



BUILD BETTER, LIVE BETTER.

| 25 giugno 2026

CONVEGNO FORMATIVO

**Professioni del futuro per l'edilizia sostenibile:
le nuove competenze green**

Prof. Ing. Maurizio Cellura

Dipartimento di Ingegneria - Università di Palermo

La valutazione di impatto del
ciclo di vita degli edifici: la
metodologia LCA

Con il supporto di

DOMODRY

KNAUF

In collaborazione con



Chapter
SICILIA

ANCE | PALERMO

Partner

FOWEB

PROSPECTA
FORMAZIONE

Mappa delle nuove politiche europee

Le politiche non agiscono separatamente: costruiscono una catena unica che va dalla strategia climatica al cantiere e all'appalto.



La sostenibilità passa dal solo **consumo energetico** al **ciclo di vita completo**.

I **dati ambientali** dei prodotti diventano fondamentali per calcolare il **GWP** dell'opera.

Gli **appalti pubblici** diventano una leva per materiali low-carbon, circolari e verificabili.

EPBD, Efficienza Energetica e RED III: edifici zero-emission



EPBD 2024/1275

nuovi edifici a emissioni zero; piani nazionali di ristrutturazione; calcolo whole-life carbon dal 2028/2030.



Energy Efficiency Directive

obiettivi più forti di risparmio energetico; ristrutturazione annuale del 3% della superficie degli edifici pubblici.



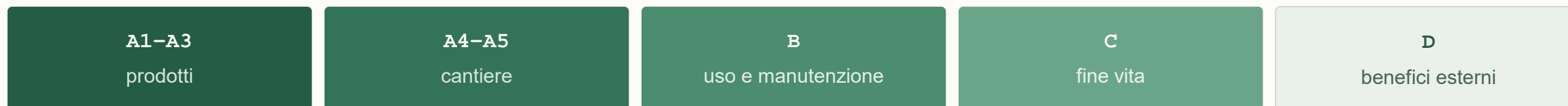
Renewable Energy Directive III

target UE rinnovabili almeno 42,5% al 2030; target indicativo del 49% di rinnovabili negli edifici.

Obiettivo comune: ridurre l'energia operativa e collegare la riqualificazione al percorso verso un parco edilizio decarbonizzato entro il 2050.

Life-cycle GWP: metodo comune e dati confrontabili

La nuova EPBD introduce il calcolo delle emissioni lungo il ciclo di vita degli edifici, da riportare nell'Attestato di Prestazione Energetica: dal 2028 per nuovi edifici >1.000 m² e dal 2030 per tutti i nuovi edifici.



Il quadro europeo mira a rendere i risultati comparabili tra Stati membri e coerenti con i dati ambientali armonizzati dei prodotti.

- › Regolamento delegato sul life-cycle GWP: metodo comune europeo.
- › Level(s): linguaggio comune per sostenibilità e Whole Life Carbon.
- › EN 15978 e ISO 14040/44: basi metodologiche per il calcolo LCA dell'edificio.

Dal consumo energetico al Whole Life Carbon

Le nuove politiche UE non valutano più solo quanta energia consuma un edificio in uso, ma l'impatto climatico generato durante tutto il ciclo di vita dell'opera.



Il GWP del ciclo di vita diventa il **ponte tra LCA, progettazione e requisiti ambientali** nei contratti pubblici.

Prodotti da costruzione: dati ambientali e passaporto digitale

Il Regolamento UE 2024/3110 sui prodotti da costruzione rafforza il legame tra prodotto, dati ambientali e calcolo del GWP dell'edificio.



- › I fabbricanti dichiarano caratteristiche ambientali come GWP e altri indicatori basati su EN 15804.
- › Il Digital Product Passport rende disponibili origine, composizione, prestazioni e dati ambientali in formato digitale.
- › I dati di prodotto alimentano il calcolo del Whole Life Carbon dell'edificio e i criteri CAM.

Clean Industrial Deal 2025: materiali low-carbon e competitività

Il Clean Industrial Deal unisce azione climatica e competitività industriale: l'obiettivo è creare mercati guida per tecnologie e prodotti puliti.



- › Rilevante per l'edilizia perché edifici e infrastrutture usano materiali carbon-intensive; spinge verso cemento, acciaio, vetro, alluminio, ceramica e isolanti minerali a minore intensità di carbonio.
- › Usa domanda pubblica e privata, etichette sul carbonio e criteri diversi dal prezzo per premiare prodotti più sostenibili.

Circularità: rifiuti, materiali secondari e fine vita

Le nuove politiche spostano l'attenzione dalla gestione del rifiuto alla progettazione di cicli di materiali più chiusi, tracciabili e riutilizzabili.

1 Waste Framework Directive

Gerarchia dei rifiuti, demolizione selettiva, recupero C&D.

2 Circular Economy Act

Mercato unico per rifiuti e materie prime seconde, audit pre-demolizione digitali.

3 F-Gas / Ozone-depleting substances

Gestione obbligatoria dei gas negli isolanti durante demolizione.

4 Carbon Removals Regulation

Riconoscimento del carbonio biogenico stoccato in legno e materiali bio-based.

