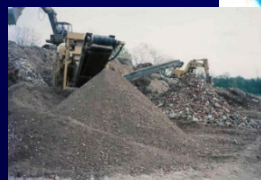
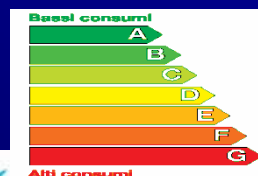


# ***Life cycle per l'efficienza ambientale degli edifici. Criticità' di una costruzione "tradizionale" e strategie per "eco-progettazione" di una scuola materna***



# IL CASO STUDIO: SCUOLA MATERNA “Lo Scoiattolo”



L'OGGETTO DELLO STUDIO E' UNA SCUOLA MATERNA SITUATA A CASTELFRANCO EMILIA (MO), QUESTA NUOVA STRUTTURA DA OTTOBRE 2004 OSPITA 4 SEZIONI CON 100 BAMBINI

SI E' CONSIDERATO UN EDIFICIO SCOLASTICO, REALIZZATO CON MATERIALI E TECNICHE "TRADIZIONALI" CHE RAPPRESENTA IL PANORAMA EDILIZIO ATTUALE

**QUESTO EDIFICIO REALIZZATO NEL RISPETTO DI TUTTE LE NORME EDILIZIE DI SICUREZZA E SANITARIE SARA' ANALIZZATO**

**DAL PUNTO DI VISTA ENERGETICO-AMBIENTALE**

## **Obiettivi dello studio**

Valutazione dell' impatto ambientale, energetico e del costo economico, prodotto dall'edificazione e dall'uso di una Scuola Materna "tradizionale"

Dimostrazione del vantaggio ambientale, energetico ed economico di un modello di progetto eco-efficiente

## **Confini dello studio**

Vanno dall'estrazione delle materie prime dei materiali da costruzione al fine vita dell'intero edificio, considerando materiali, trasporti in cantiere e i consumi di energia della fase d'uso e gestione dell'edificio

## **Unità funzionale**

Si considera l'edificio completo valutato nell'arco di vita ipotizzata di 100 anni

# La struttura dello studio

## Valutazione dell'impatto ambientale "SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE"

**LCA Fase di costruzione**  
scenario di fine vita dei materiali  
**Inventario**

Definizione delle Unità tecnologiche più impattanti

**LCA Fase di gestione ed uso**

**Inventario**  
Opere di manutenzione  
Consumo di energia elettrica e termica

**LCA**

Organismo  
architettonico  
valutato nel suo  
ciclo di vita  
completo

**Valutazione energetica**

calcolo del fabbisogno energetico,  
calcolo **Energia Primaria**, target  
energetico, caratteristiche termiche dei  
componenti opachi

## LCA di sub-sistemi tecnologici CONFRONTI per L' ECODESIGN

**Valutazione ambientale ed energetica  
di componenti edilizie e materiali**

per la riduzione del danno dovuto alla fase di  
costruzione

**Riduzione del fabbisogno energetico  
del sistema edificio-impianto**

Isolamento termico involucro, energie d'uso,  
ottimizzazione degli impianti

## Definizione del modello di progetto "SCUOLA MATERNA ECO-EFFICIENTE"

**Valutazione energetica**

calcolo del fabbisogno energetico, calcolo **Energia Primaria**, target  
energetico, caratteristiche termiche dei componenti opachi

# La struttura dello studio

Dimostrazione del vantaggio ambientale, energetico ed economico del modello  
"SCUOLA MATERNA ECO-EFFICIENTE"

LCA completo  
"SCUOLA MATERNA  
TRADIZIONALE"

LCA completo  
"SCUOLA MATERNA  
ECO-EFFICIENTE"

LCA DEL CONFRONTO Fase di costruzione

LCA DEL CONFRONTO Fase di gestione ed uso

**LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI**

**CONFRONTO TARGET ENERGETICO DEI DUE PROGETTI**

In base all'indice energetico per il riscaldamento del certificato "CASA CLIMA"

CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI TERMICHE DEI COMPONENTI OPACHI  
DELL'INVOLUCRO

CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

**ESTERNALITA' DEI COSTI CICLI DI VITA COMPLETI**

COSTI A CONFRONTO Fase di costruzione

COSTI A CONFRONTO Fase di gestione ed uso

# “SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE” Fase di costruzione- definizione inventario



Fondazioni



Solaio contro terra



Involucro esterno



Soglie e bancali

## Materiali

I PROCESSI CREATI PER OGNI MATERIALE  
COMPREDONO:

- L'ESTRAZIONE DELLA MATERIA PRIMA
- LA PRODUZIONE-LAVORAZIONE
- IL TRASPORTO IN CANTIERE
- IL FINE VITA ( per il quale e' stato attribuito il riciclo dove possibile)



Tramezze interne

**UN EDIFICIO HA GIA CONSUMATO ANCOR PRIMA DI ESSERE COSTRUITO...**



Serramenti



Copertura



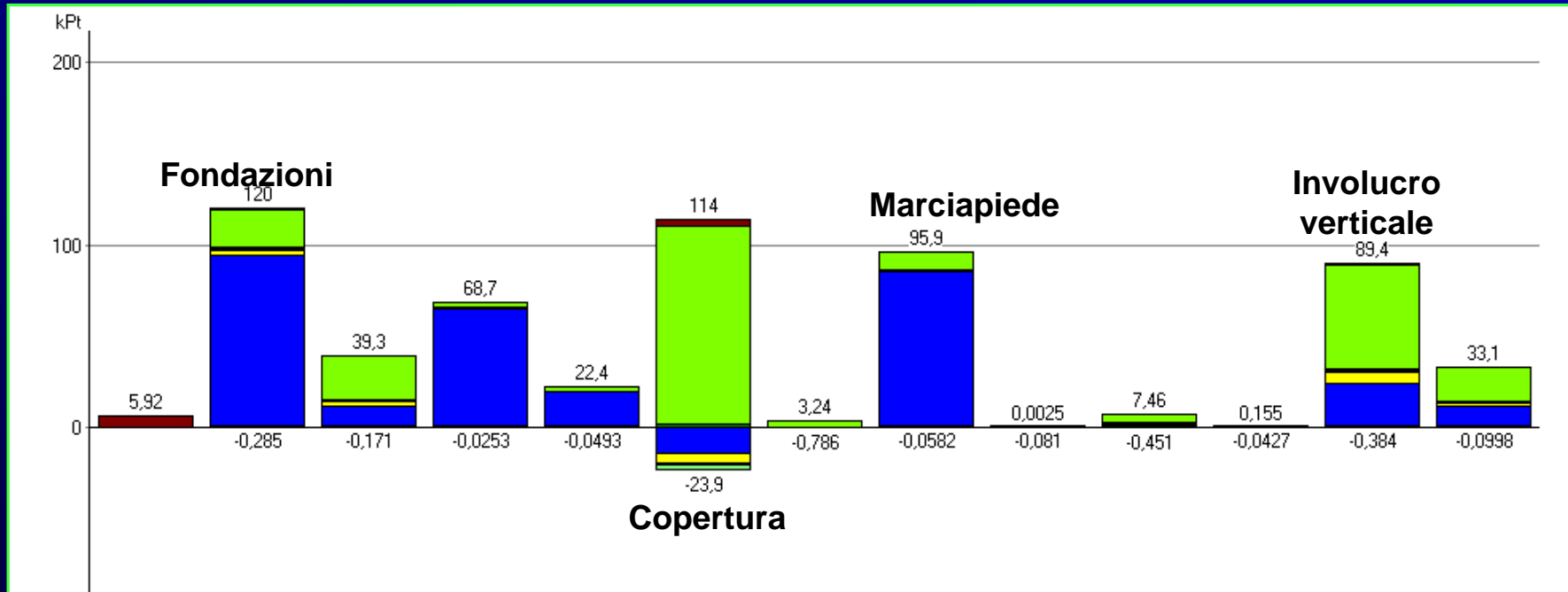
Pavimentazioni



Pilastri e travi in c.a.

