

SUPSI

REMOPTI - A Decision-Support Framework for Strategic Retrofit Planning of Building Portfolios Under Uncertainty

BRENET STATUS-SEMINAR 2026

SUPSI: Domenico Altieri, Giovanni Branca, Mohamed Boutaleb

Rotkreuz (ZG)

20 August 2026

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

Innosuisse - Swiss Innovation Agency



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

ail

energo®

Energie-Effizienz für Gebäude

Project overview

- **Innosuisse project**
“REMOPTI”
- 3 years project **2026-2029**

Innosuisse - Swiss Innovation Agency



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Research Partner:

SUPSI

Department of Environment Constructions
and Design

Main implementation Partner:

- **Aziende Industriali di Lugano - AIL**



Additional Partners:

- **Energo SA**

energo[®]
Energie-Effizienz für Gebäude

REMOPTI

Problem statement

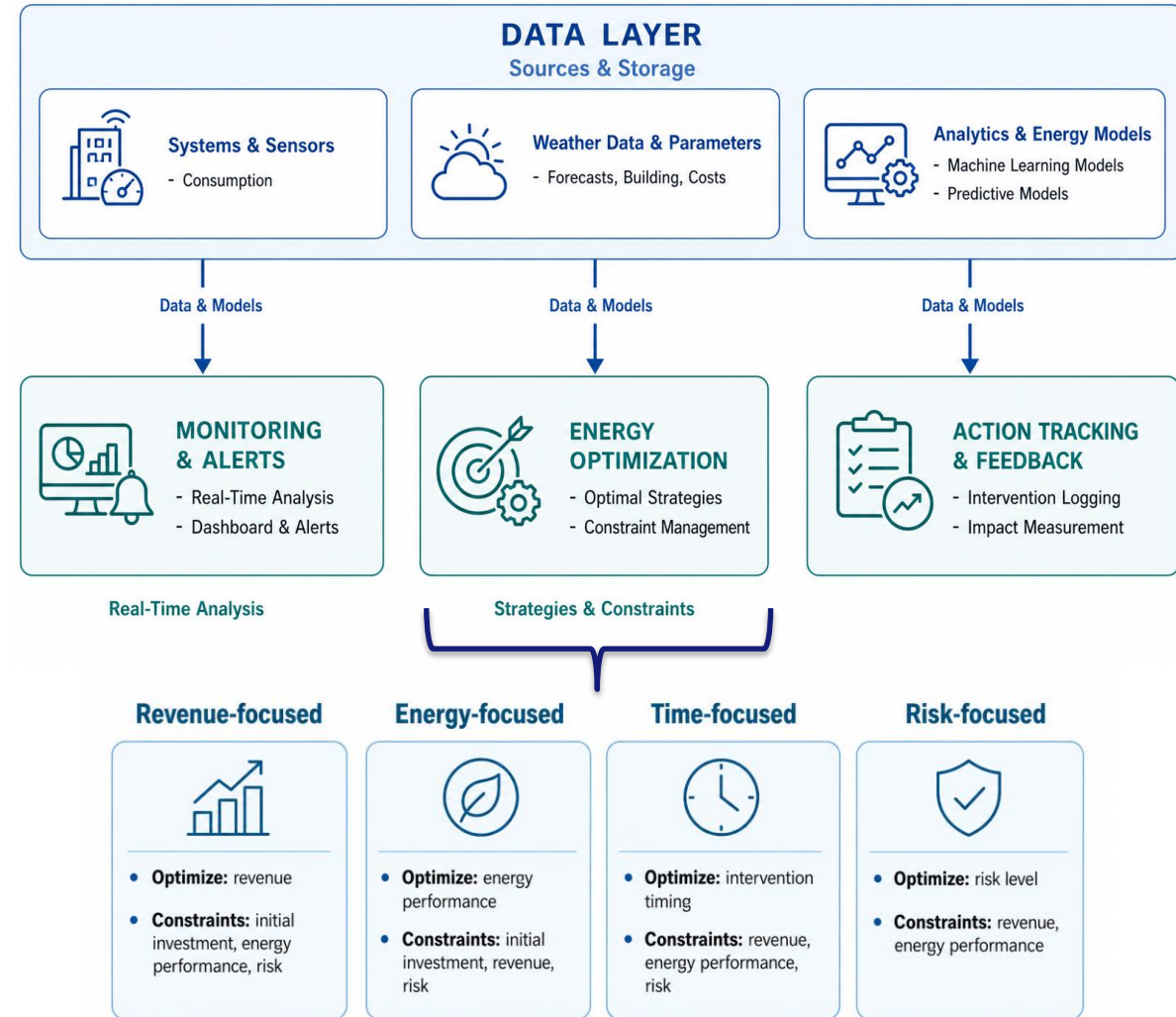


- Energy retrofit planning today relies on **static, deterministic assessments** that assume constant price growth and stable rates
- **Current market tools are often fragmented:** cost-focused tools (financial planning), energy-focused tools (e.g. Lesosai, EnergyPlus), and renovation-tracking tools rarely combine technical, economic and risk dimensions in one framework
- Result: **sub-optimal investment decisions, unreliable estimate of energy savings and financial returns**

REMOPTI

Solution

- It combines a **machine-learning surrogate energy model**, **probabilistic uncertainty analysis** and **multi-criteria robust optimization** to explore **thousands of realistic future scenarios** (costs, consumption, returns)