Per i CAM: più peso a riuso, riciclo, contenuto riciclato, disassemblabilità, tracciabilità e riduzione dei rifiuti da costruzione e demolizione.

Abitare, città e innovazione: politiche complementari

Accanto alle norme tecniche, l'UE sostiene anche riqualificazione, accessibilità abitativa, città climaticamente neutri e innovazione nel settore costruzioni.

Affordable Housing Package

Nuove costruzioni, ristrutturazioni, riuso e materiali secondari per rispondere alla crisi abitativa.

New European Bauhaus

Low-carbon, circolarità, bio-based solutions, bellezza, sostenibilità e inclusione.

EU Mission Climate-Neutral Cities

Climate City Contracts, deep renovation, materiali circolari e decarbonizzazione heating/cooling.

Transition Pathway for Construction

Ecosistema costruzioni più resiliente, competitivo, verde e digitale.

CAM e obiettivi ambientali UE

I CAM contribuiscono ai 6 obiettivi del **Reg. UE 2020/852 (Tassonomia)**:

Mitigazione dei cambiamenti climatici

Adattamento climatico

Uso sostenibile delle risorse idriche

Economia circolare

Prevenzione dell'inquinamento

Protezione della biodiversità



«I CAM rappresentano anche uno strumento indispensabile al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (Sustainable Development Goals - SDG) definiti dall'Organizzazione delle Nazioni Unite e la loro redazione è stata realizzata con l'obiettivo di stabilire le procedure e le metodologie necessarie a conseguire una strategia di sviluppo sostenibile in conformità ai suddetti "SDGs".»

Cosa cambia per progettazione, LCA e appalti

1

Dati ambientali

Servono EPD, dati EN 15804 e passaporti digitali affidabili.

2

Calcolo dell'opera

Si valuta il life-cycle GWP con approccio Whole Life Carbon.

3

Scelte progettuali

Materiali low-carbon, riuso, riciclo, durabilità e disassemblabilità.

4

Gara pubblica

CAM e GPP traducono tutto in requisiti verificabili.

Le politiche europee stanno trasformando la sostenibilità da principio generale a **sistema misurabile** di dati, calcoli e requisiti di gara.

LCA e LCC: come si dimostra la sostenibilità?

LCA — Life Cycle Assessment

Misura gli **impatti ambientali** (inclusa la Carbon Footprint) dei processi lungo il ciclo di vita: produzione materiali, costruzione, uso/manutenzione, fine vita.

Serve per individuare gli **hotspot**, motivare scelte **mitigative** (riduzione/compensazione) e dimostrare DNSH/CAM con indicatori oggettivi.

LCC — Life Cycle Costing

Valuta i **costi economici** sul ciclo di vita, per confrontare alternative non solo «ecologicamente» ma anche economicamente sostenibili.

RELAZIONE CAM

Nelle gare, la Relazione CAM deve documentare la conformità ai criteri includendo:

- › materiali utilizzati e certificazioni;
- › contenuto di riciclato, emissioni;
- › gestione fine vita;
- › esiti di LCA (e LCC, ove richiesto).



LCC: Si basa sul concetto di economia. Tecnica che include tutti gli elementi dei costi ricorrenti e non ricorrenti lungo l'intera vita utile dell'edificio.

Valore temporale del denaro

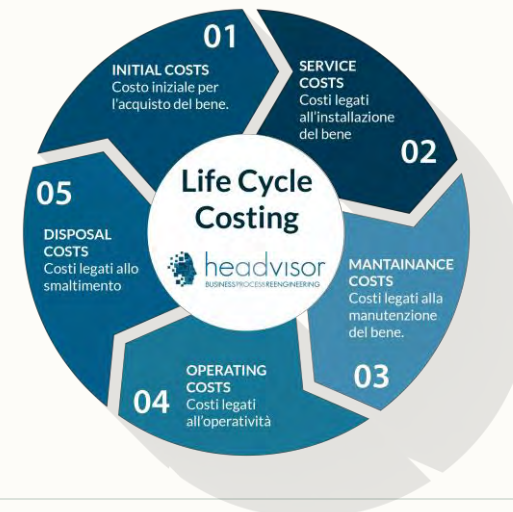
Fattori di sconto e capitalizzazione applicati ai flussi di cassa nel tempo.

Accuratezza del LCC

Capacità di comprendere il comportamento dei costi (cash flow) lungo la vita utile del sistema edilizio.

Elementi tangibili e intangibili

Può includere salute, produttività, comfort... purché convertibili in unità monetarie.



Basi normative LCA

La **UNI EN 15804** fa parte di una serie di norme relative alla valutazione della sostenibilità delle costruzioni, quali:

EN 15643 Sustainability of construction works – Framework for assessment of buildings and civil engineering works.

UNI EN 17680 Valutazione del potenziale per la ristrutturazione sostenibile degli edifici.

UNI EN 16627 Valutazione della prestazione economica degli edifici – Metodi di calcolo.

UNI EN 15941 Environmental product declarations – Methodology for selection and use of generic data.

EN 15978 Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method.

UNI EN 15804 Dichiarazioni ambientali di prodotto – Regole quadro per categoria di prodotto.