# “SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE” Fase di costruzione- analisi LCA

Risultati ottenuti con il metodo di valutazione ambientale EPS 2000



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

**Il danno totale vale 5.73 KPt dovuto**

- per il 20.86% a Fondazioni a causa delle emissioni delle polveri del cemento
- per il 16.73% a Marciapiede a causa delle emissioni delle polveri del cemento
- per il 15.55% a Involucro Verticale per la CO<sub>2</sub> emessa nella cottura del laterizio e suo impasto di EPS
- per il 15.55% a Copertura

La categoria di danno Capacità Produttiva dell'ecosistema presenta un danno ambientale evitato dovuto alla CO<sub>2</sub> assorbita dal legno di cui è composta la struttura di copertura, nonostante ci siano altri materiali del pacchetto di copertura che emergono negativamente

Dopo la costruzione di un edificio il suo ciclo di vita è completato dalla sua gestione nel tempo. Viene quindi presa in considerazione la fase d'uso e gestione

## **IPOSTESI DI VITA 100 ANNI**

### **INVENTARIO:**

**Vari cicli di opere di manutenzione**

**Consumo di Energia elettrica**

**Consumo di Energia termica**



**COME..**

- RIPRISTINO INTONACI
- RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONI
- RIPRISTINO TINTEGGIATURA,...ECC.



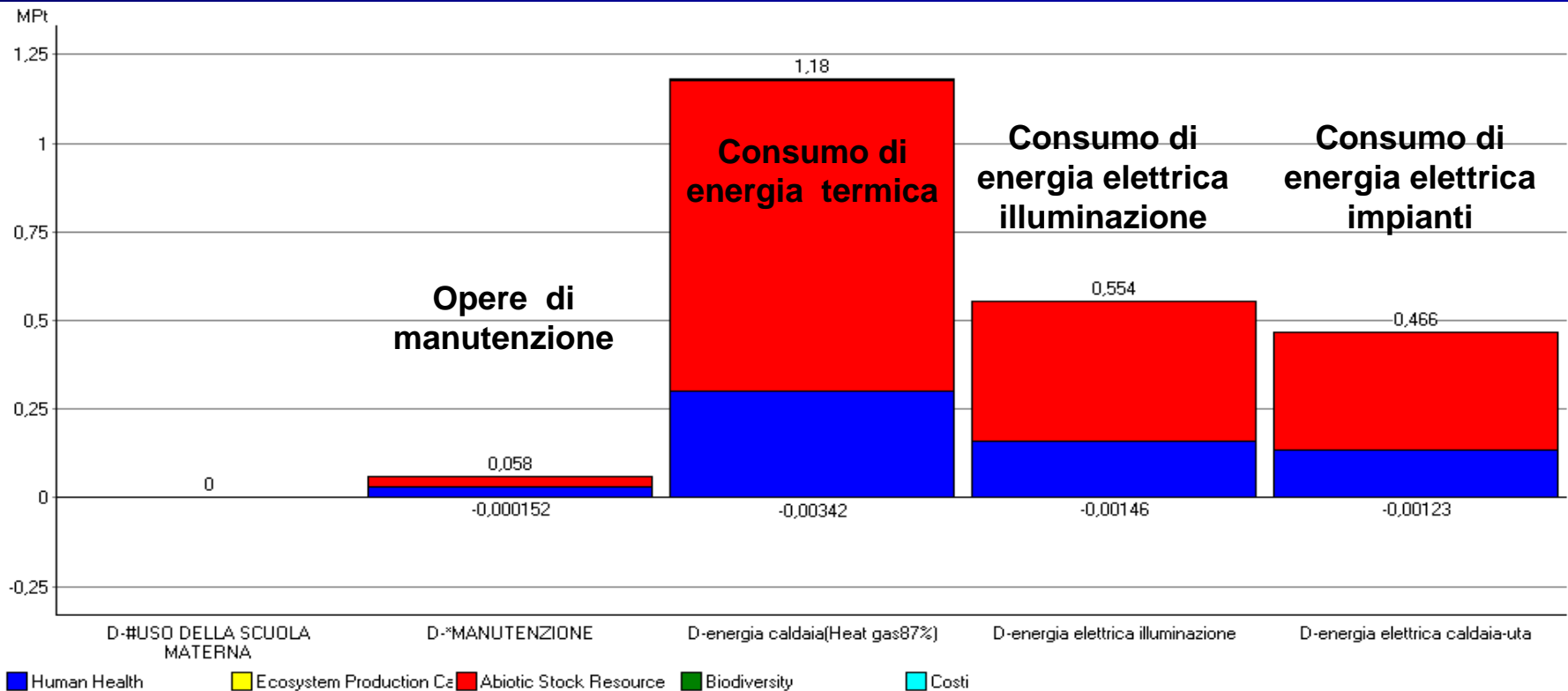
**CONSUMI ANNUALI VALUTATI  
PER L'ARCO DI VITA  
DELL'EDIFICIO  
ILLUMINAZIONE-IMPIANTI**



**VALUTAZIONE  
DELL'EFFICIENZA  
ENERGETICA NELLA  
CLIMATIZZAZIONE INVERNALE**

# “SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE” Fase di gestione/uso- analisi LCA

Risultati ottenuti con il metodo di valutazione ambientale EPS 2000



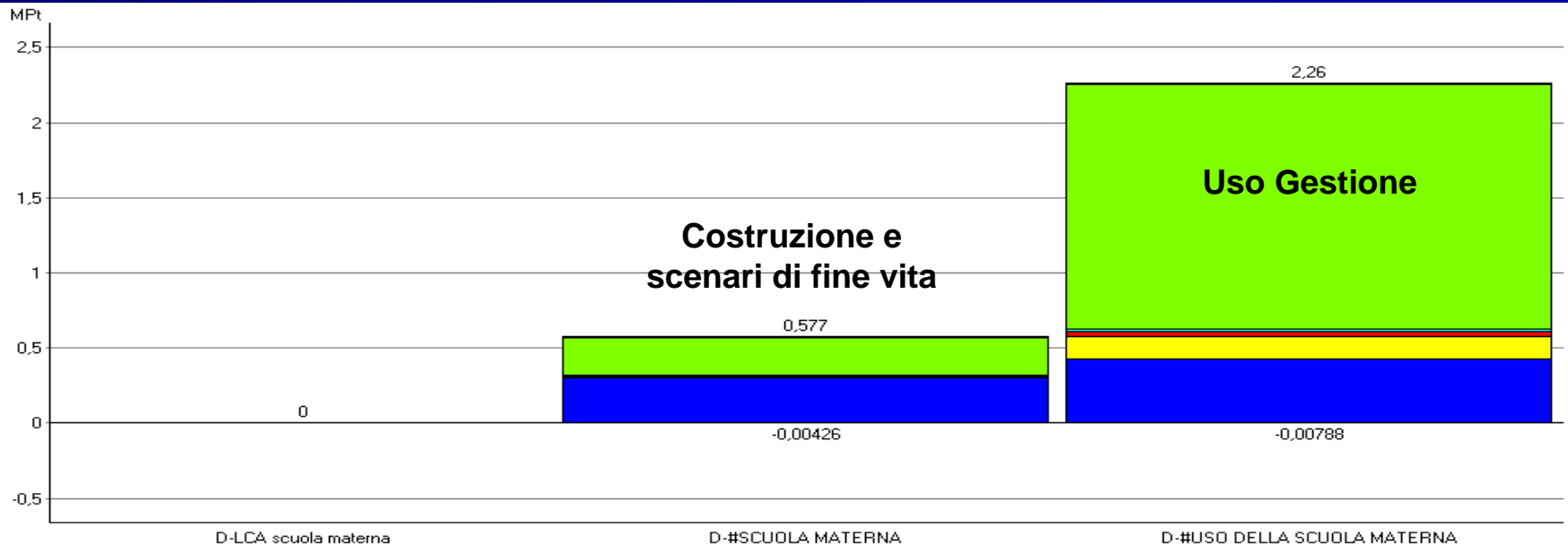
**Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:**

**Il danno totale vale 2.27 MPt dovuto**

- per il 52.7% al consumo di energia termica prodotta dalla caldaia a gas
- per il 24.45% al consumo di energia elettrica prodotta da illuminazione
- per il 20.45% al consumo di energia elettrica impianti

# “SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE” Analisi del ciclo di vita completo

Risultati ottenuti con il metodo di valutazione ambientale EPS 2000

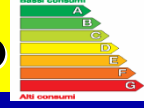


Dall'analisi del ciclo di vita completo sono stati individuati i processi che nell'arco dei 100 anni di vita dell'edificio producono l'impatto ambientale maggiore.

