

Ciclo di convegni

SOSTENIBILITA' E VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO

# VALUTAZIONE LCA ED EPD DEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI

18 giugno 2014

Organizza

**MDS**  
MACRO  
DESIGN  
STUDIO

solutions for sustainable  
architecture

In collaborazione con



**ROCKWOOL**  
FIRESAFE INSULATION

Con il patrocinio di

*fondazione*  
architetti  
e ingegneri  
liberi  
professionisti  
iscritti  
INARCASSA



Ordine degli Architetti  
Pianificatori, Paesaggisti  
e Conservatori  
della Provincia di Trento



In cooperazione con



Collegio dei Periti Industriali e  
dei Periti Industriali Laureati  
della Provincia di Trento

Relatori

**Prof. Antonio Frattari - Ing. Maria Cristina Grillo**  
**Università degli Studi di Trento**

# **LCA come metodo scientifico di valutazione della sostenibilità**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**

**Dipartimento di Ingegneria Civile,  
Ambientale e Meccanica**

**- Valutare la sostenibilità -**

### Efficienza energetica



= aspetti energetici

efficienza involucro  
efficienza impianti  
risorse rinnovabili



**CERTIFICATO ENERGETICO**

Vs

### Sostenibilità ambientale



= aspetti ambientali

qualità dell'abitare  
uso di materiali e risorse  
consumi energetici  
impatti ambientali



**BSA Tools**

*APPROCCIO PRESCRITTIVO: Rating Systems*

*APPROCCIO PRESTAZIONALE: Life Cycle Assessment*

Due sono i modi per valutare la sostenibilità degli edifici:

## 1 \_ Green building rating system → scala di valori



## 2 \_ Life Cycle Assessment (LCA) → modificazioni matrici ambientali



## I rating system in edilizia

\_ **valutano, misurano** oggettivamente e **comunicano** il livello di qualità ambientale raggiunto da un edificio attraverso liste di controllo;

\_ **assegnano** all'edificio un punteggio che corrisponde ad un livello di qualità, comunicato attraverso un'etichetta/marchio o targa;

\_ **premiano**, in misura diversa, la qualità del progetto, la gestione del cantiere, la gestione dell'edificio.



## Life Cycle Assessment

**Life Cycle Assessment (LCA):** è uno strumento nato in ambito industriale per analizzare gli impatti ambientali di un'attività, processo o prodotto lungo tutte le fasi del suo ciclo di vita:

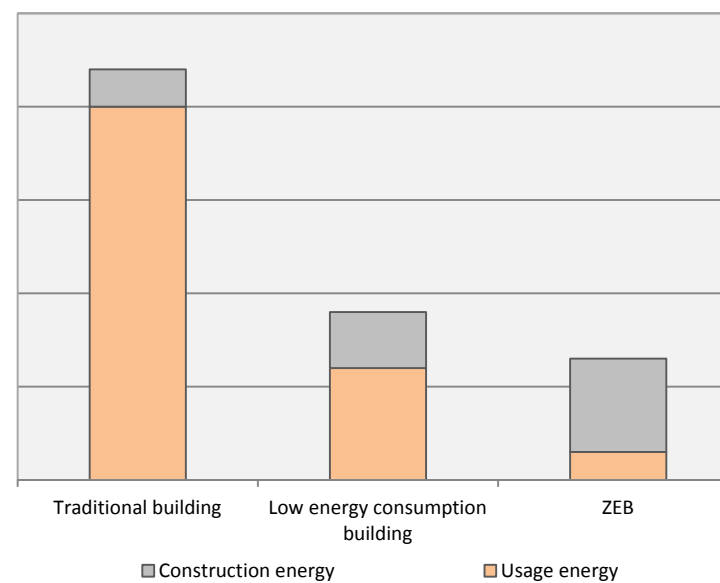
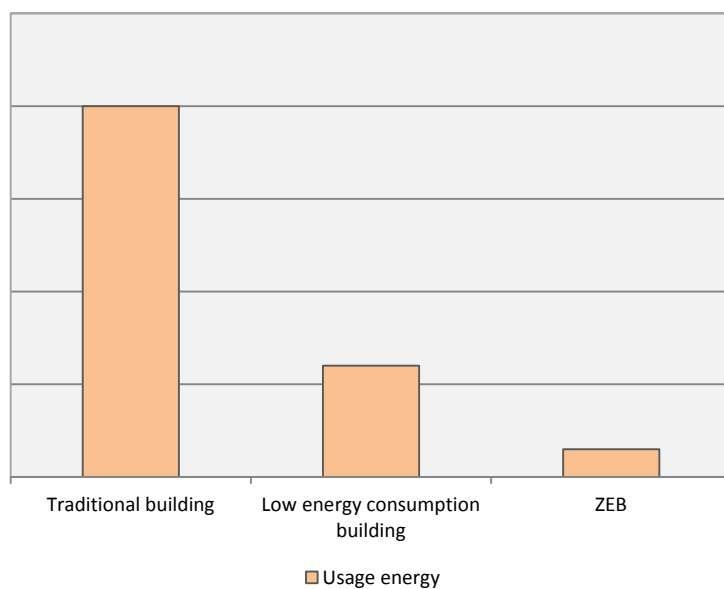


LCA restituisce un **valore sintetico**, ovvero un **NUMERO** che **quantifica in maniera oggettiva gli impatti** negativi di un prodotto sull'ambiente naturale → simile al certificato energetico



**MENO energia in fase d'uso = PIÙ energia in fase di costruzione**

→ per ottenere edifici meno energivori è necessario agire sugli impatti associati alla fase di costruzione.





**- Sviluppo dell'analisi del ciclo di vita -**

L'analisi LCA nasce negli anni '60 in ambito industriale per analizzare gli impatti ambientali dei prodotti lungo tutte le fasi del loro ciclo di vita.

**Anni '60** → La prima LCA è stata eseguita da **Coca-Cola** per selezionare contenitori alternativi alla tradizionale bottiglia in vetro.



**Anni '70** → La metodologia sviluppata da Coca-Cola fu generalizzata con il nome di **REPA** (Resources and Environmental Profile Analysis).

**Anni '80** → In seguito fu applicata alla valutazione e gestione dei rifiuti pericolosi, per poi essere ulteriormente rifinita, ma senza una standardizzazione ben definita.

**Anni '90** → SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) fu incaricato per conto di ISO di sviluppare una famiglia di standard che codificasse le analisi di impatto ambientale.

La LCA come la conosciamo oggi è normata dalla famiglia di **standard ISO 14000**, sviluppati tra il 1997 ed il 2006.