EN 17472 Valutazione della sostenibilità delle opere di ingegneria civile.

EN 14363:201 (sostituisce EN 15686) Railway applications – Testing and simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles.

LCA e LCC nella Relazione di sostenibilità del PFTE

Il Codice dei Contratti Pubblici (All. I.7 – Art. 11) richiede:

- › la **valutazione del ciclo di vita dell'opera** in ottica di economia circolare;
- › la **stima della Carbon Footprint** sul ciclo di vita.

Gli studi **LCA e LCC** assolvono formalmente i contenuti della **Relazione di sostenibilità**. In particolare:

lett. c) → contributo agli obiettivi climatici (Carbon Footprint)

lett. d) → valutazione del ciclo di vita (LCA)

PFTE • PNRR

Il nuovo Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica delle opere pubbliche (PFTE) è lo strumento predisposto per accelerare gli interventi del Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr). Nel PFTE sono ricomprese tutte le informazioni necessarie per definire le caratteristiche dell'opera: indagini e diagnosi ingegneristiche e di sicurezza, e la Relazione sulla sostenibilità — efficienza energetica e contributo ai target di decarbonizzazione. Il PFTE punta inoltre a valorizzare gli schemi di economia circolare e i requisiti ambientali nella scelta dei materiali.

Ciclo di vita "from cradle to gate più opzioni", che comprende la fase di produzione dei materiali edili, la fase di utilizzo dell'edificio e la fase di fine vita dei materiali edifici

- Fase di pre-costruzione (A0)
- Fase di produzione (A1-A2-A3)
- Fase di costruzione (A4-A5)
- Fase di utilizzo (B1, B2, B3, B4, B6)
- Fase di fine vita (C1-C4)
- Benefici e carichi oltre i confini del sistema (D1-D2)

I moduli con testo in grigio scuro sono opzionali. La loro inclusione nella valutazione della prestazione economica dell'edificio non è obbligatoria. Qualora inclusi nella valutazione, devono essere riportati separatamente dagli altri moduli

INFORMAZIONI SULLA VALUTAZIONE DELL'EDIFICIO BASATA SUL MODELLO DI CICLO DI VITA

INFORMAZIONI SUL CICLO DI VITA DELL'EDIFICIO								INFORMAZIONI ADDIZIONALI OLTRE I CONFINI DEL SISTEMA		
A0	A1-A3	A4-A5		B1-B8	C1-C4			D		
FASE DI PRE-COSTRUZIONE	FASE DI PRODUZIONE	FASE DI COSTRUZIONE		FAASE DI USO	FASE DI FINE VITA				BENEFICI E CARICHI OLTRE I CONFINI DEL SISTEMA	
A0	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	C4	D1	D2
Valutazione delle attività non fisiche (progettazione, processi decisionali, studi preliminari, procedure di acquisizione del sito)	A1 Estrazione delle materie prime e produzione upstream	A4.1 trasporto dei materiali A4.2 trasporto delle attrezzature	A5.1 Attività precedenti alla costruzione	B1.1 rilascio di sostanze in uso B1.2 emissioni incontrollate in uso	Decostruzione / Demolizione	Trasporto all'impianto di trattamento dei rifiuti	Trattamento dei rifiuti per il riutilizzo, recupero, riciclo	Smaltimento dei rifiuti	benefici e carichi potenziali netti derivanti dalle operazioni di D1.1 Riutilizzo D1.2 Riciclo di materia D1.3 Recupero di energia D1.4 benefici netti addizionali (es. gas di discarica)	benefici e carichi potenziali netti derivanti dai processi di esportazione quali ad esempio Energia elettrica Energia termica Acqua potabile
			A5.2 costruzione	B2 Manutenzione B2.1 trasporto dei lavoratori						
	A5.3 gestione dei rifiuti	B3 Riparazione B3.1 Trasporto dei lavoratori								
	A5.4 trasporto dei lavoratori	B4 Sostituzione B4.1 Trasporto dei lavoratori								
		B5 Ristrutturazione B5.1 Trasporto dei lavoratori								
		B6 Consumo di energia in uso B6.1 nei sistemi integrati nell'edificio - Normato B6.2 nei sistemi integrati nell'edificio - non normato B6.3 correlato alle attività degli occupanti								
		B7 Consumo di acqua in uso B7.1 nei sistemi integrati nell'edificio B7.2 correlato all'impianto HVAC B7.3 correlato ad altri elementi integrati nell'edificio B7.4 non integrati nell'edificio								
	B8 Attività degli occupanti B8.1 trasporto / pendolarismo degli occupanti B8.2 ricarica dei veicoli elettrici B8.3 altre attività									

