

EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA

La prevenzione prima di tutto!

1

INTERVENTI COMBINATI DI RETROFIT ANTISISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO (3 CFP)

30 gennaio 2026, ore 15.30 18.30

- 15.30 - Introduzione al programma formativo (Organizzatori, Mauro Dolce)
- 15.50 - Introduzione al modulo (Paolo Clemente)
- 16.00 - Investimenti necessari per la decarbonizzazione del settore edilizio (Giovanni Murano)
- 16.40 - Life Cycle Thinking (Costantino Menna, Chiara Passoni)
- 17.20 - Esempi interventi integrati su edifici in c.a. (Ciro Del Vecchio)
- 17.55 - Esempi interventi integrati su edifici in muratura (Elisa Saler)





CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



fondazione
INARCASSA



CNA
PPC

CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI
PAESAGGISTI
E CONSERVATORI

EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA

La prevenzione prima di tutto!

1

INTERVENTI COMBINATI DI RETROFIT ANTISISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO (3 CFP)

30 gennaio 2026, ore 15.30 18.30



Dipartimento Casa Italia
Presidenza del Consiglio dei Ministri

CON IL PATROCINIO DI:



Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici

OTTAVA EDIZIONE DELLA GIORNATA NAZIONALE DELLA PREVENZIONE SISMICA

OTTAVA EDIZIONE DELLA GIORNATA NAZIONALE DELLA PREVENZIONE SISMICA - EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA -

MODULO **1**: INTERVENTI COMBINATI DI RETROFIT ANTISISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Life Cycle Thinking

Ing. Costantino Menna

(Professore di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II)

Ing. Chiara Passoni

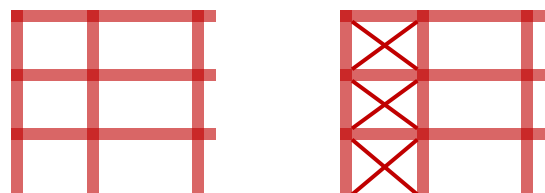
(Ricercatrice in Tenure Track presso l'Università degli Studi di Bergamo)

1. Introduzione al problema

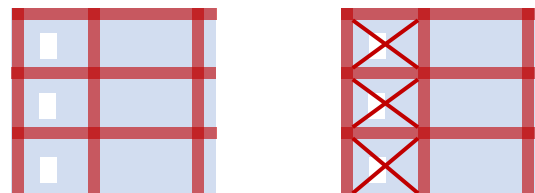
IMPATTI



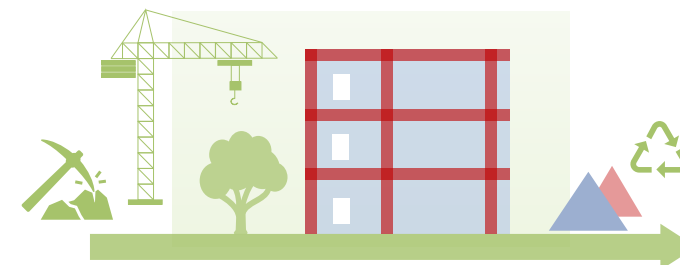
CONFINI



STRUTTURA
INTERVENTI STRUTTURALI

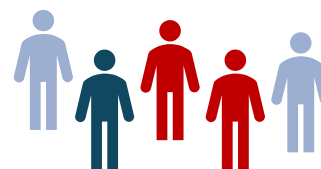


EDIFICIO NEL SUO INSIEME
INTERVENTI COMBINATI



EDIFICI NEL SISTEMA COSTRUITO
INTERVENTI SOSTENIBILI

INGEGNERI
STRUTTURISTI



1. Introduzione al problema



40%
EDIFICI HANNO
ESAURITO VITA UTILE



50%
CONSUMO
MATERIE PRIME



35%
PRODUZIONE
RIFIUTI



35%
CONSUMO
ENERGIA



25%
DECESSI SUL
LAVORO

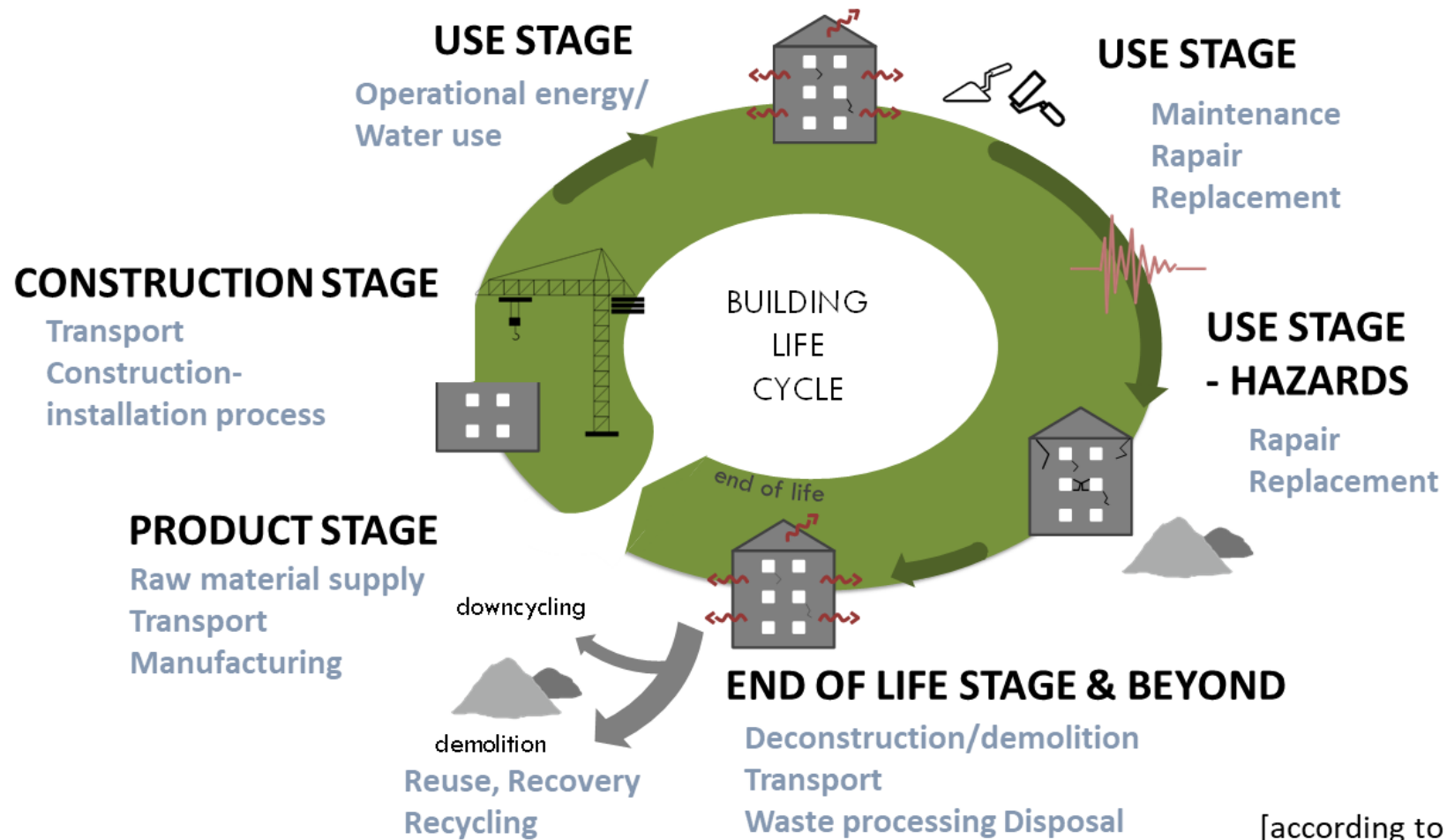


35%
EMISSIONI
GAS SERRA

1. Introduzione al problema



2. Life Cycle Thinking (LCT)

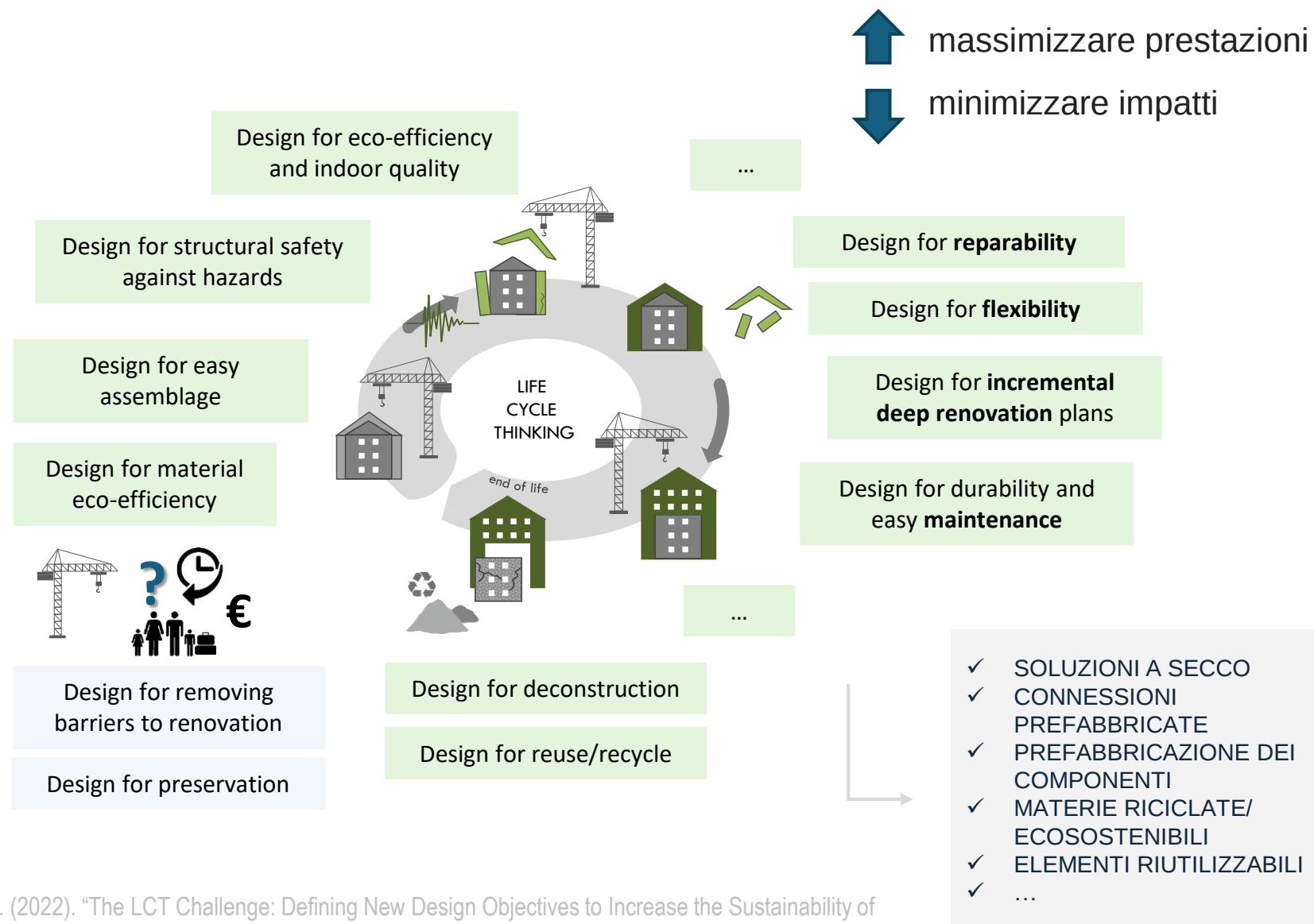


[according to UNI EN 15978]

2. Life Cycle Thinking (LCT)

Life Cycle Structural Engineering è la disciplina che declina i principi del *Life Cycle Thinking* in ambito strutturale.

Nell'ambito del recupero degli edifici esistenti, adottando tale **approccio** è possibile concepire interventi di retrofit che consentano di massimizzare molteplici prestazioni minimizzando al tempo stesso gli impatti lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio.



3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

metriche

LC Tools - valutazioni sul ciclo vita

LCA LCC S-LCA LCSA

etichette

Environmental Product
Declaration/Labels

EPD (Type III) ECOLABEL (Type I)

certificazioni

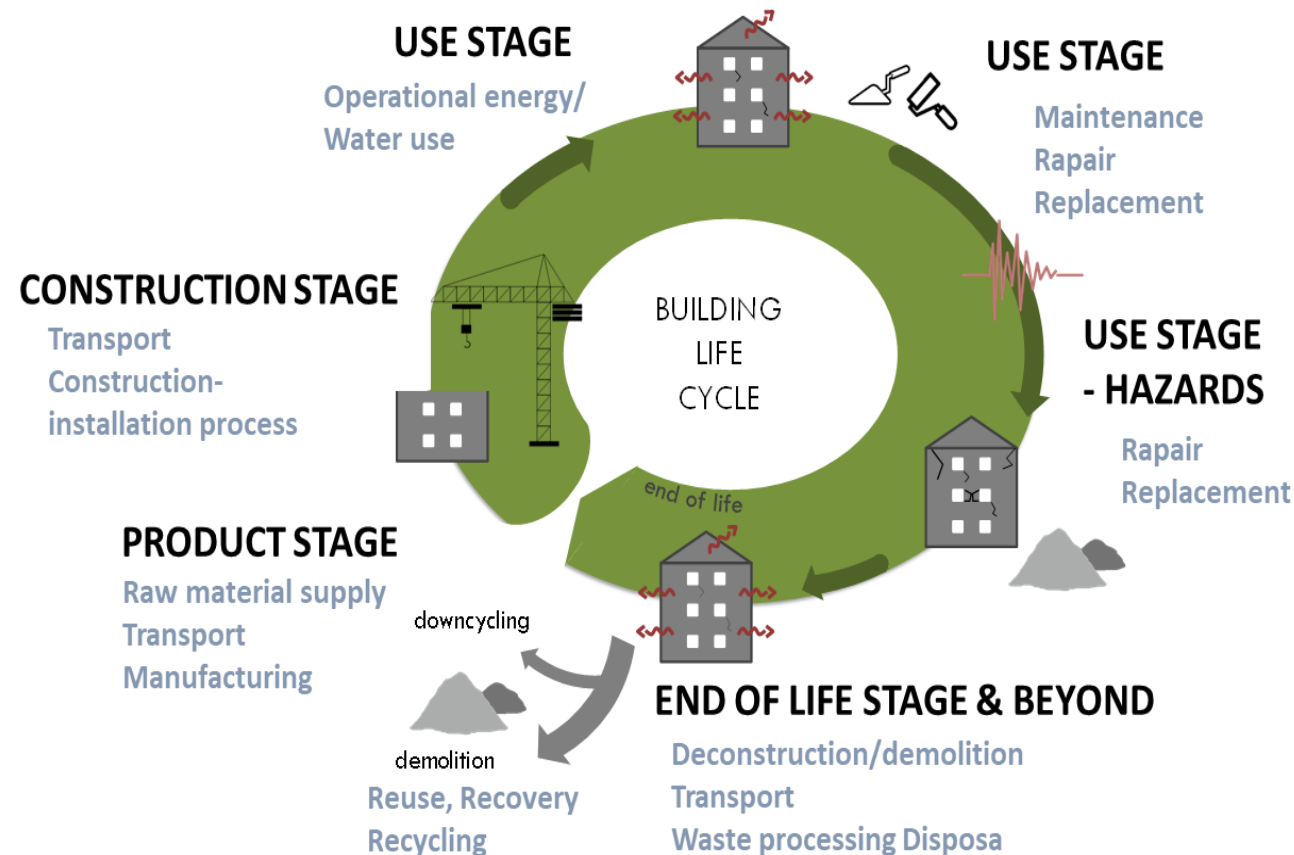
Sustainable/green building
rating systems

GBRS – LEED, BREEAM, ...

framework

Sustainable/green frameworks

CAM, LEVEL(S), ...