- Users can set **their own priorities, constraints and acceptable risk levels**, generating **tailored action plans** for a single building or an entire real-estate portfolio
- It also includes **real-time energy monitoring**, feeding continuous feedback to refine intervention strategies over time

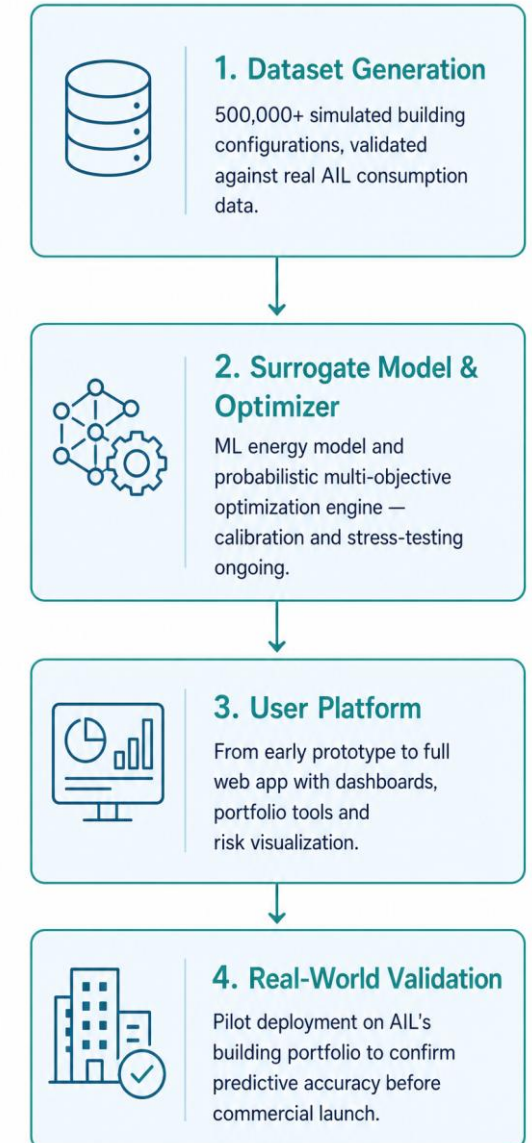


- ❖ **Planning & industry**: gives real-estate managers, ESCOs and consultants a data-driven way to prioritize interventions and quantify financial risk
- ❖ **Administration**: helps municipalities, cantons and public building owners

REMOPTI

What is still missing for implementation

1. Dataset generation: **a validated simulated dataset of over 500,000 building configurations** representative of the Swiss building stock still needs to be finalized and cross-checked against real AIL consumption data.
2. Surrogate model and robust optimizer : **the ML energy model and the probabilistic multi-objective optimization engine are still in development, requiring calibration, benchmarking and stress-testing on extreme scenarios.**
3. User platform: **only an early prototype of the optimizer interface exists; a full web application with dashboards, portfolio tools and risk visualizations must be built and usability-tested.**
4. Real-world validation: **pilot deployment on AIL's actual building portfolio is needed** to confirm predictive accuracy before any commercial launch, planned only after the Innosuisse project ends.