Dall'interpretazione dei risultati della valutazione si nota che il danno ambientale totale vale 2.84 MPt dovuto

- per il 79.87% alla Fase di uso e gestione
- per il 20.13% alla Fase di costruzione

Questo evidenzia quanto sia importante fin dalla fase di progettazione, adottare strategie per una riduzione dei consumi energetici



# “SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE” Valutazione energetica -Target Energetico

Realizzare un edificio Ambientalmente ed Energeticamente efficiente significa definire a priori, in fase di progettazione, il suo Target Energetico

Dal punto di vista legislativo e normativo

è l’obiettivo dei decreti 192/05 e 311/06 per il recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE, sul tema della Certificazione Energetica degli edifici

In Italia, sono state avviate varie iniziative livello regionale

Nella Provincia Autonoma di Bolzano, per definire energeticamente gli edifici si usa un indicatore che rappresenta il consumo annuale di energia riferito alla superficie di edificio riscaldato ed espresso in kWh/m<sup>2</sup>anno, sulla base di tale indicatore si classificano edifici ad alta efficienza energetica quelli a basso consumo energetico

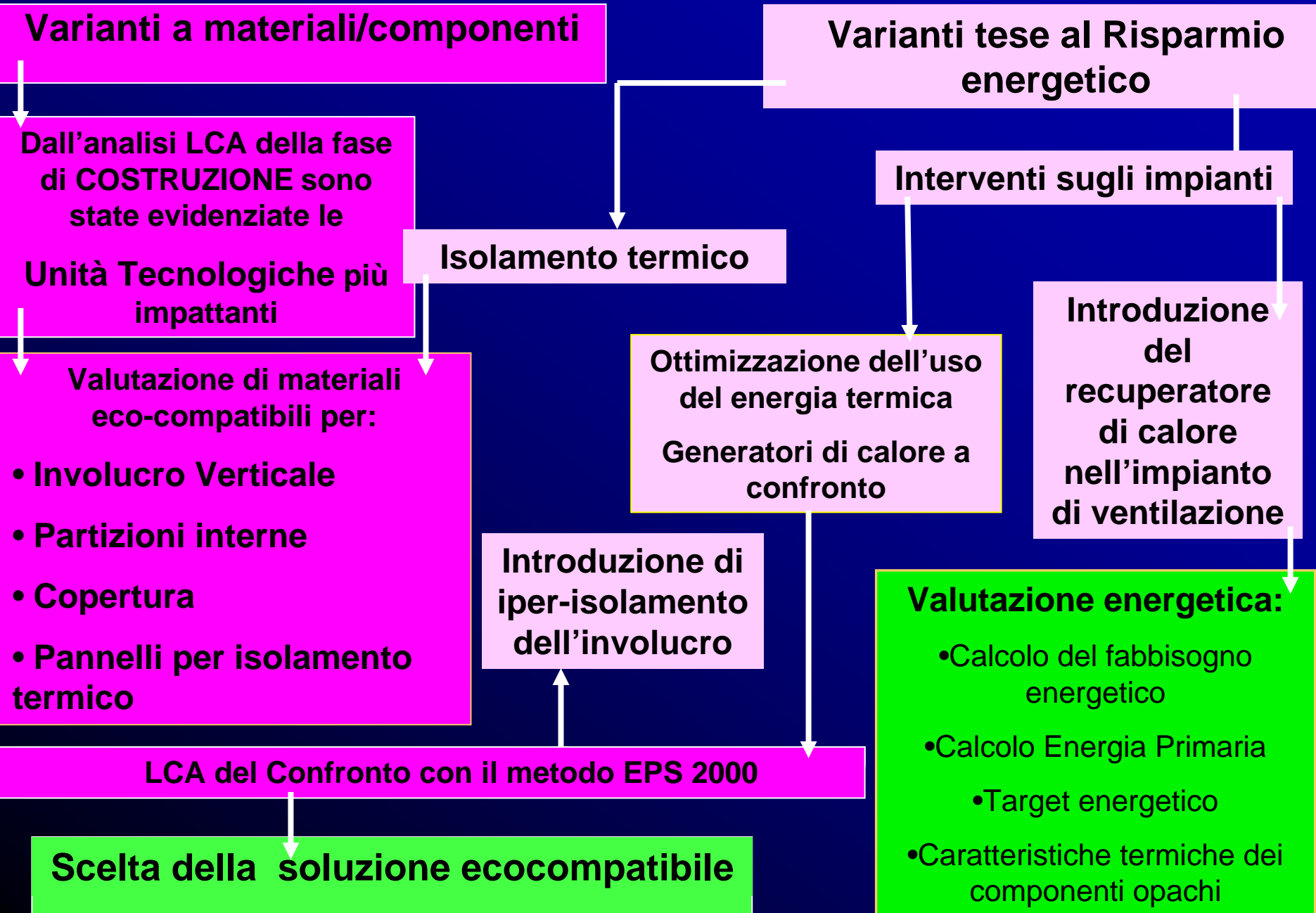
CATEGORIA DI CONSUMO DI CALORE	INDICE TERMICO DELL’EDIFICIO
<b>A</b>	≤ 30 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>B</b>	≤ 50 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>C</b>	≤ 70 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>D</b>	≤ 90 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>E</b>	≤ 120 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>F</b>	≤ 160 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>G</b>	> 160 kWh/m <sup>2</sup> a

Per questo studio si farà riferimento alla classificazione “Casa Clima”  
LA “SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE” :

**CLASSE E**  
96 Kwh/m<sup>2</sup>anno

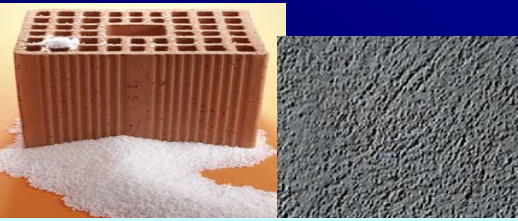


# LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN



# LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

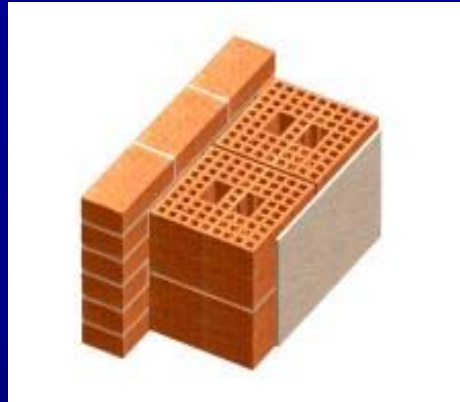
## Involucro verticale



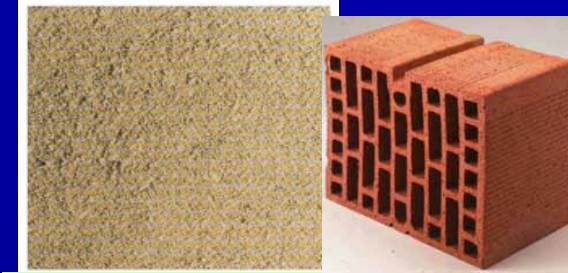
Mattoni faccia a vista

Laterizio alleggerito con pasta di EPS

Intonaco calce cemento



Unità funzionale: 1 mq

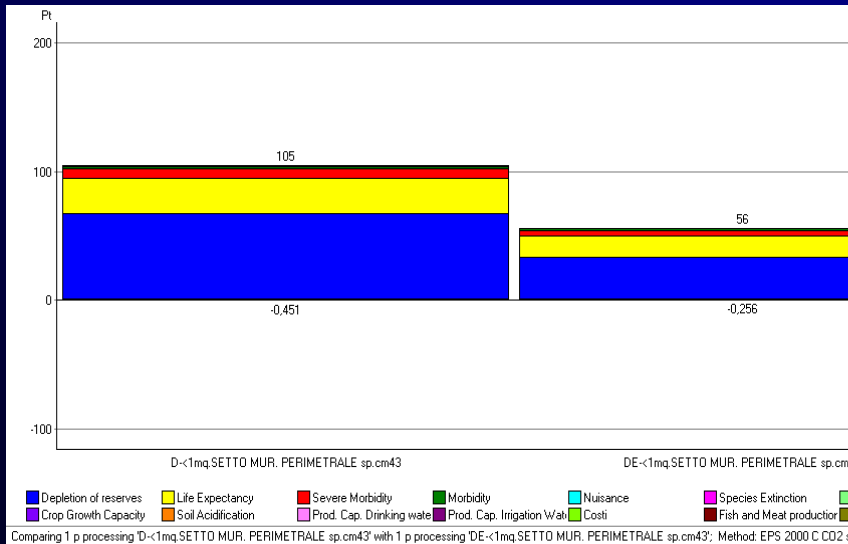


Materiale inserito ex-novo in banca dati

Mattoni faccia a vista

Laterizio alleggerito con farina di legno

Intonaco d'argilla grezzo con fibre di legno



PACCHETTO MURARIO setto murario esterno 1	TRASMITTANZA W/m <sup>2</sup> K	DANNO AMBIENTALE Pt
Setto murario tradizionale	0.97 W/m <sup>2</sup> K	104 Pt
Setto murario eco	0.52 W/m <sup>2</sup> K	55.7 Pt