3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

metriche

LC Tools - valutazioni sul ciclo vita

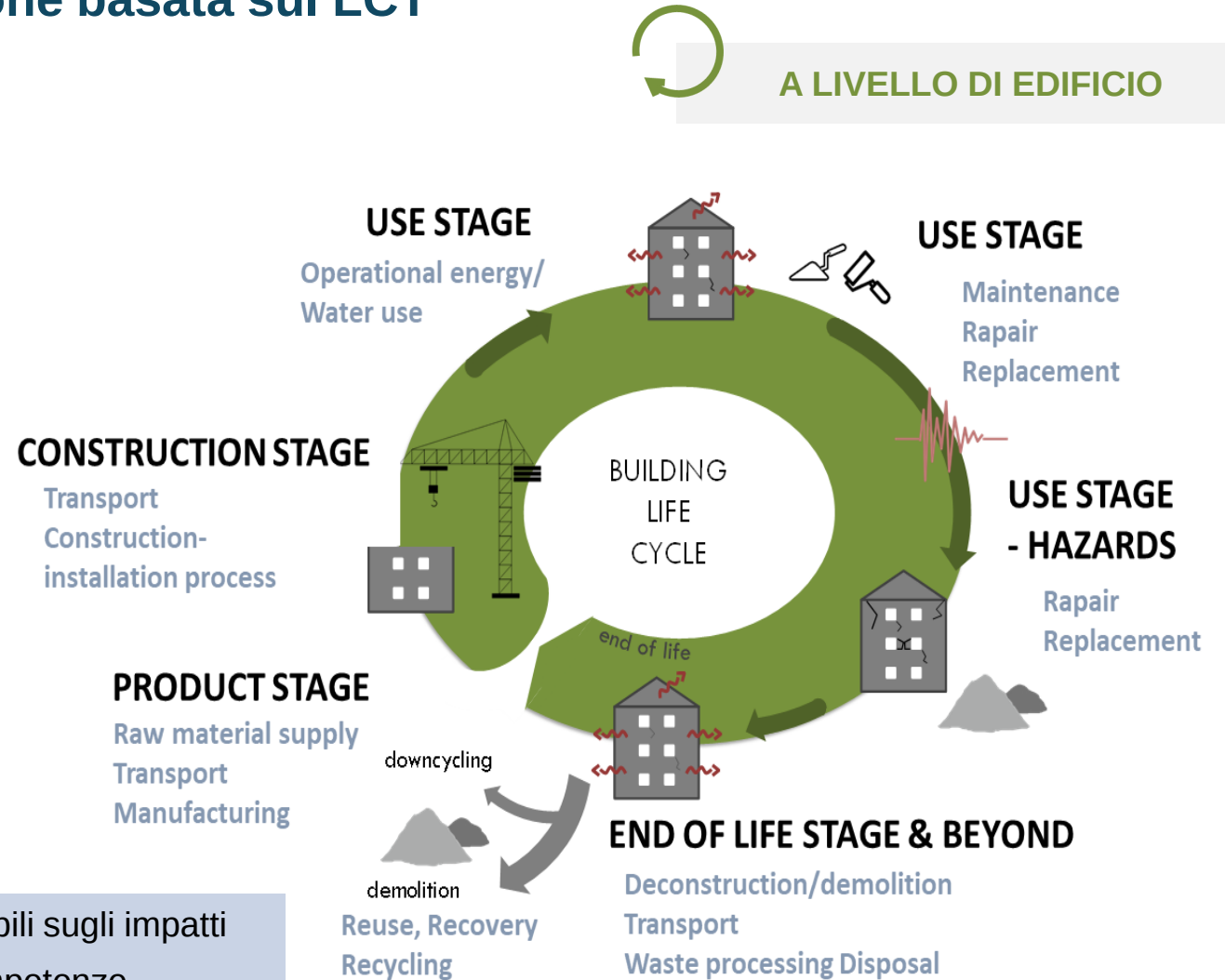
LCA (Life Cycle Assessment)
LCC (Life Cycle Costing)
S-LCA (Social Life Cycle Assessment)

Life cycle tools misurano, monitorano e comunicano gli impatti ambientali, economici, sociali di prodotti, consentendo di identificare più facilmente le alternative con le migliori prestazioni

[UNEP/SETAC, 2012]

(strumenti ex post)

1. Mancanza di dati affidabili sugli impatti
2. Necessità di nuove competenze
3. Procedure lunghe
4. Molteplicità di dati in input



3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT



A LIVELLO DI PRODOTTO

metriche

LC Tools - valutazioni sul ciclo v

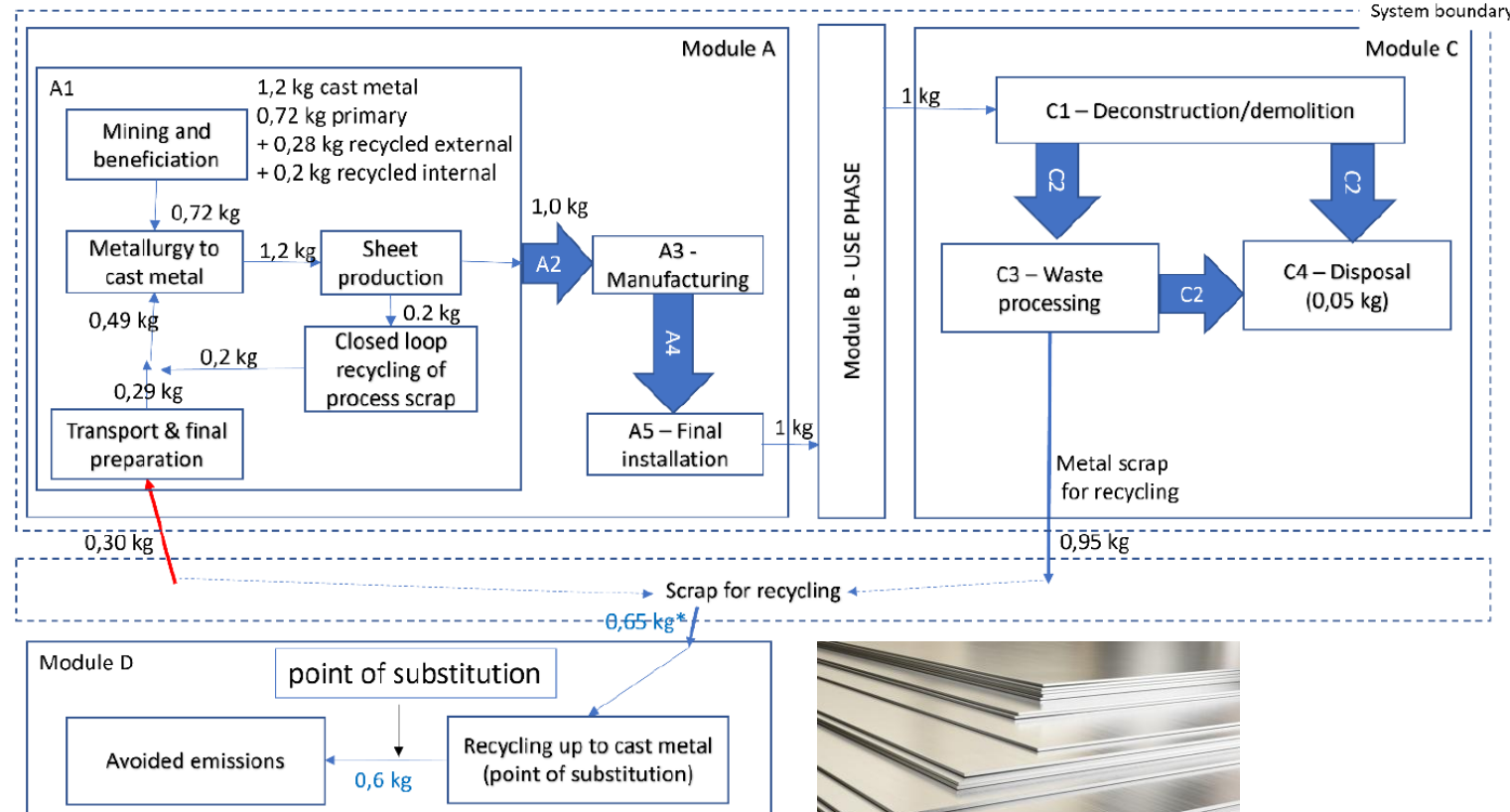
LCA (Life Cycle Assessment)
LCC (Life Cycle Costing)
S-LCA (Social Life Cycle Assessment)

Life cycle tools misurano, monitorano e comunicano gli impatti ambientali, economici, sociali di prodotti, consentendo di identificare più facilmente le alternative con le migliori prestazioni

[UNEP/SETAC, 2012]

(strumenti ex post)

Overview Case 1 Recycling only (Steel) - 1 kg of metal sheet produced from 1,2kg of cast metal made of 60% primary & 40% from secondary materials



LCA: Esempio illustrativo di diagramma di flusso per una lamiera metallica



3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT



A LIVELLO DI PRODOTTO

metriche

LC Tools - valutazioni sul ciclo vita

LCA LCC S-LCA LCSA

etichette

Environmental Product
Declaration/Labels

EPD (Type III) ECOLABEL (Type I)



**ENVIRONMENTAL
PRODUCT
DECLARATION**

MERCHANT BARS
ITALIAN PLANTS AVERAGE

EPD – ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS

Le EPD sono documenti ufficiali e verificati che descrivono gli impatti ambientali di un prodotto lungo il suo ciclo di vita, sulla base di uno studio LCA (Life Cycle Assessment).



AFV BELTRAME GROUP



**AFV BELTRAME
ITALIAN PLANTS**

GWP Global warming potential
ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer
AP Acidification potential of land and water
EP Eutrophication potential
POCP Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants
ADPE Abiotic depletion potential for non-fossil resources
ADPF Abiotic depletion potential for fossil resources

SCIENTIFIC NOTATION
Reading guide
GWP: 4.7E+02 is equal to
 $4.7 \times 10^{+2} = 4.7 \times 100 = 470$

ENVIRONMENTAL IMPACTS PER DECLARED UNIT

POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACTS	UNITS / D.U.	UPSTREAM PROCESS	CORE PROCESS			DOWNSTREAM PROCESS	TOTAL*
		A1	A2	A3		A4	
GWP	kg CO ₂ eq	4.7E+02	2.6E+01	2.3E+02		5.6E+01	7.8E+02
ODP	kg CFC-11 eq	5.5E-05	3.8E-06	7.7E-06		8.4E-06	7.5E-05
AP	kg SO ₂ eq	1.6E+00	1.7E-01	3.7E-01		2.1E-01	2.4E+00
EP	kg PO ₄ ³⁻ eq	2.2E-01	3.0E-02	8.0E-02		4.5E-02	3.7E-01
POCP	kg C ₂ H ₄ eq	7.3E-02	4.4E-03	5.8E-02		4.5E-03	1.4E-01
ADPE	kg Sb eq	4.9E-05	6.2E-08	1.5E-04		6.9E-08	2.0E-04
ADPF	MJ	1.0E+04	3.5E+02	9.4E+02		7.3E+02	1.2E+04

*Totals may not correspond to the sum of the individual contributors due to approximations.



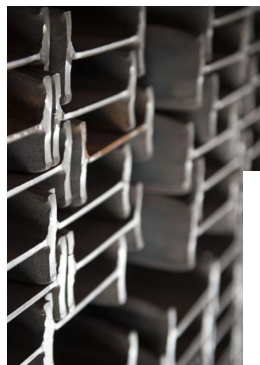
3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

etichette

Environmental Product Declaration/Labels

EPD (Type III)

ECOLABEL (Type I)



ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

MERCHANT BARS
ITALIAN PLANTS AVERAGE

AFV BELTRAME GROUP

AFV BELTRAME
ITALIAN PLANTS

ENVIRONMENTAL IMPACTS PER DECLARED UNIT

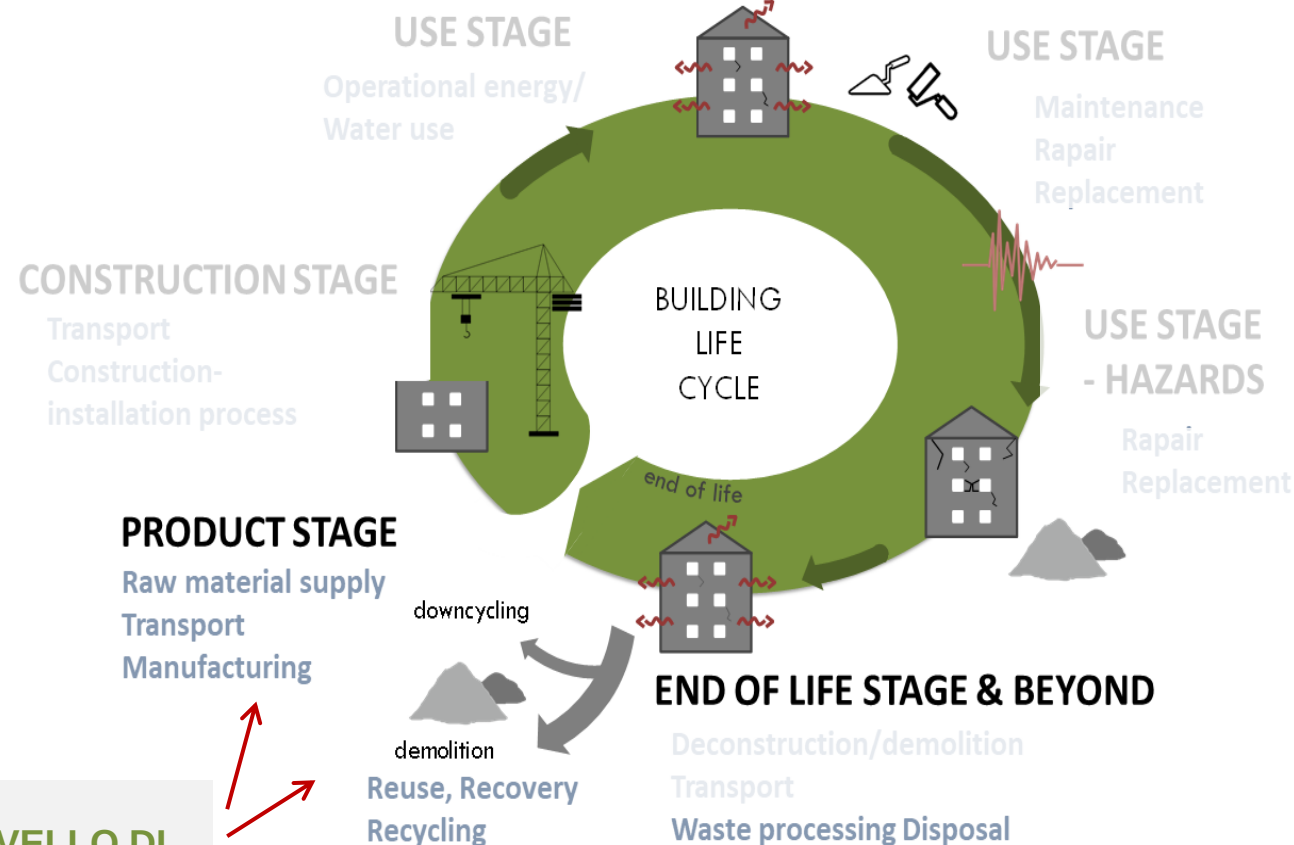
POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACTS	UNITS / D.O.	UPSTREAM PROCESS	A1	A2	CORE PROCESS	A3	DOWNSTREAM PROCESS	A4	TOTAL*
GWP	kg CO ₂ eq		4.78E+02	2.88E+01	2.38E+02	5.08E+01		5.08E+01	7.68E+02
ODP	kg CFC-11 eq		5.08E-05	3.08E-06	2.38E-05	5.08E-06		5.08E-06	7.68E-05
AP	kg SO ₂ eq		5.08E-05	3.08E-06	2.38E-05	5.08E-06		5.08E-06	7.68E-05
EP	kg PO ₄ -P eq		2.38E-03	3.08E-04	3.08E-03	4.38E-04		4.38E-04	3.28E-03
POCP	kg C ₂ H ₄ eq		7.38E+01	4.48E+01	5.08E+01	4.38E+01		4.38E+01	1.48E+02
ADPE	kg kWh eq		4.78E+01	4.38E+00	1.38E+04	4.38E+00		4.38E+00	2.08E+04
ADPF	kg		1.08E+04	1.58E+02	9.48E+02	7.38E+02		7.38E+02	1.28E+04

*Totals may not correspond to the sum of the individual contributions due to approximations.

Page 7



A LIVELLO DI EDIFICIO



A LIVELLO DI
PRODOTTO

3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

LEED (2020)



certificazioni

Sustainable/green
building rating
systems

**GBRS – LEED,
BREEAM, ...**

I Green Building Rating Systems sono sistemi di valutazione e certificazione di carattere volontario che misurano il livello di sostenibilità ambientale di un edificio lungo tutto il suo ciclo di vita. Essi assegnano un punteggio o un livello di certificazione a un edificio in base alle sue prestazioni ambientali, energetiche e sociali.

(strumenti ex post)

LEED v4.1 Residential: Multifamily Scorecard

INTEGRATIVE PROCESS		1
Credit	Integrative Process	1
LOCATION AND TRANSPORTATION		15
Credit	LEED for Neighborhood Development Location	15
Credit	Sensitive Land Protection	2
Credit	High-Priority Site	1
Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
Credit	Access to Quality Transit	3
Credit	Bicycle Facilities	1
Credit	Reduced Parking Footprint	1
Credit	Electric Vehicles	2
SUSTAINABLE SITES		10
Prerequisite	Construction Activity Pollution Prevention	P
Credit	Site Assessment	1
Credit	Protect or Restore Habitat	1
Credit	Open Space	1
Credit	Rainwater Management	3
Credit	Heat Island Reduction	2
Credit	Light Pollution Reduction	1
WATER EFFICIENCY		12
Prerequisite	Water Use Reduction	P
Prerequisite	Building-Level Water Metering	P
Credit	Water Use Reduction	10
Credit	Water Metering	2
ENERGY AND ATMOSPHERE		34
Prerequisite	Fundamental Systems Testing and Verification	P
Prerequisite	Minimum Energy Performance	P
Prerequisite	Energy Metering	P
Prerequisite	Fundamental Refrigerant Management	P
Credit	Enhanced Commissioning	6
Credit	Optimize Energy Performance	18
Credit	Whole Building Energy Monitoring and Reporting	1
Credit	Grid Harmonization	2
Credit	Renewable Energy	5
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
Credit	Efficient Hot Water Distribution Systems	1
MATERIALS AND RESOURCES		13
Prerequisite	Storage and Collection of Recyclables	P
Prerequisite	Construction and Demolition Waste Management Planning	P
Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5
Credit	Environmentally Preferable Products	6
Credit	Construction and Demolition Waste Management	2

9

U.S. Green Building Council

INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY		16
Prerequisite	Minimum Indoor Air Quality Performance	P
Prerequisite	Combustion Venting	P
Prerequisite	Garage Pollutant Protection	P
Prerequisite	Radon-Resistant Construction	P
Prerequisite	Interior Moisture Management	P
Prerequisite	Environmental Tobacco Smoke Control	P
Prerequisite	Compartmentalization	P
Credit	Enhanced Compartmentalization	1
Credit	No Environmental Tobacco Smoke	1
Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	4
Credit	Low-Emitting Materials	4
Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
Credit	Thermal Comfort	1
Credit	Daylight and Quality Views	1
Credit	Acoustic Performance	2
INNOVATION		6
Credit	Innovation	5
Credit	LEED Accredited Professional	1
REGIONAL PRIORITY		4
Credit	Regional Priority	4
TOTAL POINTS		110 POSSIBLE POINTS

P= PREREQUISITE
C= CREDITS

Σ C= TOTAL POINTS



10

U.S. Green Building Council

3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

framework

Sustainable/green
frameworks

CAM, LEVEL(S), ...