### **Definizione UNI EN ISO 14040:2006**

#### **“Environmental management - Life cycle assessment”**

LCA è *“compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata ed in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto”*.



### **Definizione SETAC**

LCA è *“un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale”*.



I risultati di uno studio di LCA possono essere usati in diversi modi, sia a livello di prodotto che di servizio:

→ per **studiare nel dettaglio** ogni aspetto relativo a ciascuna componente di un prodotto o servizio, **sviscerando la complessità** del suo intero ciclo di vita,

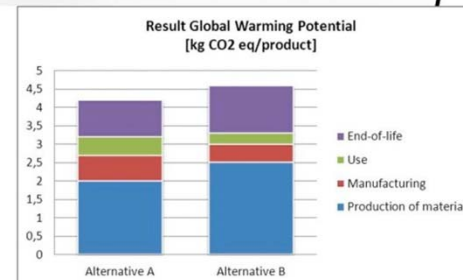
→ per **valutare dove risiedono gli impatti maggiori** e poter fissare delle priorità di intervento,

→ per **confrontare alternative diverse** relativamente ad uno stesso prodotto (es. materiali, forme, packaging ecc.)

→ per **confrontare la prestazione** ambientale di prodotti anche molto diversi ma aventi la stessa funzione (es. uso di auto propria, a noleggio, car sharing o mezzo pubblico),

→ per richiedere determinati **ecolabel** (es. EPD, Dichiarazione Ambientale di Prodotto),

→ per **comunicare la prestazione ambientale** del prodotto.



Uno studio LCA si compone di quattro fasi:

**1. Definizione degli obiettivi e campo di applicazione**

→ Finalità dello studio, definizione del sistema considerato, definizione dell'unità funzionale, tipologie di impatti da considerare nell'analisi del sistema.

**2. Inventario**

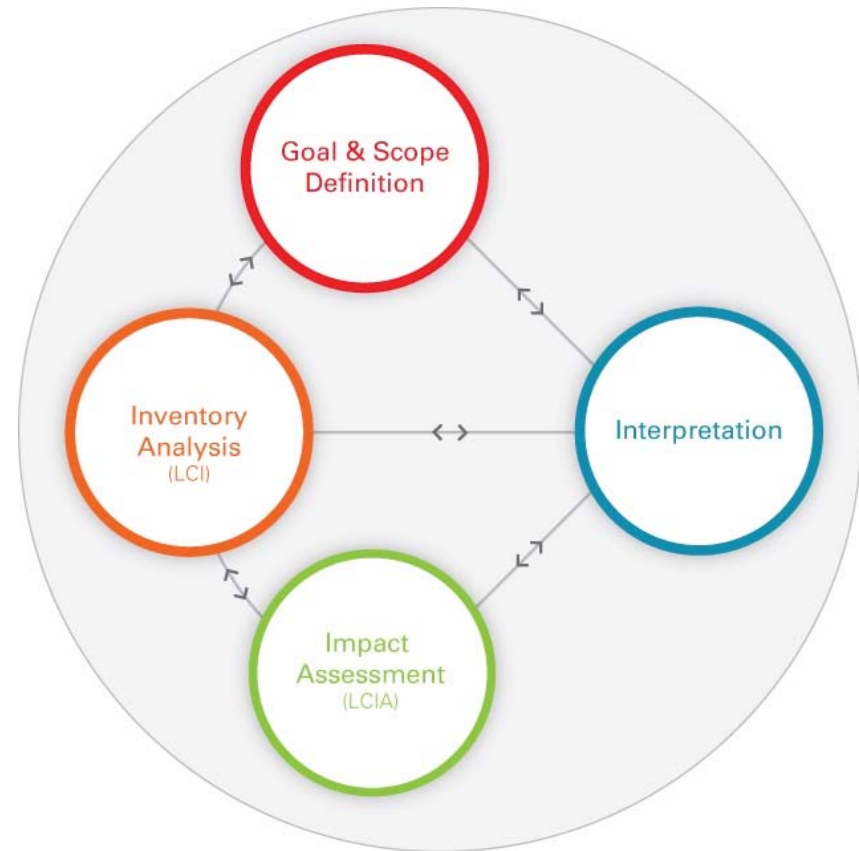
→ Raccolta dei dati e metodo di calcolo per la valutazione dei flussi in entrata ed in uscita del sistema.

**3. Valutazione degli impatti**

→ Analisi degli impatti, volta ad evidenziare le modificazioni ambientali dovute al consumo di risorse ed alle emissioni in ambiente provocate dal sistema.

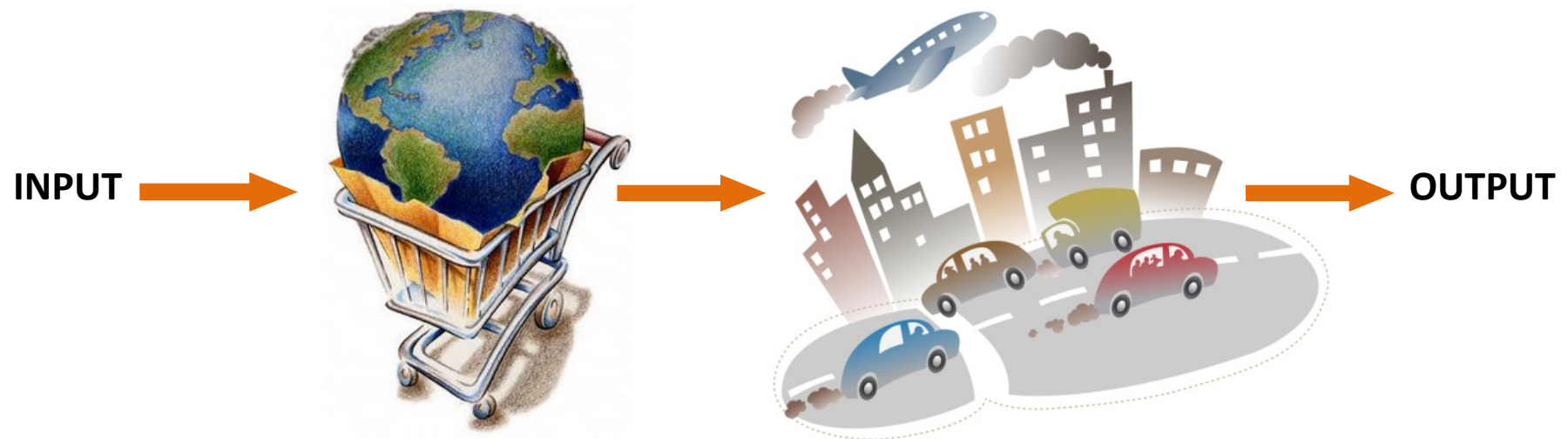
**4. Interpretazione dei risultati**

→ Interpretazione dei risultati consente di trarre conclusioni e suggerire variazioni o miglioramenti al fine di minimizzare gli impatti associati al sistema.