Moduli e fasi da includere nello studio LCC semplificato

<p>Ciclo di vita “from cradle to gate più opzioni”, che comprende la fase di produzione dei materiali edili, la fase di utilizzo dell’edificio e la fase di fine vita dei materiali edili.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fase di pre-costruzione (A0) • Fase di produzione (A1-A2-A3) • Fase di costruzione (A4) • Fase di utilizzo (B4 e B6) • Fase di fine vita (C2-C3-C4) 																				
FASI DEL CICLO DI VITA		FASE DI PRODUZIONE			FASE DI COSTRUZIONE E		FASE D’USO						FASE DI FINE VITA							BENEFICIE CARICHI OLTRE IL CONFINEDI SYSTEMA
TIPI DI IMPATTI		IMPATTI DOVUTI ALLA FASE INIZIALE					IMPATTI DOVUTI ALL’UTILIZZO						IMPATTI DOVUTI ALLA FASE DI FINE VITA							
PRE-COSTRUZIONE		ESTRAZIONE DELLE MATERIE PRIME E CICLO DI PRODUZIONE	TRASPORTO AL PRODUTTORE	PRODUZIONE	TRASPORTO AL SITO DI COSTRUZIONE	POSA IN OPERA COSTRUZIONE	USO E APPLICAZIONE DEL PRODOTTO INSTALLATO	MANUTENZIONE	RIPARAZIONE	SOSTITUZIONE	RISTRUTTURAZIONE	ENERGIA IN FASE D’ USO	CONSUMO DI ACQUA	DECONSTRUZIONE, DEMOLIZIONE,	TRASPORTO ALL’ IMPIANTO DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI	TRATTAMENTO RIFIUTI PER IL RIUSO, RECUPERO E/O RICICLO	SMALTIMENTO	POTENZIALE DI RIUSO, RECUPERO E/O RICICLO		
A0		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		

Elementi tecnici inclusi nello studio

Nell'ottica della semplificazione, le valutazioni LCA e LCC sono limitate ai seguenti elementi tecnici:

› **Strutture portanti** - fondazione, elevazione, solai.

› **Partizioni interne orizzontali** - solai, pavimentazioni flottanti, controsoffitti, sottotetti.

› **Strutture di collegamento** - corridoi, ballatoi, scale.

› **Finiture** - incluse le pitture.

› **Chiusure esterne** - opache e trasparenti, schermature, solai di copertura e controterra.

› **Partizioni interne verticali** - pareti divisorie opache e trasparenti.

› **Rivestimenti interni ed esterni** - incluse le pavimentazioni degli spazi esterni di pertinenza dell'edificio.

Sono esclusi: gli impianti, le sistemazioni esterne, gli arredi.

Documentazione richiesta dagli studi LCA e LCC

Rapporto LCA

Rapporto LCC

I due rapporti sono **distinti e allegati al progetto**. Devono contenere:

Risultati

Scenari

Qualità dei dati

Software e database utilizzati

I CAM non richiedono una LCA completa: è adottato un approccio semplificato e la valutazione è limitata ad un elenco selezionato di elementi tecnici.

UNI EN 15804 • INDICATORI

Il rapporto LCA dell'edificio deve riportare i risultati per **tutti gli indicatori obbligatori** previsti dalla UNI EN 15804 ed indicare **tre indicatori di riferimento**, individuati tra gli indicatori primari di impatto ambientale del documento 15804.

...di cui uno deve essere il GWP!

Equivalente Funzionale negli studi LCA–LCC

È l'unità di riferimento degli studi **LCA e LCC** e descrive il servizio fornito dall'edificio in termini di prestazioni tecniche e funzionali lungo la sua vita utile.

Nei CAM edilizia l'EF è obbligatorio perché consente di:

- › confrontare correttamente soluzioni progettuali alternative;
- › garantire che le prestazioni ambientali ed economiche siano valutate **a parità di funzione** ;
- › evitare riduzioni apparenti degli impatti dovute a livelli prestazionali inferiori.

SECONDO LA UNI EN 15978, DEVE INCLUDERE:

la **tipologia di edificio**;

la **superficie coperta utile**;

la **durata di vita di riferimento (RSL)** - nei CAM **non inferiore a 100 anni**;

le **prestazioni obbligatorie di progetto** (energetiche, acustiche e strutturali).

Operational Savings

Historically 70–90% of lifecycle energy demand. Retrofits drastically reduce this operational burden.

Embodied Impacts

New high-efficiency materials and mechanical systems cause a massive spike in embodied energy.



The Phase Shift Paradox: Without comprehensive Life Cycle Assessment (LCA), the embodied emissions of a retrofit can partially or completely offset its operational climate benefits over time.

Questioni metodologiche aperte

La metodologia LCA è fondamentale per affrontare il fenomeno del «Phase-Shift»; tuttavia, in assenza di linee guida condivise e standardizzate, può condurre ad approcci di modellazione fortemente eterogenei.

1 Confini del sistema differenti

Diversi studi considerano fasi del ciclo di vita differenti, con significativa variabilità nei risultati.

3 Periodo di riferimento variabile

La durata della vita e i cicli di sostituzione mancano di un orizzonte temporale condiviso.



2 Unità Funzionali differenti

Gli impatti sono mappati su parametri fisici o temporali non corrispondenti.

4 Indicatori di impatto eterogenei

Approcci frammentati per quantificare il danno ambientale.

I risultati degli studi sono difficilmente comparabili: non possiamo confrontare in modo affidabile uno scenario di retrofit A con uno scenario B.