**CAM – CRITERI AMBIENTALI
MINIMI (EDILIZIA)**

Sono **criteri ambientali
obbligatori** che le stazioni
appaltanti pubbliche devono
inserire nei bandi di gara per
progettare, costruire,
ristrutturare e gestire gli edifici,
al fine di ridurre l'impatto
ambientale lungo l'intero ciclo di
vita dell'opera.

(strumenti ex ante e post)

1	PREMESSA	4
1.1	AMBITO DI APPLICAZIONE DEI CAM ED ESCLUSIONI	4
1.2	APPROCCIO DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER IL CONSEGUIMENTO DEGLI OBIETTIVI AMBIENTALI	4
1.3	INDICAZIONI GENERALI PER LA STAZIONE APPALTANTE	10
1.3.1	Analisi del contesto, e dei fabbisogni	10
1.3.2	Competenze dei progettisti e della direzione lavori	11
1.3.3	Applicazione dei CAM	11
1.3.4	Verifica dei criteri ambientali e mezzi di prova	12
2	CRITERI PER L'AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI PROGETTAZIONE DI INTERVENTI EDILIZI	15
2.1	SELEZIONE DEI CANDIDATI	15
2.1.1	Capacità tecnica e professionale	15
2.2	CLAUSOLE CONTRATTUALI	16
2.2.1	Relazione CAM	16
2.2.2	Specifiche del progetto	17
2.3	SPECIFICHE TECNICHE PROGETTUALI DI LIVELLO TERRITORIALE-URBANISTICO	18
2.3.1	Inserimento naturalistico e paesaggistico	18
2.3.2	Permeabilità della superficie territoriale	18
2.3.3	Riduzione dell'effetto "isola di calore estiva" e dell'inquinamento atmosferico	19
2.3.4	Riduzione dell'impatto sul sistema idrografico superficiale e sotterraneo	20
2.3.5	Infrastrutturazione primaria	21
2.3.5.1	Raccolta, depurazione e riuso delle acque meteoriche	21
2.3.5.2	Rete di irrigazione delle aree a verde pubblico	21
2.3.5.3	Aree attrezzate per la raccolta differenziata dei rifiuti	21
2.3.5.4	Impianto di illuminazione pubblica	21
2.3.5.5	Sottoservizi per infrastrutture tecnologiche	21
2.3.6	Infrastrutturazione secondaria e mobilità sostenibile	21
2.3.7	Approvvigionamento energetico	22
2.3.8	Rapporto sullo stato dell'ambiente	22
2.3.9	Risparmio idrico	22
2.4	SPECIFICHE TECNICHE PROGETTUALI PER GLI EDIFICI	24
2.4.1	Diagnosi energetica	24
2.4.2	Prestazione energetica	25
2.4.3	Impianti di illuminazione per interni	26
2.4.4	Ispezionabilità e manutenzione degli impianti di riscaldamento e condizionamento	26
2.4.5	Aerazione, ventilazione e qualità dell'aria	26
2.4.6	Benessere termico	27
2.4.7	Illuminazione naturale	27
2.4.8	Dispositivi di ombreggiamento	28
2.4.9	Tenuta all'aria	29
2.4.10	Inquinamento elettromagnetico negli ambienti interni	29
2.4.11	Prestazioni e comfort acustici	30
2.4.12	Radon	30
2.4.13	Piano di manutenzione dell'opera	31
2.4.14	Disassemblaggio e fine vita	31
2.5	SPECIFICHE TECNICHE PER I PRODOTTI DA COSTRUZIONE	33
2.5.1	Emissioni negli ambienti confinati (inquinamento indoor)	34
2.5.2	Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati	35
2.5.3	Prodotti prefabbricati in calcestruzzo, in calcestruzzo aerato autoclavato e in calcestruzzo vibrocompreso	35
2.5.4	Acciaio	35
2.5.5	Laterizi	36
2.5.6	Prodotti legnosi	36

2.5.7	Isolanti termici ed acustici	37
2.5.8	Tramezzature, contropareti perimetrali e controsoffitti	39
2.5.9	Murature in pietrame e miste	39
2.5.10	Pavimenti	39
2.5.10.1	Pavimentazioni dure	39
2.5.10.2	Pavimenti resilienti	40
2.5.11	Serramenti ed oscuranti in PVC	40
2.5.12	Tubazioni in PVC e Polipropilene	41
2.5.13	Pitture e vernici	41
2.6	SPECIFICHE TECNICHE PROGETTUALI RELATIVE AL CANTIERE	42
2.6.1	Prestazioni ambientali del cantiere	42
2.6.2	Demolizione selettiva, recupero e riciclo	43
2.6.3	Conservazione dello strato superficiale del terreno	44
2.6.4	Rinterri e riempimenti	45
2.7	CRITERI PREMIANTI PER L'AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI PROGETTAZIONE	46
2.7.1	Competenza tecnica dei progettisti	46
2.7.2	Metodologie di ottimizzazione delle soluzioni progettuali per la sostenibilità (LCA e LCC)	46
2.7.3	Progettazione in BIM	47
2.7.4	Valutazione dei rischi non finanziari o ESG (Environment, Social, Governance)	47
3	CRITERI PER L'AFFIDAMENTO DEI LAVORI PER INTERVENTI EDILIZI	48
3.1	CLAUSOLE CONTRATTUALI PER LE GARE DI LAVORI PER INTERVENTI EDILIZI	48
3.1.1	Personale di cantiere	48
3.1.2	Macchine operatrici	48
3.1.3	Grassi ed oli lubrificanti per i veicoli utilizzati durante i lavori	48
3.1.3.1	Grassi ed oli lubrificanti: compatibilità con i veicoli di destinazione	49
3.1.3.2	Grassi ed oli biodegradabili	49
3.1.3.3	Grassi ed oli lubrificanti minerali a base rigenerata	51
3.1.3.4	Requisiti degli imballaggi in plastica degli oli lubrificanti (biodegradabili o a base rigenerata)	52
3.2	CRITERI PREMIANTI PER L'AFFIDAMENTO DEI LAVORI	53
3.2.1	Sistemi di gestione ambientale	53
3.2.2	Valutazione dei rischi non finanziari o ESG (Environment, Social, Governance)	53
3.2.3	Prestazioni migliorative dei prodotti da costruzione	54
3.2.4	Metodologie di ottimizzazione delle soluzioni progettuali per la sostenibilità (LCA e LCC)	54
3.2.5	Distanza di trasporto dei prodotti da costruzione	55
3.2.6	Capacità tecnica dei posatori	55
3.2.7	Grassi ed oli lubrificanti per i veicoli utilizzati durante i lavori	56
3.2.7.1	Lubrificanti biodegradabili (diversi dagli oli motore): possesso del marchio Ecolabel (UE) o di altre etichette ambientali conformi alla UNI EN ISO 14024	56
3.2.7.2	Grassi ed oli lubrificanti minerali: contenuto di base rigenerata	56
3.2.7.3	Requisiti degli imballaggi degli oli lubrificanti (biodegradabili o a base rigenerata)	57
3.2.8	Emissioni indoor	58
3.2.9	Utilizzo di materiali e prodotti da costruzione prodotti in impianti appartenenti a Paesi ricadenti in ambito EU/ETS (Emission Trading System)	59
3.2.10	Etichettature ambientali	60
4	CRITERI PER L'AFFIDAMENTO CONGIUNTO DI PROGETTAZIONE E LAVORI PER INTERVENTI EDILIZI	61
4.1	SPECIFICHE TECNICHE PROGETTUALI	61
4.2	CLAUSOLE CONTRATTUALI	61
4.3	CRITERI PREMIANTI	61
4.3.1	Metodologie di ottimizzazione delle soluzioni progettuali per la sostenibilità (LCA e LCC)	61
4.3.2	Valutazione dei rischi non finanziari o ESG (Environment, Social, Governance)	61
4.3.3	Prestazione energetica migliorativa	62
4.3.4	Materiali Rinnovabili	62
4.3.5	Selezione di pavimentazioni in gres porcellanato	62
4.3.6	Sistema di automazione, controllo e monitoraggio dell'edificio	63
4.3.7	Protocollo di misura e verifica dei risparmi energetici	63
4.3.8	Fine vita degli impianti	64

3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

A LIVELLO DI EDIFICIO

certificazioni

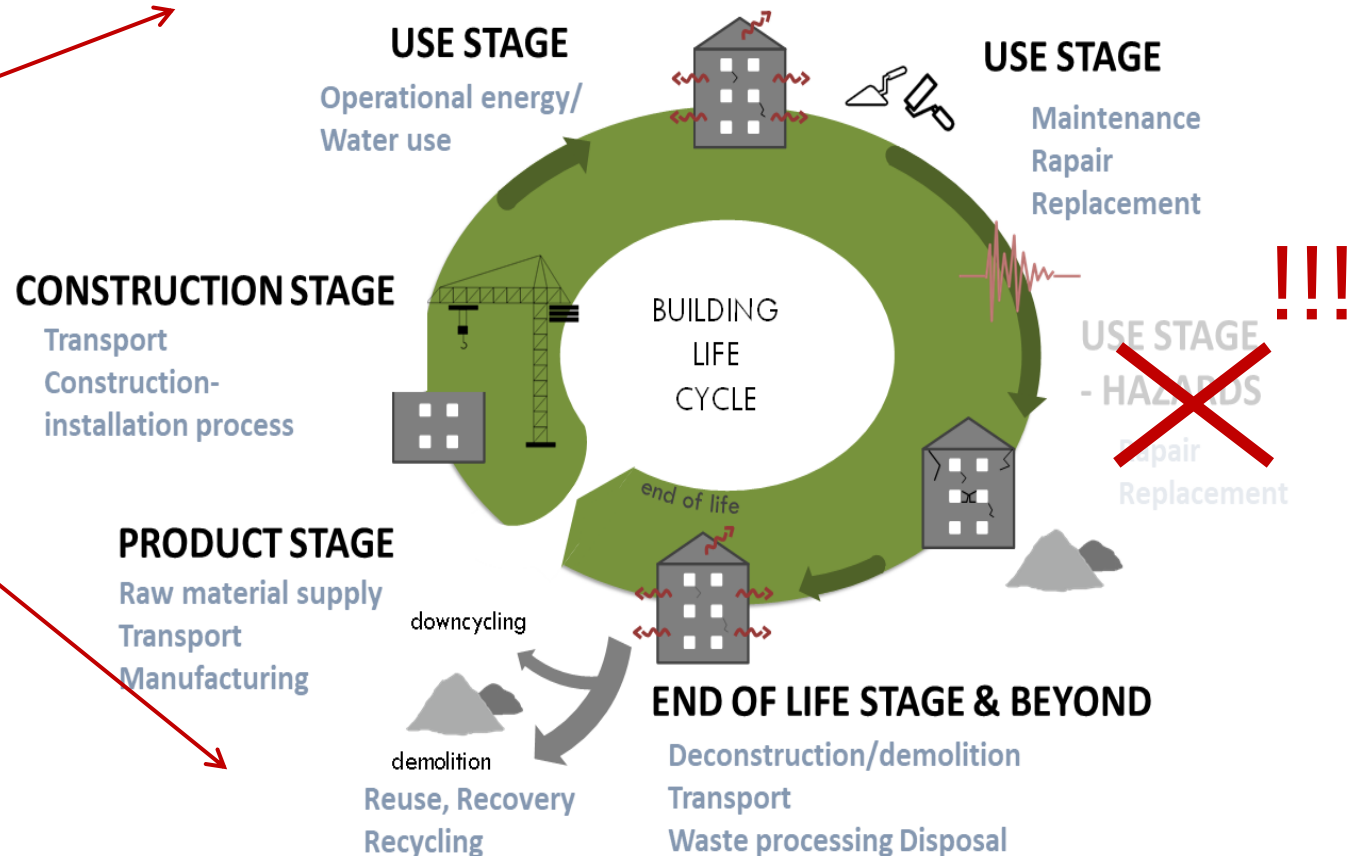
Sustainable/green
building rating
systems

GBRS – LEED,
BREEAM, ...

framework

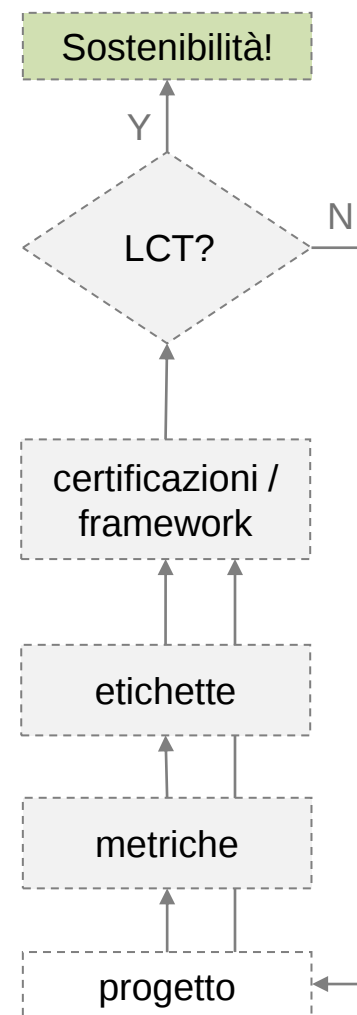
Sustainable/green
frameworks

CAM, LEVEL(S), ...



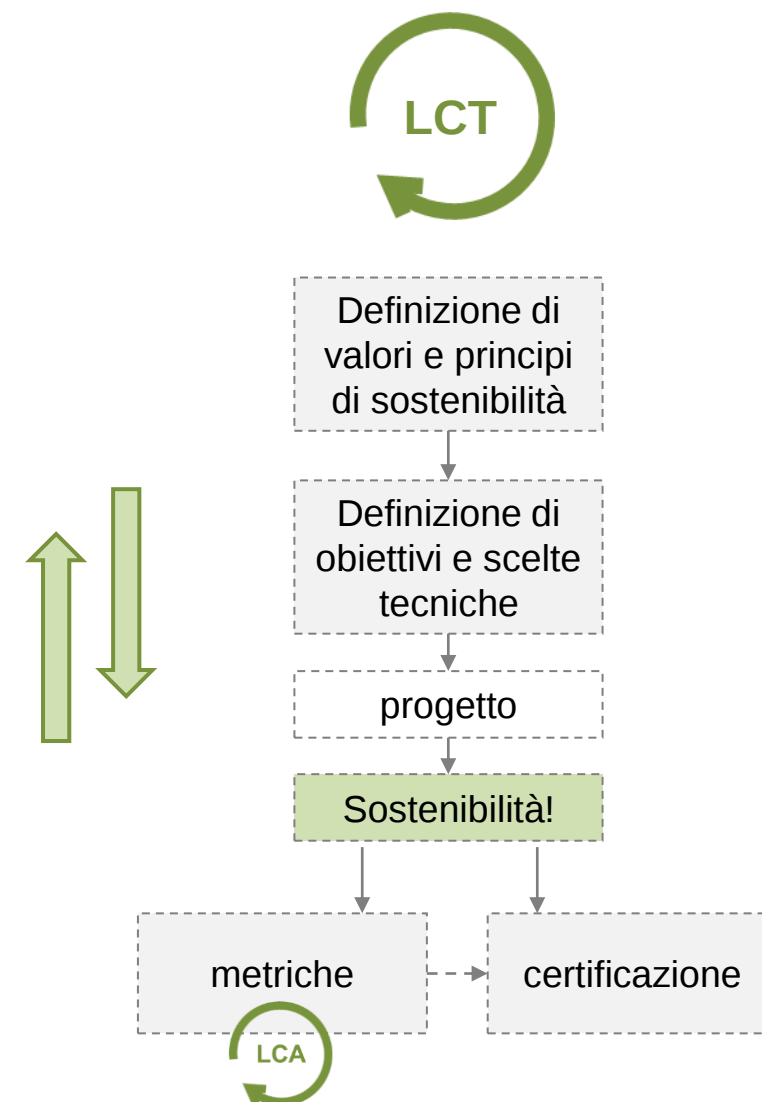
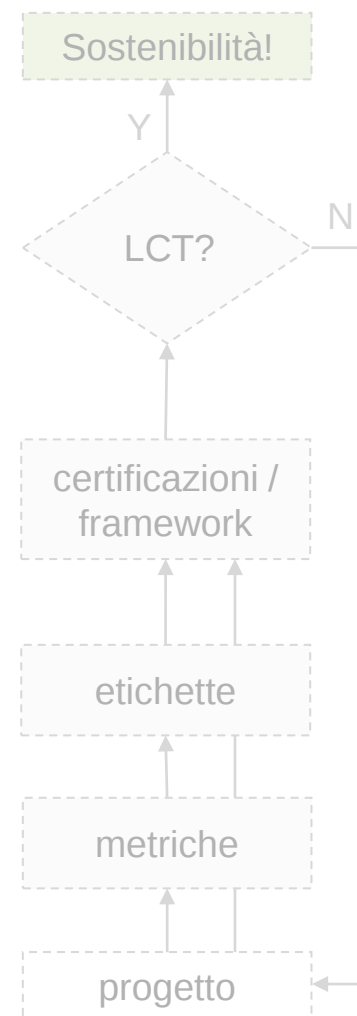
3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

metriche	<u>LC Tools - valutazioni sul ciclo vita</u> LCA LCC S-LCA LCSA
etichette	<u>Green/Environmental Product Declaration/Labels</u> EPD (Type III) ECOLABEL (Type I)
certificazioni	<u>Sustainable/green building rating systems</u> GBRS – LEED, BREEAM, ...
framework	<u>Sustainable/green frameworks</u> CAM, LEVEL(S), ...