→ Per prima cosa si identificano **tutti i processi coinvolti nel ciclo di vita** di ciascuna componente di un prodotto e del suo imballaggio.

→ Successivamente, per ciascun processo vengono raccolti i dati relativi alle risorse utilizzate (**input**) ed alle emissioni in acqua, aria e suolo (**output**).



→ Sulla base delle risorse utilizzate e delle emissioni vengono calcolati gli impatti (ad es. eutrofizzazione, riduzione dello strato di ozono, acidificazione, tossicità ecc.).

→ I risultati vengono espressi attraverso indicatori sintetici, raggruppati in categorie d'impatto associate a:

- *impatti ambientali*
- *consumo di risorse*
- *salute umana*



Alcuni indicatori di impatto:

*Riscaldamento globale*  
*Riduzione dell'ozono presente nella stratosfera*  
*Formazione fotochimica dell'ozono nella troposfera*  
*Eutrofizzazione*  
*Acidificazione*  
*Tossicità per l'uomo*  
*Eco-tossicità*  
*Riduzione delle risorse abiotiche*  
*Utilizzo del territorio*

**- LCA in edilizia -**





**Risorse materiali ed energetiche**

**INPUT**



**Sistema edificio**

**OUTPUT**



**Inquinamento e rifiuti**

**Depauperamento delle risorse:**

- \_ consumo di materie prime (kg)
- \_ consumo di energia (MJ)
- \_ consumo di acqua (l)

**Sostenibilità ambientale =**

**Riduzione degli impatti sull'ambiente**

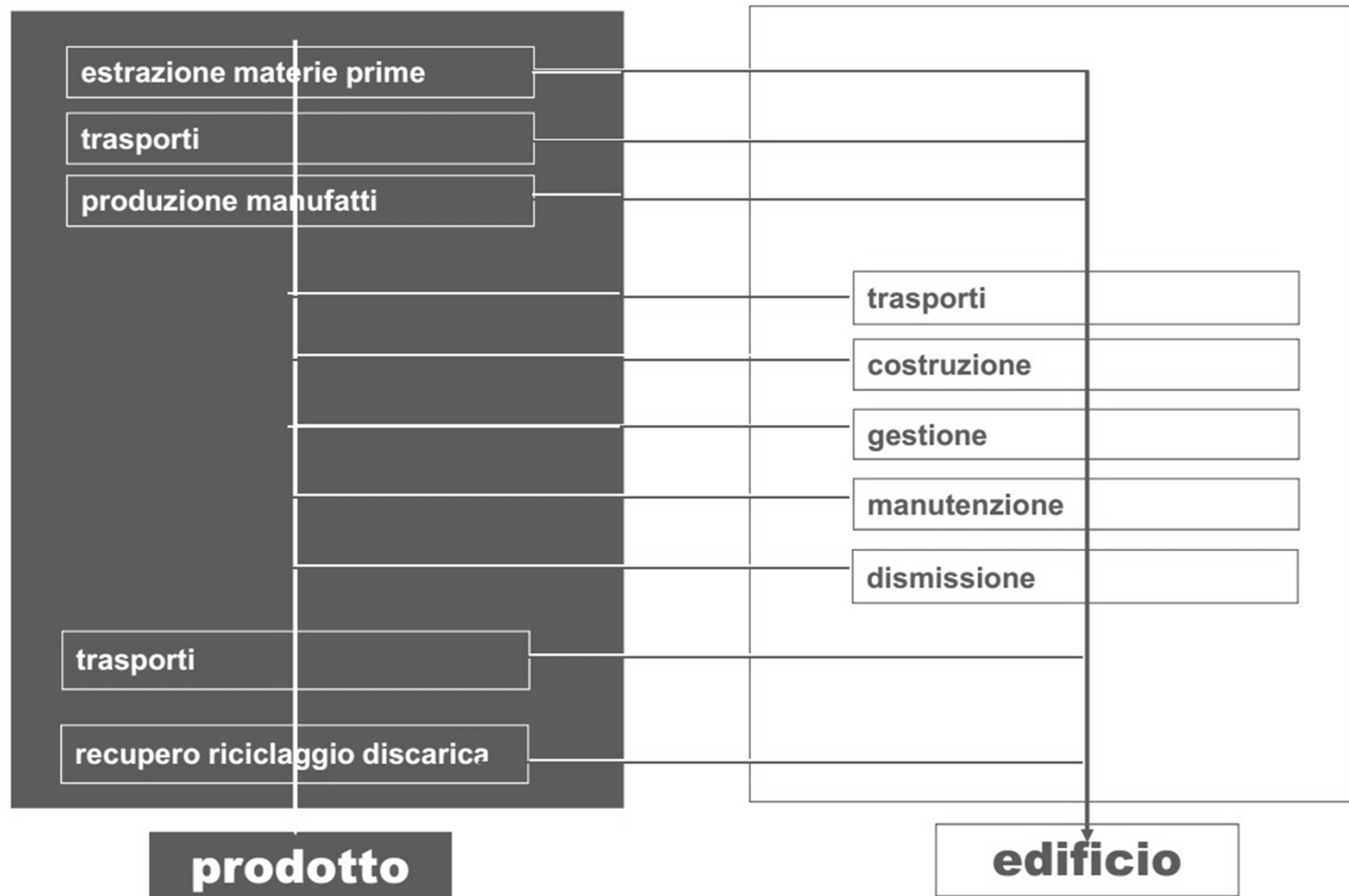
- \_ riduzione dei consumi di materiali e risorse energetiche
- \_ riduzione della produzione di inquinamento e rifiuti
- \_ mantenimento delle prestazioni di comfort e salubrità

**Inquinamento delle matrici ambientali:**

- \_ emissioni in aria (kg. eq)
- \_ emissioni in acqua (kg. eq)
- \_ emissioni nel suolo (kg di rifiuti)




→ La differenza principale tra il “misurare” il ciclo di vita di un edificio e di un altro prodotto consiste nel fatto che gli **edifici sono oggetti complessi**, in cui molti elementi concorrono a costituire il prodotto finale.