REMOPTI

Optimizer settings

1

Obiettivo
Profilo di ottimizzazione e modalità run.

A - NPV
Massimizza NPV atteso

B - Rischio
Risk-aware timing

C - CO2
Minimizza emissioni

D - Energia
Minimizza energia primaria

Main Objective

2

Vincoli e spazio di ricerca
Parametri principali modificabili dal frontend.

Investimento totale massimo [CHF]

150000

Risparmio energetico medio minimo vs no-action [-]

0,25

Tempo di ritorno massimo [anni]

55

Ore massime di discomfort [h/anno]

200

Popolazione DE

60

Generazioni DE

100

Budget massimo per finestra temporale
Il budget totale limita la somma su tutto l'orizzonte; questi cap periodici limitano solo quanto si può spendere in ogni finestra quinquennale.

P0 anni 0-5

150000

P1 anni 5-10

40000

P2 anni 10-15

40000

P3 anni 15-20

40000

P4 anni 20-25

40000

P5 anni 25-30

40000

Technical and financial constraints

Interventi e sottolivelli ammessi
Il pulsante principale abilita o disabilita l'intera famiglia. I pulsanti interni limitano le tecnologie che il DE può scegliere; lo stato base `none/existing` resta sempre disponibile.

wall_insulation

3/3 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: none

8cm_EPS12cm_EPS16cm_MinWool

roof_insulation

2/2 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: none

12cm20cm

window_replacement

2/2 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: none

double_low_e triple

hvac_replacement

4/5 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: existing

gas_boileroil_boilerwood_pelletASHP GSHP

dhw_system

2/2 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: existing

HP_DHWsolar_thermal

airtightness_hrv

1/1 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: none

HRV

pv_system

2/2 livelli ammessi

Stato base sempre ammesso: none

3kWp6kWp

Allowed actions

REMOPTI

Optimizer results

Schedule interventi

"Non selezionato" significa che l'ottimizzatore ha lasciato quell'intervento al livello 0 e non lo installa.

INTERVENTO	STATO INTERVENTO	STATO INIZIALE ELEMENTO	ETÀ STIMATA	VUR	VITA UTILE	LIVELLO SCELTO	P0 (ANNO 0)	P1 (ANNO 5)	P2 (ANNO 10)
wall_insulation	Selezionato	Elemento esistente	22.0 anni (55%)	18.0 anni	40.0 anni	8cm_EPS		●	
roof_insulation	Selezionato	Elemento esistente	16.0 anni (46%)	19.0 anni	35.0 anni	12cm		●	
window_replacement	Selezionato	Elemento esistente	18.0 anni (60%)	12.0 anni	30.0 anni	double_low_e	●		
hvac_replacement	Selezionato	Elemento esistente	6.0 anni (30%)	14.0 anni	20.0 anni	ASHP			●

Optimal planning

Vantaggi e trade-off della soluzione

Confronto sintetico con no-action ed EOL. Un vantaggio positivo indica un risultato migliore secondo il verso economico o fisico dell'indicatore.