Dall'analisi dei risultati della va il Setto murario eco produce un dan inferiore di quello tradizionale del 46%

# LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

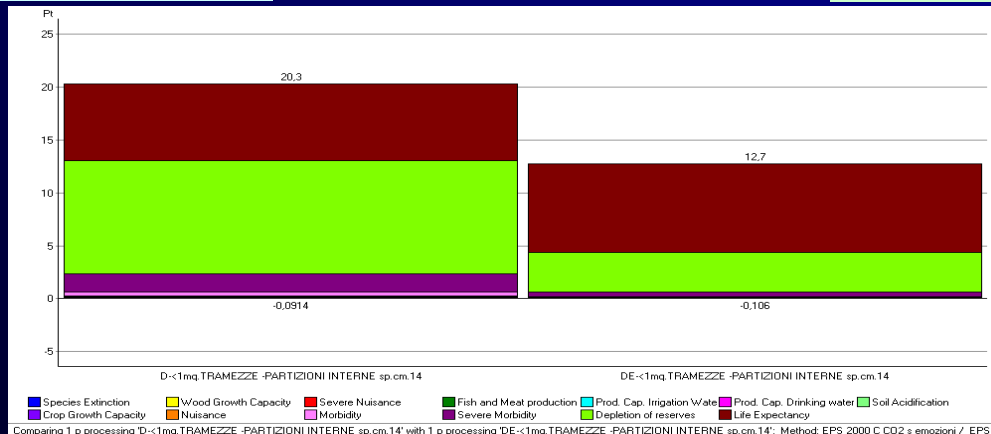
## Partizioni interne



Mattoni laterizio forati  
Intonaco calce cemento



Mattoni in terra cruda  
Intonaco d'argilla grezzo con fibra di legno



La terra cruda ha una alta inerzia termica

è completamente riciclabile

ha eccellenti capacità termoacustiche

ottima regolazione dell'umidità

è economica

Dall'analisi dei risultati della valutazione la partizione interna eco, in terra cruda, produce un danno ambientale inferiore del 20% di quella tradizionale

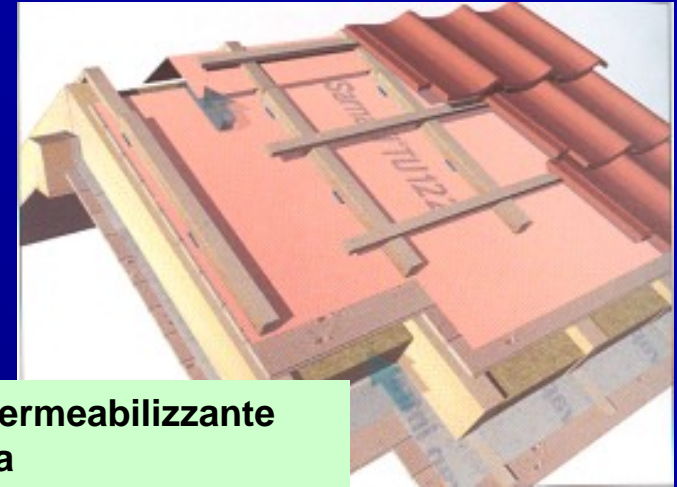
# LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

## Copertura

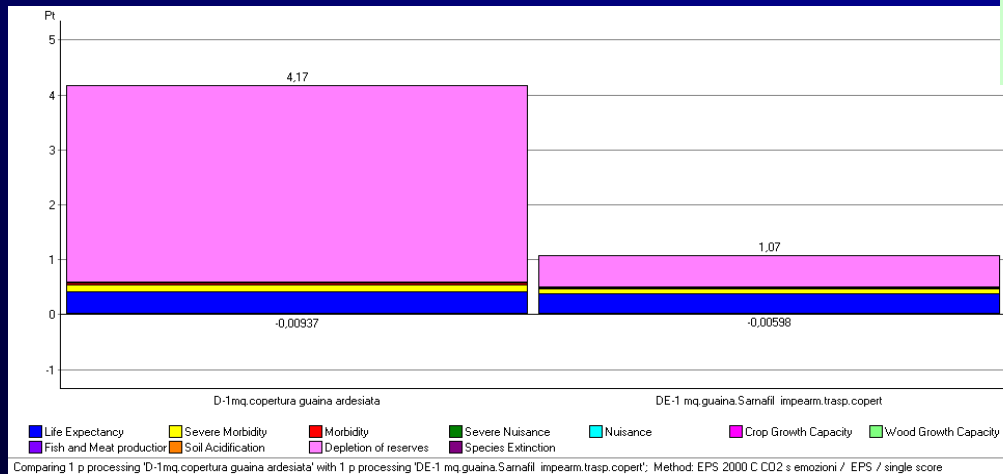
Unità funzionale: 1 mq



**Guaina impermeabilizzante bituminosa ardesiata**



**Guaina impermeabilizzante Poliolefinica**



**Materiale inserito ex-novo in banca dati**

**La guaina poliolefinica produce un danno ambientale inferiore del 74% alla guaina ardesiata, essendo entrambe materiali di sintesi petrolchimica la qualità ecologica della guaina poliolefinica è data dalla migliore riciclabilità del prodotto**

# LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN

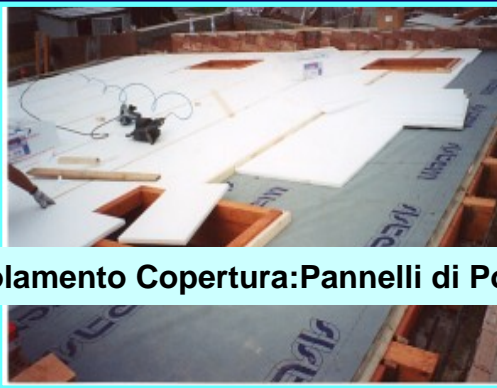
Riduzione del fabbisogno energetico del sistema edificio-impianto

## Un edificio disperde energia per trasmissione dal suo involucro

Al fine della riduzione dei consumi energetici e del raggiungimento del confort termico, e nel rispetto dei decreti 192 /05 e 311/06 presenta una importanza rilevante intervenire sul valore di trasmittanza del componente e sul controllo dei ponti termici

Definiti i pacchetti costruttivi eco-compatibili

Nell'edificio "Tradizionale" l'isolamento è presente solo nel solaio contro terra e in copertura con pannelli di polistirene, nell'involucro solo per il contributo fornito dal blocco di laterizio porizzato



Isolamento Copertura: Pannelli di Polistirene



Isolamento Solaio contro terra: Pannelli di Polistirene



La resistenza termica del componente si migliora grazie alla posa in opera di opportuni spessori di isolanti termici, si valuterà a parità di trasmittanza il materiale più ecocompatibile

