and Verification	P	P	P
Prerequisite	Minimum Energy Performance	P	P	P
Prerequisite	Fundamental Refrigerant Management	P	P	P
Credit	Enhanced Commissioning	5	5	5
Credit	Optimize Energy Performance	24	24	24
Credit	Advanced Energy Metering	2	2	2
Credit	Renewable Energy	6	6	6
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1	1	1
MATERIALS AND RESOURCES		**13**	**14**	**13**
Prerequisite	Storage and Collection of Recyclables	P	P	P
Credit	Long-Term Commitment	1	1	1
Credit	Interiors Life-Cycle Impact Reduction	4	5	4
Credit	Environmental Product Declarations	2	2	2
Credit	Sourcing of Raw Materials	2	2	2
Credit	Material Ingredients	2	2	2
Credit	Construction and Demolition Waste Management	2	2	2
INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY		**17**	**16**	**17**
Prerequisite	Minimum Indoor Air Quality Performance	P	P	P
Prerequisite	Environmental Tobacco Smoke Control	P	P	P
Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2	3	2
Credit	Low-Emitting Materials	3	3	3
Credit	Construction Indoor Air Quality Management Plan	1	1	1
Credit	Indoor Air Quality Assessment	2	2	2
Credit	Thermal Comfort	1	1	1
Credit	Interior Lighting	2	2	2
Credit	Daylight	3	3	3
Credit	Quality Views	1	1	1
Credit	Acoustic Performance	2		2
INNOVATION			**6**	**6**
Credit	Innovation	5	5	5
Credit	LEED Accredited Professional	1	1	1
REGIONAL PRIORITY		**4**	**4**	**4**
Credit	Regional Priority	4	4	4
TOTAL			**110 POSSIBLE POINTS**	

Figura 17: Punteggi LEED (ID+C)
(https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/new-interiors)

Per questa categoria il LEED v4.1 ha introdotto come aggiornamenti una nuova opzione nel prerequisito di controllo ambientale del fumo del tabacco per riconoscere eventuali limitazioni nell'affrontare il fumo all'interno di aree fuori dal controllo del progetto interno. Oltre a ciò viene posta una maggiore attenzione al miglioramento della qualità interna dell'aria con test più facilmente accessibili e standard di ventilazione, infine vengono cambiati i punti di accesso per i crediti "Daylight" e "Acoustic Performance", abbassandoli e incoraggiando così i progetti a considerare la luce diurna e le prestazioni acustiche. (36)

3.1.3 Building Operations and Maintenance (O+M)

Figura 18: Prada Milano Montenapoleone Woman (MI)

(https://it.fashionnetwork.com/news/Prada-rinnova-il-suo-negozio-di-via-montenapoleone,355515.html)

Il LEED per Operations and Maintenance permette agli edifici già esistenti la possibilità di prestare particolare attenzione a quelle che sono le operazioni di costruzione, mirando all'opera intera oppure al semplice spazio interno che risultano operativi e utilizzati dalle persone almeno da un anno.

La concentrazione verte principalmente sulle strategie e sugli obiettivi di sostenibilità in merito alle prestazioni raggiunte. Essendo complesso e lungo il processo per colmare l'impatto ambientale dovuto ad una demolizione e considerando che molti edifici ormai vecchi presentano una bassa efficienza si dimostra importante il contributo che può essere dato tramite il LEED O+M.

Contrariamente ad altre categorie il LEED per Operations and Maintenance si articola in due semplici sottocategorie:

1. **Edifici esistenti**: l'oggetto in esame sono le opere nella loro interezza;
2. **Interni esistenti**: in questo caso invece serve a spazi interni già esistenti siti internamente ad una porzione di edificio già realizzato. Lo scopo di tali spazi può essere a fini commerciali, vendita al dettaglio oppure all'ospitalità.

I punteggi in questo caso essendo due categorie molto distinte tra loro presentano sostanziali differenze, come ad esempio l'ovvia assenza della voce relativa alla sostenibilità del sito per la sottocategoria degli Interni esistenti, il tutto è comunque evidenziato nelle tabelle riportate nelle Figure 19 e 20.

LEED v4.1 O+M: Existing Buildings Scorecard

LOCATION AND TRANSPORTATION		**14**
Prerequisite	**Transportation Performance**	**14 (6 points required)**
SUSTAINABLE SITES		**4**
Credit	Rainwater Management	1
Credit	Heat Island Reduction	1
Credit	Light Pollution Reduction	1
Credit	Site Management	1
WATER EFFICIENCY		**15**
Prerequisite	**Water Performance**	**15 (6 points required)**
ENERGY AND ATMOSPHERE		**35**
Prerequisite	Energy Efficiency Best Management Practices	Required
Prerequisite	Fundamental Refrigerant Management	Required
Prerequisite	**Energy Performance**	**33 (13 pts required)**
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
Credit	Grid Harmonization	1
MATERIALS AND RESOURCES		**9**
Prerequisite	Purchasing Policy	Required
Prerequisite	Facility Maintenance and Renovations Policy	Required
Prerequisite	**Waste Performance**	**8 (0 pts required)**
Credit	Purchasing	1
INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY		**22**
Prerequisite	Minimum Indoor Air Quality	Required
Prerequisite	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Prerequisite	Green Cleaning Policy	Required
Prerequisite	**Indoor Environmental Quality Performance**	**20 (8 pts required)**
Credit	Green Cleaning	1
Credit	Integrated Pest Management	1
INNOVATION		**1**
Credit	Innovation	1
TOTAL		**100 Possible Points**

Figura 19: Punteggi LEED (O+M) – Edifici Esistenti (https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings)

LEED v4.1 O+M: Interiors Scorecard

LOCATION AND TRANSPORTATION		**14**
Prerequisite	**Transportation Performance**	**14 (6 pts required)**
WATER EFFICIENCY		**15**
Prerequisite	**Water Performance**	**15 (6 pts required)**
ENERGY AND ATMOSPHERE		**34**
Prerequisite	Energy Efficiency Best Management Practices	Required
Prerequisite	Fundamental Refrigerant Management	Required
Prerequisite	**Energy Performance**	**33 (13 pts required)**
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
MATERIALS AND RESOURCES		**12**
Prerequisite	Purchasing Policy	Required
Prerequisite	Facility Maintenance and Renovations Policy	Required
Prerequisite	**Waste Performance**	**8 (0 pts required)**
Credit	Purchasing	4
INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY		**24**
Prerequisite	Minimum Indoor Air Quality	Required
Prerequisite	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Prerequisite	Green Cleaning Policy	Required
Prerequisite	**Indoor Environmental Quality Performance**	**20 (8 pts required)**
Credit	Green Cleaning	3
Credit	Integrated Pest Management	1
INNOVATION		**1**
Credit	Innovation	1
TOTAL		**100 Possible Points**

Figura 20: Punteggi LEED (O+M) – Interni (https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings)

Nel LEED v4.1 i punti assegnati si basano su quelle che sono le prestazioni effettive dell'edificio, inoltre però è presente anche la guida alla ricertificazione, fornita dal sistema stesso, e che risulta allineata ai requisiti per la certificazione, permette di aiutare nell'applicazione del protocollo LEED. (37)

3.1.4 Neighborhood Development (ND)

Figura 21: Noi Techpark (BZ) (https://blum.vision/progetto/noi-techpark/)

Per le certificazioni LEED for Neighborhood Development lo scopo consiste nell'ispirare e fornire un aiuto con il fine di dare origine a quartieri migliori sotto vari aspetti, con un occhio alla sostenibilità e uniti tra loro. Non viene più considerato il singolo edificio per far sì da tenere in conto l'intera comunità, a causa di un'espansione sempre più insistente. Un esempio è riportato in Figura 21.
Tale certificazione è finalizzata a due categorie principali:

1. **Piano**: la disponibilità avviene su scala di quartiere qualora sia ancora in una qualsiasi fase di pianificazione e progettazione ma fino al 75% del costruito. Lo scopo è aiutare a finanziare il progetto tra differenti soggetti quali inquilini, finanziatori, funzionari pubblici, ecc;
2. **Progetto costruito**: anche in questo caso è disponibile per progetti su scala di quartiere ma in fase di completamento o già ultimati negli ultimi tre anni. (38)

In questo caso le categorie di credito sono differenti rispetto a quelle delle categorie precedentemente descritte:

- **Posizione intelligente e collegamento**: scoraggia l'espansione e permette di considerare posizione, alternative di trasporto e la conservazione di terreni sensibili. Viene valutata positivamente la posizione in un sito di riempimento, vicino a trasporti pubblici e in aree con negozi e servizi multipli;
- **Modello e design di quartiere**: evidenzia comunità vivaci ed eque che allo stesso tempo risultano essere anche sane;
- **Infrastrutture e edifici verdi**: viene incentivata la realizzazione di opere e infrastrutture con ridotti consumi di energia e acqua, promuovendo materiali sostenibili e il riutilizzo di edifici già presenti sul posto;
- **Processo di innovazione e progettazione**: vengono riconosciute prestazioni innovative andando oltre i crediti per la valutazione, oltre ad includere un professionista nel team;
- **Priorità regionale**: i progetti più incoraggiati nella realizzazione sono quelli che si concentrano ad ottenere crediti fondamentali per l'ambiente locale relativo al progetto. (39)

3.1.5 Homes

Figura 22: Palazzo Novecento (TO) (https://www.aigroup.it/portfolio/palazzo-novecento/)

Seguendo il punto di vista secondo cui le case consistono nei luoghi più importanti per le nostre vite, la certificazione LEED Homes garantisce un approvvigionamento di aria pulita e di luce naturale, oltre ad essere realizzate con materiali sicuri garantendo allo stesso tempo tutti i necessari comfort abitativi.

Tali case presentano anche benefici finanziari grazie all'abbassamento delle bollette dovuto ai minori consumi di energia e acqua. Un'altra caratteristica è la costruzione e gestione con standard elevati di resilienza alle condizioni avverse, considerando i possibili eventi climatici catastrofici che potrebbero abbattersi sull'abitazione.

I punti chiave di tale certificazione risultano essere tre:

1. **Salute**: la progettazione avviene cercando di massimizzare l'aria fresca all'interno e riducendo il più possibile l'esposizione degli abitanti ad eventuali tossine o elementi inquinanti presenti nell'aria;
2. **Risparmio**: come detto in precedenza, il consumo inferiore di energia e acqua porta un risparmio diretto a chi utilizza l'abitazione, in termini numerici viene utilizzato il 20-30% in meno di energia se paragonate a case standard e alcune di esse raggiungono anche il 60%;
3. **Valore**: il costo, se il tutto viene eseguito con una corretta pianificazione, può addirittura essere pari a quello che servirebbe per realizzare una casa standard. Oltre a ciò, le case LEED possono beneficiare di un'assicurazione scontata e altri incentivi. Infine, riescono ad essere vendute in tempi più rapidi e a cifre maggiori se paragonate a case non verdi.