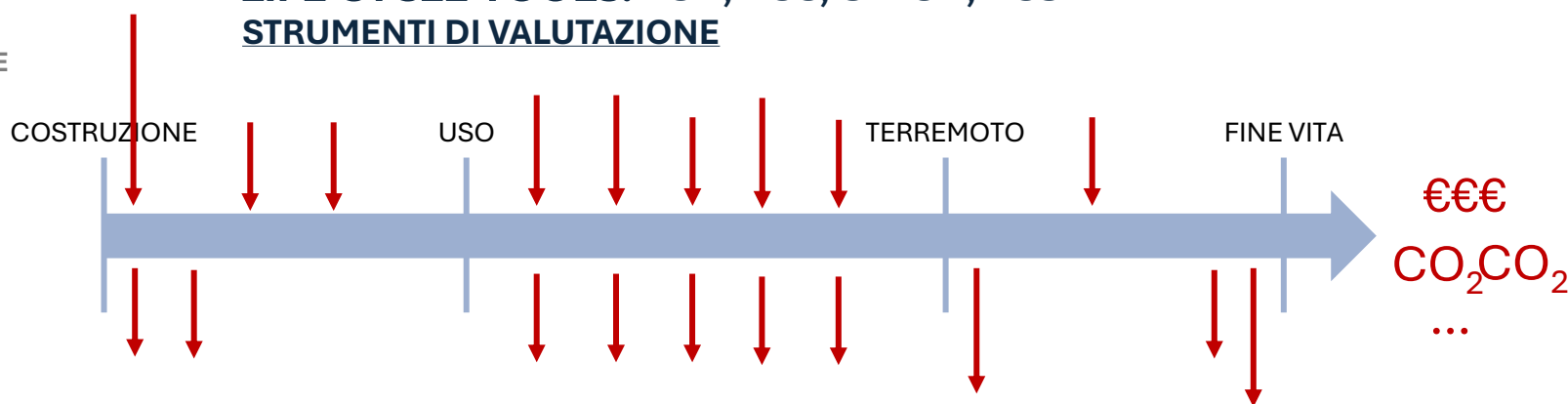
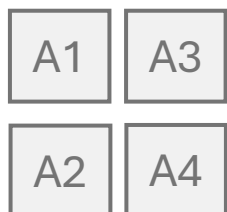
3. Strumenti disponibili per una progettazione basata sul LCT

metriche	<u>LC Tools - valutazioni sul ciclo vita</u> LCA LCC S-LCA LCSA
etichette	<u>Green/Environmental Product Declaration/Labels</u> EPD (Type III) ECOLABEL (Type I)
certificazioni	<u>Sustainable/green building rating systems</u> GBRS – LEED, BREEAM, ...
framework	<u>Sustainable/green frameworks</u> CAM, LEVEL(S), ...

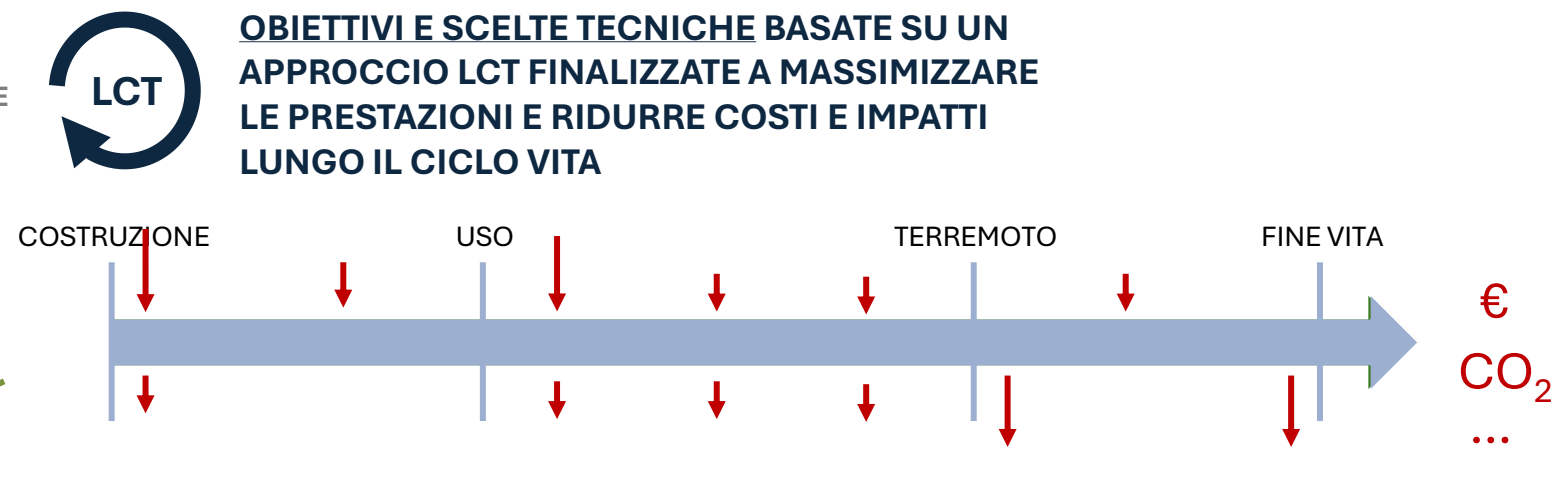
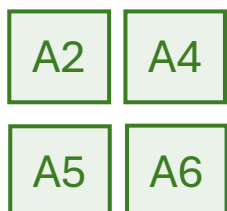


Life Cycle Thinking vs Life Cycle Tools

ALTERNATIVE
ISO-PERFORMANCE



ALTERNATIVE
ISO-PERFORMANCE



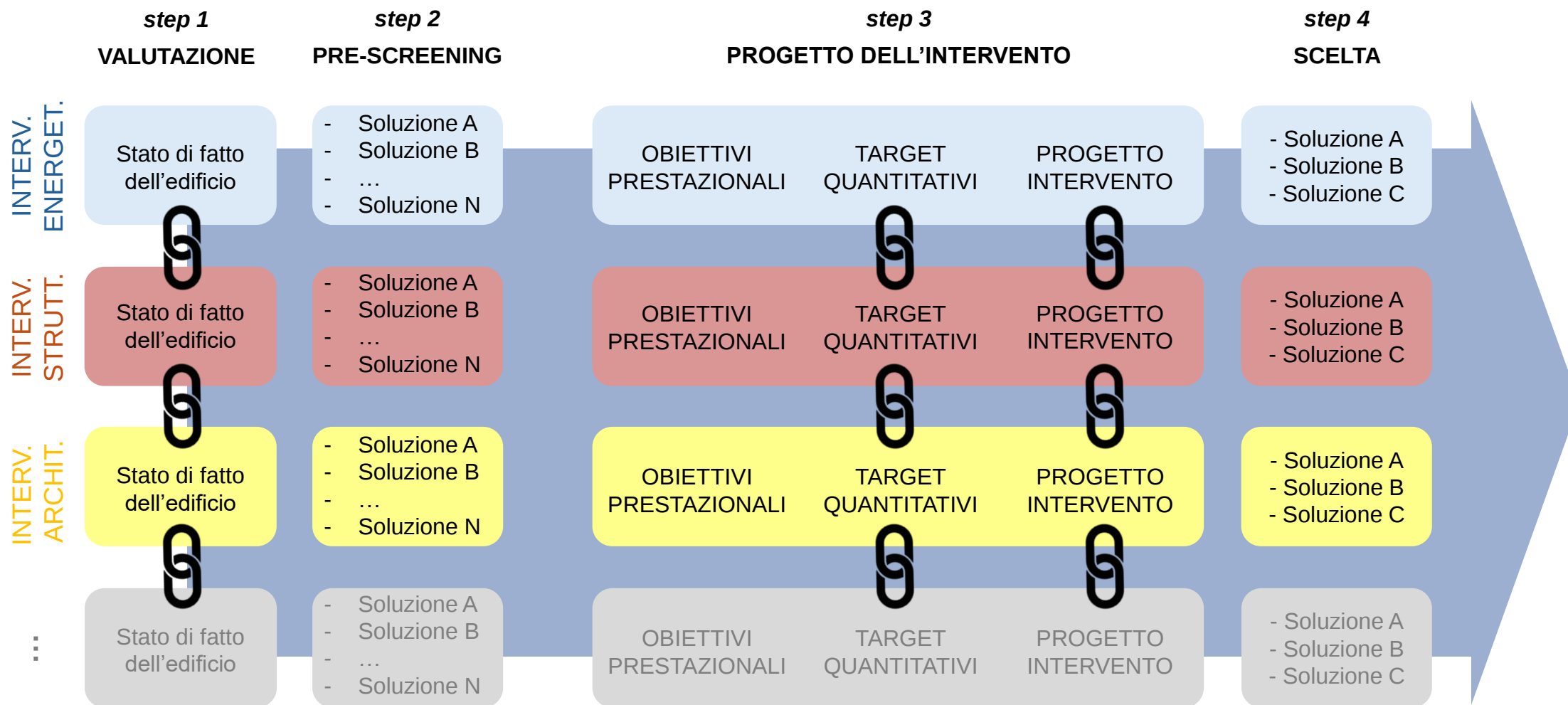
4. Framework di progettazione basato su LCT

PROCESSO DI PROGETTUAZIONE TRADIZIONALE



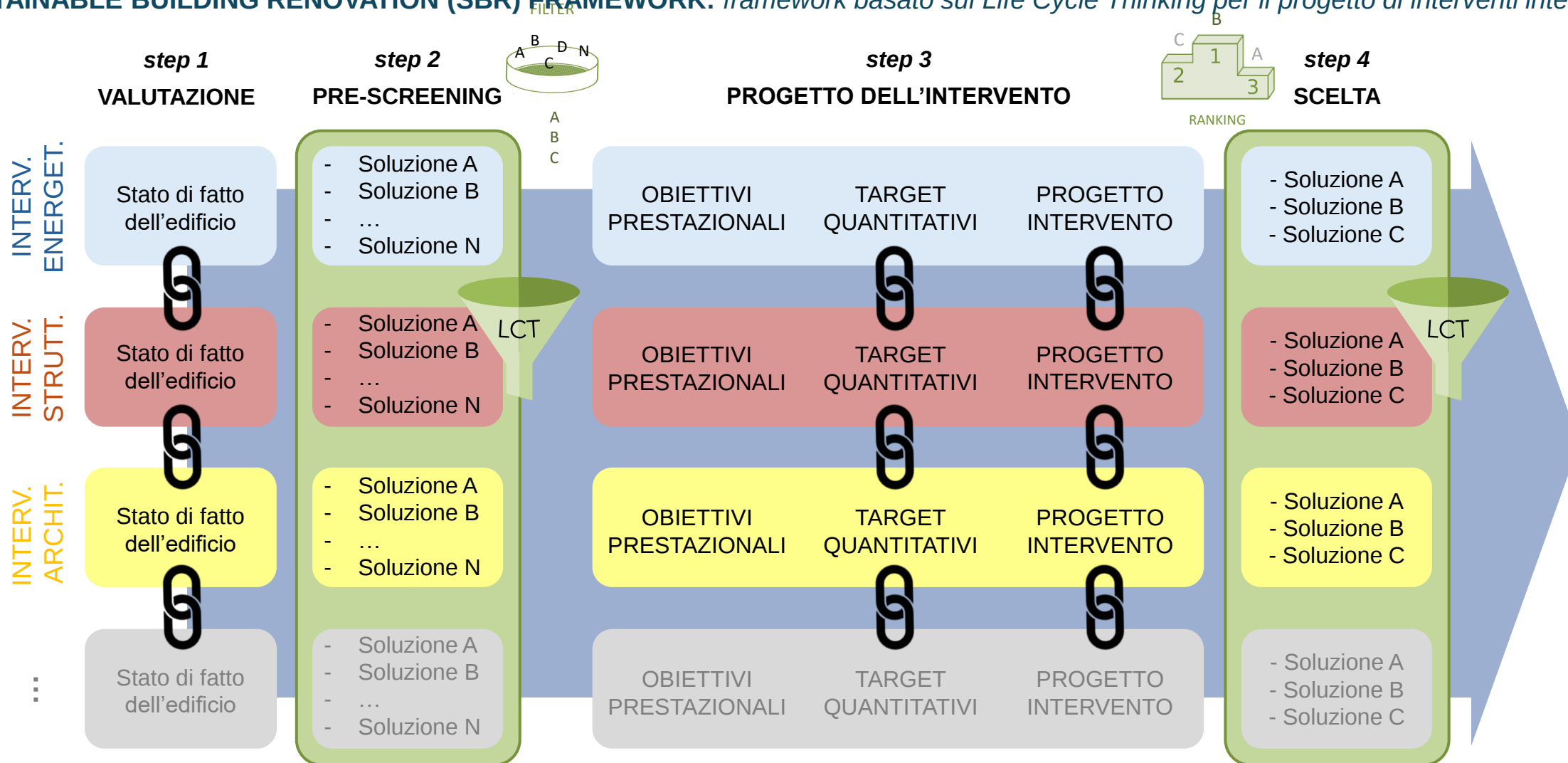
4. Framework di progettazione basato su LCT

SUSTAINABLE BUILDING RENOVATION (SBR) FRAMEWORK: *framework basato sul Life Cycle Thinking per il progetto di interventi integrati*



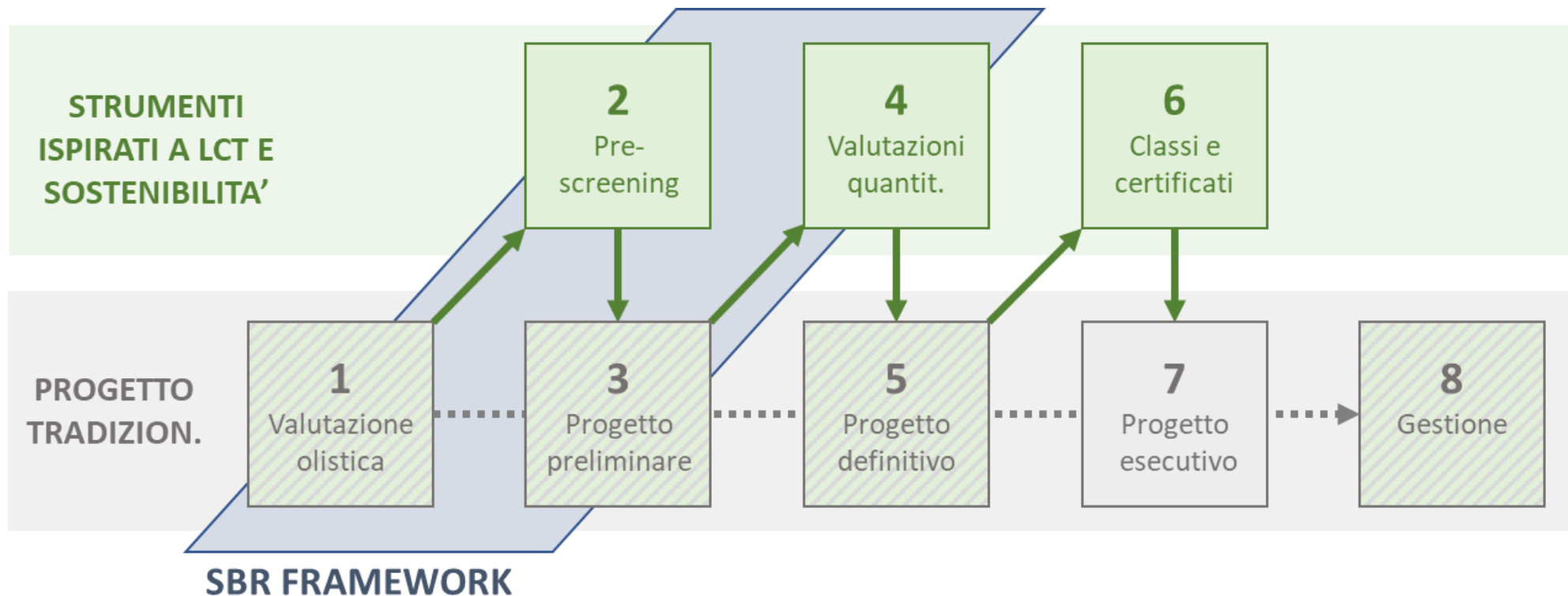
4. Framework di progettazione basato su LCT

SUSTAINABLE BUILDING RENOVATION (SBR) FRAMEWORK: *framework basato sul Life Cycle Thinking per il progetto di interventi integrati*



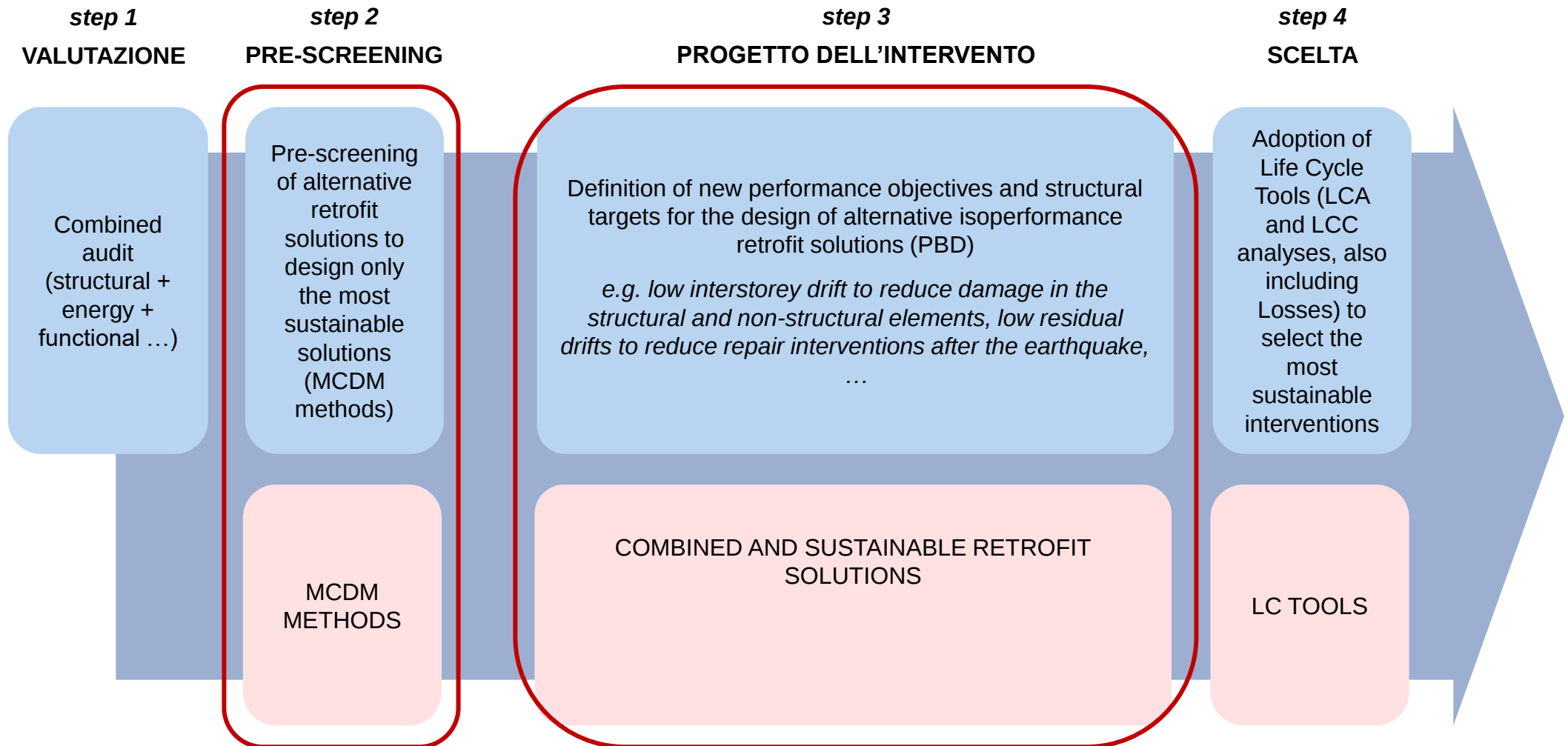
4. Framework di progettazione basato su LCT