# LCA-CONFRONTI per L'ECODESIGN

## Isolanti termici

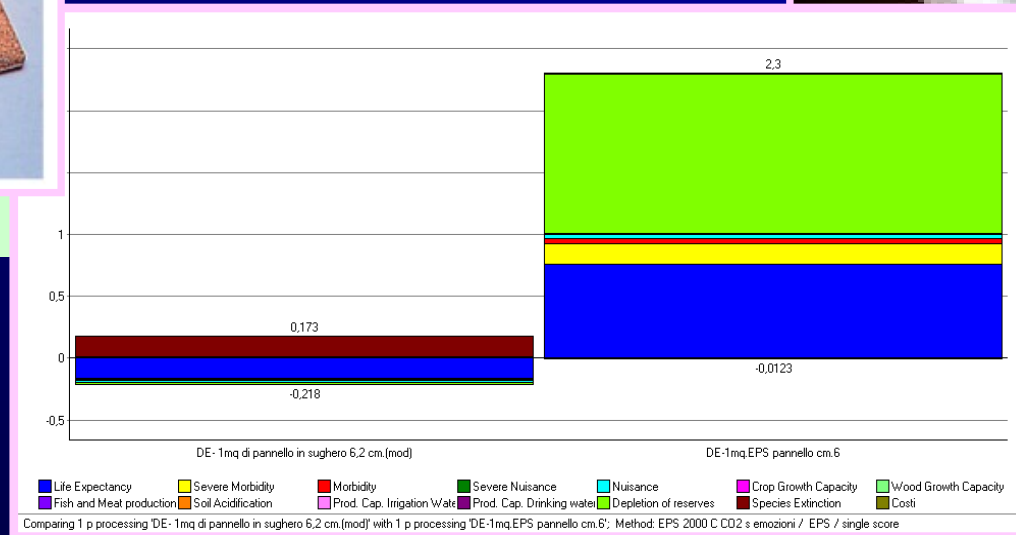


## Pannelli di Polistirene



## Pannelli di sughero

Materiale inserito ex-novo in banca dati



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che il pannello di sughero produce un danno inferiore del 98% al pannello di polistirene

# Incremento dello spessore Isolamento Termico



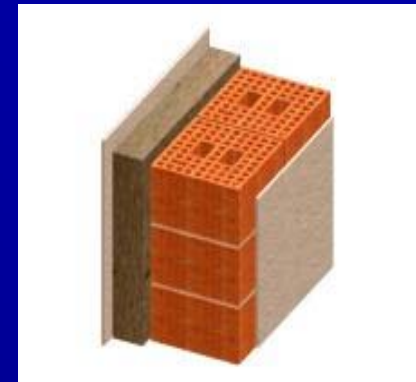
Pannelli di sughero  
10 cm copertura



Pannelli di sughero  
10 cm solaio contro  
terra



Pannelli di sughero  
8 cm setto murario 1 a  
intercapedine



Pannelli di sughero  
8 cm setto murario 2 a  
cappotto

## VALUTAZIONE DEI VALORI DI TRASMITTANZA

Tipo di struttura	Trasmittanze progetto tradizionale	Trasmittanze nel modello eco-efficiente
Involucro verticale	0,97 W/m <sup>2</sup> K 0.88 W/m <sup>2</sup> K	0,264 W/m <sup>2</sup> K 0,275 W/m <sup>2</sup> K
Coperture	0,46 W/m <sup>2</sup> K	0,329 W/m <sup>2</sup> K
Solaio contro terra	0,20 W/m <sup>2</sup> K	0,150 W/m <sup>2</sup> K

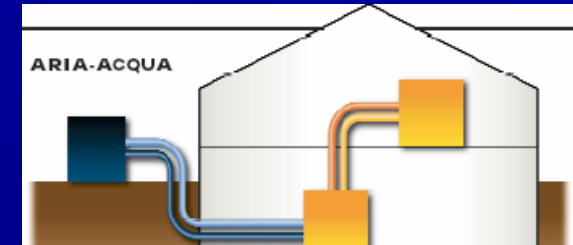
# LCA-CONFRONTI per L' ECODESIGN

## risparmio energetico-varianti agli impianti

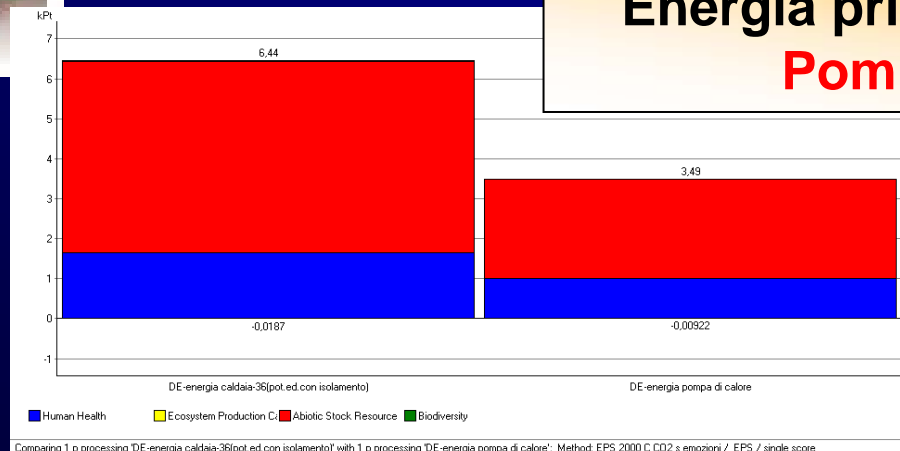
E' stato determinato, per il periodo di riscaldamento invernale il **fabbisogno energetico globale dell'edificio per unità di volume riscaldato e per grado giorno**, ottenendo una potenza dell'edificio da riscaldare



**Energia primaria** richiesta dalla  
**Caldaia a gas**



**Energia primaria** richiesta dalla  
**Pompa di Calore**



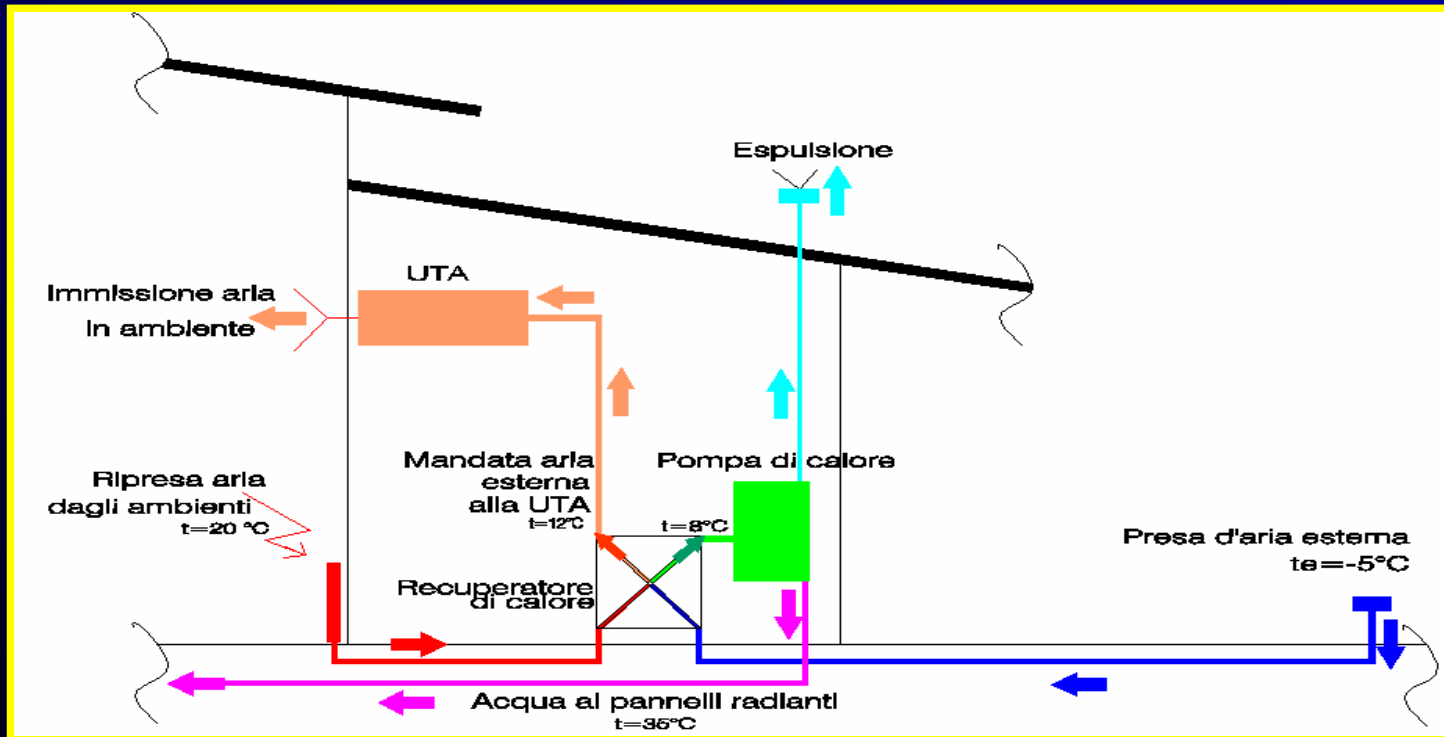
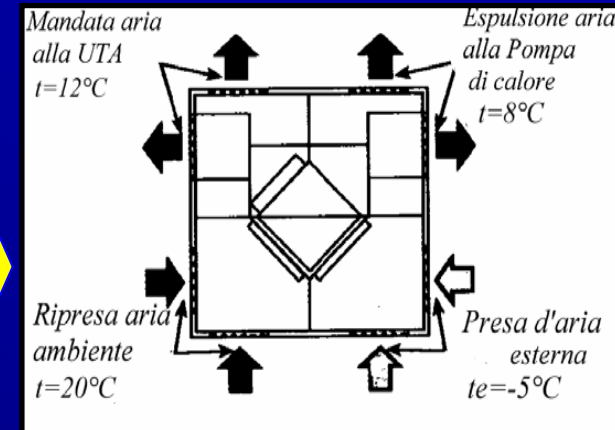
**Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che l'uso della Pompa di calore produce un danno ambientale inferiore del 45% rispetto all'uso della caldaia a gas**