L'applicazione del LEED for Homes può avvenire su residenze multifamiliari e quindi nuove costruzioni e grandi progetti di ristrutturazione con un qualsiasi numero di piani o per nuclei e gusci multifamiliari, ovvero le stesse opere di prima ma che non includono u allestimento completo. Oltre a queste due categorie è naturalmente possibile certificare anche le case unifamiliari, i cui punteggi seguono la tabella riportata in Figura 23.

LEED v4.1 Residential: Single Family
Project Checklist

Project Name:
Date:

Y	?	N			
			Credit	Integrative Process	2

0	0	0	**Location and Transportation**		10
Y			Prereq	Floodplain Avoidance	Required
				PERFORMANCE PATH	
			Credit	LEED for Neighborhood Development Location	10
				PRESCRIPTIVE PATH	
			Credit	Site Selection	6
			Credit	Compact Development	1
			Credit	Community Resources	1
			Credit	Access to Transit	2

0	0	0	**Sustainable Sites**		5
Y			Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
			Credit	Heat Island Reduction	1
			Credit	Rainwater Management	2
			Credit	Non-Toxic Pest Control	2

0	0	0	**Water Efficiency**		15
Y			Prereq	Water Use	Required
Y			Prereq	Water Metering	Required
				PERFORMANCE PATH	
			Credit	Total Water Use	15
				PRESCRIPTIVE PATH	
			Credit	Indoor Water Use	11
			Credit	Outdoor Water Use	4

0	0	0	**Energy and Atmosphere**		40
Y			Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Y			Prereq	Energy Metering	Required
Y			Prereq	Education of the Homeowner, Tenant, or Building Manager	Required
			Credit	Annual Energy Use	36
			Credit	Efficient Hot Water Distribution System	2
			Credit	HVAC Start-Up Credentialing	1
			Credit	Refrigerant Management	1

0	0	0	**Materials and Resources**		12
Y			Prereq	Certified Tropical Wood	Required
Y			Prereq	Durability Management	Required
			Credit	Durability Management Verification	3
			Credit	Environmentally Preferable Products	5
			Credit	Construction Waste Management	2
			Credit	Material Efficient Framing	2

0	0	0	**Indoor Environmental Quality**		16
Y			Prereq	Ventilation	Required
Y			Prereq	Combustion Venting	Required
Y			Prereq	Garage Pollutant Protection	Required
Y			Prereq	Radon-Resistant Construction	Required
Y			Prereq	Air Filtering	Required
Y			Prereq	Compartmentalization	Required
			Credit	Enhanced Ventilation	3
			Credit	Contaminant Control	3
			Credit	Balancing of Heating and Cooling Distribution Systems	6
			Credit	Low Emitting Products	4

0	0	0	**Innovation**		6
Y			Prereq	Preliminary Rating	Required
			Credit	Innovation	5
			Credit	LEED AP Homes	1

0	0	0	**Regional Priority**		4
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit	Regional Priority: Specific Credit	1

0	0	0	**TOTALS**	Possible Points:	110

Certified: 40 to 49 points, **Silver:** 50 to 59 points, **Gold:** 60 to 79 points, **Platinum:** 80 to 110

Figura 23: Punteggi LEED Homes (https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/residential)

Nel LEED v4.1 è stato introdotto un nuovo approccio, che fonde la certificazione BD+C con le priorità del mercato residenziale. Si crea così un unico programma che consolida tutti i sistemi di valutazione residenziale e la guida in tre categorie (case unifamiliari, nucleo multifamiliare e shell multifamiliare). I crediti vengono gestiti rendendo prioritari quelli più importanti per il consumatore come il risparmio energetico o l'uso di materiali verdi, inoltre sempre riguardo ai crediti, per quelli esistenti le opzioni aggiunte riducono costi rigidi e morbidi per l'ottenimento del certificato. (40)

3.1.6 Cities and Communities

Figura 24: Savona (SV) (https://www.buildnews.it/articolo/savona-prima-citta-europea-a-misurare-la-sostenibilita)

Le certificazioni LEED for Cities e LEED for Communities puntano ad accelerare l'ottenimento di investimenti per lo sviluppo sostenibile e a contrastare gli effetti dannosi per il clima.
Differentemente da quanto visto fino ad ora, in questo caso si va oltre gli edifici in sé, promuovendo la sostenibilità a livello cittadino e comunitario. Questo avviene fornendo un importante quadro di sostenibilità affiancato ad un programma per la certificazione entrambi allineati agli obiettivi posti dalle Nazioni Unite, tutto ciò deve servire ai leader locali e professionisti del settore.
I soggetti interessati risultano essere essenzialmente due:

1. **Città**: luoghi caratterizzati da un organo di governo;
2. **Comunità**: luoghi anche senza un organo di governo formale, ad esempio distretti o campus.

Per le città vengono inclusi indicatori di performance sociali, economici e ambientali, inoltre vengono forniti standard e strategie che permettono la comunicazione di tutti i progressi.
Il processo prevede innanzitutto l'iniziazione dove la certificazione viene avviata dall'organo di governo proprio della città e in secondo luogo è previsto il focus con cui l'area interessata diventa oggetto della certificazione.
Per le comunità invece vengono forniti ad architetti e professionisti un quadro e una guida necessari alla pianificazione urbana sostenibile e allo sviluppo. Attenzione particolare viene data all'equità e allo sviluppo economico che devono andare di pari passo alla preservazione dell'ambiente.
Le due fasi che lo contraddistinguono sono l'avvio con cui viene appunto avviata la certificazione ma in questo caso non più dal governo locale ma da varie entità, come consulenti o proprietari di immobili e dopodiché, come per le città, c'è la fase di focus con cui si certifica un'area all'interno della regione o di una città più grande.
I punteggi si differenziano oltre che per le due categorie già descritte, anche in base all'eventuale realizzazione della città o comunità; infatti, qualora l'area d'interesse fosse già stata costruita otterrà dei punteggi per categoria leggermente differenti rispetto ad un'area ancora da progettare e realizzare. Sono riportate nelle tabelle di Figure 25 e 26 i punteggi relativi a città e comunità già esistenti, in quanto soprattutto in Italia sono le casistiche più comuni. (41)

LEED v4.1 Cities and Communities: Existing Cities
Project Checklist

Project Name: XXX
Date: Month Day, Year

Awarded	Pending	Not Awarded			
0	0	0	**Integrative Process**		**5**
0	0	0	Credit	Integrative Planning and Leadership	1
0	0	0	Credit	Green Building Policy and Incentives	4
0	0	0	**Natural Systems and Ecology**		**9**
Y			Prereq	Ecosystem Assessment	Required
0	0	0	Credit	Green Spaces	2
0	0	0	Credit	Natural Resources Conservation and Restoration	2
0	0	0	Credit	Light Pollution Reduction	1
0	0	0	Credit	Resilience Planning	4
0	0	0	**Transportation and Land Use**		**15**
0	0	0	Prereq	Transportation Performance	6
0	0	0	Credit	Compact, Mixed Use and Transit Oriented Development	3
0	0	0	Credit	Safe, Multimodal Accessibility	2
0	0	0	Credit	Clean Transportation	1
0	0	0	Credit	Mobility Management	2
0	0	0	Credit	Priority Sites	1
0	0	0	**Water Efficiency**		**11**
Y			Prereq	Water Access and Quality	Required
0	0	0	Prereq	Water Performance	6
0	0	0	Credit	Integrated Water Management	1
0	0	0	Credit	Stormwater Management	2
0	0	0	Credit	Smart Water Systems	2

Certified: 40 to 49 points
Silver: 50 to 59 points
Gold: 60 to 79 points
Platinum: 80 to 110

Awarded	Pending	Not Awarded			
0	0	0	**Energy and Greenhouse Gas Emissions**		**30**
Y			Prereq	Power Access, Reliability and Resiliency	Required
0	0	0	Prereq	Energy and Greenhouse Gas Emissions Performance	14
0	0	0	Credit	Energy Efficiency	4
0	0	0	Credit	Renewable Energy	6
0	0	0	Credit	Net Zero Carbon and Climate Action	4
0	0	0	Credit	Grid Harmonization	2
0	0	0	**Materials and Resources**		**10**
Y			Prereq	Solid Waste Management	Required
0	0	0	Prereq	Waste Performance	4
0	0	0	Credit	Special Waste Streams Management	1
0	0	0	Credit	Responsible Procurement	1
0	0	0	Credit	Material Recovery	3
0	0	0	Credit	Smart Waste Management Systems	1
0	0	0	**Quality of Life**		**20**
Y			Prereq	Demographic and Social Equity Assessment	Required
0	0	0	Prereq	Quality of Life Performance	6
0	0	0	Credit	Social Services and Infrastructure	3
0	0	0	Credit	Economic Growth and Opportunity	3
0	0	0	Credit	Environmental Justice	1
0	0	0	Credit	Housing and Transportation Affordability	2
0	0	0	Credit	Public Health	3
0	0	0	Credit	Educational Opportunity and Attainment	1
0	0	0	Credit	Civil and Human Rights	1
0	0	0	**Innovation**		**6**
0	0	0	Credit	Innovation	6
0	0	0	**Regional Priority**		**4**
0	0	0	Credit	Regional Priority	4
0	0	0	**TOTALS**	**Possible Points:**	**110**

Figura 25: Punteggi LEED Città (https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/leed-for-cities-leed-for-communities)

LEED v4.1 Cities and Communities: Existing Comunities
Project Checklist

Project Name: XXX
Date: Month Day, Year

Awarded	Pending	Not Awarded			
0	0	0	**Integrative Process**		**5**
0	0	0	Credit	Integrative Planning and Leadership	1
0	0	0	Credit	Green Building Policy and Incentives	4
0	0	0	**Natural Systems and Ecology**		**9**
Y			Prereq	Ecosystem Assessment	Required
0	0	0	Credit	Green Spaces	2
0	0	0	Credit	Natural Resources Conservation and Restoration	2
0	0	0	Credit	Light Pollution Reduction	1
0	0	0	Credit	Resilience Planning	4
0	0	0	**Transportation and Land Use**		**15**
0	0	0	Prereq	Transportation Performance	6
0	0	0	Credit	Compact, Mixed Use and Transit Oriented Development	2
0	0	0	Credit	Access to Quality Transit	1
0	0	0	Credit	Alternative Fuel Vehicles	2
0	0	0	Credit	Smart Mobility and Transportation Policy	2
0	0	0	Credit	High-Priority Site	2
0	0	0	**Water Efficiency**		**11**
Y			Prereq	Water Access and Quality	Required
0	0	0	Prereq	Water Performance	6
0	0	0	Credit	Integrated Water Management	1
0	0	0	Credit	Stormwater Management	2
0	0	0	Credit	Smart Water Systems	2

Certified: 40 to 49 points
Silver: 50 to 59 points
Gold: 60 to 79 points
Platinum: 80 to 110

Awarded	Pending	Not Awarded			
0	0	0	**Energy and Greenhouse Gas Emissions**		**30**
Y			Prereq	Power Access, Reliability and Resiliency	Required
0	0	0	Prereq	Energy and Greenhouse Gas Emissions Performance	18
0	0	0	Credit	Energy Efficiency	4
0	0	0	Credit	Renewable Energy	6
0	0	0	Credit	Grid Harmonization	2
0	0	0	**Materials and Resources**		**10**
Y			Prereq	Solid Waste Management	Required
0	0	0	Prereq	Waste Performance	5
0	0	0	Credit	Special Waste Streams Management	1
0	0	0	Credit	Responsible Sourcing for Infrastructure	2
0	0	0	Credit	Smart Waste Management Systems	2
0	0	0	**Quality of Life**		**20**
Y			Prereq	Demographic Assessment	Required
0	0	0	Prereq	Quality of Life Performance	6
0	0	0	Credit	Trend Improvements	4
0	0	0	Credit	Distributional Equity	4
0	0	0	Credit	Environmental Justice	1
0	0	0	Credit	Housing and Transportation Affordability	2
0	0	0	Credit	Civic and Community Engagement	2
0	0	0	Credit	Civil and Human Rights	1
0	0	0	**Innovation**		**6**
0	0	0	Credit	Innovation	6
0	0	0	**Regional Priority**		**4**
0	0	0	Credit	Regional Priority	4
0	0	0	**TOTALS**	**Possible Points:**	**110**

Figura 26: Punteggi LEED Comunità (https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/leed-for-cities-leed-for-communities)

3.1.7 Contesto italiano

In Italia vivendo in un contesto edilizio particolare e completamente diverso da quello americano, è stato necessario elaborare altre tipologie di certificazione più indicate; uno dei motivi principali è stata la presenza diffusa di edifici storici dove la certificazione si scontra con il problema dovuto alla preservazione degli stessi.