SUSTAINABLE BUILDING RENOVATION (SBR) FRAMEWORK: *framework basato sul Life Cycle Thinking per il progetto di interventi integrati*



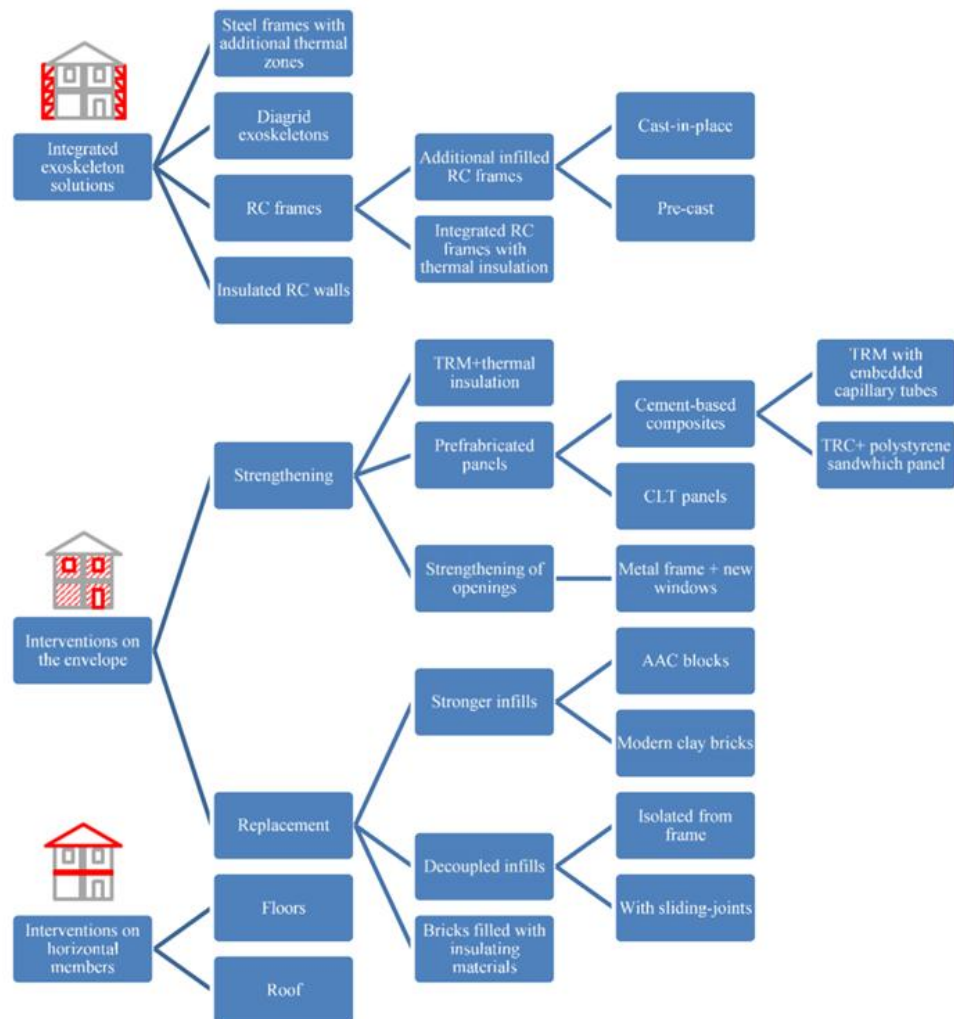
5. Indici prestazionali integrati ed esempi

SUSTAINABLE BUILDING RENOVATION (SBR) FRAMEWORK: *framework basato sul Life Cycle Thinking per il progetto di interventi integrati*

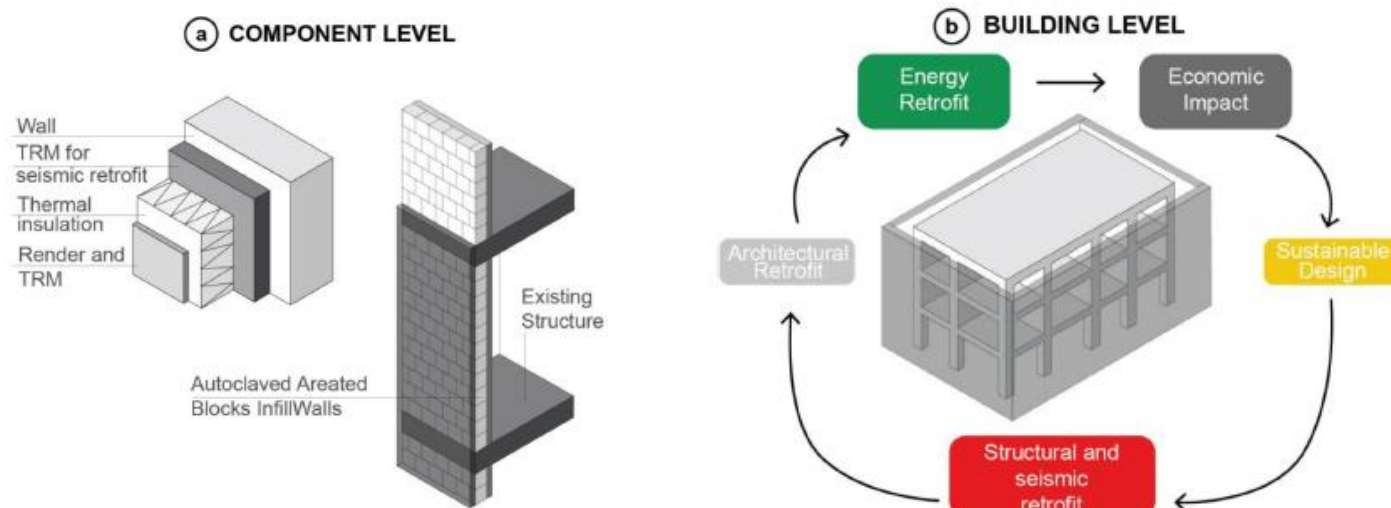


5. Indici prestazionali integrati ed esempi

Come valutare l'efficienza delle tecniche combinate? Quali prestazioni? Quali indicatori?



Tipologia di applicazione retrofit (ed implicazioni)

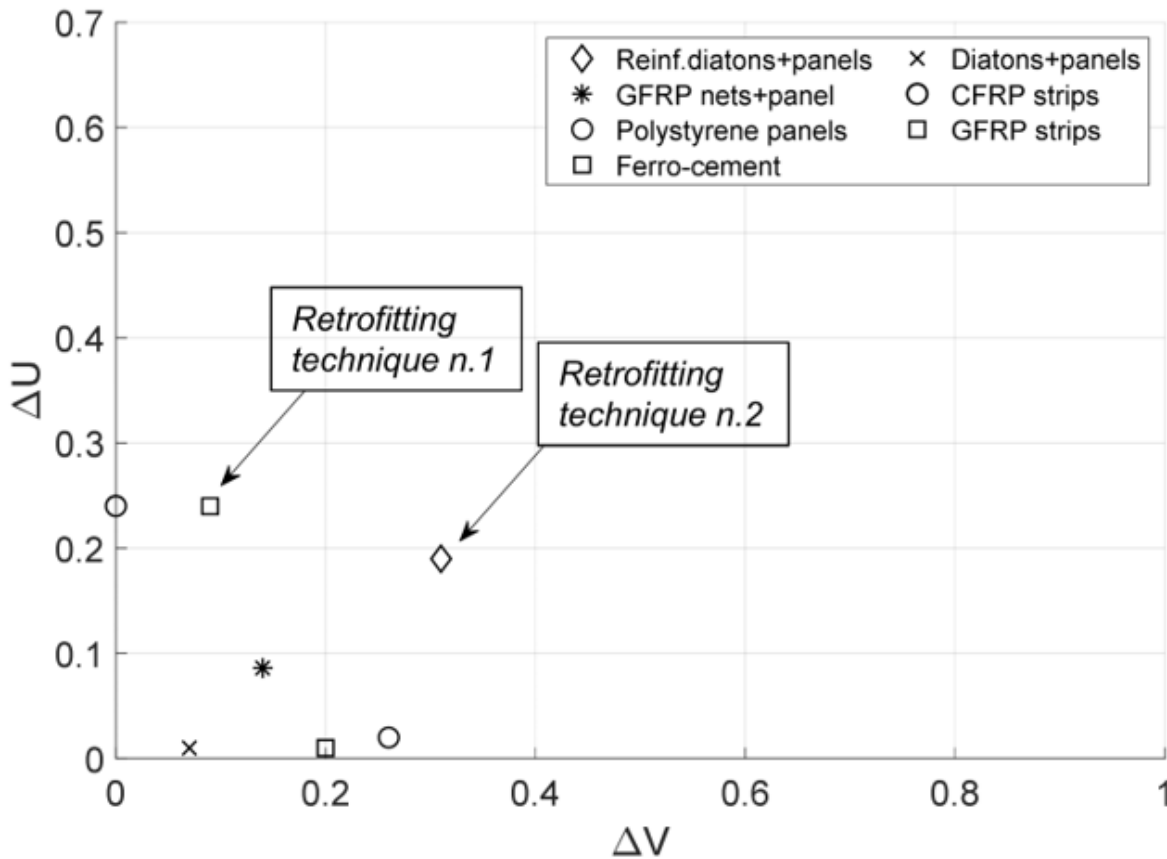


**Indicatori multi-performance
(es. Life Cycle based)**

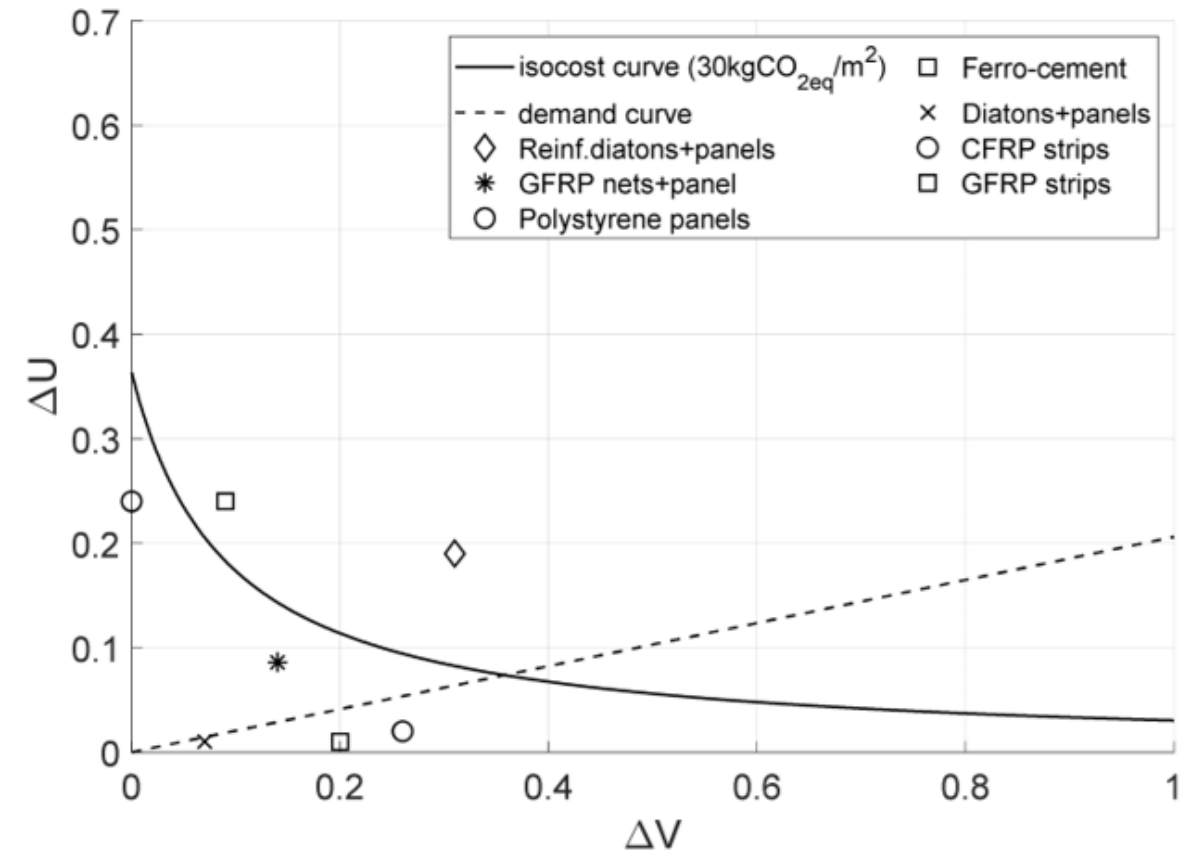
Improvement of safety level (PGA_C/PGA_D)	Structural level of intervention
$\geq 100\%$	Global Level + details
$80\% \leq SL < 100\%$	Global + Local details
$60\% \leq SL < 80\%$	Local + details
$45\% \leq SL < 60\%$	Local + details
$30\% \leq SL < 45\%$	Local + details
$15\% \leq SL < 30\%$	Local + details