Sviluppo di un framework armonizzato

Revisione sistematica della letteratura

Metodologia FLAVIA-LCT · Scopus Database

426

articoli iniziali



88

articoli retrofit LCA rilevanti

Frameworks istituzionali e standard

- ISO 14040/14044
- EN 15643, EN 15978, EN 15804
- Level(s) dell'Unione Europea
- IEA EBC - Annex 72

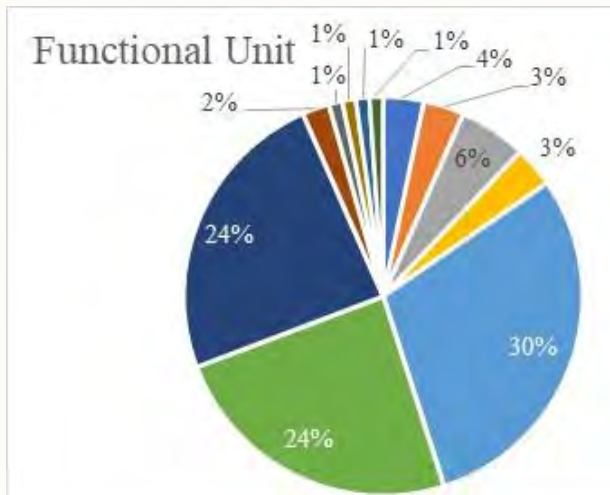


LINEE GUIDA ARMONIZZATE

Un quadro metodologico unificato

che sintetizza gli standard internazionali con le best-practice della letteratura scientifica.

Standardizzazione dell'Unità Funzionale



- Entire Building
- Entire Building/Residual Useful Life
- Retrofit Scenario
- Retrofit Scenario/year
- 1 m2
- 1 m2/year
- 1 m2 (insulated surface)
- p. person/year
- 1 kg
- 1 MJ/year for given energy function of the building
- 1 kWh/m2 for given energy function of the building
- hours of cooling of dissatisfied people

$$UF = 1 \text{ m}^2/\text{anno}$$

di area pavimentata riscaldata

Rilevanza energetica

Gli interventi di riqualificazione sono intrinsecamente volti a migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio.

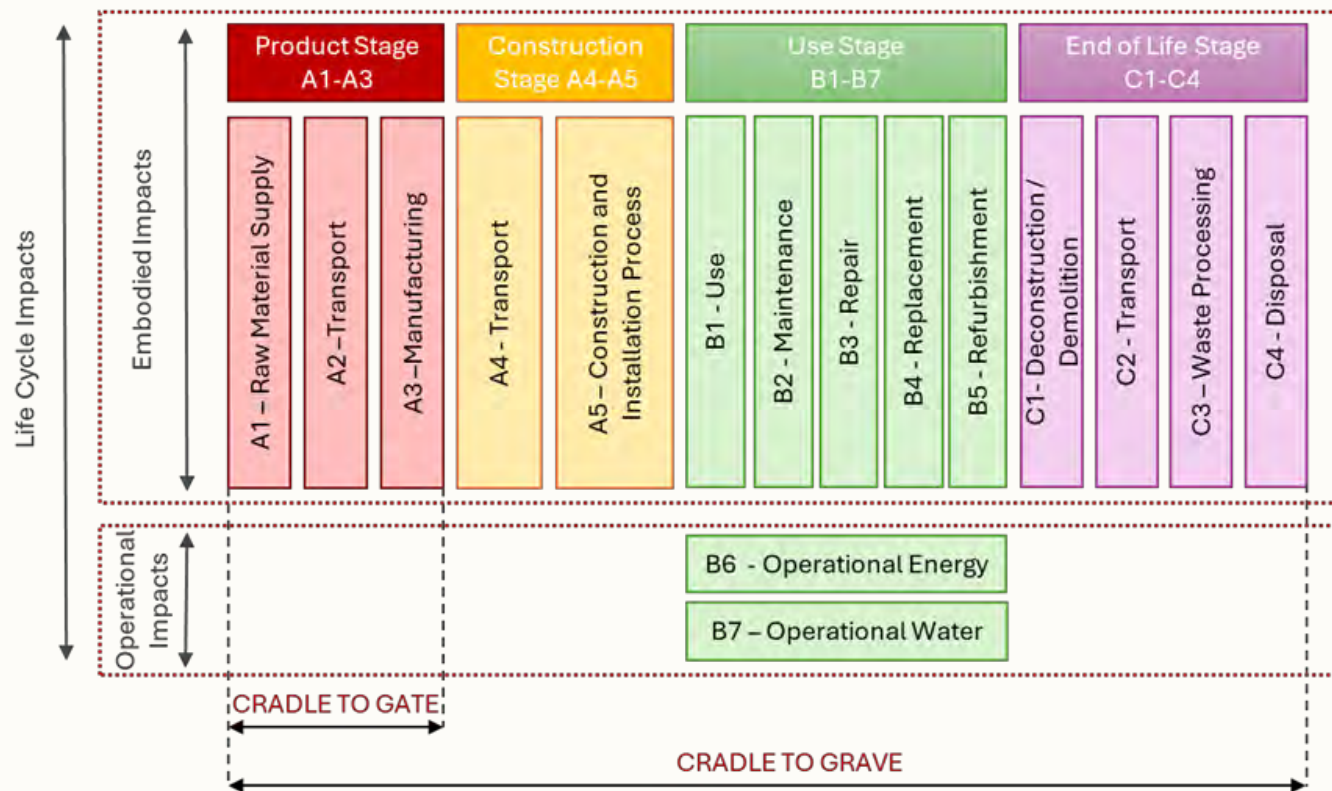
Equivalenza reale

La correlazione degli impatti sul pavimento riscaldata su base annuale garantisce la comparabilità tra diverse geometrie e zone climatiche.