Le certificazioni elaborate dalla Green Building Council Italia (GBCI) sono quattro e nello specifico:

1. **GBC HOME**

È stata sviluppata considerando in maniera particolare le caratteristiche abitative e le diversità proprie dell'edilizia italiana, il tutto partendo con una base presa dal protocollo LEED. Vengono promossi principi di salubrità e durabilità, di pari passo con l'applicazione di efficienti pratiche ambientali durante le fasi di progettazione e costruzione. L'applicazione è indicata per edifici con grandezze variabili, da quelli di piccole dimensioni a quelli di grandi dimensioni. Possono rientrare in questa categoria sia i condomini (fino ai 10 piani) che gli edifici monofamiliari. In ultima parte può essere applicato ad agriturismi e edifici ricettivi fino a 50 posti letto.

Figura 27: Residence Leonardo Da Vinci (VI) (https://www.pozzamatteo.it/progetti-ecosostenibili/residence-leonardo)

2. **GBC HISTORIC BUILDING**

È stato sviluppato per poter fondere i criteri propri della certificazione LEED e le capacità di restauro caratteristiche dell'Italia. Il protocollo porta a certificare la sostenibilità di interventi volti alla conservazione, riqualificazione e recupero di edifici storici. L'applicazione è appunto indicata per questi ultimi, in particolare per quelli che rientrano nella definizione di: "testimonianza materiale avente valore di civiltà". La costruzione deve essere stata realizzata prima del 1945 per almeno il 50% della sua interezza. Gli interventi ammessi sono quelli di restauro, riqualificazione, recupero e parziale integrazione, sempre nell'ambito di ristrutturazioni importanti per impianti di climatizzazione e organizzazione di spazi interni, con valutazioni relative al miglioramento prestazionale dell'involucro mantenendo però i caratteri propri dell'edificio.

Figura 27: Chiesa di S. Giuseppe dei Falegnami (RM) (https://www.romasegreta.it/campitelli/s-giuseppe-dei-falegnami.html)

3. GBC QUARTIERI

Il protocollo serve per progetti di aree oggetto di riqualificazione o nuove espansioni. L'obiettivo primario è sempre la promozione di prestazioni il cui focus è la sostenibilità ambientale di territorio, edifici e dotazioni. Vengono incoraggiate le migliori pratiche verso l'analisi del territorio, la scelta delle aree preservando l'ambiente, incentivando i collegamenti con trasporti pubblici e lo sviluppo di servizi sociali. L'applicazione è indicata per nuove costruzioni o riqualificazione urbana, il sistema inoltre riesce a creare una serie di connessioni con un sistema che permette di non dover imporre una dimensione minima o massima. In ogni caso si ritiene che possa essere applicato a progetti con almeno due edifici, la dimensione massima consenta di potersi governare con un unico processo (qualora non sia possibile si suddivide in più aree), la zona da certificare sia posta in un contesto multifunzionale.

Figura 28: Uptown (MI) (https://www.uptown-milano.it/it)

4. GBC CONDOMINI

In Italia 14 milioni di famiglie vivono in condomini, di questi circa un milione di edifici condominiali possiedono un impianto di riscaldamento centralizzato. Il 70% dei condomini è in classe F/G e il 64% è stato realizzato prima del 1971. Tutto ciò evidenzia come sia di primaria importanza intervenire sulla riqualificazione di tali opere.

Figura 29: Condominio Teodosia (TO) (https://www.torinotoday.it/casa/ristrutturazione/condominio-teodosia-torino.html)

L'applicazione è indicata per edifici residenziali da riqualificare e caratterizzati da più unità immobiliari anche per quelli ante 1945, escludendo le casistiche di demolizione e ricostruzione. Viene innanzitutto svolta un'indagine preliminare sulla durabilità dell'edificio, con i successivi interventi su struttura, involucro e impianti. (42)

3.2 Processo di ottenimento

La certificazione LEED richiede un approccio che coinvolga differenti figure professionali e che copra tutto il ciclo di vita dell'opera, partendo dalla progettazione e arrivando fino alla gestione nel tempo. Il processo che porta all'ottenimento della certificazione per un edificio deve quindi seguire un percorso articolato in nove fasi che seguono appunto l'opera in tutta la relativa vita utile.
L'accompagnamento da parte di un LEED AP risulta inoltre fondamentale per poter coordinare l'impresa, questo perché qualora non si seguano scrupolosamente gli step previsti, il rischio di bloccarsi già al primo di questi è molto elevato.
I nove punti necessari alla certificazione sono i seguenti:

1. **Pre-assessment**: in questa fase il progetto viene analizzato nella sua interezza rilevando gli elementi fondamentali quali il protocollo di riferimento, la verifica dei requisiti minimi e delle

rispondenze dei prerequisiti, i crediti che possono essere ottenuti e l'implementazione di strategie per i crediti;

2. **Registrazione online**: il progetto viene certificato pagando le relative somme al GBCI. In secondo luogo vengono definiti i ruoli delle persone coinvolte nel processo per ogni credito e prerequisito distribuendo le credenziali ai membri del team. Il LEED AP monitorerà poi la documentazione che ogni soggetto responsabile dei crediti caricherà;
3. **Fase di progettazione**: viene compilata la documentazione utile a soddisfare i crediti e i prerequisiti che si vogliono perseguire, gestendo il processo di certificazione fino al design review. I documenti serve che siano creati per ogni singola area tematica individuando poi le strategie migliori per poter raggiungere il livello scelto tra quelli disponibili. Se c'è la necessità di chiarimenti o qualora alcuni crediti non vengano ottenuti nella prima revisione si può inviarne una seconda;
4. **Energy Modeling**: in questa fase si sviluppano delle simulazioni energetiche in regime dinamico, paragonando l'edificio di progetto all'edificio di riferimento realizzato seguendo le norme ASHRAE 90.1.2010 nel LEED v4.0, per fare questa simulazione sarà sicuramente necessario stabilire la geometria dell'edificio. È necessario poi identificare se possibile integrare il sistema edificio-impianti e stabilire gli obiettivi di progetto, la performance termica, il livello di illuminazione naturale e le dimensioni dell'impianto di climatizzazione. Ultimato il lavoro di modellazione si dovrà caricare tutti i documenti del portale LEED online;
5. **Capitolato prestazionale LEED**: vengono redatti i documenti necessari ad esplicare le attività da sviluppare per poter soddisfare prerequisiti e crediti scelti durante la fase di progettazione. Questi devono contenere le specifiche LEED e gli oneri per l'ottenimento della certificazione in merito ad ogni prerequisito e credito su cui ha un'influenza diretta il piano per il controllo dell'erosione e sedimentazione, il piano di gestione rifiuti per l'attività di cantiere, il piano di commissioning e il piano di controllo della qualità dell'aria interna;
6. **Precertificazione**: questa fase la si applica qualora sia prevista dal protocollo, vengono gestite le attività specifiche dei progettisti utili alla richiesta di precertificazione, compilando i templates da parte del team adibito al progetto. Dovranno essere gestite e inoltrate le richieste di precertificazione al GBCI, fornendo risposte ai commenti di quest'ultimo dopo che ha svolto una revisione preliminare;
7. **Fase di costruzione**: si definisce un sistema operativo atto a produrre la documentazione richiesta dal protocollo e per tenere traccia dei documenti delle attività direttamente collegate al LEED. Inoltre, si eseguono i calcoli e vengono sviluppati disegni richiesti dai crediti nella fase di costruzione;
8. **Commissioning**: lo scopo consiste nel garantire il corretto funzionamento dei vari sistemi, riguarda tutti gli impianti, tra cui quelli meccanici, elettrici, idraulici, ventilazione, produzione di energie rinnovabili ecc;
9. **Certificazione finale**: viene inviata la richiesta di certificazione al GBCI dopo che tutta la documentazione prodotta nel processo di progettazione e costruzione dal Team LEED è stata revisionata e verificata nella sua completezza. Qualora vengano richiesti eventuali chiarimenti o documenti aggiuntivi servirà coordinare le risposte con il LEED AP.

Per quanto riguarda protocolli come, ad esempio, il LEED LEED for Neighborhood Development, dove l'oggetto non è più il singolo edificio, ma si parla più di una certificazione su scala urbana, il processo di ottenimento della certificazione condivide la struttura a fasi descritta ma con una

documentazione estesa e tempi oltre che costi logicamente più dilatati a causa della complessità prevista.
A questo punto, se tutto l'iter è stato rispettato e l'opera ha ottenuto i crediti necessari per la certificazione, verrà affidato a quest'ultima uno dei quattro livelli previsti. Questi verranno analizzati in seguito, per poter fornire una dinamica completa dei punteggi minimi da rispettare per ogni categoria. (42)

3.3 Livelli di certificazione

I protocolli descritti nel precedente capitolo, anche se presentano punteggi relativi ai crediti con valori massimi differenti e con assegnazione di questi per le diverse categorie anch'essa variabile, hanno una cosa in comune, ovvero i punti associabili ai quattro livelli di certificazione, riassunti qui di seguito.

CERTIFICAZIONE	PUNTEGGIO
CERTIFIED	40-49
SILVER	50-59
GOLD	60-79
PLATINUM	80+

I vari livelli indicano impegni differenti da parte del personale qualificato, infatti:

- **Certified**: È il livello base che indica il soddisfacimento dei requisiti minimi di sostenibilità e ne indica il punto d'ingresso da parte dell'edificio all'interno del sistema. Anche trattandosi del livello base dimostra ugualmente un impegno importante verso pratiche sostenibili;
- **Silver**: Si tratta di un livello intermedio con un impegno maggiore verso standard ambientali con tecnologie e materiali appositi, già qui si notano prestazioni di gran lunga superiori alla media;
- **Gold**: Raggiungere questo standard rappresenta un importante traguardo, le soluzioni attuate sono di livello avanzato e le prestazioni sono da considerarsi come esempi di rifermento nel settore edile in merito alla sostenibilità;
- **Platinum**: Il livello più prestigioso e difficile da raggiungere è testimoniato già dal punteggio necessario che necessita 20 punti di distacco dal minimo richiesto nel livello Gold (per le altre casistiche il distacco dal minimo del livello precedente è pari a 10 punti). Ottenere questa certificazione rappresenta il massimo riconoscimento per gli edifici, questi rappresentano esempi di innovazione per l'edilizia green.