# Varianti agli Impianti

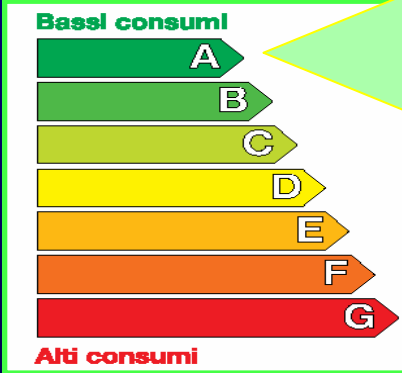
Introduzione di un recuperatore di calore a flussi incrociati (aria-aria) nell'imp.di ventilazione

Essendo un edificio adibito ad uso pubblico, è presente un impianto di ventilazione. A questo è stato affiancato un recuperatore di calore.

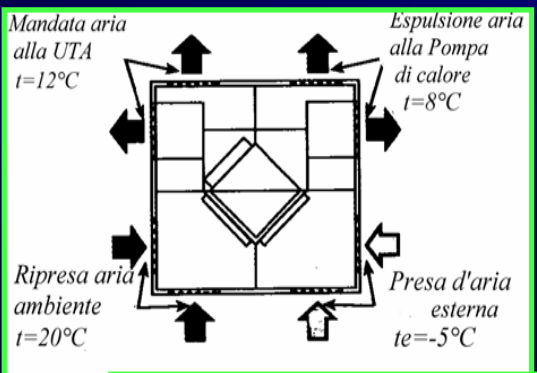
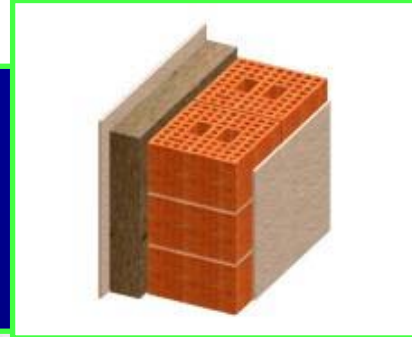
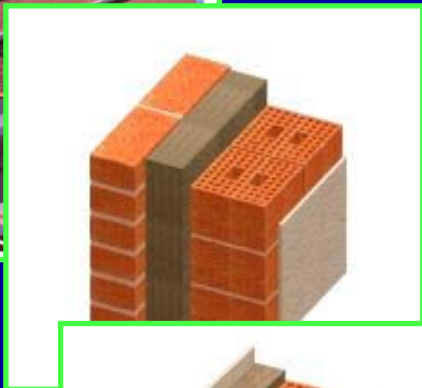
L'aria esterna sarà preriscaldata attraverso il recuperatore a spese dell'energia termica dell'aria di ripresa dagli ambienti, la quale dopo aver ceduto parte della sua energia, viene poi utilizzata come sorgente fredda della pompa di calore



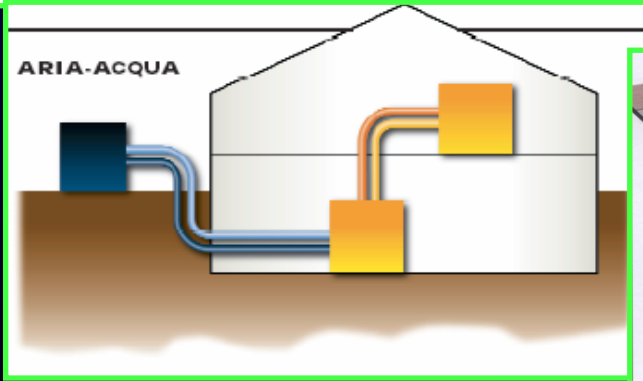
# DEFINIZIONE PROGETTO "SCUOLA MATERNA ECO-EFFICIENTE"