Omogeneizzazione dei risultati

Si lavora su unità specifiche e non su volume e/o superfici lorde.

Il problema del confine del sistema



20%
degli studi analizzati includono 8 o più moduli.

59
diversi confini di sistema individuati in 88 studi.

Gli studi analizzati coprono tutti i moduli informativi della norma **EN 15978**. Principali confini di sistema identificati:

- B2_N, B5(A1-A5, C1-C4) e B6 **8%**
- B5(A1-A3) e B6 **7%**
- B2_N, B5(A1-A5), B6 e (C1-C4)_N **5%**
- B4_N, B5(A1-A5), B6 e (C1-C4)_N **5%**

Confine del sistema: edificio intero o intervento

Percentuale di ricorrenza dei moduli informativi all'interno del campione di letteratura analizzato: studi di riqualificazione energetica.

CONFINE A

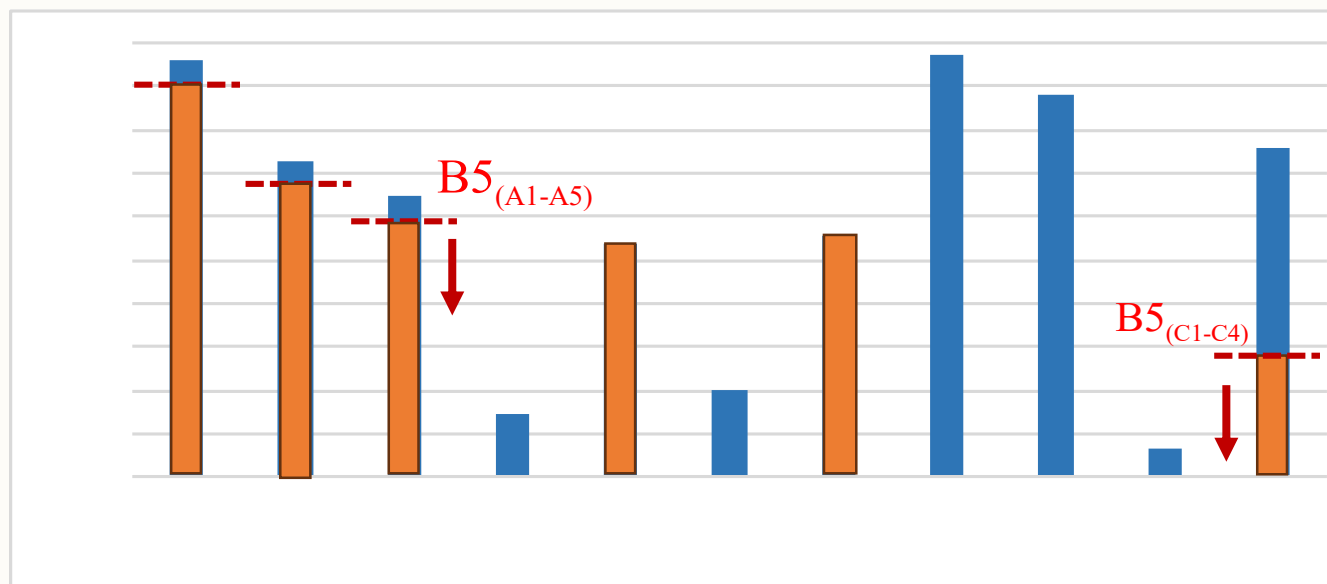
Confine di Sistema **dell'intero** Sistema edilizio