Essendo il LEED uno standard a livello globale, questo sistema di classificazione permette un confronto diretto tra immobili alternativi all'interno del mercato, accomunando così una metodologia descrittiva per le prestazioni ambientali.
Il sistema premia l'eccellenza e invoglia a migliorare costantemente, stimolando tutte le figure del settore, tra cui progettisti, costruttori e proprietari, senza fermarsi ai requisiti minimi ma optando per soluzioni che portino l'opera ad elevarsi fino a raggiungere il massimo livello di certificazione possibile.
Un altro fattore che caratterizza tali certificazioni, soprattutto nei livelli più alti, è che rappresentando un impegno sostanziale verso la sostenibilità ambientale, contribuiscono a migliorare la reputazione dell'azienda qualora sia questa il committente o comunque lo stesso discorso vale anche per i privati. (43)

La tabella qui di seguito riassume i protocolli principali e le relative applicazioni viste nel capitolo:

PROTOCOLLO	AMBITO DI APPLICAZIONE	CARATTERI DISTINTIVI
Progettazione e Costruzione di Edifici (BD+C)	Per la progettazione e la costruzione edifici nuovi o l'ampliamento di quelli esistenti in entrambi i casi la validità è per varie tipologie.	Copre tutto il ciclo dell'opera per le fasi di progettazione e di costruzione. Risulta essere lo standard di riferimento "classico" per il LEED.
Interior Design e Costruzione (ID+C)	Per progetti relativi all'allestimento di interni di edifici commerciali, che non prevedono lavori all'involucro esterno.	Concentrandosi su ristrutturazioni anziché opere di nuova costruzione, riesce ad avere una particolare efficacia nell'ottimizzare la qualità dell'aria interna e l'utilizzo di materiali a basso impatto ambientale. A differenza degli altri protocolli riesce ad essere più rapido.
Operazioni e Manutenzione degli Edifici (O+M)	Per edifici esistenti che necessitano di ristrutturazioni o con poca/nessuna costruzione.	Punta sul miglioramento costante dei processi di gestione dell'opera. Per fare ciò necessità un costante monitoraggio dei consumi e della qualità interna per garantire l'adeguato comfort abitativo. Consiste nella scelta migliore per ottimizzare e mantenere in utilizzo un edificio già esistente.
Sviluppo di Quartieri (ND)	Per sviluppare il territorio o progetti di riqualificazione sia con una destinazione residenziale, sia senza destinazione residenziale.	Nelle scelte da adottare per lo sviluppo del territorio, integra una mobilità sostenibile, differenti scelte green per l'uso del suolo e la realizzazione di strutture verdi. Affida molta importanza alla coesione e alla resilienza urbana.
Case	Per la realizzazione di edifici residenziali.	La scelta per le abitazioni a "misura di uomo", un importante valore lo si affida all'analisi dell'efficienza energetica e al comfort termico. A differenza del simile (BD+C) presenta punteggi semplificati.
Città e Comunità	Per porzioni o intere città.	Coinvolge politiche pubbliche e governance per ampliare gli orizzonti del protocollo (ND). Incentiva quindi strategie su larga scala.

CAPITOLO QUARTO: BENEFICI DELLA CERTIFICAZIONE LEED

4.1 Vantaggi della certificazione

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) negli ultimi report sostiene che è necessaria una transizione sostenibile il più veloce e vasta possibile per vari aspetti, tra cui terra, energia, edifici, trasporti e città, il tutto finalizzato al compimento degli obiettivi di riduzione di carbonio prefissati a livello globale. (44) Edifici come quelli certificati LEED si presentano come soluzione i cui effetti tangibili non sono sicuramente riconoscibili da inquilini o visitatori, anche se tutto il processo realizzativo ha seguito un iter producendo meno emissioni e rifiuti. Principalmente gli aspetti su cui gli edifici LEED apportano benefici sono tre e verranno presentati nei paragrafi successivi.

4.1.1 Ambientali

Figura 30 (https://www.fondazionesvilupposostenibile.org/la-sensibilita-ambientale-degli-italiani-ricerca/)

- Il rapporto dell'IPCC tra le richieste punta a ridurre la domanda di energia e una forte elettrificazione all'interno del mondo edile, oltre all'utilizzo di illuminazione ad elevate prestazioni. Quelli che sono gli edifici ecologici danno una mano a proprietari e gestori di edifici, oltre a tutto il personale edile come architetti e sviluppatori, a raggiungere questa transizione e a verificare le prestazioni;
- L'Environmental Protection Agency (EPA) sostiene che il 43% di tutto l'utilizzo di energia negli Stati Uniti sia dovuto alle funzioni di riscaldamento e raffreddamento, contribuendo in maniera significativa ad inquinare l'atmosfera e a generare grosse quantità di gas serra. Edifici green migliorando l'efficienza contribuiscono a ridurre gli inquinanti emessi nell'atmosfera;
- Il punteggio medio Energy Star (un programma di etichettatura volontaria che promuove l'efficienza energetica di prodotti e edifici) dei progetti LEED si attesta attorno a 89 punti su 100, su 7100 opere certificate, più del 90% riusciva a migliorare le prestazioni energetiche di minimo il 10%;
- La ricerca della massima efficienza idrica negli edifici verdi porta una riduzione dell'utilizzo d'acqua promuovendo inoltre la cattura di quella piovana e l'utilizzo di fonti non potabili, questo perché negli USA il 12% dell'acqua totale consumata è da parte degli edifici, con una persona che in media consuma circa 300-380 litri di acqua ogni singolo giorno;
- L'edilizia tradizionale porta a sprecare milioni di tonnellate di materiali ogni anno, con l'edilizia green gli sprechi vengono ridotti al minimo. Attualmente i progetti LEED deviano 80 milioni di tonnellate di rifiuti dalle discariche, ma entro il 2030 questo valore si prevede che aumenti fino a circa 540 milioni di tonnellate.

4.1.2 Economici

Figura 31 (https://2020.festivalsvilupposostenibile.it/cal/128/leconomia-circolare-al-bivio-eco-modernismo-o-tecnologia-conviviale)

- Tra gli aspetti economici a favore di queste categorie di edifici sono assolutamente da considerare i risparmi sui costi operativi, nonché periodi di rimborso più brevi;
- Le proprietà diventano più preziose, l'aumento del 10% e oltre del valore patrimoniale è infatti stato segnalato da numerosi proprietari e dal 2012 la quantità di tali segnalazioni è praticamente raddoppiata;
- Il benefit economico lo si nota anche a lungo termine; infatti, i costi di manutenzione sono ridotti di circa il 20% rispetto ad edifici standard e i retrofit di edifici verdi invece arrivano a ridurre i costi operativi del 10% in un singolo anno;
- Un rapporto americano relativo al mercato di Los Angeles ha inoltre evidenziato come gli edifici standard ricevano in media 2,16 dollari/ft2 (1 ft2 = 0,093 m^2) a differenza degli edifici LEED che portano questo valore a 2,91 dollari/ft2 sottolineando come l'offerta sia vantaggiosa per queste opere;
- I benefici economici sono da considerare anche indirettamente e non soltanto per ciò che apportano all'edificio, l'edilizia verde ha originato milioni di posti di lavoro contribuendo a centinaia di miliardi di dollari per l'economia, in America dal 2011 al 2014 sono stati generati 167,4 miliardi di dollari di PIL in questo campo e andando nello specifico del LEED, nel 2014 questo ha contribuito direttamente con 1,09 miliardi di dollari di imposta sul reddito individuale agli stati.

4.1.3 Sociali

Figura 32 (https://www.eon-energia.com/magazine/innovazione-e-ambiente/social-housing-requisiti-vantaggi.html)

- Gli edifici green influenzano in maniera diretta la salute pubblica e in senso positivo. Migliorando la qualità dell'aria, ad esempio, vengono ridotti i tassi di assenteismo e le ore di lavoro influenzate da patologie quali asma, depressione o allergie, provocando così una maggiore produttività e un miglioramento dell'umore di chi lavora;
- Per i diretti interessati ciò che risuona di più tra i vari benefici apportati dall'edilizia sostenibile, sono la pulizia dell'aria e dell'acqua ma anche la minor esposizione alle tossine, sottolineando quanto sia importante per l'ospite che vengano garantiti standard di vita sicuri e salubri;
- La promozione di progetti, tecnologie e materiali per la realizzazione di tali edifici ha come obiettivo, oltre che le tematiche di sostenibilità, la resilienza dell'opera realizzata;
- Cercare di ottenere il meglio in termini di resilienza per la comunità o per motivi economici porta anche ad una maggiore collaborazione tra residenti e proprietari immobiliari. (44)

4.2 Aspetti negativi

Figura 33 (https://www.grigotherm.it/)

Presentandosi come un'ottima soluzione per l'edilizia sostenibile soprattutto considerando la sua popolarità come standard a livello globale, si potrebbe pensare che non ci siano criticità nell'adottare tale certificazione per l'edificio che si vuole realizzare, in realtà non è così, verranno quindi evidenziati di seguito alcuni punti a sfavore di ciò, evidenziando come, dietro un'apparente soluzione perfetta si celino differenti problemi relativi, ad esempio, alle procedure di applicazione o ai costi richiesti.

4.2.1 Costi

Il discorso relativo ai costi è uno dei punti critici, vero il fatto che non sono sempre necessari costi di progettazione e realizzazione più alti rispetto a edifici non green, però allo stesso tempo a causa di competenze, documenti dettagliati e verifiche da parte di terzi, l'investimento iniziale richiesto non sia indifferente in particolare per progetti più piccoli con budget non troppo elevati.

4.2.2 Lungo Processo di Ottenimento

La certificazione si articola in un processo molto complesso che parte dalla progettazione, fino alla costruzione dell'opera, con una progettazione integrata necessaria. Sono quindi coinvolti numerosi professionisti del settore con una produzione di documenti per certificare l'ottenimento dei requisiti richiesti. Tale complessità si traduce in un dispendio economico e temporale non indifferente.

4.2.3 Criticità del Sistema a Punti

Anche il sistema a punti, con il conseguente livello ottenuto, non è esente da criticità. La somma dei punti potrebbe non riflettere a pieno il vero impatto ambientale dell'edificio, questo potrebbe

infatti ottenere molti punti su aspetti non molto difficili da implementare, ma avendo carenze in aree tematiche più complesse e rilevanti per il suo impatto sull'ambiente.