**CLASSE A**  
28,2 Kwh/m<sup>2</sup> anno



**Scuola materna Eco-Efficiente**

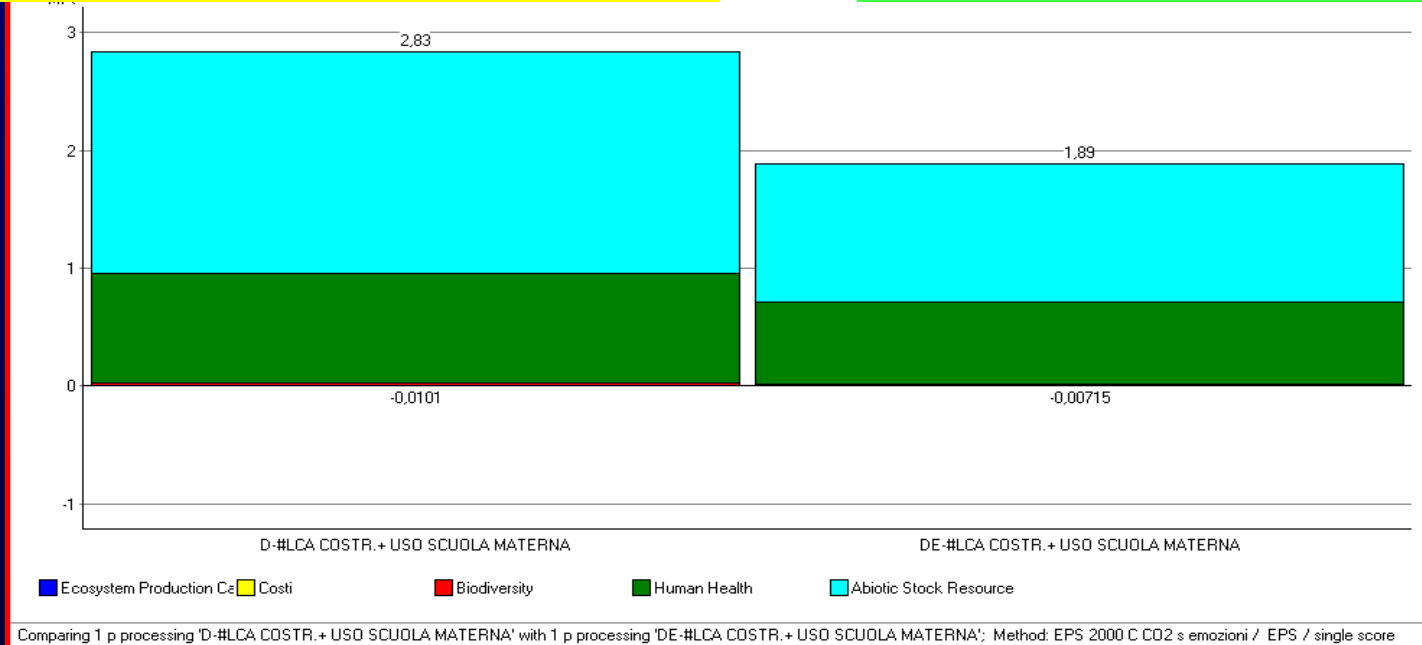


# LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

## CICLO DI VITA COMPLETO

### Valutazione dell'impatto ambientale "SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE"

### Valutazione dell'impatto ambientale "SCUOLA MATERNA ECO-EFFICIENTE"

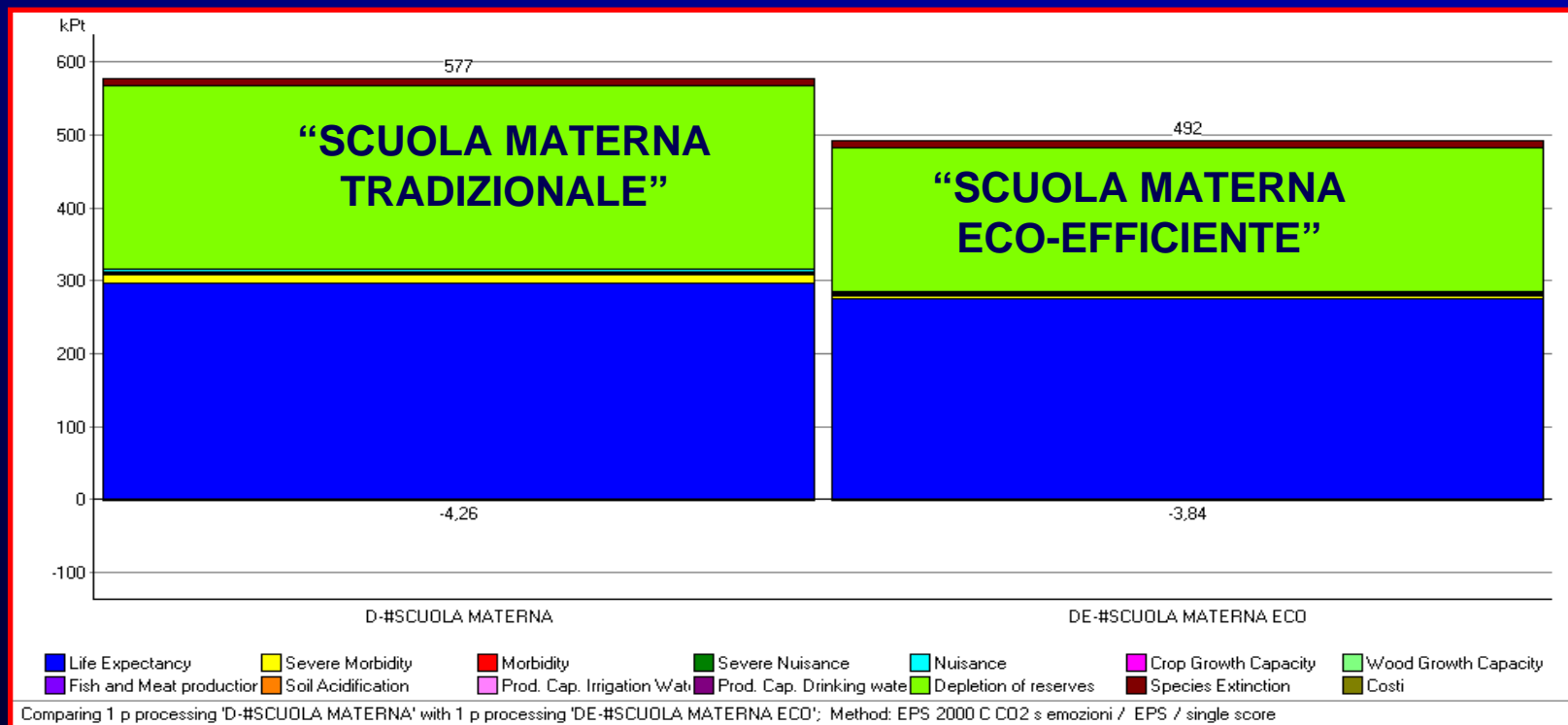


Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che il modello Eco (1,88 MPt) produce un danno inferiore di quello prodotto dal progetto tradizionale (2,82 MPt)

**IL DANNO AMBIENTALE è STATO RIDOTTO DEL 33%**

# LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

## LCA DEL CONFRONTO: Fase di costruzione materiali

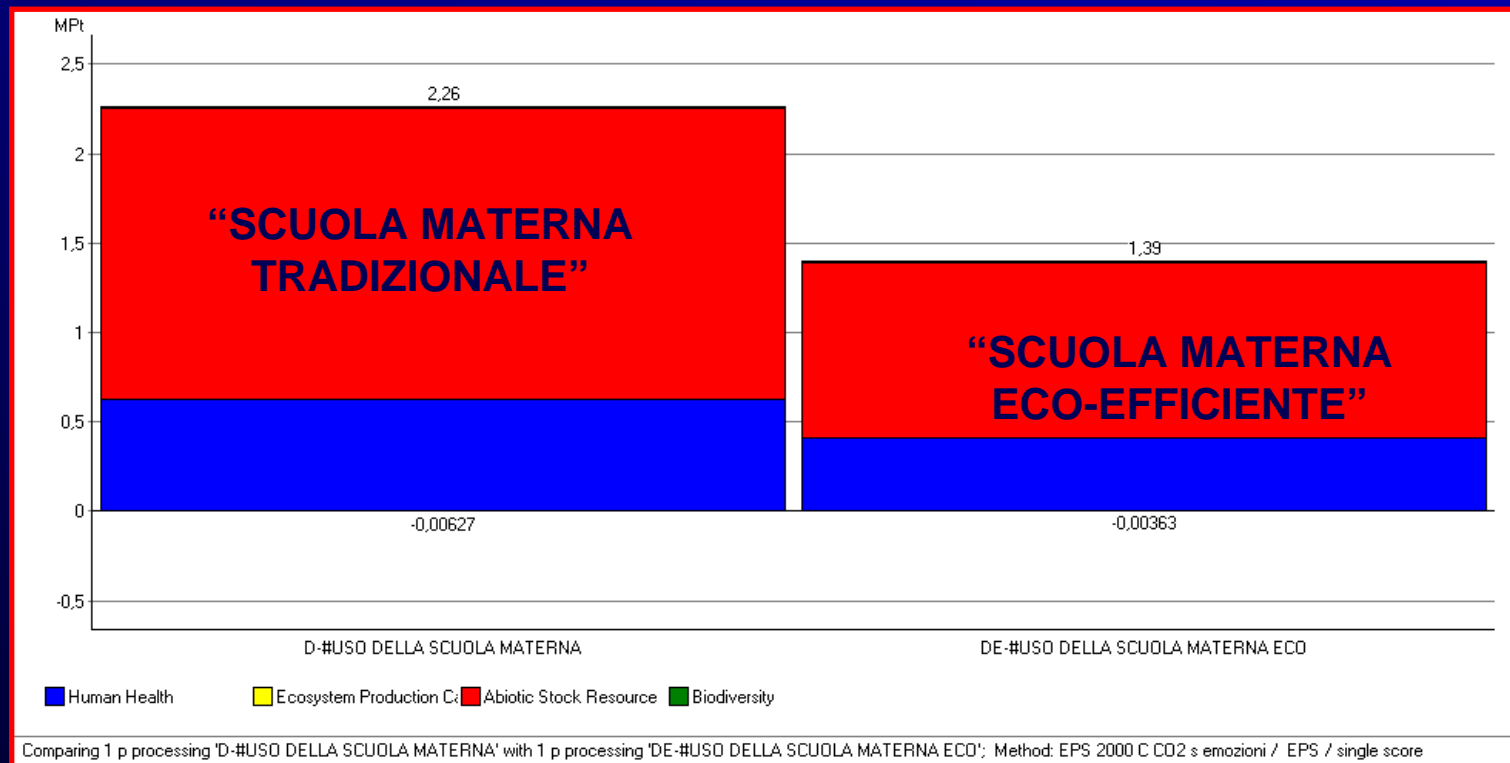


Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che il modello Eco (4,89 KPt) produce un danno inferiore di quello prodotto dal progetto tradizionale (5,73 KPt)