INDICATORE	CANDIDATA INFEASIBLE	BASILINE	VANTAGGIO VS BASELINE	EOL	VANTAGGIO VS EOL
NPV atteso ↑ meglio	1'436'180 CHF	1'266'253 CHF	+169'927 CHF (+13.4%)	1'355'813 CHF	+80'367 CHF (+5.9%)
CVaR 20% ↑ meglio	1'348'427 CHF	1'175'806 CHF	+172'620 CHF (+14.7%)	1'266'757 CHF	+81'670 CHF (+6.4%)
Energia primaria terminale ↓ meglio	148.1 kWh/m²yr	1115.9 kWh/m²yr	+967.9 kWh/m²yr (+86.7%)	165.1 kWh/m²yr	+17.1 kWh/m²yr (+10.3%)
CO₂ lifecycle ↓ meglio	23.2 kg/m²yr	127.4 kg/m²yr	+104.2 kg/m²yr (+81.8%)	54.5 kg/m²yr	+31.3 kg/m²yr (+57.5%)
Investimento totale ↓ meglio	306'200 CHF	0 CHF	-306'200 CHF	351'064 CHF	+44'864 CHF (+12.8%)

Comparison with
baseline scenarios

energy_savings_vs_no_action	OK	0.768	0.300	Energy savings vs no-action: 76.8% (Min: 30.0%)
max_total_investment	Fail	306'200.000	250'000.000	Total investment: 3.062e+05 CHF (Max: 2.5e+05 CHF)
min_expected_npv_floor	OK	1'436'180.007	-45'930.000	Expected NPV: 1.436e+06 CHF (Min: -4.593e+04 CHF)
co2_cap	OK	23.206	28.000	Lifecycle CO2: 23.21 kgCO2e/m2yr (Max: 28 kgCO2e/m2yr)
payback_cap_public	Fail	21.000	20.000	Public payback: 21 years (Max: 20 years)
comfort_hours_cap	OK	19.887	200.000	Comfort discomfort hours: 19.89 h/yr (Max: 200 h/yr)

Checking compliance
with constraints

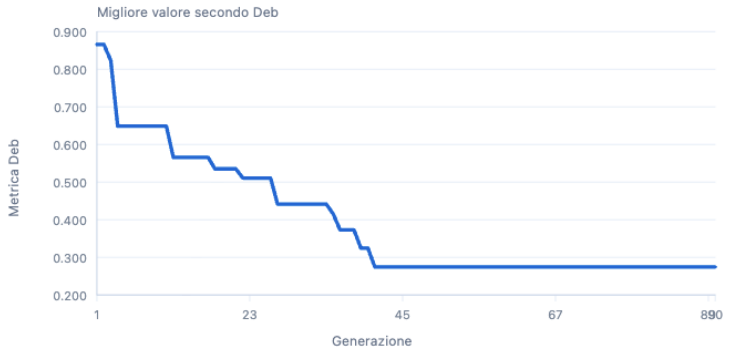
REMOPTI

Optimizer results

“Convergence – NPV distribution – Annual cashflow – Energy consumption trends – CO2 emissions - Macro KPIs...”

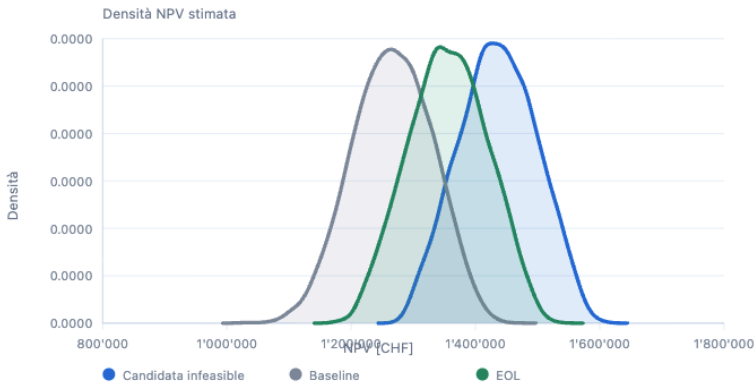
Convergenza

Valore migliore per generazione secondo la regola di Deb. Se la run è infeasible, il motore traccia la somma adimensionale delle violazioni positive, normalizzate rispetto ai rispettivi limiti.