4.2.4 Materiali Utilizzabili

Per poter ottenere la certificazione è necessario utilizzare particolari materiali edili caratterizzati da prestazioni e soprattutto da processi produttivi che vadano di pari passo con la sostenibilità ambientale e la salute per l'operatore che li utilizza e per il futuro proprietario dell'edificio. Naturalmente ciò apporta un aumento dei costi diretti a causa del costo maggiorato per questi ultimi e una maggiore difficoltà nella ricerca di materiali appropriati per la realizzazione dell'opera. Inoltre potrebbe verificarsi un aumento dei tempi di realizzazione nel caso di imprevisti o qualora sia stato fatto qualche errore nella fase di stesura del cronoprogramma in quanto non sempre la disponibilità la si trova in prossimità del cantiere ma spesso serve ordinare il materiale da molto distante.

Tutte queste criticità non vanno sicuramente a sminuire il valore della certificazione, che si presenta come uno tra i sistemi più avanzati per valutare la sostenibilità di edifici, ma va ad appuntare alcuni elementi da migliorare e su cui potersi concentrare per l'evoluzione del sistema nel corso del tempo.

CAPITOLO QUINTO: IL FUTURO DELLA CERTIFICAZIONE LEED

5.1 Tendenze future

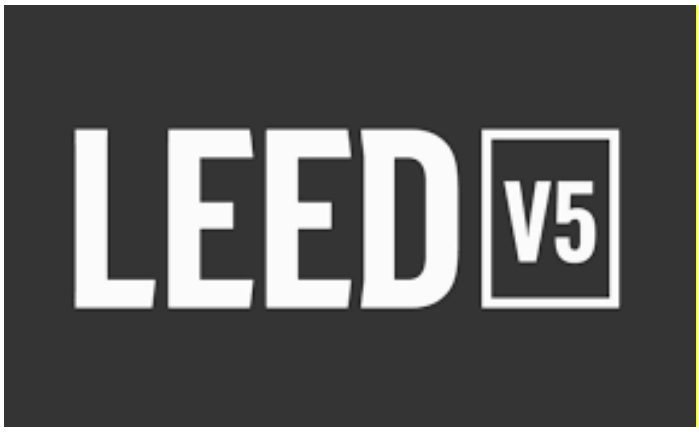

Figura 34: LEED 5.0

(https://aspe.org/pipeline/usgbc-launches-new-more-comprehensive-leed-rating-system/

Uno dei primi punti di analisi per il futuro del LEED si tratta della prossima versione in uscita a breve, il LEED v5.0.
Con questa vengono introdotti obiettivi sempre più ambiziosi, in particolare verso la decarbonizzazione, la qualità di vita per chi usufruisce degli edifici e la conservazione ecologica. I focus di tale versione risultano quindi queste tre categorie, migliorate concentrando i crediti e i prerequisiti da assegnare in queste tematiche.
Per la decarbonizzazione nello specifico vengono ridotte le varie fonti di emissioni quali trasporti, refrigeranti ecc. La qualità della vita invece utilizza strategie incentrate sull'uomo per migliorarne la salute e il benessere. Infine, la conservazione e il ripristino ecologico sfruttano strategie applicabili al singolo edificio per limitare il degrado e per recuperare gli ecosistemi circostanti all'opera. Le categorie come il BD+C vengono anch'esse riviste ad esempio puntando a raggiungere le emissioni quasi nulle entro il 2050 nel contesto di una rete elettrica decarbonizzata.
Per raggiungere tutto ciò serve apportare delle modifiche alle precedenti versioni LEED v4.0 e v4.1, in particolare lavorando in diversi ambiti:

- **Energia e atmosfera:** i progetti devono essere conformi e rispettare gli standard ASHRAE 90.1-2022 più aggiornati delle differenti versioni, avendo in questo modo un impatto di riduzione diretta delle soglie di consumo energetico. Inoltre, si cerca di spingere l'elettrificazione degli impianti e l'integrazione di energie rinnovabili, eliminando la combustione locale;
- **Decarbonizzazione:** viene introdotto per la prima volta in assoluto un nuovo prerequisito con il nome di "proiezione del carbonio e piano di carbonizzazione", i team progettuali serve che modellino le emissioni di carbonio relative all'edificio per i successivi 25 anni e pensare a metodologie atte alla riduzione progressiva di queste;
- **Gestione delle acque:** l'efficienza idrica è sempre stata un punto fondamentale del LEED, con la nuova versione per rafforzare ciò vengono inseriti nuovi prerequisiti in cui si richiede un sistema di telemetriche funzionali a monitorare in tempo reale il consumo idrico, questo

è utile a verificare costantemente i risparmi di acqua, anche se questo comporta un aumento della quantità di dati da elaborare e analizzare;

- **Siti e Trasporti:** viene posta una maggiore attenzione nella selezione del sito dove realizzare l'edificio e la relativa connettività dei trasporti, i crediti di tale categoria vengono aggiornati per promuovere lo sviluppo in aree esistenti e quindi non modificando ecosistemi in aree naturali e integrando equità sociale e benefici alla comunità. In merito ai siti, se prima si cercava di alterare al minimo il sito e il paesaggio, la nuova versione si evolve verso una tutela e resilienza ambientale con obiettivi verso il ripristino di habitat caratterizzati da una vasta biodiversità e la riduzione delle isole di calore. Quindi in generale il progetto deve presentare valutazioni che considerino l'impatto ambientale a lungo termine;
- **Materiali:** essendo l'impronta del carbonio incorporato nei materiali non indifferente, viene introdotto un prerequisito che impone a quantificare quest'ultimo tramite due metodi, uno basate sulle categorie A1-A3 e uno basato sulle prestazioni. Oltre a questo, i crediti sui materiali richiedono le EPD verificate (dichiarazioni ambientali di prodotto), facendolo si punta a ridurre anche in tale maniera la suddetta impronta;
- **Flessibilità delle prestazioni:** anche se alcune categorie diventano più stringenti, il LEED v5.0 porta una maggiore flessibilità per ottenere i crediti. Un esempio pratico è la possibilità di scelta tra soluzioni prescrittive o approcci basati sulle prestazioni per molteplici crediti energetici.
  Facendo così, i progettisti possono adattare al meglio le strategie al contesto specifico;
- **Conformità digitale e monitoraggio:** le nuove tecnologie portano ad utilizzare strumenti digitali avanzati e modelli che permettano la simulazione per un'accurata previsione del consumo energetico e delle emissioni di carbonio, viene così facilitato il monitoraggio in tempo reale e soprattutto viene ridotta la documentazione manuale.
- **Qualità dell'ambiente interno:** la categoria in questione è stata rivista, se nel LEED v4 i crediti in questione si concentravano in test su inquinanti e requisiti di ventilazione, la nuova versione nel credito "Qualità dell'aria migliorata" premette ai progettisti di scegliere se aumentare i tassi di ventilazione o puntare sul monitoraggio continuo dell'aria. Un'altra variazione la subisce il credito "Esperienza per gli occupanti" implementando numerosi fattori di comfort per gli occupanti, i progetti serve che controllino l'abbigliamento, garantiscano viste libere e che l'acustica sia equilibrata oltre a promuovere il contatto con la natura per gli interni. (45)

L'applicazione di questo nuovo standard sarà un ulteriore passo verso l'integrazione dei criteri descritti poco fa con le politiche climatiche internazionali, in particolare tramite la concentrazione prevista verso edifici a emissioni nulle e quindi allineandosi con l'obiettivo di zero emissioni previsto per il 2050.

Inoltre, l'attenzione volta verso la salubrità degli ambienti interni che permette di ottenere edifici con un mercato relativo all'edilizia sostenibile sempre più ampliato. Affianco a tutti questi aspetti positivi non sono assenti problematiche quali una maggiore quantità di investimenti per far fronte a criteri così stringenti, oltre a competenze sempre più avanzate, elementi che ne scoraggeranno l'adozione soprattutto in paesi dove già attualmente la certificazione non viene utilizzata in larga scala.

L'impatto che questo aggiornamento porterà all'industria edile non sarà trascurabile, in primo luogo i progettisti e gli sviluppatori dovranno integrare tecnologie green, nuovi sistemi di monitoraggio e in generale fare un salto di categoria per l'edilizia sostenibile, con il conseguente

incentivo da parte dei produttori ad adattarsi a normative come l'ASHRAE 90.1-2022 e quindi avendo maggiori benefici ambientali per tutti. Essendo il LEED una certificazione simbolo di eccellenza poi, sicuramente influenzerà anche altri standard con una maggiore attenzione soprattutto alla decarbonizzazione, adeguandosi e implementando obiettivi simili al loro interno.

In pratica il LEED v5.0 ridefinendo alcuni principi della sua certificazione si prospetta come un modello da adottare per realizzare cambiamenti concreti su scala mondiale, rafforzando l'impegno verso il clima e il benessere antropologico tramite l'innovazione tecnologica e l'aggiornamento del mercato. L'industria edile legata alle costruzioni green dovrà quindi alzare l'asticella, fornendo edifici più resilienti e soprattutto con prestazioni migliorate.

Figura 35: Green Pea (TO) (https://www.greenpea.com/)

Queste dinamiche sono relative ad un futuro prossimo, infatti l'adozione del LEED v5.0 è prevista già per il 2025, con il termine della validità delle registrazioni per l'attuale LEED v4.0 e v4.1 nel primo trimestre del 2026. (46) Le tendenze della certificazione con una visione un po' più lungimirante possono prevedere diversi elementi:

- Con l'ultima versione si va verso edifici con zero emissioni e già così non saranno poche le difficoltà a cui si andrà incontro, il passo successivo sicuramente saranno però edifici "rigenerativi" e quindi che riescano ad avere non più un impatto nullo sull'ambiente ma positivo, sia tramite la rigenerazione di ecosistemi, sia attraverso la decarbonizzazione del settore;
- A causa dell'enorme mole di dati da conservare e analizzare saranno aggiornate anche le piattaforme digitali, facilitandone così l'acquisizione e l'elaborazione con un conseguente risparmi di tempo per l'ottenimento della certificazione, sicuramente in questo saranno d'aiuto le AI (Artificial Intelligence) che diventeranno cruciali per ottimizzare tali processi, oltre a quelli di progettazione (ad esempio per la creazione di modelli in maniera più rapida, efficiente e precisa) e la gestione degli edifici una volta ultimati;
- Un punto di forza del LEED è proprio la capacità di adattarsi a specifiche di una determinata area, la tendenza sarà quindi di potersi adattare sempre di più a regioni con caratteristiche peculiari, permettendo una maggiore efficacia e soprattutto, guardando anche ai loro interessi, ad una diffusione sempre più vasta;
- Se già con il LEED v5.0 è stata posta particolare attenzione verso gli ecosistemi e la conservazione ecologica, l'orientamento della certificazione non verterà su quelli che sono i nuovi edifici, infatti il modo migliore per non intaccare ecosistemi "puri" è lavorare su edifici

già realizzati e quindi la categoria O+M (Operations e Maintenance) avrà un ruolo centrale nel guidare lo standard americano;

- Una maggiore attenzione, infine, verrà data ai materiali, per questi sarà sempre più vincolante il possesso di dichiarazioni ambientali oltre alla trasparenza degli stessi, richiedendo in ampia parte l'utilizzo del riciclato e la riduzione al minimo dei rifiuti, con la conseguente promozione di un'economia circolare.