5. Indici prestazionali integrati ed esempi

Metodi basati sulla definizione di curve iso-classe e iso-performance



Fitting of
set of data

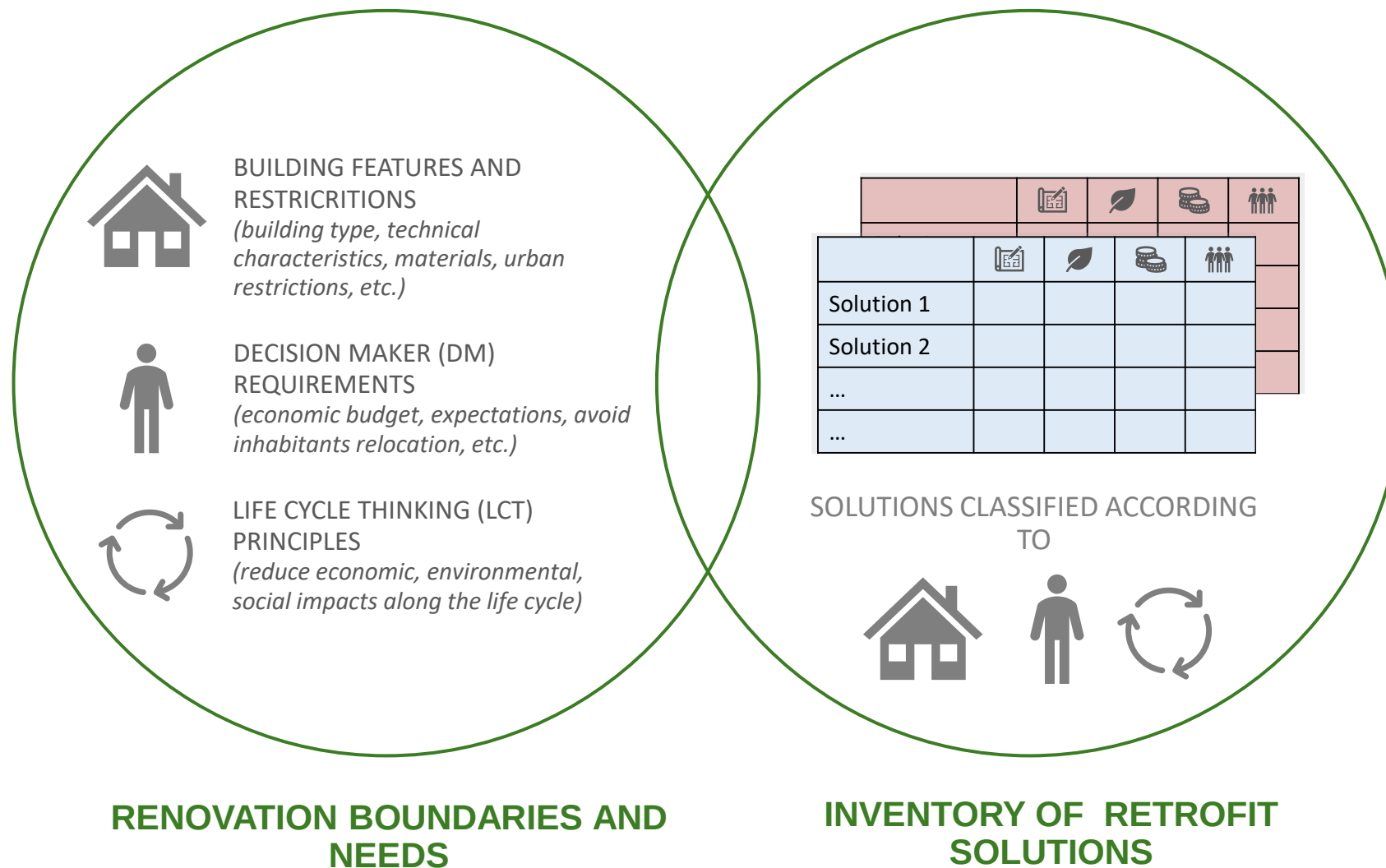


5. Indici prestazionali integrati ed esempi

Metodi di pre-screening basati su criteri qualitativi

2A

SOLUTION
FILTER

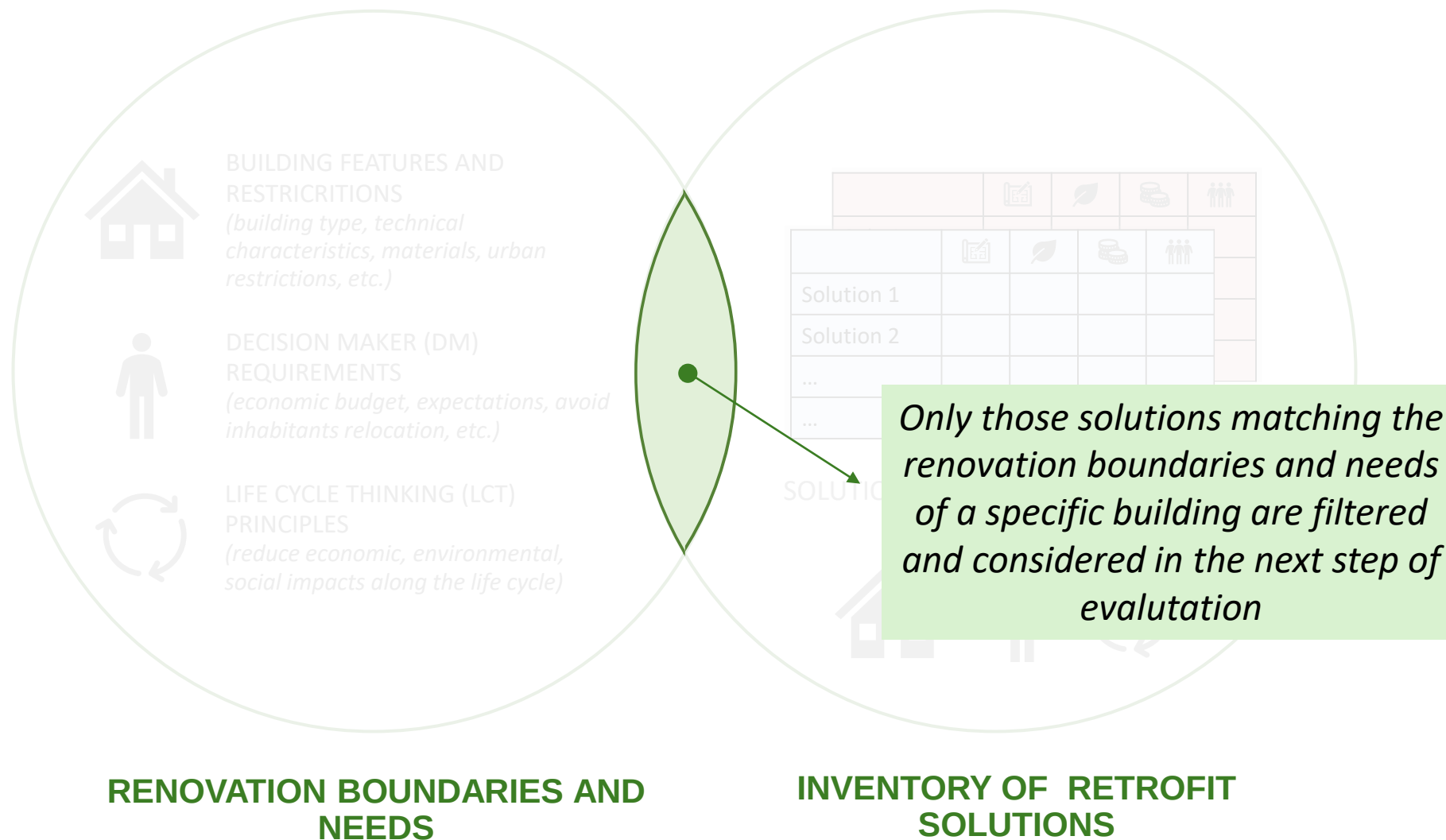


5. Indici prestazionali integrati ed esempi

Metodi di pre-screening basati su criteri qualitativi

2A

SOLUTION
FILTER



5. Indici prestazionali integrati ed esempi

Metodi di pre-screening basati su criteri qualitativi

Aggregation rules and plot of
radar graphs which define the
'sustainability profile' of the solutions

Score
(1-5)

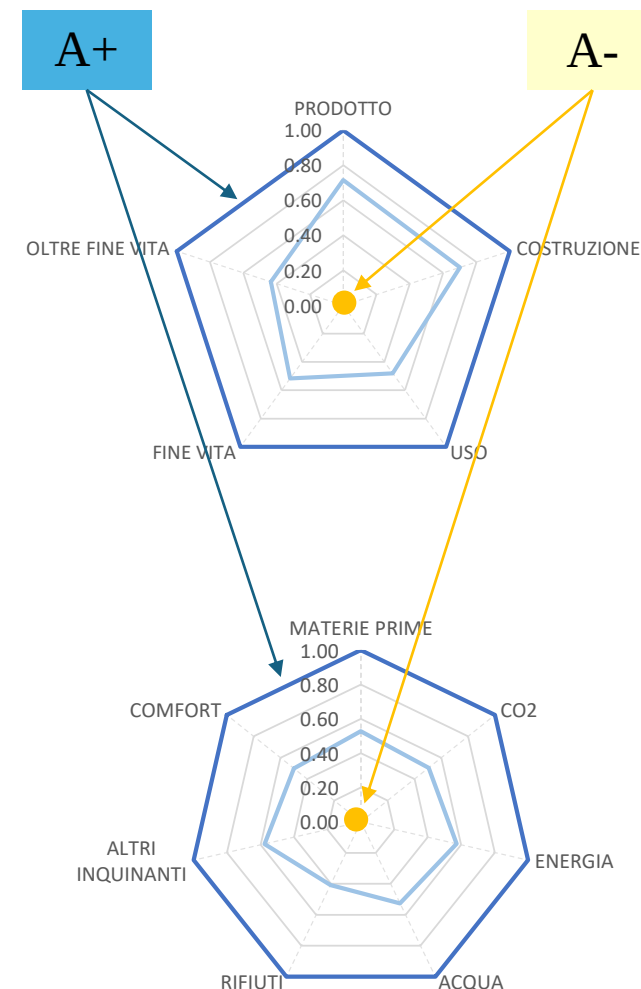
2B

SOLUTION RANKING

A1-A3			
		Design for material eco-efficiency	
A1	M	Recycled material	
A1	M	Reused material	
A1	M	Renewable biomaterial	
A1	M	certified materials (env/soc)	
A1	M	sustainable extraction process (CO2, energy, water, waste, dust, noise, other pollutants...)	
A1	T	material optimization	
A2	M	Local material	
A3	M	sustainable production process (CO2, energy, water, waste, dust, noise, other pollutants...)	
A4-A5			
A4	M	Local products	
		Design for easy assemblage	
A5	T	dry technique	
A5	T	prefabrication	
A5	T	modularity/standardization	
A5	T	material optimization during construction (material, waste)	
A5	T	sustainable construction process (CO2, energy, water, waste, dust, noise, other pollutants...)	

UR-UniBG

...

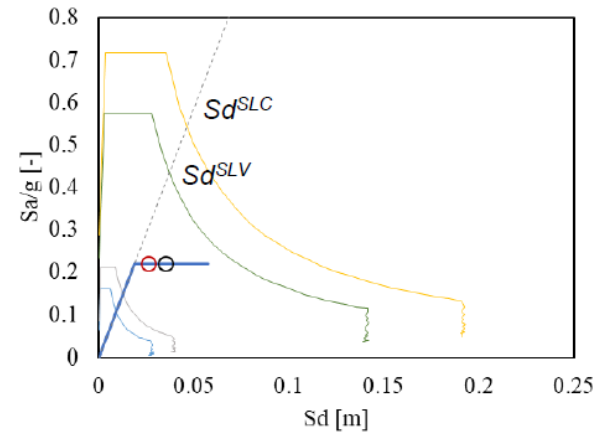


5. Indici prestazionali integrati ed esempi

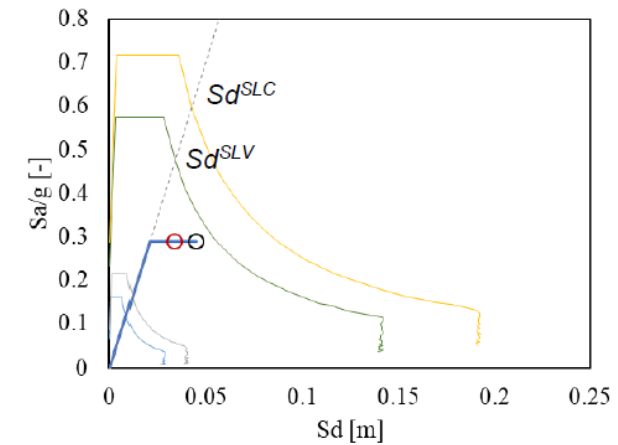
Metodi di pre-screening basati su criteri qualitativi

Edificio A

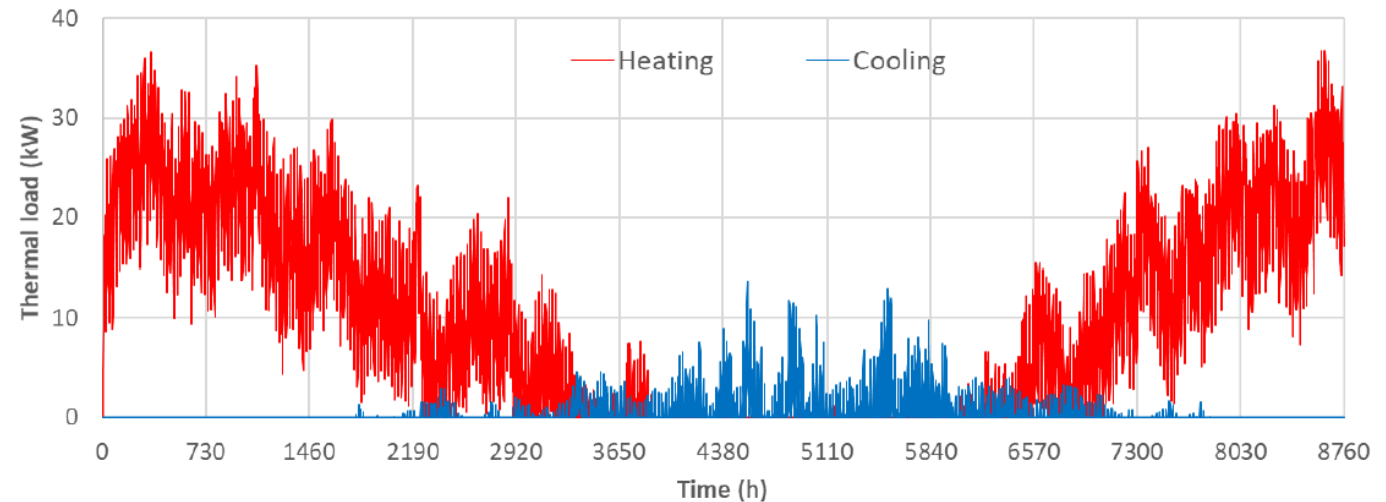
Distribuzione uniforme - Dir. X



Distribuzione uniforme - Dir. Y



- 30 years
- 50 years
- 475 years
- 2475 years
- BILINEAR
- CPLS
- LSLS



UR-UniBG

5. Indici prestazionali integrati ed esempi

Metodi di pre-screening basati su criteri qualitativi - ESEMPIO



$$C_i^* = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}}$$

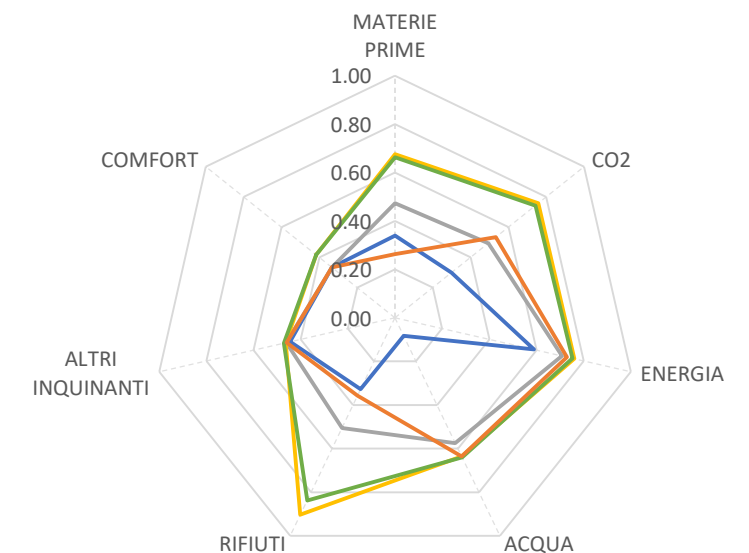
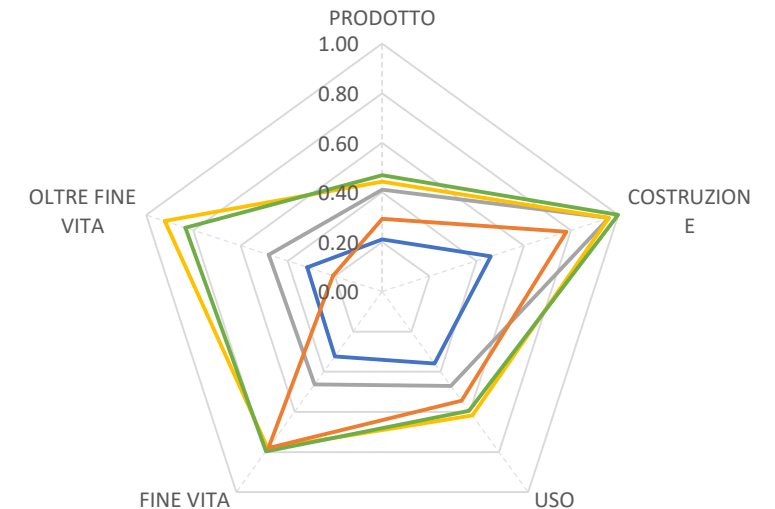
Pareti in c.a.	Pareti in acciaio	Diagrid in acciaio	Guscio in legno	Isolament o
-------------------	----------------------	-----------------------	--------------------	----------------

IMPACTS FOR EACH LIFE CYCLE STAGE

A1-A3 PRODUCT	0.21	0.41	0.44	0.47	0.29
A4-A5 CONSTRUCTION	0.46	0.96	0.96	1.00	0.78
B1-B7 USE	0.36	0.47	0.62	0.60	0.54
C1-C4 END OF LIFE	0.32	0.46	0.78	0.80	0.78
D BEYOND END OF LIFE	0.32	0.48	0.92	0.83	0.21

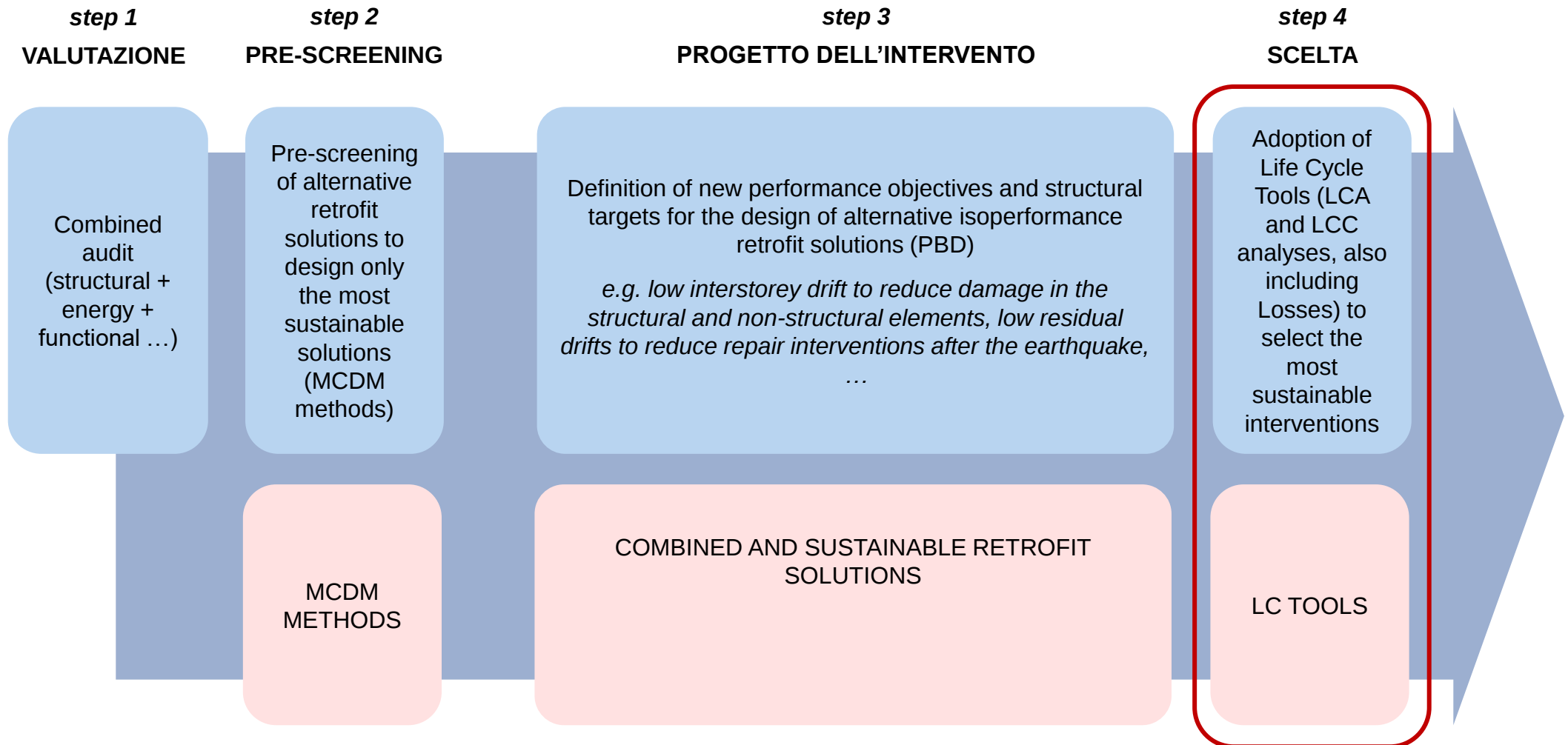
IMPACTS FOR EACH INDICATOR

RAW MATERIALS	0.34	0.47	0.68	0.66	0.26
CO2	0.30	0.49	0.76	0.74	0.53
ENERGY	0.59	0.71	0.76	0.75	0.73
WATER	0.08	0.57	0.64	0.64	0.64
WASTE	0.33	0.50	0.90	0.84	0.36
OTHER POLLUTANTS	0.45	0.46	0.46	0.47	0.46
COMFORT	0.33	0.33	0.42	0.42	0.33