→ Gli indicatori sintetici sono indipendenti dalle scelte progettuali adottate

- il contenimento dell'impatto ambientale non è legato all'adozione di strategie specifiche e predeterminate,
- consentono un **APPROCCIO PRESTAZIONALE** alla progettazione,
- il progettista è svincolato da soluzioni standard.

→ L'analisi del ciclo di vita può essere considerata sia uno **strumento di valutazione** che uno **strumento di supporto alla progettazione** poiché consente di confrontare gli impatti ambientali di diverse soluzioni.



***ecoprofilo (estrazione materie prime e produzione) di 1 t di laterizi***

consumo di risorse con contenuto energetico rinnovabili	MJ	77,6	
consumo di risorse con contenuto energetico non rinnovabili	MJ	1.502,0	
di cui energia elettrica	MJ	148,9	
consumo di risorse senza contenuto energetico rinnovabili	kg	127,67	
consumo di risorse senza contenuto energetico non rinnovabili	kg	1.257,34	
consumo di risorse - acqua	kg	47,72	
GWP <sub>100</sub>	Effetto serra	kg CO <sub>2</sub> eq.	120,7
AP	Acidificazione	mol H <sup>+</sup> eq.	107,0
EP	Eutrofizzazione	kg O <sub>2</sub> eq.	18,7
POCP	Formazione ossidanti fotochimici	g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.	85,0
ODP	Distruzione della fascia di ozono	g CFC11 eq.	0,001
rifiuti non pericolosi		kg	234,99
rifiuti pericolosi		kg	0,12

### Metodi di calcolo

- OI3 index
- Eco-Indicator 99
- EPS 2000
- EDIP
- IMPACT 2002+
- EPD



### Software professionali



### Database materiali

- IBO Catalogue
- ICE Bath University
- Ecoinvent
- ETH
- Bumel 250
- Industry data
- IDEMAT 2001
- LCA food DK
- Franklin USA 98
- USA input output
- US Life Cycle Inventory



### Software semplificati / locali





# INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE)

Version 1.6a

Prof. Geoff Hammond & Craig Jones

Sustainable Energy Research Team (SERT)

Department of Mechanical Engineering

University of Bath, UK

This project was joint funded under the Carbon Vision Buildings program by:



Making business sense of climate change



Available from: [www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/](http://www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/)

Peer Review Source: Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, 'Embodied energy and carbon in construction materials', *Proc. Instn. Civil. Engrs: Energy*, in press.

© University of Bath 2008

## INVENTORY OF CARBON & ENERGY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data	
	EE - MJ/kg	EC - kgCO <sub>2</sub> /Kg
<b>Aggregate</b>		
General	0.1	0.005
<b>Aluminium</b>		
General	155	8.24
Virgin	218	11.46
Recycled	28.8	1.69
<b>Cast Products</b>	159	8.28
Virgin	226	11.70
Recycled	24.5	1.35
<b>Extruded</b>	154	8.16
Virgin	214	11.20
Recycled	34.1	1.98
<b>Rolled</b>	155	8.26
Virgin	217	11.50
Recycled	27.8	1.67
<b>Asphalt</b>		
General	2.60	0.045
Road & Pavement	2.41	0.14
EXAMPLE: Road	2,672 MJ/sqm	134 kgCO <sub>2</sub> /sqm
<b>Bitumen</b>		
General	47	0.48
<b>Brass</b>		
General	44.00	2.42 (?)
Virgin	80.00	4.39 (?)
Recycled	20.00	1.1 (?)
<b>Bricks</b>		
General (Common Brick)	3.00	0.22
EXAMPLE: Single Brick	8.4 MJ per brick	0.62 kgCO <sub>2</sub> per brick
Facing Bricks	8.20	0.52
EXAMPLE: Single Facing Brick	23 MJ per brick	1.46 kgCO <sub>2</sub> per brick
Limestone	0.85	?
<b>Bronze</b>		
General	77.00	4.1 (?)
<b>Carpet</b>		
General Carpet	74.40	3.89
Felt (Hair and Jute) Underlay	18.60	0.96
Nylon	67.9 to 149	3.55 to 7.31



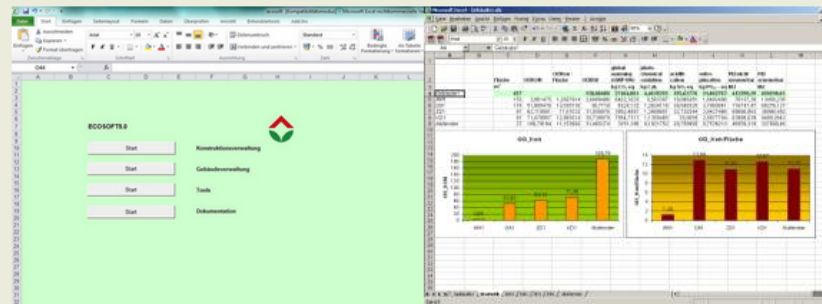
Costruire Ecologico • Abitare Sano  
 IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH  
 IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie

**Home**

- Progetti di ricerca
- Certificazione prodotti
- Consulenza
- Certificazione edifici
- Edificio passivo
- Assistenza (tedesco)
- Servizi di misura (tedesco)
- Publicazioni
- Articoli (tedesco)
- Formazione (tedesco)
- Eventi (tedesco)
- Chi siamo
- Adesione

## ECOSOFT

ECOSOFT è un programma per la valutazione ecologica delle costruzioni e degli edifici. ECOSOFT si basa sull'applicazione EXCEL di MS Office. Il programma è stato sviluppo dall'IBO.



ECOSOFT si basa sulla banca dati IBO che comprende al momento attuale oltre 500 sostanze (valori di riferimento) e viene fornita con il programma (è possibile caricare altri dati in ECOSOFT). Con ECOSOFT è possibile valutare l'impatto ecologico di nuove costruzioni, risanamenti e processi di smaltimento.

- [Modulo d'ordine \(inglese\)](#)
- [Linee guida OI3 \(inglese\)](#)
- [Linee guida EI \(inglese\)](#)

### Cifre caratteristiche ecologiche calcolate con ECOSOFT

Vengono indicate - dipendente dalla versione scelta - le seguenti cifre caratteristiche ecologiche:

- potenziale effetto serra (GWP)
- potenziale acidimento (AP)
- fabbisogno di risorse energetiche rinnovabili e non rinnovabili (PEI e, PEI ne)
- formazione di foto ossidanti (POCP)
- Eutrofazione (EP)
- Ecoindice OI3 BGF, OI3 BZF, OI3 Ic
- Indice di smaltimenti (EI)

ECOSOFT è valido per i programmi di incentivazione residenziale di Salisburgo, Vorarlberg, Stiria, Carinzia e Bassa Austria e per le certificazioni edifici klima: aktiv Bauen und Sanieren, Total Quality Building, IBO ÖKOPASS e Kommunalr Gebäudeausweis Vorarlberg.