Queste prospettive si basano su quella che è la natura propria del protocollo e sui punti che hanno deciso di affrontare con il loro ultimo aggiornamento, con l'avvento di nuove tecnologie ancora del tutto sconosciute le prospettive potrebbero sicuramente cambiare, altre tecnologie però già scoperte ma non ancora utilizzabili in larga scala potrebbero favorire altri obiettivi, motivo per cui ne verranno analizzate alcune, cercando di comprendere quali risvolti garantirebbero in un futuro non troppo lontano, dove la loro disponibilità, oltre che l'eventuale miglioria, sarà di una maggiore portata.

5.2 Tecnologie e materiali innovativi

Lo sviluppo dell'edilizia sostenibile va di pari passo con quelle che sono le nuove scoperte tecnologiche e relative a nuovi materiali con proprietà sempre più peculiari e performanti. Nel caso specifico della certificazione LEED queste innovazioni influenzano direttamente alcune categorie di crediti, per quanto riguarda i materiali con un elevato potenziale di risparmio termico la categoria di riferimento è "Energy and Atmosphere", per quelli riciclati o rinnovabili invece si parla di "Material and Resources", infine i prodotti con basse emissioni concorrono per la categoria "Indoor Eniromental Quality".

Parlando di prospettive future della certificazione in merito a tali tecnologie e materiali, ne verranno rappresentate e descritte alcune, non ancora ampiamente utilizzate, per poter fornire una previsione di come potrà evolversi il protocollo e fin dove si riuscirà ad arrivare con gli edifici green in termini di prestazioni ambientali:

1. **PCM o MATERIALI A CAMBIAMENTO DI FASE**:

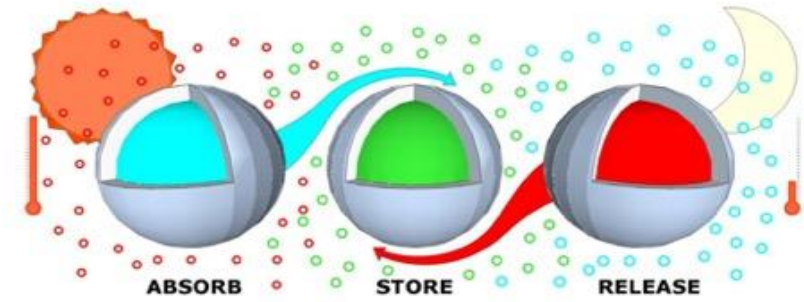

Figura 35: PCM (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-33-4443-3_8)

Questi sono materiali caratterizzati dalla capacità di accumulare grosse quantità di calore latente tramite il fenomeno del passaggio di fase, il quale avviene ad una temperatura costante. Il fenomeno che li caratterizza permette di immagazzinare energia e successivamente rilasciarla in volumi ridotti, così che vengano mantenute al minimo le variazioni di temperatura e le relative dispersioni, contrariamente ai sistemi classici di accumulo di calore che subiscono una semplice variazione di temperatura. La classificazione di questi materiali è relativa ai principali cambiamenti

di fase, transizioni da solido a solido, da liquido a vapore e viceversa, da solido a liquido e viceversa. Con il primo gruppo che presenta valori inferiori di calore latente rispetto al secondo, mentre il terzo gruppo risulta essere il più utilizzato in quanto garantisce valori elevati di calore latente senza variazioni di volume nel cambiamento di fase. Un'altra classificazione è relativa alle temperature a cui avvengono cambiamenti di fase, PCM a bassa temperatura (sotto i 15°C), PCM a media temperatura (15-90°C), PCM a temperature elevate (sopra i 90°C).
Nella pratica, questi possono essere integrati all'interno di pareti o soffitti, migliorando il comfort termico l'efficienza energetica, contribuendo direttamente ai crediti LEED "Energy and Performance". (47)

2. **VETRI DINAMICI**:

Figura 36: Vetro Dinamico (https://serramentialcos.it/priva-lite-vetro-attivo-opacita-controllata/)

Questa classe di tecnologie in via di rapido sviluppo consiste in vetri "intelligenti" che riescono a modulare la trasmittanza luminosa a seconda di fattori quali l'illuminazione solare oppure la temperatura esterna. In pratica viene cambiata l'opacità per ridurre o aumentare la quantità di luce e calore che possono passare attraverso. Questa capacità permetterebbe di ridurre le dispersioni termiche degli edifici, oltre a diminuire la necessità di ombreggiature artificiali, con anche un conseguente aumento di luce naturale interna (sempre più importante per i crediti LEED).
Alla fine si riesce quindi ad ottenere non solo risparmi energetici per il riscaldamento e l'illuminazione, ma si ottiene anche un migliorato benessere visivo per gli occupanti.
Attualmente l'adozione di questi vetri ha una percentuale pari allo 0,5% dello spazio di costruzione commerciale nei paesi ad alto reddito, anche a causa dei costi elevati rispetto a vetri tradizionali, ma attraverso alcune stime si ritiene che entro il 2050 l'adozione salirà almeno al 30%.
I crediti LEED legati direttamente a questa tecnologia sono quelli relativi all'illuminazione naturale e al risparmio energetico. (48)

3. **AEROGEL**:

Figura 37: Sfere di Aerogel (https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2023/may-2023/sustainable-affordable-building-insulation-with-aerogels.html)

I classici aerogel sono materiali isolanti composti al 99,8% di aria, si presentano come una delle soluzioni più efficaci e allo stesso tempo leggera tra quelle che propone il mercato.
Il problema sta nel costo, questo risulta essere estremamente alto a causa dei processi di processi di produzione necessari. Una soluzione a ciò è stata proposta dai tecnici della Fraunhofer UMSICHT, che è andata a modificare il processo produttivo utilizzando l'anidride carbonica supercritica in ogni fase del processo e non più soltanto durante la fase di essicazione, con la conseguente eliminazione degli acidi. In fase finale poi l'aerogel ottenuto viene scomposto in granuli tra i 2 e i 4 mm e miscelato in un intonaco minerale puro. Il risultato è una lastra in aerogel con elevate proprietà isolanti (con uno spessore della metà di una lastra in polistirene si raggiunge lo stesso livello di isolamento), inoltre l'utilizzo di materiali quali sabbia e calce favorisce l'economia circolare.
In termini di costi si stima una riduzione del 70% per la produzione rispetto agli aerogel tradizionali, e per i tempi la produzione passerebbe da 10 ore a 2,5 ore. Per il LEED questo materiale favorirebbe due categorie molto importanti, ovvero i crediti relativi a "Energy and Performance" grazie ai minori costi energetici e i crediti "Materials and Resources" per la componente riciclabile del prodotto. (49)

4. **MATTONI CON MATERIALI RICICLATI**:

Figura 38: Mattoni (https://www.thecooldown.com/green-tech/energy-smart-bricks-australian-research/)

Per quanto riguarda i materiali, oltre a dover offrire proprietà ottimali relativamente al comfort termico e acustico, altre tecnologie fondamentali verteranno sulla percentuale di riciclato integrata nella produzione. Alcuni ricercatori australiani hanno sviluppato dei mattoni che insieme all'argilla uniscono vetro riciclato e ceneri di carbone. La miscela naturalmente risulta già ottima in quanto prodotta con materiali riciclati, però possiede anche alcune proprietà peculiari, infatti richiedendo una temperatura inferiore per raggiungere la durezza richiesta portano ad un risparmio di energia per la produzione di circa il 20%, oltre ad una riduzione di 417 tonnellate di CO_2 per ogni ciclo di cottura.
Infine sotto l'aspetto dell'isolamento, i mattoni sono pessimi conduttori di calore e quindi riescono a mantenere gli edifici più freschi nei periodi estivi e più caldi durante l'inverno con un successivo risparmio ai proprietari degli immobili. I crediti LEED più interessati da questo materiale sono quelli relativi a "Materials and Resources" grazie alla quantità presente di riciclato all'interno della miscela di produzione del mattone. (50)

CAPITOLO SESTO: CASO STUDIO

6.1 Analisi del caso studio

Il caso studio scelto per l'analisi riguarda un caso specifico in Italia di una delle categorie più influenti all'interno di tale contesto, ovvero l'applicazione del protocollo GBC Condomini.
L'opera in oggetto è l'aggregato edilizio a L'Aquila, peculiare in quanto condominio – aggregato edilizio, sito all'interno della città caratterizzata da un complesso edilizio ampiamente danneggiato dal forte sisma del 2009.

Figura 39: Stato Attuale dell'Opera (https://www.google.it/intl/it/earth/index.html)

Il protocollo selezionato, dove temi come la resilienza e la durabilità trovano una grossa importanza, ha richiesto un iniziale sondaggio di quelle che sono le possibilità da poter intraprendere e le eventuali criticità in questo aggregato edilizio.
Il complesso di origini settecentesche e con diverse moltiplicazioni ha subito in pieno la catastrofe ambientale che ha colpito il centro storico nel 2009, motivo per cui è stata necessaria questa ristrutturazione.
Le unità immobiliari risultavano essere 31 che non potevano però essere riassunte in una singola entità condominiale. La tematica relativa all'aggregato urbano veniva dettata da quella che era la normativa edilizia per la ricostruzione per opere e manufatti edilizi danneggiati dal terremoto. Nello specifico in merito all'opera in esame, per aggregato edilizio si intende "un'insieme di edifici non omogenei, a contatto con un collegamento più o meno efficace, che possono interagire sotto un'azione sismica o dinamica". Gli edifici che rappresentavano l'aggregato Antinori corrispondevano a più proprietà diverse anche se site nello stesso corpo.