5. Indici prestazionali integrati ed esempi

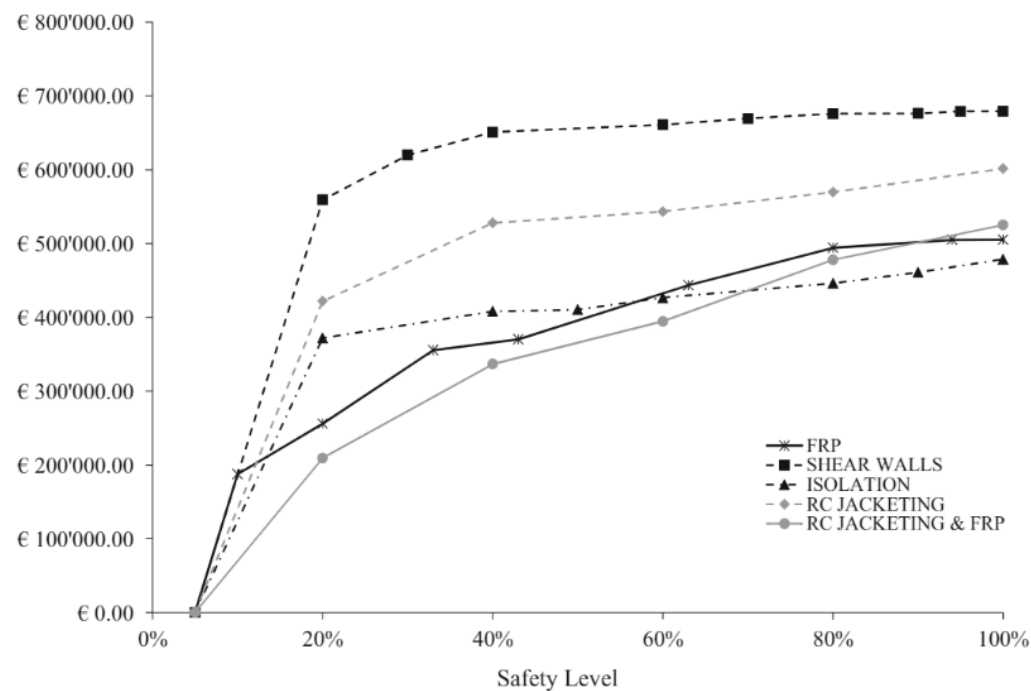
SUSTAINABLE BUILDING RENOVATION (SBR) FRAMEWORK: *LCT-based design framework for combined retrofit interventions*



5. Indici prestazionali integrati ed esempi

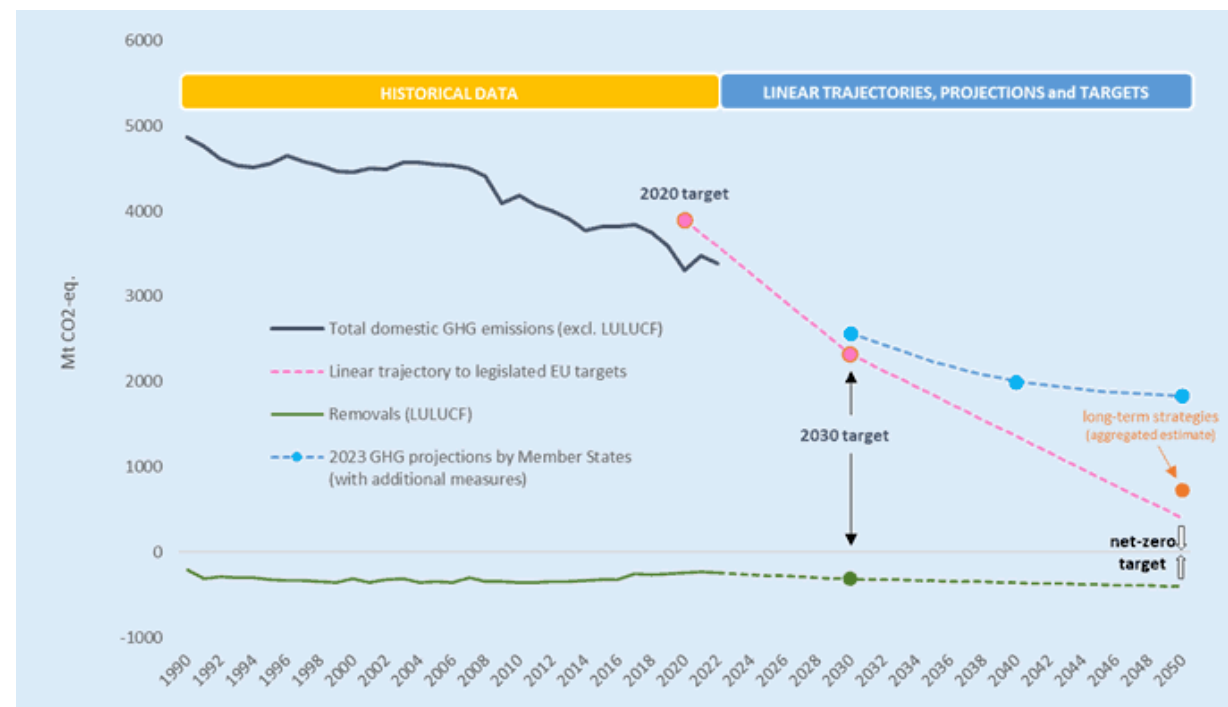
Motivazione: quali parametri? Come si può rappresentare quantitativamente il problema «integrato»?

Approcci tradizionali (costo + prestazione)



Vitiello et. al 2017

...necessità di rendere più ampia ed efficace la valutazione



https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/progress-climate-action_en

5. Indici prestazionali integrati ed esempi

2. Metodologia VAN – Valore Attuale Netto

$$\Delta EAL [\text{€}] = (EAL_{as\ built} - EAL_{retrofitted}) \times \text{Building value}$$

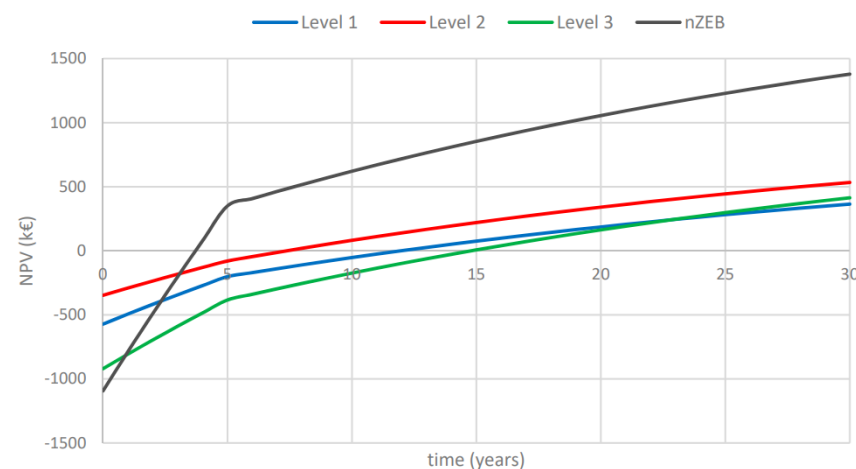
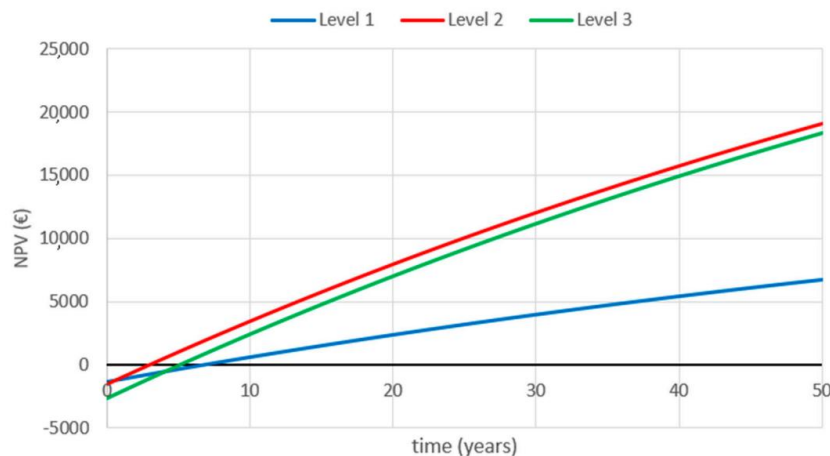
RISP. SISMICO

RISP. ENERGETICO

COSTO

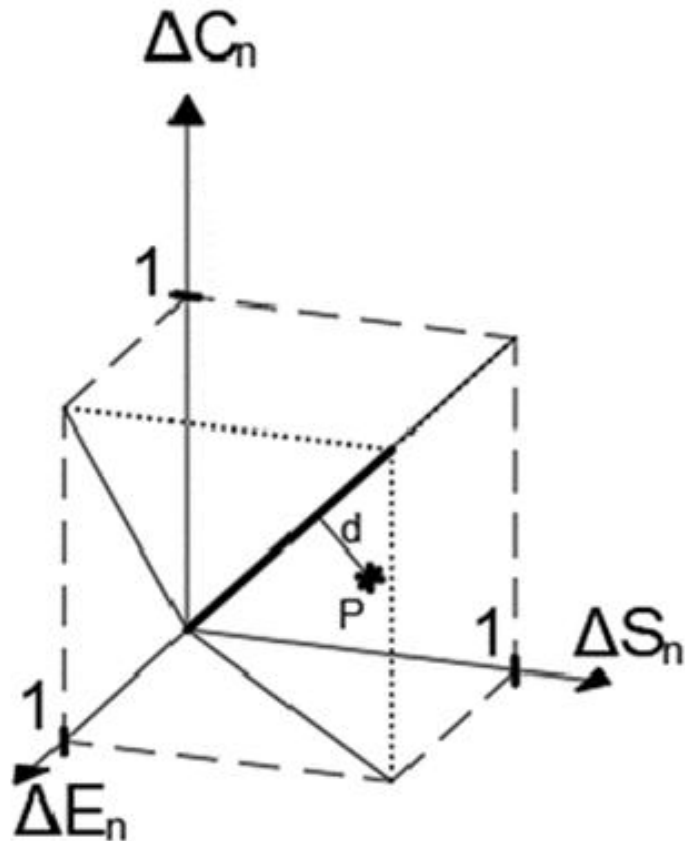
INCENTIVO

$$NPV = \underbrace{\sum_{t=1}^T \frac{\Delta EAL[\text{€}]}{(1+r)^t}}_{\text{RISP. SISMICO}} + \underbrace{R \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+a)^j}}_{\text{RISP. ENERGETICO}} - \underbrace{C - I_0}_{\text{COSTO}} + \underbrace{\frac{I}{m} \cdot \sum_{k=1}^m \frac{1}{(1+r)^k}}_{\text{INCENTIVO}}$$



5. Indici prestazionali integrati ed esempi

3. Metodi multicriterio basati sulla valutazione del costo economico nel ciclo di vita



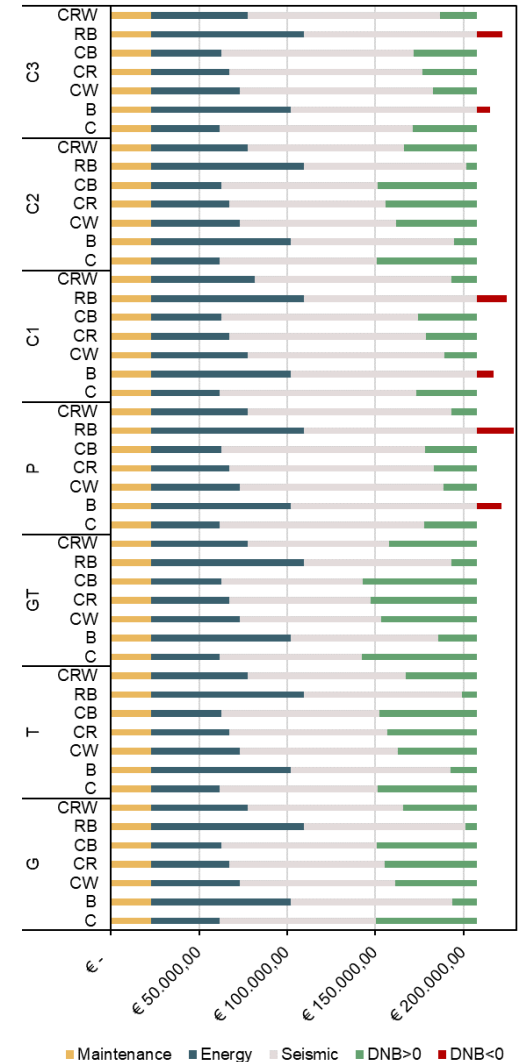
Modello tridimensionale:

1. Miglioramento energetico (Δ Classe En.)
2. Miglioramento sismico (Δ Classe PAM)
3. Beneficio economico netto intervento (DNB)

$$\begin{cases} e = 1 - t \\ s = 1 - t \\ b = 1 - t \end{cases}$$

$$LCC = C_I + \frac{(1 + r)^n - 1}{r(1 + r)^n} \sum (C_M + C_E + C_S)$$

$$B_M = MPP_{E,S} + LCC_{AB} - LCC_m$$



5. Indici prestazionali integrati ed esempi

4. Identificazione dell'intervento combinato ottimale con approccio Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

Variabile	Settore	Definizione	Descrizione	Importanza	Peso
C1	Economico	Costo di installazione	Il costo di installazione è il costo combinato degli schemi di retrofit sismico ed energetico per ogni alternativa, considerando le efficienze che possono essere ottenute implementando entrambi gli schemi di retrofit simultaneamente	Alta	0.15
C2		Costo annuo previsto	Il costo annuo previsto di un'alternativa di retrofit comprende tre componenti: le perdite annuali previste (EAL), il costo di manutenzione dei componenti di retrofit e il costo energetico annuale (AEC)	Alta	0.19
C3	Ambiente-Sostenibilità	Impatti ambientali previsti nel ciclo di vita	Gli LCEI attesi sono calcolati utilizzando l'equazione proposta da Caruso et al. (2020); l'equazione comprende diverse componenti: Impatto Ambientale di Installazione (IEI) dell'alternativa di retrofit, l'Impatto Ambientale Annuale Previsto (EA EI) della struttura retrofittata, la vita utile prevista (SL) della struttura dopo il retrofit, l'Impatto Ambientale di Manutenzione (MEI) totale dell'alternativa durante la vita utile prevista e la superficie totale (A) dell'edificio	Alta	0.18
C4	Sociale	Probabilità annua di collasso	Tasso annuo di danni strutturali che potrebbero causare crolli	Media	0.14
C5		Durata degli interventi	Stima della durata dei lavori di intervento strutturale	Media	0.13
C6		Impatto architettonico	L'impatto degli schemi di retrofit strutturale ed energetico; se si presume che gli schemi di retrofit energetico abbiano un impatto visivo altrettanto basso una volta completata la costruzione, si può considerare solo l'impatto degli schemi di retrofit strutturale	Bassa	0.06
C7	Tecnico	Necessità di manodopera specializzata/conoscenze progettuali	Stima del fabbisogno di manodopera specializzata/conoscenze progettuali, utilizzando l'AHP e il giudizio degli esperti	Bassa	0.05
C8		Richiesto intervento in fondazione	Il rapporto massimo delle reazioni verticali tra l'edificio caso-studio e ciascuna delle alternative di retrofit viene utilizzato per rappresentare la quantità di lavoro necessario per migliorare le fondazioni della struttura esistente per far fronte ai carichi della struttura retrofittata.	Media	0.10

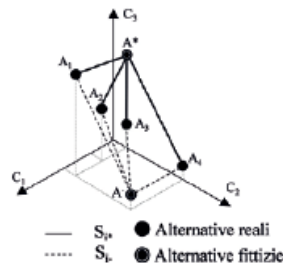
5. Indici prestazionali integrati ed esempi

4. Identificazione dell'intervento combinato ottimale con approccio Multi-Criteria Decision Making (MCDM)



Variabile	Settore
C1	Economico
C2	
C3	Ambiente-Sostenibilità
C4	Sociale
C5	
C6	
C7	Tecnico
C8	