ECOSOFT 5.0 è disponibile in tedesco e inglese.



La LCA è alla base dei sistemi volontari di etichettatura ecologica.

**Etichette di tipo I (ISO 14024):**

sono basate su una serie di criteri ambientali il cui rispetto è stato verificato e validato da una terza parte, ossia da un organismo esterno all'impresa che conduce le verifiche secondo procedure stabilite.

**Etichette di tipo II (ISO 14021):**

si tratta di asserzioni ambientali basate su autodichiarazioni del fabbricante, senza l'intervento di alcun organismo certificatore.

**Etichette di tipo III (ISO 14025):**

sono quelle che quantificano i potenziali impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto. Sono quelle propriamente definite come **“Dichiarazioni Ambientali di Prodotto” (EPD, Environmental Product Declaration)** che valutano gli impatti in conformità con delle specifiche e li presentano in forma facilmente confrontabile per prodotti dello stesso gruppo o categoria.





THE GREEN YARDSTICK

Utilizzo dell'EPD

Creare una EPD

Regole specifiche di prodotto (PCR)

EPD Ricerca

Cos'è un EPD?

Sistema Internazionale EPD®

Climate Declarations

Contatto

Site search



## IL SISTEMA INTERNAZIONALE EPD® - UNO STRUMENTO DI COMUNICAZIONE PER I MERCATI INTERNAZIONALI

L'obiettivo principale di una Dichiarazione Ambientale di Prodotto, (EPD®), è quello di fornire informazioni rilevanti, verificate e confrontabili relative all'impatto ambientale di un prodotto o di un servizio.

Search for EPDs

SEARCH

Studio di caso

1 2 3 4



Acciona declares the impact of infrastructure



### > Latest EPD certificates



Imperial Chemical Industries Limited (part of AkzoNobel)  
Dulux Ecosure Range



Imperial Chemical Industries Limited (part of AkzoNobel)  
Dulux Trade Matt Paints



Gyproc AB  
Gyproc Ergolite



Radlil Novacips SpA  
Radlil® S (PA6) and  
Radlil® A (PA6.6)

Discussions

FAQ

What considerations must be made when making claims based on EPDs?

What opportunities are there for LCA consultants to work with the International EPD® System?

Do you need a programme operator to publish an environmental declaration?

What is the definition of a "construction product"?

What is the difference between an EPD® and an environmental label?

### LEGGI EPD® PER CATEGORIA DI PRODOTTO

[Food & agricultural products](#)

[Construction products](#)

### News

2014-05-09  
PCR published for Fish, otherwise prepared or preserved; caviar and caviar substitutes





## Environmental Product Declaration

according to ISO 14025



### RHEINZINK® – Titanium Zinc of RHEINZINK GmbH & Co. KG

Declaration Number  
EPD-RHE-2009112-D

INSTITUT BAUEN UND UMWELT E.V.  
[www.bau-umwelt.com](http://www.bau-umwelt.com)



### Short version Environmental Product Declaration

The material RHEINZINK® – Titanium Zinc is an alloy based on pure zinc with additions of copper, titanium and aluminium. All RHEINZINK® products are made of this alloy. The declaration applies to all three surface qualities: RHEINZINK®-bright rolled and RHEINZINK®-preweathered<sup>PS2</sup> blue-grey<sup>®</sup> and RHEINZINK®-preweathered<sup>PS2</sup> graphite-grey<sup>®</sup>.

The titanium zinc sheets are produced in several thicknesses. These vary according to the type of titanium zinc sheet from 0.7 mm (5 kg/m<sup>2</sup>) to 2.0 mm (14,4 kg/m<sup>2</sup>). The moulded density of zinc is 7,2 g/cm<sup>3</sup>.

Titanium zinc sheets are used for roofings and wall claddings as well as for roof drainage systems (roof gutters, pipes and accessories).

For roof drainage, the titanium zinc sheets are processed into roof gutters, down pipes, eave flashings, other accessories or constructive sheets.

A reduction of the exposed surface relating to the material is achieved for the roof drainage by cuttings when tailoring sheets, gutters and pipes and also by overlapping when putting together and joining by soldering as well as by mounting under a roof overhang.

For roofing applications, the exposed surface is reduced by having seams, foldings, overlappings, cuttings etc. depending on the method of installation. A reduction of the exposed surface can be achieved for wall claddings through vertical assembly (roof overhang, orientation and shadowing effects e.g. through adjacent housing or trees).

The **Life Cycle Assessment (LCA)** was carried out according to DIN ISO 14040 et seq. Specific data from the company RHEINZINK in Datteln, Germany, statistical data from the Wirtschaftsvereinigung Metalle (Trade Association for Metals) as well as the data base "GaBi 4" were used. The LCA was carried out for the manufacturing phase of the products, taking into account all background data such as raw material exploitation and transports ("cradle to gate").

The use phase of the titanium zinc sheets is divided into several application areas: roofing applications, roof drainage and wall claddings. The treatment for the titanium zinc sheets was modelled for secondary melting for the end-of-life phase. The resulting credit of extracted zinc is counted as replacement for primary zinc.

Titanium zinc sheet				
Parameter	Unit per kg	Sum of production and recycling potential	Production	Recycling potential
Primary energy, non-renewable	[MJ]	16.3	45.5	- 29.2
Primary energy, renewable	[MJ]	0.9	3.8	- 2.9
Global Warming Potential (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> eqv.]	0.96	2.62	- 1.65
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg R11 eqv.]	0.18 * 10 <sup>-6</sup>	0.56 * 10 <sup>-6</sup>	- 0.39 * 10 <sup>-6</sup>
Acidification Potential (AP)	[kg SO <sub>2</sub> eqv.]	3.32 * 10 <sup>-3</sup>	13.5 * 10 <sup>-3</sup>	- 10.2 * 10 <sup>-3</sup>
Eutrophication Potential (EP)	[kg PO <sub>4</sub> eqv.]	0.28 * 10 <sup>-3</sup>	1.03 * 10 <sup>-3</sup>	- 0.76 * 10 <sup>-3</sup>
Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)	[kg ethene eqv.]	0.29 * 10 <sup>-3</sup>	1.10 * 10 <sup>-3</sup>	- 0.80 * 10 <sup>-3</sup>

Issued by PE Europe GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Germany



The following **evidence and verifications** are also described in the Environmental Product Declaration:

- Atmospheric corrosion and surface loss (erosion), measurement of the rates of corrosion and the erosion of zinc ions due to precipitation over a test period of eight years (1991 – 1998)

### Product description

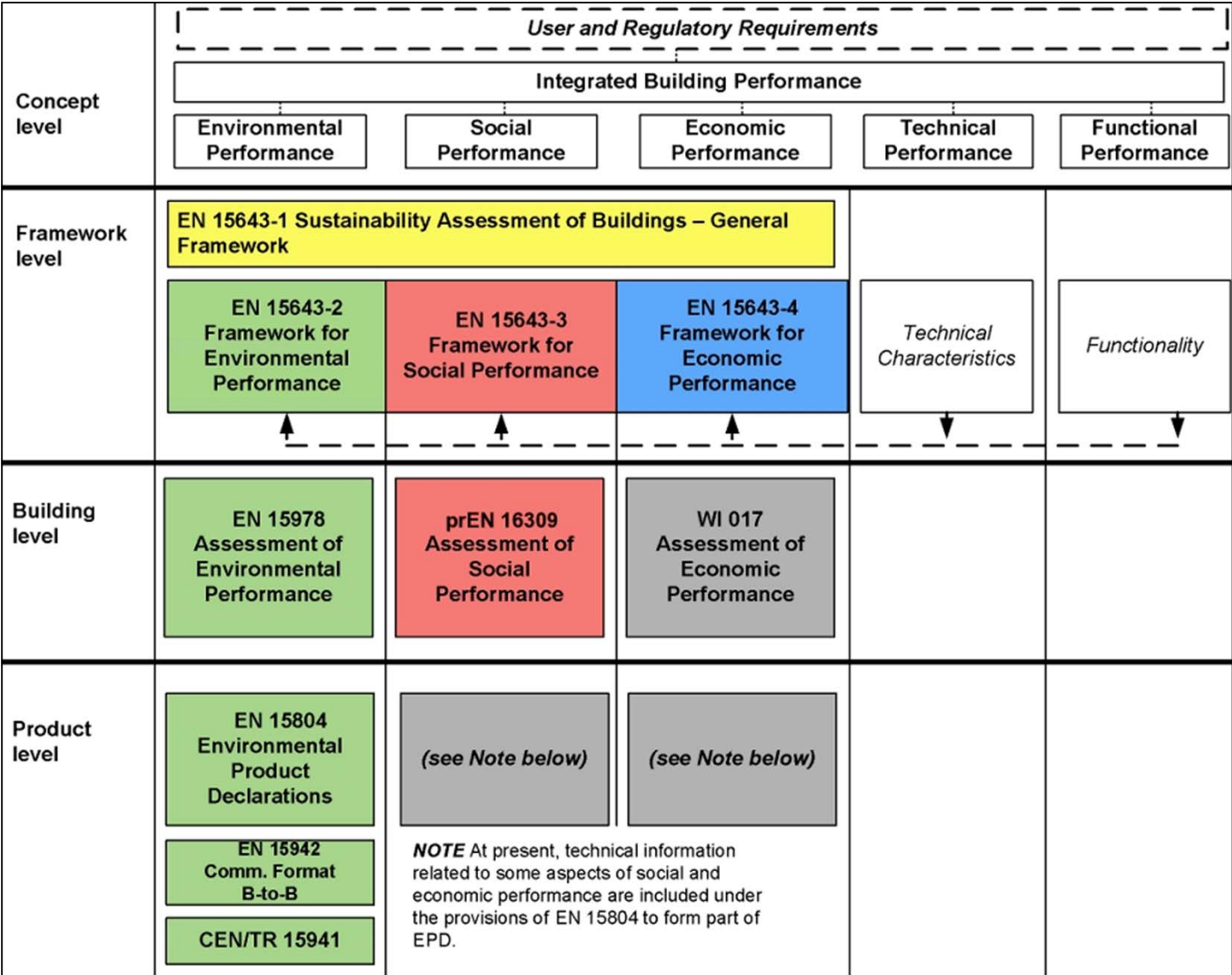
### Applications

### Scope of the LCA

### Results of the LCA

### Evidence and verifications

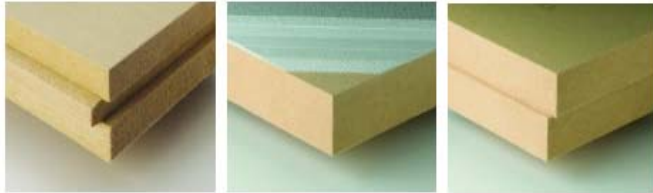
# CEN/TC 350: Sustainability of construction works



Scelta preferenziale di prodotti con EPD

Valutazione effettiva degli impatti del singolo prodotto

Valutazione effettiva degli impatti complessivi dell'edificio



		Ultratherm		
Analysis factor	Unit per m³	Total	Production	End of Life
Primary energy, non-regenerative	[MJ]	-3038.6	1768.2	-4806.8
Primary energy, regenerative	[MJ]	2748.5	2966.8	-218.3
Global Warming Potential (GWP 100)	[kg CO <sub>2</sub> equiv.]	-1.9E+02	-1.7E+02	-2.7E+01
Ozone Depletion Potential (ODP)	[kg R11 equiv.]	-4.5E-05	3.9E-06	-4.9E-05
Acidification Potential (AP)	[kg SO <sub>2</sub> equiv.]	-1.6E-01	1.4E-01	-3.0E-01
Eutrophication Potential (EP)	[kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> equiv.]	3.8E-02	2.8E-02	1.0E-02
Summer Smog Potential (POCP)	[kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equiv.]	2.4E-02	3.1E-02	-7.4E-03

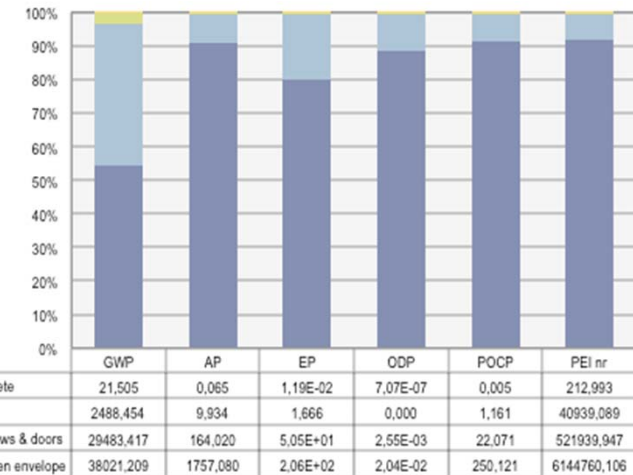
Pavatex Holzfaserdämmstoff Pavaflex			
Auswertgröße	Einheit pro m³	Produktion	End of Life
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	918	-915
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	980	-10
Treibhauspotenzial (GWP 100 Jahre)	[kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	-15,9	16,8
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,03E-06	-2,13E-06
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	1,55E-01	-2,50E-02
Eutrophierungspotenzial (EP)	[kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	1,71E-02	-4,07E-03
Photochem. Oxidantienbildungspotenzial (POCP)	[kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqv.]	1,42E-02	-4,02E-03