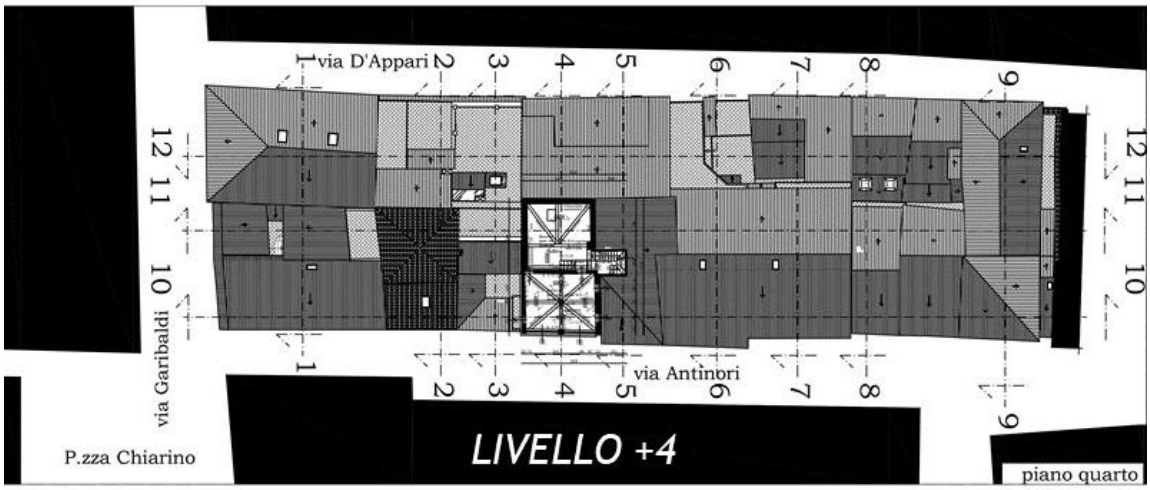

Figura 40: Pianta del Complesso (https://gbcitalia.org/2021/10/14/protocollo-gbc-condomini-il-caso-studio-antinori/)

In relazione al prerequisito DR Pr.1 del protocollo, relativo alla durabilità e resilienza dell'edificio, inizialmente è stata ampliata la conoscenza del complesso, andando oltre a ciò che veniva richiesto a livello normativo ma analizzando i sistemi strutturali rivelatisi complessi a causa delle molteplici realtà architettoniche fuse tra di loro.
Come primo passo, tramite un'accurata analisi storica, sono state individuate le unità strutturali che di conseguenza erano collegate agli elementi portanti dell'intera opera.
Successivamente lo studio è passato al sistema globale, determinando anche quali fossero i meccanismi causa dei danni, dove un grosso aiuto l'hanno fornito le schede di rilievo del danno emanate dalla Protezione Civile.
Un'altra analisi ha riguardato poi le caratteristiche architettoniche oltre ai sistemi impiantistici già presenti in loco e ai sistemi di sicurezza antincendio e antintrusione. Infine, la ricerca dell'eventuale presenza di gas radon ha rilevato bassi livelli fortunatamente.
Per il secondo prerequisito DR Pr.2, inerente all'individuazione di quelli che sono i fattori di vulnerabilità e pericolosità.
Tutto ciò che è stato rilevato nel primo prerequisito è stato sfruttato per determinare questi due aspetti dell'aggregato.
I punti fondamentali sono quindi la vulnerabilità del condominio, la classificazione della zona sismica, gli incendi, le eventuali inondazioni ed esondazioni oltre a problematiche idrogeologiche e pericoli di alluvioni, possibili tornadi o trombe d'aria.

Figure 41 e 42: Stato Pre Lavori (https://www.google.it/intl/it/earth/index.html)

L'elemento di analisi più importante consiste nell'analisi sismica, questa risulta però difficilmente effettuabile e per questo nella quasi totalità dei casi (per opere di nuova costruzione o edifici storici) la si svolge grazie ad una modellazione strutturale dell'intera opera in esame e in questo caso dell'interno agglomerato edilizio.
Lo svolgimento di tale operazione è stato ulteriormente complicato dai danni subiti durante il terremoto.
Tutti gli altri fattori di rischio sono invece stati determinati attraverso la documentazione disponibile.
Passando alla componente energetica, per il prerequisito EA Pr.1, la cui zona d'interesse sono le prestazioni energetiche minime, è stata svolta una diagnosi energetica tramite il reperimento di informazioni relative ai consumi (precedenti al sisma del 2009) prendendo a campione alcune unità immobiliari dell'agglomerato.
La normativa di riferimento che è stata utilizzata era la UNI EN 16247-1/2 il cui scopo consiste nella valutazione dell'abbattimento del fabbisogno di energia primaria che è possibile ottenere a seguito dei lavori di miglioramento dell'edificio.
Un elemento da considerare prima di iniziare i lavori è la determinazione dei costi necessari per svolgere i vari interventi, oltre a quello che è il rapporto costi-benefici la cui determinazione è stata possibile seguendo la norma ex UNI 15459.
La valutazione riguardava due differenti scenari, il primo secondo la progettazione standard dove è possibile ottenere il contributo pubblico per il sisma 2009, il secondo vedendo un miglioramento dove viene tenuto in considerazione il carattere storico e un termo intonaco esterno per le facciate.
Questo risultava migliorativo per la prestazione energetica di circa il 12% rispetto a quelle che erano le previsioni progettuali.
Un altro prerequisito analizzato è EA Pr. 2, sulle buone pratiche di gestione dell'efficienza energetica, per cui è stato svolto quanto necessario a mantenere la continuità delle informazioni per l'involucro e gli impianti, facendo così si garantisce il mantenimento delle strategie operative di efficienza energetica, oltre a fornire dei riferimenti per la corretta manutenzione degli impianti.
La verifica dei requisiti prestazionali serve inoltre a verificare che l'involucro e gli impianti vegano installati correttamente.
Per il manuale d'uso e manutenzione è stata utilizzata la norma UNI 10874 il cui livello minimo d'informazione richiesto è "ottimale".
Tutto ciò che è stato fatto in questo specifico caso evidenzia come sia possibile utilizzare lo strumento offerto dal GBC Italia per riqualificare il patrimonio edilizio già presente sul territorio anche applicando il relativo protocollo in contesti di edifici storici già consolidati. (51)

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- **MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA**: Il confronto tra il progetto "standard" e quello ottimizzato seguendo il protocollo ha portato ad un aumento del 12% su quella che è la riduzione dei consumi annui;
- **AUMENTO DELLA RESILIENZA**: Con la realizzazione di un apposito modello strutturale è stata ottenuta una ricostruzione più sicura e duratura nel tempo;
- **MIGLIORE QUALITÀ AMBIENTALE**: Monitorando i parametri come il gas radon e la presenza di sistemi di ventilazione e comfort termo-igrometrico il risultato è un ambiente salubre e confortevole, impattando in maniera positiva sul benessere dell'occupante;
- **RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE**: La selezione di materiali sostenibili e duraturi, oltre all'integrazione con i sistemi già presenti e il corretto smaltimento dei rifiuti di cantiere ha ridotto l'impronta ecologica dell'intervento;
- **MIGLIORE GESTIONE E MANUTENZIONE**: L'inclusione del manuale d'uso e manutenzione ha portato a migliori strategie di manutenzione preventiva contro il degrado e garantendo il migliore utilizzo degli impianti, portando ad un sistema più durevole.

La tabella qui di seguito descrive i vari ambiti di analisi evidenziando che quanto fatto per il caso in esame sia una peculiarità del protocollo GBC Condomini.

AMBITO DI ANALISI	APPLICAZIONE RELATIVA AL GBC CONDOMINI	PROGETTAZIONE TRADIZIONALE POST-SISMA
Analisi del rischio	Il credito DR Pr.2 (obbligatorio) richiede particolari standard di rispetto per la resilienza e la durabilità dell'opera. La valutazione è stata fatta quindi per più rischi, relativi al sisma, alle alluvioni e agli eventi climatici estremi. Vengono così identificate le vulnerabilità dell'edificio.	Normalmente l'analisi del rischio viene limitata al solo rischio sismico.
Diagnosi energetica	Il credito EA Pr.1 viene rispettato effettuando una diagnosi dei consumi reali pre-sisma e l'analisi dell'edificio una volta ottimizzato, valutando così il risparmio ottenibile.	Viene redatto un attestato di prestazione energetica, non presentando inoltre confronti tra le soluzioni adottabili.
Analisi costi-benefici	Il credito EA Op.3 relativo all'analisi dei costi per il ciclo di vita viene rispettato calcolando tramite la norma UNI 15459, comparando i costi iniziali e i benefici lungo l'intero ciclo di vita dell'opera, guidando il team incaricato nella scelta di soluzioni migliorative.	Principalmente le scelte si basano su vincoli economici, non rendendola sempre necessaria.
Scala dell'intervento	Il credito DR Pr.1 riguardante l'approccio integrato ha portato ad un'analisi strutturale e funzionale, con appositi modelli di calcolo, dell'intero aggregato, studiando così le interazioni tra i differenti corpi edilizi.	Gli edifici sarebbero normalmente stati trattati in maniera isolata, non valutando il comportamento nell'insieme.
Qualità ambientale	I crediti inerenti alla qualità ambientale interna sono stati affrontati monitorando il gas radon (fortunatamente risultato essere presente a bassi livelli), oltre a considerazioni relative al comfort termo-igrometrico e a metodi di ricambio d'aria.	Qualora non sia richiesta da apposite normative viene normalmente tenuta in considerazione ma non a questi livelli, se non del tutto ignorata.
Materiali e risorse	L'area relativa ai materiali eco-compatibili ha fattosi da puntare su scelte alla cui base ci fosse la durabilità e l'integrazione nei sistemi esistenti, preservando inoltre gli elementi storici.	La base di scelta è la compatibilità tecnica, i bassi costi e i tempi il più rapidi possibile. L'attenzione alla sostenibilità viene quindi trascurata.

CONCLUSIONI

Considerazioni generali

Riassumendo le informazioni esposte nei precedenti capitoli emerge innanzitutto quanto la certificazione LEED si proponga come uno dei quadri di riferimento più efficaci ed affidabili per la promozione di edifici green, soprattutto considerando il grosso impatto che l'edilizia rappresenta nelle percentuali di emissioni ed in generale di inquinamento ambientale.
Tale certificazione riesce nell'intento di creare edifici efficienti a livello energetico, con costi di esercizio inferiori delle opere tradizionali, generando benefici soprattutto a livello ambientale e sociale.
Rappresenta inoltra un efficace strumento per il raggiungimento degli obiettivi climatici imposti a livello globale.
Gli effetti principali a livello ambientale che sono stati documentati risultano essere diminuzioni delle percentuali di CO_2 emessa, di consumi energetici e idrici, il tutto se paragonato ad edifici standard.
Per fare ciò si sfruttano sistemi di risparmio idrico, l'utilizzo di energie rinnovabili e materiali riciclabili oppure a basso impatto ambientale.
Sul piano sociale, edifici green come questi, riescono a migliorare la qualità dell'ambiente in cui si vive o si lavora, con naturali benefici per la salute e il benessere degli individui che ne usufruiscono. Già soltanto il miglioramento della qualità dell'aria porta alla riduzione di malattie respiratorie o allergie, ma uno degli effetti più significativi riguarda gli ambienti di lavoro dove vengono ridotti i fenomeni di assenteismo e una migliore produttività, questo perché in ambienti del genere aumentano i livelli di felicità e benessere grazie all'ambiente ottimale che si riesce a realizzare con il protocollo. Sempre in merito a questo aspetto, la progettazione di queste opere include piani per la sicurezza, la gestione di emergenze e la coesione di diverse comunità.
I benefici del LEED non sono da intendersi per i singoli edifici ma anche a livello di quartiere e perfino città, protocolli specifici infatti promuovono la creazione di zone compatte, collegate e soprattutto sostenibili, permettendo un attivo combattimento del consumo di suolo.
Questi, inoltre, permettono alle amministrazioni locali di avere un quadro di valutazione della sostenibilità, includendo indicatori sociali, economici e ambientali che garantiscono un controllo mirato a fattori quali i consumi o la gestione dei rifiuti ad esempio.
Valorizzando non più soltanto il singolo edificio ma porzioni estese di territorio la certificazione assume un ulteriore efficacia per il combattimento degli effetti negativi verso l'ambiente.