Alt	C1 (€)	C2 (€)	C3 (kgCO ₂ e)	C4 (x10 ⁻²)	C5 (days)	C6 (-)	C7 (-)	C8 (-)
S ₁ E ₁	1209497	13.9	54.0	0.027	60	0.0227	0.0844	6.12
S ₁ E ₂	1293366	14.8	43.7	0.025	60	0.0227	0.0844	6.12
S ₁ E ₃	1521766	16.0	22.6	0.027	64	0.0227	0.0844	6.12
S ₂ E ₁	190167	16.2	49.2	0.077	22	0.0555	0.0135	16.49
S ₂ E ₂	274036	17.0	39.0	0.087	24	0.0555	0.0135	16.49
S ₂ E ₃	502435	18.2	17.8	0.084	29	0.0555	0.0135	16.49
S ₃ E ₁	250865	12.3	48.9	0.036	37	0.0934	0.0844	16.55
S ₃ E ₂	334734	13.0	38.4	0.030	37	0.0934	0.0844	16.55
S ₃ E ₃	563133	14.0	17.3	0.029	41	0.0934	0.0844	16.55



Ranking	Alt.	Rel. C.
1	S ₃ E ₃	0.676
2	S ₃ E ₂	0.650
3	S ₃ E ₁	0.603
4	S ₂ E ₃	0.577
5	S ₂ E ₁	0.558
6	S ₂ E ₂	0.553
7	S ₁ E ₃	0.458
8	S ₁ E ₂	0.438
9	S ₁ E ₁	0.423

DV	Equazione
C1	$C_{pre_retrofit} + C_{retrofit_inst} + C_{post_retrofit}$
C2	$EAC = \frac{MC + (EAL + AEC) \times SL}{A \times SL}$ $MC = \sum_i^{nr_i} \frac{C_i \times IR \times (1 - IR^{SL/FI_i})}{(1 - IR)}$
C3	$LCEI = \frac{IEI + EAEI_{post-retrofit} \times SL + MEI}{A \times SL}$
C4	Definita a partire dalla curva di fragilità al collasso e dalla curva di hazard sismico
C5	Durata complessiva dei lavori per l'installazione del retrofit, considerando tutte le fasi di cantierizzazione fino a chiusura dei lavori.
C6	Procedura di gerarchia analitica (AHP) con la matrice delle preferenze basata sul giudizio professionale del decision-maker.
C7	Procedura di gerarchia analitica (AHP) con la matrice delle preferenze basata sul giudizio professionale del decision-maker
C8	$\max \left(\frac{R_{Z,as-built}}{R_{Z,retrofit}} \right)$

5. Indici prestazionali integrati ed esempi

6. Metodi basati sulla valutazione di sostenibilità complessiva degli interventi integrati



PARAMETRI ECONOMICI

- costi dei consumi energetici
- perdite sismiche attese in fase d'uso
- eventuale interruzione delle attività in caso di eventi sismici
- costi dell'intervento
- tempo di ritorno dell'investimento per l'intervento



PARAMETRI AMBIENTALI

- emissioni prodotte dai consumi energetici
- emissioni attese per potenziali attività di riparazione post-sisma
- emissioni dell'intervento



PARAMETRI SOCIALI

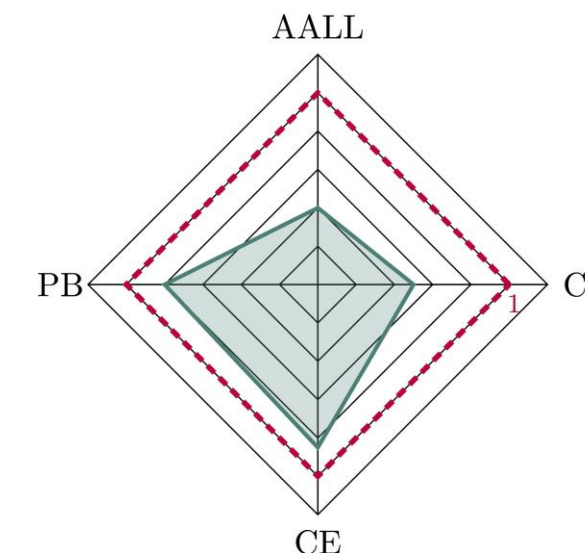
- perdite di vite umane dovute ad eventuali terremoti

COSTI (C)

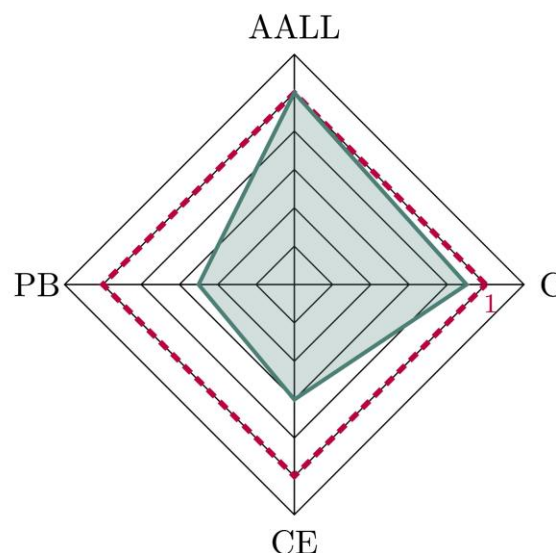
PAYBACK PERIOD (PB)

EMISSIONI CO_2 (CE)

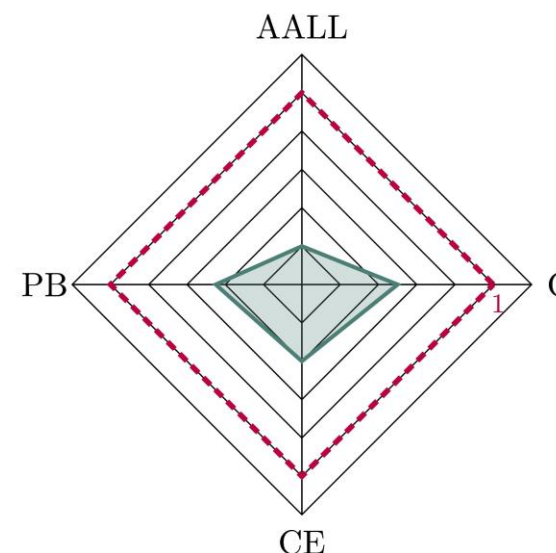
PERDITE DI VITE (AALL)



rinforzo strutturale



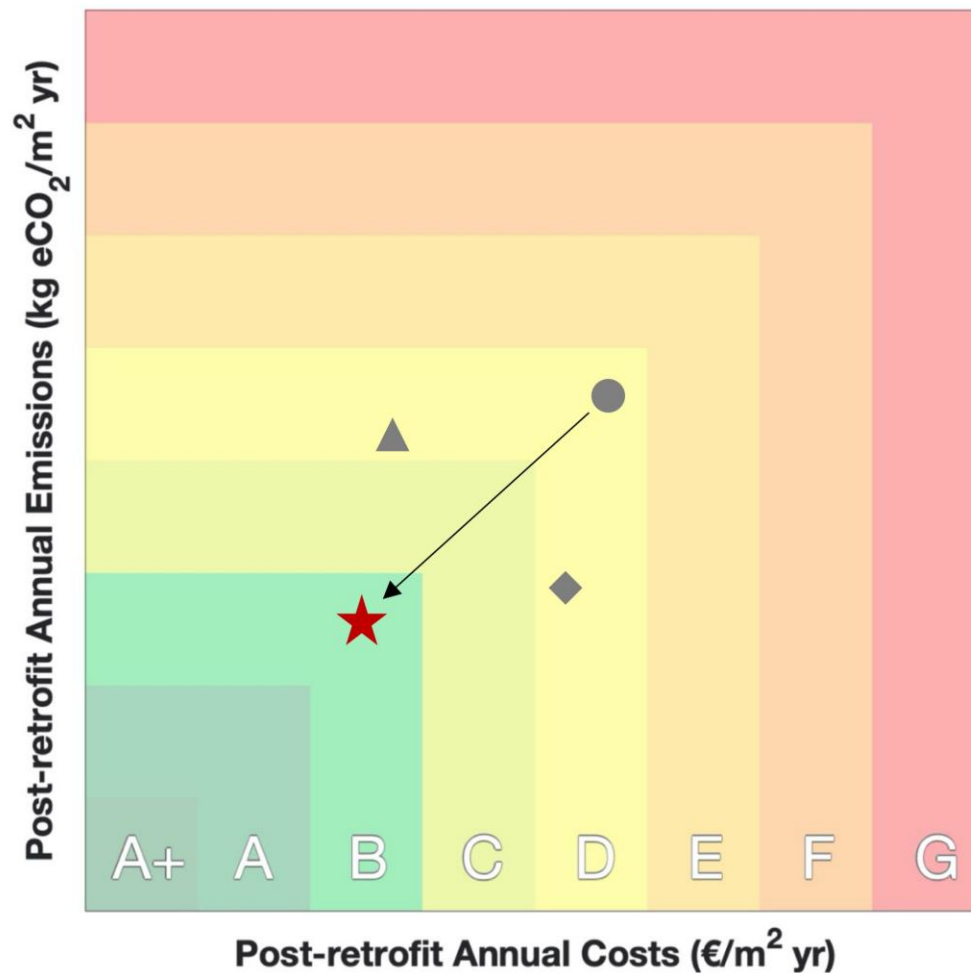
efficientamento energetico



intervento integrato

5. Indici prestazionali integrati ed esempi

6. Metodi basati sulla valutazione di sostenibilità complessiva degli interventi integrati



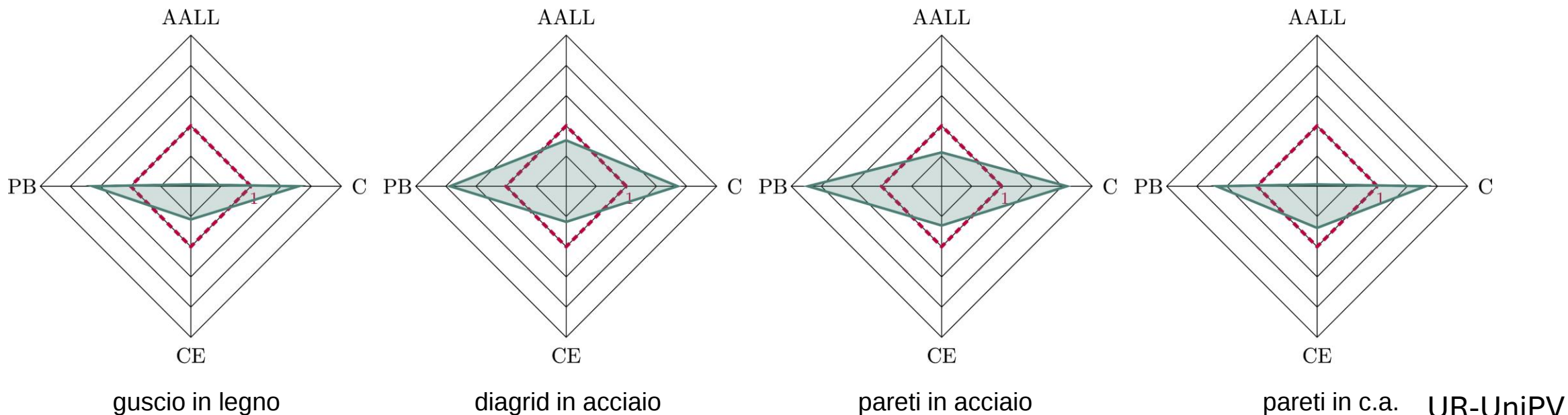
- As-built
- ▲ Seismic strengthening
- ◆ Energy efficiency upgrade
- ★ Integrated intervention

5. Indici prestazionali integrati ed esempi

6. Metodi basati sulla valutazione di sostenibilità complessiva degli interventi integrati - ESEMPIO



Radar plots delle quattro tecniche considerando le 4 variabili decisionali: costi normalizzati post-retrofit (C), emissioni di carbonio (CE), periodo di ritorno (PB) e perdite di vite umane (AALL).



6. Conclusioni

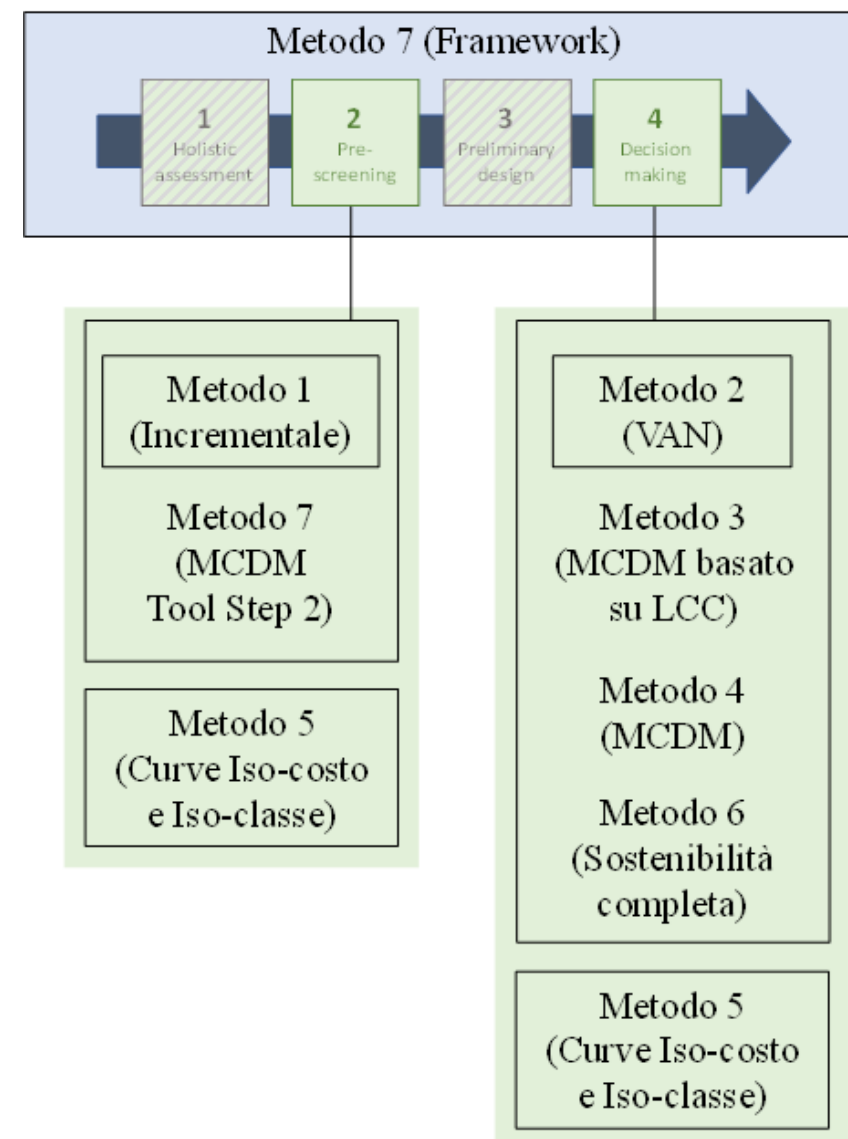
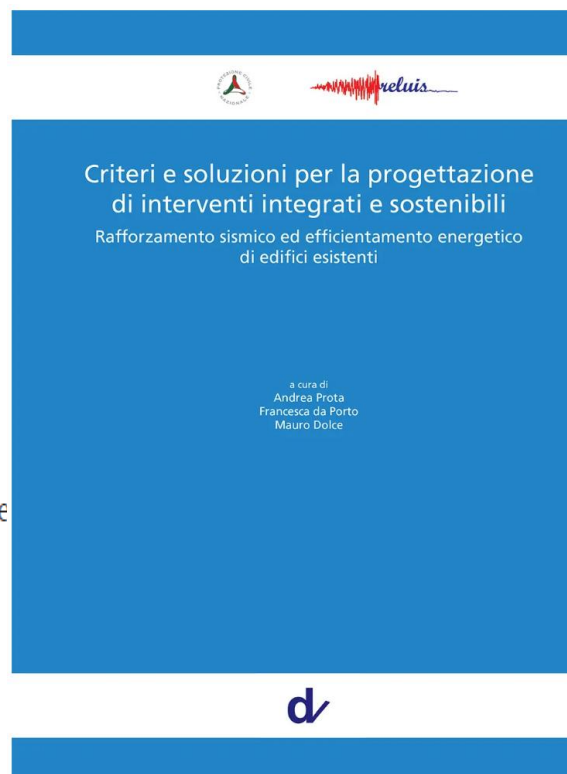
4. Metodi di valutazione integrata

4.1. Descrizione metodologica

- 4.1.1. Metodi incrementali
- 4.1.2. Metodologia VAN – Valore Attuale Netto
- 4.1.3. Metodi multicriterio basati sulla valutazione del costo economico nel ciclo di vita
- 4.1.4. Identificazione dell'intervento combinato ottimale con approccio Multi-Criteria Decision Making (MCDM)
- 4.1.5. Metodi basati sulla definizione di curve iso-classe e iso-performance
- 4.1.6. Metodi basati sulla valutazione di sostenibilità complessiva degli interventi integrati
- 4.1.7. Metodi olistici basati sul Life Cycle Thinking (LCT)

4.2. Applicazioni

4.3. Considerazioni conclusive



6. Conclusioni

- **Identificazione di possibili approcci e relativa classificazione**
- **Diverse variabili da considerare (in aggiunta a quelle economiche)**
- **Importanza della variabile tempo (non solo stato iniziale del retrofit)**
- **Necessità di ampliare le tipologie di risultato ai fini del decision making**
- **Possibile utilizzo dei vari metodi in maniera «unificata» attraverso il framework di sostenibilità**



- ***Migliorare/ampliare databases funzionali alle valutazioni di sostenibilità***
- ***Favorire l'automazione (es. software, GUI ecc.) per le analisi complesse***

OTTAVA EDIZIONE DELLA GIORNATA NAZIONALE DELLA PREVENZIONE SISMICA - EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA -

MODULO **1**: INTERVENTI COMBINATI DI RETROFIT ANTISISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

GRAZIE PER L'ATTENZIONE