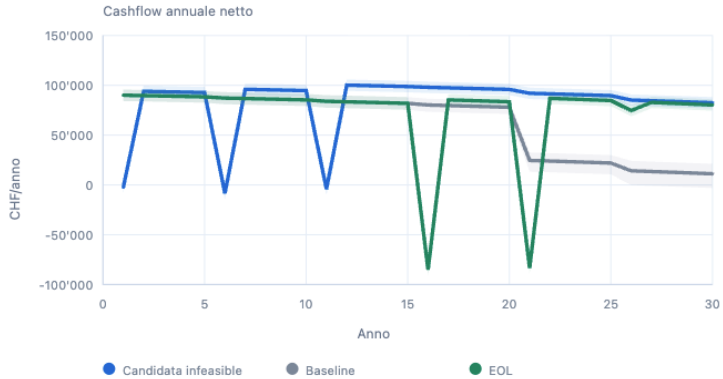
Distribuzione NPV

Curve di densità KDE delle realizzazioni stocastiche, con confronto fra scenari.



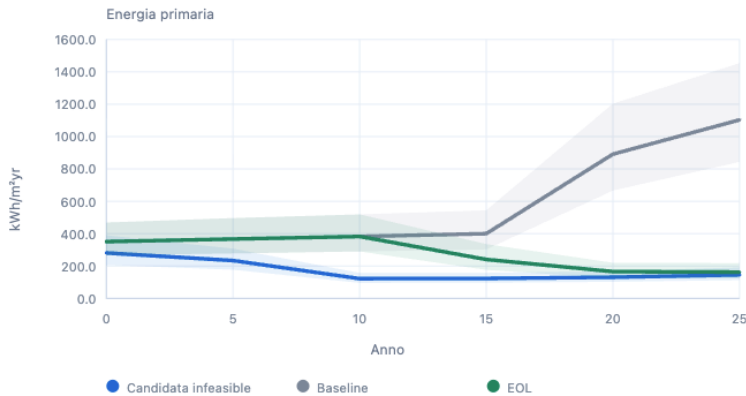
Cashflow annuale netto

Mediana annuale, utile per leggere rientri e anni critici.



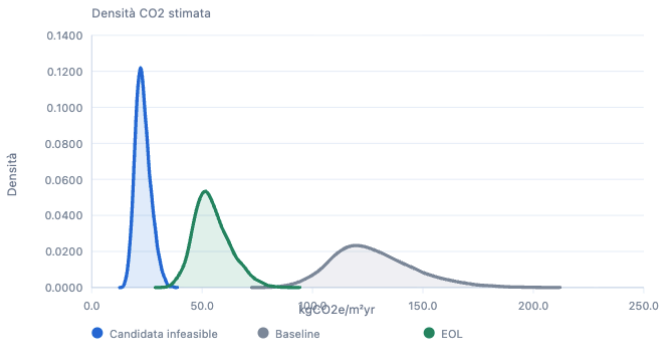
Evoluzione energia primaria

Energia primaria in kWh/m²·anno, comparata tra migliore candidata, baseline ed EOL.



CO2 lifecycle

Curve di densità KDE delle emissioni per scenario.



ESITO OTTIMIZZAZIONE Migliore candidata infeasible Non è una soluzione ammissibile: controllare i vincoli in stato Fail.	E[NPV] 1'436'180 CHF Mediana 1'436'168 CHF.	CVAR 20% 1'348'427 CHF Media del 20% peggiore della distribuzione NPV.	E PRIM ATTESA 148.1 kWh/m²·yr Energia primaria terminale media. Mediana 145.8.
INVESTIMENTO 306'200 CHF CAPEX totale pianificato.	SAVING ENERGIA 76.8% Risparmio sul consumo finale medio annuo rispetto allo scenario no-action simulato.	P(NPV<0) 0.0% Probabilità empirica NPV negativo.	DELTA NPV NETTO VS NO-ACTION 169'927 CHF Benefici operativi lordi attualizzati 428'168 CHF meno CAPEX attualizzato 258'241 CHF.

Thank you

Speaker contacts:



domenico.altieri@supsi.ch



[+41586666274](tel:+41586666274)



www.linkedin.com/in/domenicoaltierieng



github.com/DAltieri86



www.researchgate.net/profile/Domenico-Altieri