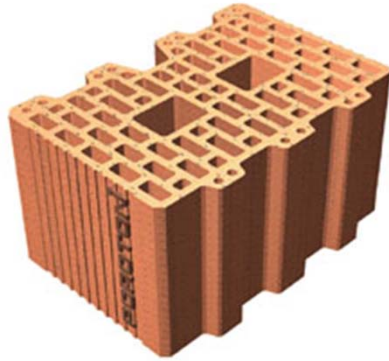
EPD prodotto 1

EPD prodotto 2

EPD prodotto 3

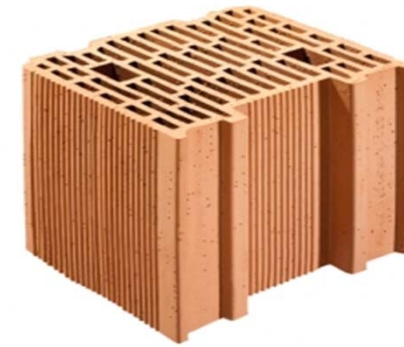
EPD prodotto 4





## Comparazione tra prodotti alternativi

- non può avvenire in maniera diretta  
→ bisogna basarsi su un'unità funzionale



resistenza meccanica?  
resistenza termica?  
massa?

### dati da EPD

Wirkkategorien	Einheit	POROTON	Ziegel	Füllung	Transporte	Produktion
ADP elementar	[kg Sb-Äqv.]	1,5E-05	6,1E-06	8,9E-06	3,7E-08	1,1E-07
ADP fossil	[MJ]	1,3E+03	8,7E+02	4,0E+02	1,5E+01	8,7E-03
GWP	[kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	106,4	71,7	33,6	1,1	0,0
ODP	[kg R11-Äqv.]	1,2E-06	1,8E-07	1,0E-06	1,9E-09	3,8E-11
AP	[kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	3,5E-01	1,1E-01	2,3E-01	5,0E-03	3,0E-06
EP	[kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	4,9E-02	1,6E-02	3,3E-02	1,1E-03	6,7E-07
POCP	[kg Ethen-Äqv.]	2,9E-02	1,1E-02	1,7E-02	5,5E-04	3,2E-07



### dati da EPD

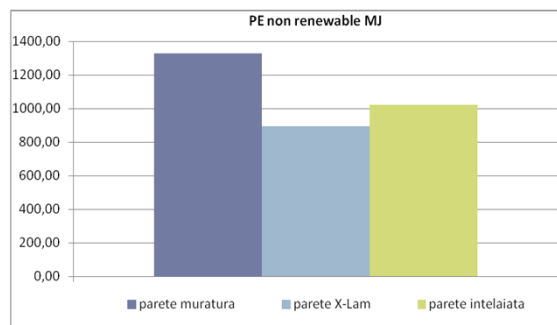
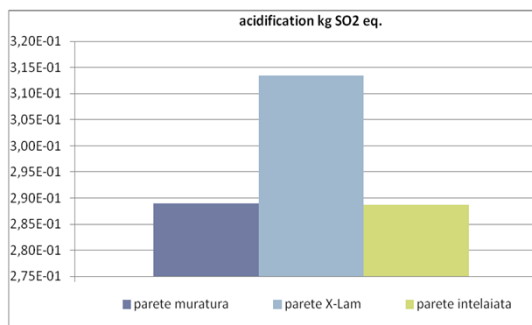
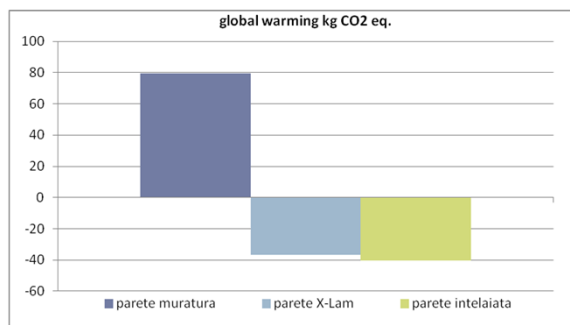
Wirkkategorien	Einheit	T	S	WDF
ADP elementar	[kg Sb-Äqv.]	1,3E-05	1,5E-05	1,2E-05
ADP fossil	[MJ]	1,5E+03	1,7E+03	1,4E+03
GWP	[kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	1,1E+02	1,3E+02	9,3E+01
ODP	[kg R11-Äqv.]	9,4E-07	8,7E-07	1,1E-06
AP	[kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	1,6E-01	2,0E-01	1,4E-01
EP	[kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	2,3E-02	2,8E-02	2,0E-02
POCP	[kg Ethen-Äqv.]	2,1E-02	2,3E-02	2,1E-02

parete in muratura	s	$\lambda$	R
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
interno	-	-	0,125
pittura	0,001	0	0,000
intonaco	0,015	0,6	0,025
blocchi alveolari	0,3	0,23	1,304
EPS 25 kg/m <sup>3</sup>	0,18	0,036	5,000
intonaco esterno	0,015	0,6	0,025
pittura	0,001	0	0,000
esterno	-	-	0,040
Resistenza termica	Rtot	m <sup>2</sup> K/W	6,519
Trasmittanza	U	W/m <sup>2</sup> K	0,153

parete in legno X-Lam	s	$\lambda$	R
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
interno	-	-	0,125
pittura	0,001	0	0,000
cartongesso	0,0125	0,21	0,060
lana di vetro	0,05	0,038	1,316
pannello X-lam	0,093	0,12	0,775
EPS 25 kg/m <sup>3</sup>	0,15	0,036	4,167
intonaco esterno	0,005	0,6	0,008
pittura	0,001	0	0,000
esterno	-	-	0,040
Resistenza termica	Rtot	m <sup>2</sup> K/W	6,490
Trasmittanza	U	W/m <sup>2</sup> K	0,154