A1–A5, B4, B5, B7 e C1–C4

CONFINE B

Confine di Sistema **dell'intervento** di retrofit

B2_n, B4_n, B5(A1–A5)_n, B6, (C1–C4)_n



Semplificazione del modello LCA

01

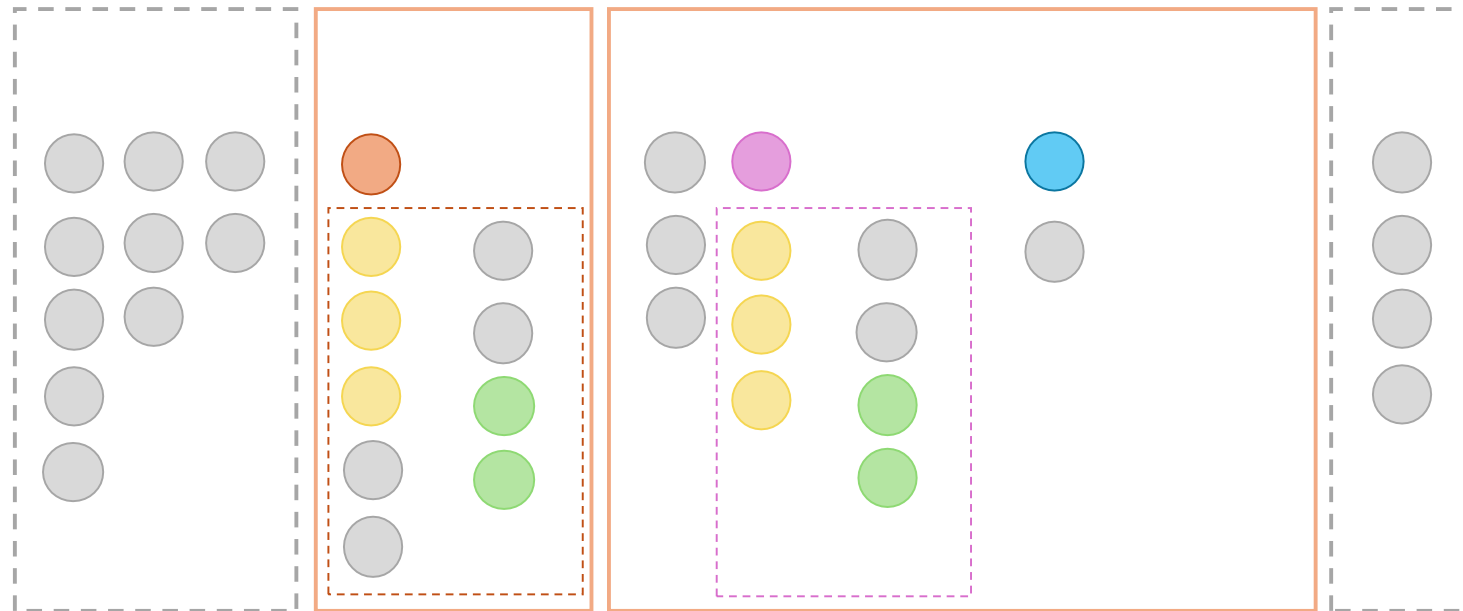
Concentrarsi sui moduli ad alto impatto

...e migliorare l'affidabilità dei dati.

02

Eliminare gli impatti cumulativamente trascurabili

Ridurre il rumore di fondo della valutazione.



Standardizzazione dell'orizzonte temporale

50

anni (RSP)

Raccomandazione armonizzata:
periodo di studio di riferimento.

Regola di sostituzione dei componenti

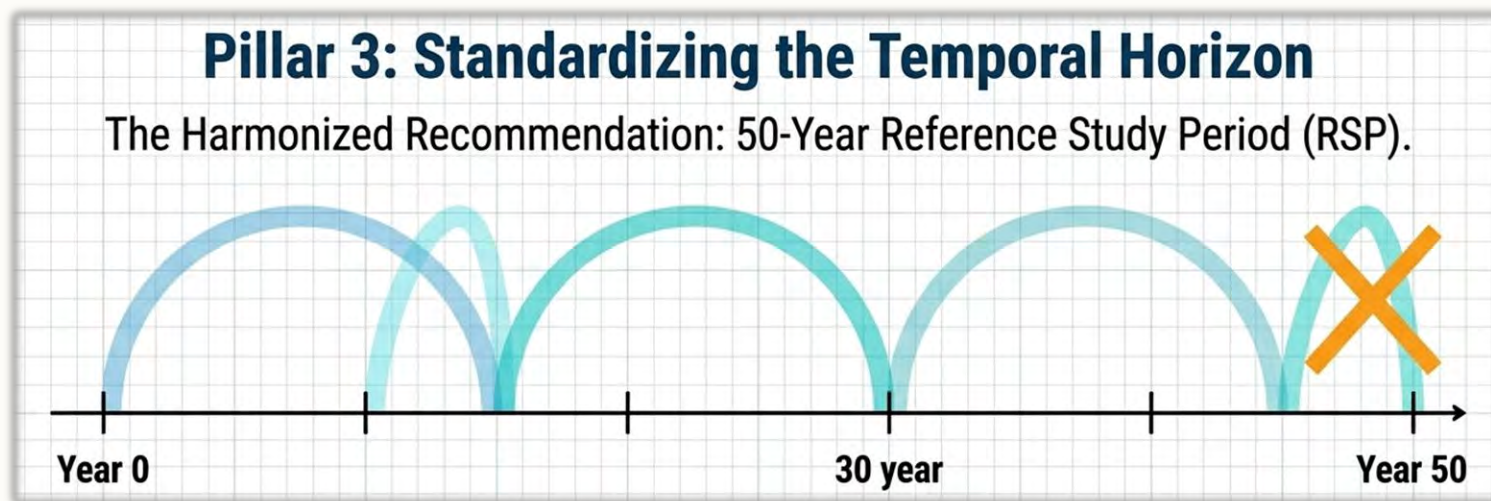
Basata sulla norma EN 15978 / IEA Allegato 72.

$$NR(j) = E[y] \left[\frac{ReqSL}{ESL(j)} \right]^{-1}$$

ECCEZIONE

Escludere la sostituzione dell'ultimo componente se avviene troppo vicino alla fine della vita utile di 50 anni dell'edificio. Ciò impedisce una sovrastima del carbonio incorporato.

$$Y = RSP - \frac{ESL}{2}$$



Modello di calcolo e fattori di caratterizzazione

RACCOMANDAZIONE ARMONIZZATA

EF 3.1

Impronta ambientale

Fattori di caratterizzazione per il calcolo degli indicatori di impatto.