In conclusione, la certificazione LEED ha dimostrato benefici concreti soprattutto a livello ambientale e sociale, oltre che economico naturalmente, con performance che testimoniano l'effettivo investimento di qualità per tali edifici. L'adattabilità inoltre permette l'aggiornamento dei protocolli a numerose realtà in base alla zona d'interesse e anche questo contribuisce a rendere la certificazione uno dei migliori se non il migliore strumento di contrasto al cambiamento climatico e all'inquinamento, sempre in relazione al settore edile, che va ricordato essere una delle cause maggiori per emissioni o materiali di scarto ma non la singola causa e quindi insieme a queste strategie serve attuarne altre in ambiti completamente differenti dall'edilizia.

Prospettive future

Per il LEED le prospettive future sono già state analizzate evidenziando il futuro passo con la versione 5.0, dove la decarbonizzazione, la qualità della vita e la conservazione degli ecosistemi svolgono un ruolo chiave nell'attuazione del protocollo.
A questo però si affiancano alcune prospettive generali per quello che è l'intero settore dell'edilizia sostenibile, con tendenze emergenti, digitalizzazione, AI e prospettive di mercato.
Innanzitutto, si spingerà sempre di più verso l'utilizzo di nuovi materiali a basso impatto ambientale e quindi prodotti con un basso livello di carbonio incorporato o materiali riciclati (come i mattoni descritti all'interno del capitolo cinque).
Questo perché uno dei punti fondamentali del futuro consisterà nella decarbonizzazione del processo edilizio e lo si può notare anche dalle politiche sempre più restrittive in questo ambito di varie nazioni o anche proprio dell'Unione Europea.

Figura 43: Pannelli in fibra di cellulosa (https://www.ideegreen.it/vantaggi-fibra-di-cellulosa-48899.html)

L'economia circolare poi vedrà un focus sempre più ampio, favorendo le ristrutturazioni a discapito di nuove costruzioni, in Italia lo si vive già questo fenomeno dove protocolli LEED elaborati appositamente per opere storiche o condomini favoriscono la sistemazione di edifici già realizzati. Facendo così i benefici maggiori si hanno sia per una riduzione del consumo di suolo sia per la riduzione dell'utilizzo di materiali vergini.

Per invogliare i committenti a scegliere edifici green, in quanto i costi iniziali effettivamente risultano maggiori a differenza dell'edilizia standard, vedranno la luce iniziative politiche e finanziarie che possano stimolare il settore.

Per la realizzazione di progetti invece l'utilizzo del BIM (Building Information Modeling), grazie a questo è possibile realizzare simulazioni utili dell'opera, oltre a fornire molte più informazioni riesce anche a favorire una lettura più semplice durante la fase di realizzazione rispetto ad un progetto realizzato su CAD. Per questo verranno sempre più abbandonati i progetti realizzati con questi ultimi programmi.

L'avvento dell'IA generativa degli ultimi due/tre anni inoltre porta a prospettive che prima del 2022 erano inimmaginabili. Sotto gli aspetti più basilari questa potrà aiutare i progettisti sia a risolvere problemi trovando soluzioni a cui non si era pensato oppure potrà direttamente fornire uno spunto o direttamente l'intero layout di progetto.

Se a livello di aiuto all'essere umano le prospettive sono quelle appena descritte, sicuramente l'integrazione di questa all'interno di robot e droni potrebbe portare anche alla sostituzione del lavoro manuale svolto dall'operaio in cantiere, compiti ripetitivi come la posa di mattoni probabilmente saranno i primi ad essere svolti da operatori non umani.
Già adesso, senza interpellare l'IA, si stanno sviluppando metodologie di realizzazione di edifici dove la tecnologia sostituisce gran parte del lavoro, l'esempio lampante è la stampa 3D, tramite cui vengono realizzate strutture tridimensionali, come intere case o porzioni di edifici, depositando strati successivi di materiale, il tutto a partire da un modello digitale e quindi si trona all'importanza del BIM.

Figura 44: Stampa 3D di un edificio

(https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://support.tekla.com/dist/sxf/document/11h45-industria-4.0-na-construcao.pdf)

Sempre in merito alla tecnologia, il mercato delle smart building è sempre più in crescita e non tende a fermarsi, in futuro le case dotate di tecnologie per il controllo intelligente saranno lo standard realizzativo, queste aiutano ad aumentare il comfort dell'individuo, oltre a migliorare le performance e ridurre i costi, a questo punto si ricollega l'utilizzo dell'IA, infatti, grazie a questa i benefici offerti da queste abitazioni non possono fare altro che raggiungere i livelli massimi.

In termini di mercato per il LEED, il più fiorente risulta essere quello degli Stati Uniti, essendo il luogo di nascita dello stesso, altri paesi punteranno in futuro a prendere tale primato soprattutto zone più densamente popolate come la Cina o l'India.

Tale affermazione è avvalorata da un'analisi dell'USGBC risalente al 2023, secondo cui è vero che gli USA risultano il paese leader con un mercato di 51,65 milioni di mq certificati, ma altri paesi come la Cina, escludendo gli Stati Uniti, dominano la classifica con più di 24,5 milioni di mq o l'India che si attesta al terzo posto con 7,2 milioni di mq.

Il mercato asiatico, quindi, potrebbe essere il futuro dominatore delle certificazioni LEED, evidenziando una sempre maggiore attenzione a tali tematiche da parte di questi territori, elemento fondamentale per raggiungere il prima possibile gli obiettivi ambientali prefissati grazie alla quantità di persone che ci abitano. (52)

BIBLIOGRAFIA

1 - https://www.certificazioneleed.com/edifici/

2 - https://www.settef.it/news-ed-eventi/edilizia-sostenibile-il-contributo-dei-prodotti-settef-al-sistema-di-rating-leed/

3 - https://www.innersolar.it/blog/certificazione-leed/

4 - https://tuoingegnere.altervista.org/edilizia-sostenibile-limportanza-della-certificazione-leed-in-italia/?doing_wp_cron=1747812142.7574949264526367187500

5 - https://www.geojob.it/2024/12/02/edilizia-sostenibile/

6 - https://biblus.acca.it/edilizia-sostenibile/

7 - https://www.clmdesign.it/architettura-ecosostenibile-costruire-per-un-futuro-piu-verde-e-sostenibile/

8 - https://mag.unitn.it/orientamento/116424/la-transizione-green-dell-edilizia

9 - https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/La-decarbonizzazione-delle-costruzioni_report-2022.pdf

10 - https://blog.federbeton.it/economia-circolare-il-contributo-dellindustria-del-cemento/

11 - https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/rifiuti/riciclaggiorecupero-di-rifiuti-da-costruzione-e-demolizione

12 - https://www.openpolis.it/consumo-di-suolo-e-urbanizzazione/

13 - https://www.reteclima.it/lca-life-cycle-assessment-analisi-del-ciclo-di-vita/

14 - https://www.abicert.it/nuovo-regolamento-ue-sui-prodotti-da-costruzione/

15 - https://biblus.acca.it/direttiva-case-green/

16 - https://www.iccsafe.org/

17 - https://biblus.acca.it/sostenibilita-ambientale-delle-costruzioni/

18 - https://biblus.acca.it/sostenibilita-delle-costruzioni-ecco-la-uni-en-156432021/#:~:text=La%20UNI%20EN%2015643%3A2021%20sulla%20sostenibilit%C3%A0%20delle%20costruzioni,loro%20caratteristiche%20tecniche%20e%20funzionali.

19 - https://giuricivile.it/la-certificazione-leed-un-approccio-completo-e-integrato-alla-sostenibilita-ambientale-ed-energetica/

20 - https://www.ibm.com/it-it/think/topics/leed-certification

21 - https://it.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design

22 - https://www.openpolis.it/consumo-di-suolo-e-urbanizzazione/

23 - https://www.gbci.org/leed-in-italia

24 - https://www.habitech.it/single-portfolio/palazzo-ca-foscari/

25 - https://www.usgbc.org/leed#0

26 - https://www.riskcompliance.it/news/cos-e-la-certificazione-leed-leadership-in-energy-environmental-design/

27 - https://www.usgbc.org/resources/bdc-v41-credit-overview

28 - https://www.icdli.com/tech-centre/fachwissen/comparison-of-the-certification-systems-for-buildings-dgnb,-leed-and-breeam.html

29 - https://www.dgnb.de/en/certification/important-facts-about-dgnb-certification/assessment-and-award

30 - https://www.macrodesignstudio.it/certificazioni-old/certificazione-well/

31 - https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview

32 - https://lampoonmagazine.com/article/2025/01/24/certificazione-leed-in-italia-edifici-caratteristiche-materiali-risparmio-energetico/

33 - https://biblus.acca.it/protocollo-itaca-cosa-serve-e-come-si-usa-nei-cam/

34 - https://ollum.it/blog/cam-edilizia/

35 - https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings

36 - https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/new-interiors

37 - https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings

38 - https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/neighborhood-development

39 - https://en.wikipedia.org/wiki/LEED_for_Neighborhood_Development

40 - https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/residential

41 - https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/leed-for-cities-leed-for-communities

42 - https://www.certificazioneleed.com/edifici/come-certificare/

43 - https://www.certificazioneleed.com/edifici/crediti-leed/

44 - https://www.usgbc.org/press/benefits-of-green-building

45 - https://cove.inc/blog/leed-v5-v4.1-sustainable-design-architecture

46 - https://support.usgbc.org/hc/en-us/articles/25316160948755-LEED-v5

47 - https://www.i-tes.eu/it/blog/4/i-materiali-pcm-che-cosa-sono-e-come-accumulano-il-calore.html

48 - https://drawdown.org/solutions/dynamic-glass

49 - https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2023/may-2023/sustainable-affordable-building-insulation-with-aerogels.html

50 - https://www.thecooldown.com/green-tech/energy-smart-bricks-australian-research/

51 - https://gbcitalia.org/2021/10/14/protocollo-gbc-condomini-il-caso-studio-antinori/

52 - https://www.usgbc.org/articles/top-10-countries-leed-2023-demonstrate-green-building-movement-truly-global

RINGRAZIAMENTI

Al termine di questo percorso di studi, desidero esprimere la mia più sincera gratitudine a tutti coloro che mi sono stati a fianco in questi anni e che mi hanno aiutato a raggiungere tale traguardo.

Innanzitutto, vorrei ringraziare i miei genitori, che tramite il loro sostengo e la loro fiducia hanno rappresentato un pilastro fondamentale durante l'intero percorso.
Il loro incoraggiamento e le loro rassicurazioni per molti degli esami da affrontare sono stati determinanti per arrivare qui.

Un altro pensiero va a Gaia, che mi ha supportato e sopportato soprattutto quando avevo i pensieri fissi sull'università e quindi riconosco che starmi vicino in questi momenti non sia per nulla semplice a causa del mio carattere e di quanto possa essere insopportabile in certe occasioni.

Infine, ci tengo a ringraziare mio zio Antonio, che in un momento cruciale del mio percorso accademico, dove pensavo di lasciare l'università, mi ha fornito la giusta prospettiva convincendomi a cambiare semplicemente il corso di studi, arrivando così ad intraprendere la mia laurea in TEDET.

Questo traguardo non sarebbe stato possibile senza la contribuzione di ciascuna di queste persone, che hanno sempre creduto in me e soprattutto mi hanno motivato costantemente.