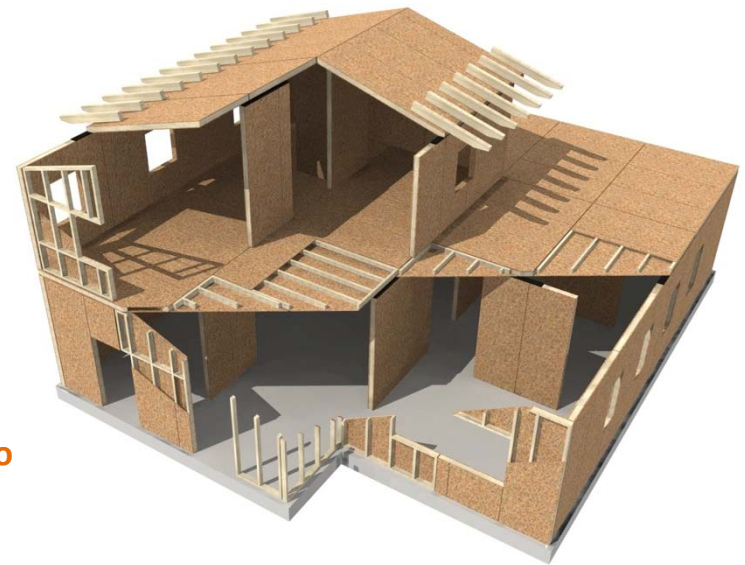
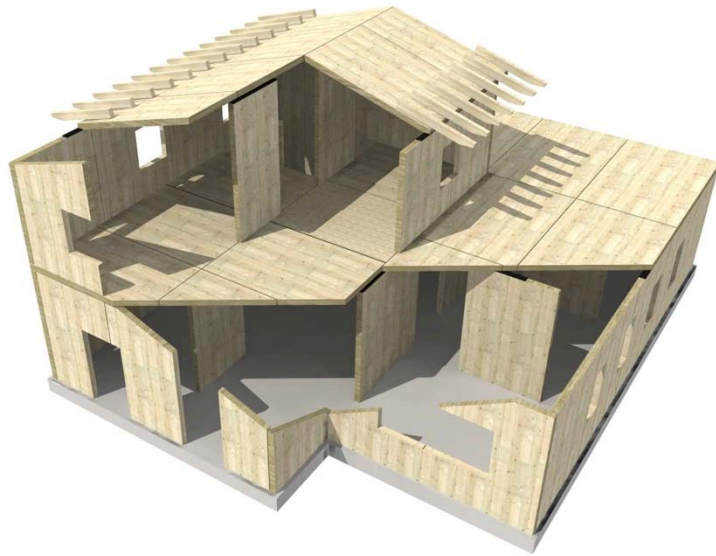
parete in legno intelaiata	s	$\lambda$	R
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
interno	-	-	0,125
pittura	0,001	0	0,000
cartongesso	0,0125	0,21	0,060
lana di vetro	0,05	0,038	1,316
pannello OSB	0,018	0,13	0,138
fibra di legno+ + telaio	0,16	0,053	3,035
pannello OSB	0,018	0,13	0,138
EPS 25 kg/m <sup>3</sup>	0,06	0,036	1,667
intonaco esterno	0,005	0,6	0,008
pittura	0,001	0	0,000
esterno	-	-	0,040
Resistenza termica	Rtot	m <sup>2</sup> K/W	6,527
Trasmittanza	U	W/m <sup>2</sup> K	0,153

### Confronto tra pareti a parità di trasmittanza termica U

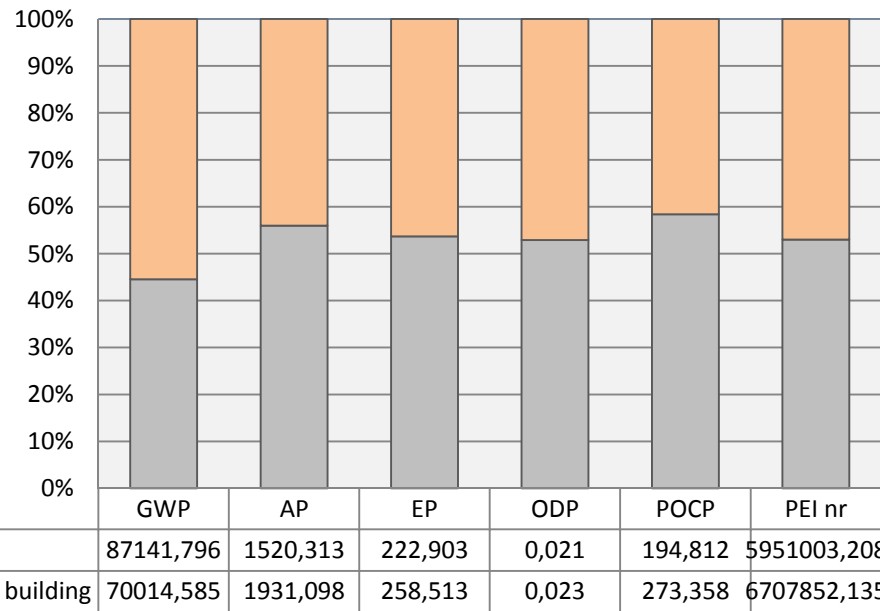


	global warming kg CO2 eq.	photochemical oxidation kg C2H2 eq.	acidification kg SO2 eq.	nutrification kg PO4 ---	ozone layer depletion (ODP) kg CFC11 eq.	PE non renewable MJ
parete muratura	79,53	4,99E-02	2,89E-01	3,22E-02	5,67E-06	1326,72
parete X-Lam	-36,92425	7,98E-02	3,13E-01	5,05E-02	2,78E-06	895,66
parete intelaiata	-40,316282	5,77E-02	2,89E-01	3,55E-02	2,67E-06	1022,05

## Confronto tra edifici



Edificio A Vs Edificio



# GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE

Prof. Antonio Frattari  
[antonio.frattari@unitn.it](mailto:antonio.frattari@unitn.it)

Ing. Maria Cristina Grillo  
[m.cristina.grillo@gmail.com](mailto:m.cristina.grillo@gmail.com)

## Organizza

**MDS**  
MACRO  
DESIGN  
STUDIO

solutions for sustainable  
architecture

## In collaborazione con



**ROCKWOOL®**  
FIRESAFE INSULATION

## Con il patrocinio di

*fondazione*  
architetti  
e ingegneri  
liberi  
professionisti  
iscritti  
INARCASSA



Ordine degli Architetti  
Pianificatori, Paesaggisti  
e Conservatori  
della Provincia di Trento



Collegio dei Periti Industriali e  
dei Periti Industriali Laureati  
della Provincia di Trento

In cooperazione con