PERCHÉ QUESTO STANDARD?

Garantisce che gli indicatori chiave siano calcolati utilizzando le **indicazioni scientifiche più aggiornate e rigorose** in ambito europeo.



Approccio multicriteriale

È necessario ridurre il numero di indicatori di impatto ambientale, al fine di semplificare e supportare in modo più efficace il processo decisionale nella selezione degli interventi di retrofit energetico.

INDICATORI RACCOMANDATI PRINCIPALI



INDICATORI RACCOMANDATI EXTRA

PM (Particolato) - raccomandato per interventi in ambienti con elevata presenza di polveri.

HTP/ETP (Tossicità) - raccomandato in caso di installazione di impianti fotovoltaici.

Impatto **dell'Armonizzazione**

1 **Unità Funzionale**

1 m²/anno

area pavimentata riscaldata

2 **Confine del sistema**

$B4_N(A1-A3) + B5_N(A1-A3) + B6$

3 **Orizzonte temporale**

50 anni (RSP)

con regole di sostituzione EN 15978

4 **Metrica di impatto**

GWP, AP, EP, POCP, ADPf - calcolati secondo **EN 15804**.

L'impatto dell'armonizzazione

Affidabilità

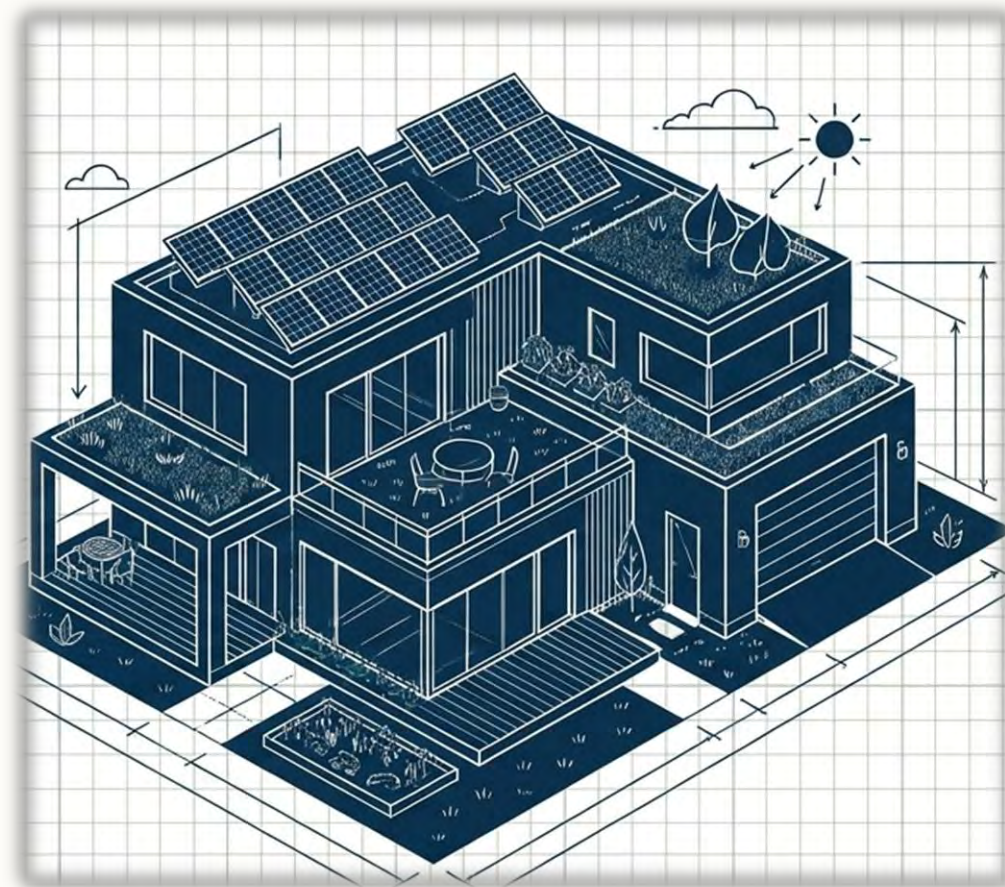
Elimina le scelte arbitrarie di modellazione, riducendo drasticamente i punti ciechi dell'LCA.

Comparabilità

Garantisce la possibilità di valutare e confrontare scenari progettuali alternativi secondo una base metodologica comune.

Policy

Fornisce un meccanismo trasparente e rigoroso per l'attuazione delle strategie dei Net Zero Energy and Emission Building (NZEEB).



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Ing. Maurizio Cellura

Direttore del Centro di Sostenibilità e Transizione Ecologica - Università degli Studi di Palermo

EMAIL maurizio.cellura@unipa.it

CENTRO direttore.cste@unipa.it

WEB unipa.it/strutture/centro-sostenibilita