**IL DANNO AMBIENTALE è STATO RIDOTTO DEL 15%**

# LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

## LCA DEL CONFRONTO: Fase di gestione ed uso



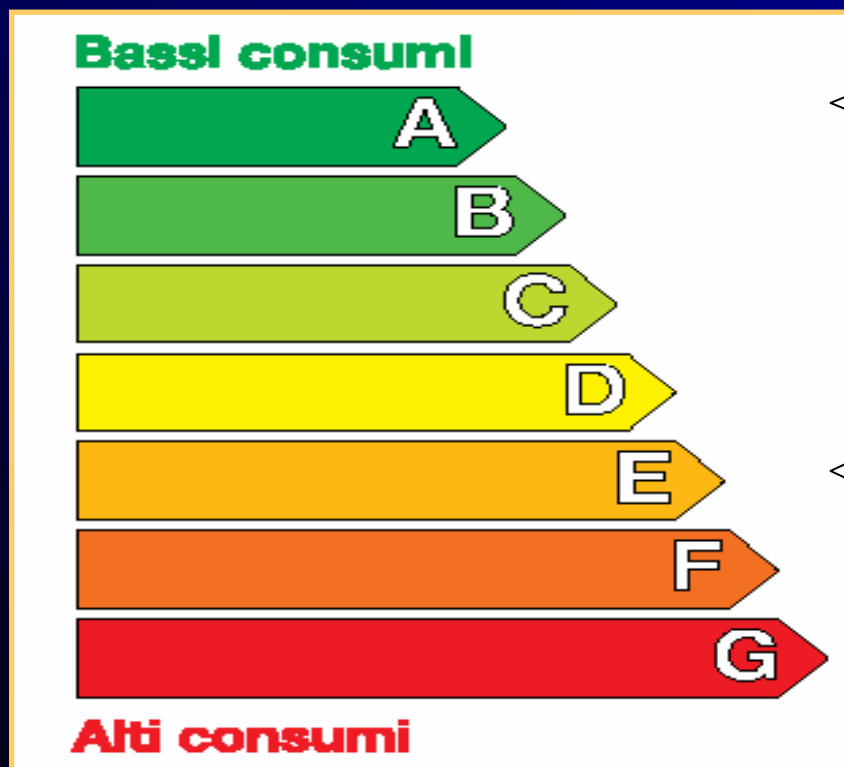
Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che il modello Eco (1,39 MPt) produce un danno inferiore di quello prodotto dal progetto tradizionale (2,25 MPt)

**IL DANNO AMBIENTALE è STATO RIDOTTO DEL 38%**

# CONFRONTO TARGET ENERGETICO DEI DUE PROGETTI

In base all'indice energetico per il riscaldamento  
della certificazione "CASA CLIMA"

## EDIFICIO A BASSO CONSUMO ENERGETICO



CLASSE A  
28,2 Kwh/m<sup>2</sup>a

"SCUOLA MATERNA  
ECO-EFFICIENTE"

CLASSE E  
96 Kwh/m<sup>2</sup>a

"SCUOLA MATERNA  
TRADIZIONALE"

# CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI: ESTERNALITA' DEI COSTI NEL CICLO DI VITA

Per un'esatta valutazione della contabilità ambientale, è necessario fare una distinzione tra i costi ambientali privati e i costi ambientali sociali o esternalità

I costi privati rappresentano il costo della realizzazione dell'edificio e il costo dei consumi di energia nell'arco di 100 anni

I costi esterni riguardano la degradazione dell'ambiente, i danni indiretti alla salute umana e tutti quegli aspetti che non vengono compensati attraverso il sistema legislativo

Il metodo EPS 2000, genera, in fase di valutazione, un valore che corrisponde, in euro, alla disponibilità a pagare da parte della società per evitare o riparare a quel danno.

Salute Umana	PT=EURO	+
Capacità Produttiva dell'ecosistema	PT=EURO	+
Risorse	PT=EURO	+
Biodiversità	PT=EURO	+
Costi COMMERCIALI	PT=EURO	
<b>TOTALE COSTO</b>	<b>PT=EURO</b>	

# CONFRONTO TRAI DUE PROGETTI

## ESTERNALITA' DEI COSTI

Fase di costruzione

	S.M. Tradizionale	S.M. Eco-efficiente
<b>Costo ambientale</b>	<b>0,57 Mpt (mln €)</b>	<b>0,48 Mpt (mln €)</b>
<b>Costo commerciale</b>	<b>0,76 Mpt (mln €)</b>	<b>0,79 Mpt (mln €)</b>
<b>COSTO TOTALE</b>	<b>1,33 Mpt (mln €)</b>	<b>1,29 Mpt. (mln €)</b>

**nella fase di costruzione**

i **Costi Commerciali** relativi ai materiali utilizzati sono superiori nel modello eco-efficiente del **4%** ai costi commerciali di quello tradizionale

il **COSTO TOTALE** è inferiore nel modello eco-efficiente del **3%** rispetto a quello del progetto tradizionale

# CONFRONTO TRAI DUE PROGETTI

## ESTERNALITA' DEI COSTI

Fase d'uso e gestione

	S.M. Tradizionale	S.M. Eco-efficiente
<b>Costo ambientale</b>	<b>2,2 Mpt (mln €)</b>	<b>1,3 Mpt (mln €)</b>
<b>Costo commerciale</b>	<b>1,22 Mpt (mln €)</b>	<b>0,8 Mpt (mln €)</b>
<b>COSTO TOTALE</b>	<b>3,47 Mpt (mln €)</b>	<b>2,2 Mpt. (mln €)</b>

### nella fase d'uso e gestione dell'edificio

nel modello eco-efficiente il fabbisogno d'energia è stato ridotto per merito delle variazioni introdotte:

i **Costi Commerciali** relativi ai consumi energetici sono inferiori del **33%** rispetto al progetto tradizionale

il **COSTO TOTALE** è anch'esso inferiore del **36%**, rispetto a quello del progetto tradizionale

# CONFRONTO TRAI DUE PROGETTI

Ciclo di vita completo

ESTERNALITA' DEI COSTI

	S.M. Tradizionale	S.M. Eco-efficiente
<b>Costo ambientale</b>	<b>2,8 Mpt (mln €)</b>	<b>1,8 Mpt (mln €)</b>
<b>Costo commerciale</b>	<b>1,98 Mpt (mln €)</b>	<b>1,61 Mpt (mln €)</b>
<b>COSTO TOTALE</b>	<b>4,8 Mpt (mln €)</b>	<b>3,49 Mpt. (mln €)</b>

**nel confronto tra cicli di vita completi dei due progetti**

il modello eco-efficiente ha nel suo intero ciclo di vita un **Costo Commerciale** inferiore del 19% rispetto all'altro

il modello eco-efficiente ha nel suo **intero ciclo di vita** un **COSTO TOTALE** inferiore del 27% rispetto all'altro

# CONCLUSIONI

Utilizzando l'LCA è stato valutato l'impatto ambientale, energetico ed economico prodotto dall'edificazione e dall'uso di una Scuola Materna, evidenziando che l'impatto ambientale maggiore della vita di un edificio è prodotto nella fase d'uso

La fase di **eco-design** ha evidenziato le differenze tra una costruzione tradizionale ed un modello eco- efficiente che dipendono da ogni singola scelta effettuata dal progettista

**E' stato dimostrato nel confronto con un eco-progetto:**

- **La riduzione del danno ambientale del 33% sull'intero ciclo di vita dell'edificio**
- **Il risparmio energetico per il riscaldamento, passando da un edificio ad alto fabbisogno energetico ad uno a basso consumo**
- **Il risparmio economico del 27% valutato nell'arco di vita dell'intero edificio e comprensivo non solo di costi commerciali ma anche di quelli ambientali**

# CONCLUSIONI

L'esempio esposto non è sicuramente esaustivo, le variazioni introdotte nel modello messo a punto potrebbero essere varie ma l'obiettivo era di dimostrare **il supporto operativo** che rappresenta questo strumento scientifico e suggerire come l'LCA possa essere applicato dai progettisti in modo tale da accompagnare e coadiuvare tutta la fase progettuale, nel massimo rispetto dell'ambiente e della comunità presente e di quelle future

Questo lavoro di ricerca si colloca tra i casi studio di un più ampio progetto relativo al tema dell'analisi del ciclo di vita applicata all'edilizia, nato dalla collaborazione tra sei Facoltà di Architettura ed Ingegneria del territorio nazionale, l'ENEA e il CNR di Bologna che hanno costituito nel tempo una rete di ricerca sulla tematica

**Grazie per l'attenzione**

Si ringrazia la prof.ssa Cristina Carletti, il prof. Giorgio Raffellini del dipartimento TAeD dell'Università degli Studi di Firenze e l'ing. Paolo Neri del centro ricerche ENEA- Bologna