

Erasmus+ prosjekt-ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatterens synspunkter, og Europakommisjonen og Erasmus+ nasjonale byråer kan ikke holdes ansvarlig for bruk av informasjonen i publikasjonen.

Rumensk casestudie

Del III: Kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak

1. Budsjett for forbedringsalternativene

Forbedring 1: Forbedret klimaskall (isolasjon av yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og isolering av gulv med 10 cm ekstrudert polystyren, trippelvinduer ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), luft-vann-varmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme

- Beskrivelse av prisen

Posten	Kostnad (€ / m ²)
10 cm ekstrudert polystyrenisolasjon	12,4
30 cm mineralullisolasjon	7,5
15 cm mineralullveggisolasjon	20,4
Trippelglassvinduer	290
Totale estimerte kostnader (installert)	330 €/ m²

Forbedring 1 budsjett:

Enhet	Beskrivelse	n.	måling	pris €	beløp €
m	10 cm ekstrudert polystyrenisolasjon for gulvplater	1	407	12.4	5050
m	30 cm mineralull for øverste etasje	1	460	7.5	3450
m	15 cm mineralull for isolering av yttervegger	1	260	20.4	5300
m	Trippelglassvinduer i PVC ($U= 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	63	290	18400
m	Aluminiumsdører	1	12	350	4200
	Varmepumpe luft-vann 23 kW	1	1	11000	11000
	Kjele 100 l	1	1	300	300
	Komplett varmesystem (gulvvarmesystem)	1	1	28000	28000

Ventilasjonssystem (3 ventilasjonsenheter)	1	3	3200	9600
			Total	85300 €

Forbedring 2: Forbedret klimaskjerm (isolasjon av yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og isolering av gulv med 8 cm ekstrudert polystyren, trippelvinduer), luft-vann-varmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme

- Beskrivelse av prisen

Punkt	Kostnad (€ / m ²)
8 cm ekstrudert polystyrenisolasjon	9,92
20 cm mineralullisolasjon	5
10 cm mineralullveggisolasjon	€13
Trippelglassvinduer	290
Totale estimerte kostnader (installert) 319 €/m²	

Forbedring 1 budsjett:

Enhet	Beskrivelse	n.	måling	pris €	beløp €
m	8 cm ekstrudert polystyrenisolasjon for gulvplater	1	407	9,92	4040
m	20 cm mineralull for øverste etasje	1	460	5	2300
m	10 cm mineralull for isolering av yttervegger	1	260	13.5	3550
m	Tredoble PVC-vinduer (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Aluminiumsdører	1	12	350	4200
	Varmepumpe luft-vann 23 kW	1	1	11000	11000
	Kjele 100 l	1	1	300	300
	Komplett varmesystem (gulvvarmesystem)	1	1	28000	28000
	Ventilasjonssystem (3 ventilasjonsenheter)	1	3	3200	9600
				Total	81390 €

Forbedring 3: Forbedret klimaskjerm (isolasjon av yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og isolering av betonggulv med 10 cm ekstrudert polystyren, trippelvinduer (U=0,8 W/m² K), vann-vann-varmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme

- Beskrivelse av prisen

Punkt	Kostnad (€ / m ²)
10 cm ekstrudert polystyrenisolasjon	12,4
30 cm mineralullisolasjon	7,5
15 cm mineralullveggisolasjon	20,4
Trippelglassvinduer	290
Totale estimerte kostnader (installert)	330 €/ m²

Forbedring 1 budsjett:

Enhet	Beskrivelse	n.	måling	pris €	beløp €
m	10 cm ekstrudert polystyrenisolasjon for gulvplater	1	407	12.4 €	5050 €
m	30 cm mineralull for øverste etasje	1	460	7.5	3450
m	15 cm mineralull for isolering av yttervegger	1	260	20.4	5300
m	Trippelglassvinduer i PVC (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Aluminiumsdører	1	12	350	4200
	Varmepumpe vann-vann 24 kW	1	1	13900	13900
	Kjele 100 l	1	1	300	300
	Komplett varmesystem (gulvvarmesystem)	1	1	28000	28000
	Ventilasjonssystem (3 ventilasjonsenheter)	1	3	3200	9600
				Total	88200 €

Forbedring 4: Forbedret klimaskjerm (isolasjon av yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og isolering av betonggulv med 8 cm ekstrudert polystyren, trippelvinduer), vann-vann-varmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme

- Beskrivelse av prisen

Punkt	Kostnad (€ / m ²)
8 cm ekstrudert polystyrenisolasjon	9,92

Punkt	Kostnad (€ / m ²)
20 cm mineralullisolasjon	5
10 cm mineralullveggisolasjon	13
Trippelglassvinduer	290
Totale estimerte kostnader (installert) 319 €/ m	

Forbedring 1 budsjett:

Enhet	Beskrivelse	n.	måling	pris €	beløp €
m	8 cm ekstrudert polystyrenisolasjon for gulvplater	1	407	9,92	4040
m	20 cm mineralull for øverste etasje	1	460	5	2300
m	10 cm mineralull for isolering av yttervegger	1	260	13.5	3550
m	Tredoble PVC-vinduer (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Aluminiumsdører	1	12	350	4200
	Varmepumpe vann-vann 24 kW	1	1	13900	13900
	Kjele 100 l	1	1	300	300
	Komplett varmesystem (gulvvarmesystem)	1	1	28000	28000
	Ventilasjonssystem (3 ventilasjonsenheter)	1	3	3200	9600
				Total	84290 €

2. Kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak

En kostnads-nytte-analyse (CBA) i forbindelse med energirenovering av bygninger er en strukturent evaluering som brukes til å avgjøre om investeringen i å oppgradere en bygnings energiprestasjon er økonomisk forsvarlig.

Den sammenligner alle forventede kostnader ved renoveringen med de økonomiske og ikke-økonomiske fordelene den vil gi i løpet av bygningens levetid.

I denne casestudien er programvaren CypeTherm Impromevent plus brukt til å utføre denne analysen. I denne studien er det brukt to metoder for å gjennomføre analysen:

- Enkel tilbakebetalingsperiode (SPP)
- Netto nåverdi (NPV)

Metode 1: Enkel tilbakebetalingsperiode er en av de enkleste metodene for å evaluere den økonomiske avkastningen av en investering i energieffektivisering, for eksempel energirenovering av en bygning.

Enkel tilbakebetalingsperiode (SPP) er tiden (vanligvis uttrykt i år) det tar før de samlede energibesparelsene som en investering gir, tilsvarer den opprinnelige investeringskostnaden.

$$SPP = \frac{\text{Initial Investment Cost}}{\text{Annual Energy Savings}}$$

Metode 2: Netto nåverdi-metoden er et av de mest brukte og robuste finansielle verktøyene for å evaluere lønnsomheten av en investering over tid. I sammenheng med energirenovering av bygninger hjelper NPV med å avgjøre om de langsiktige energibesparelsene og andre fordeler oppveier de opprinnelige kostnadene ved oppgraderingen.

NPV er summen av alle fremtidige kontantstrømmer (for eksempel energibesparelser, vedlikeholdssparelser eller subsidier), diskontert tilbake til nåverdien, minus den opprinnelige investeringskostnaden.

Den tar hensyn til pengers tidsverdi, og anerkjenner at penger mottatt (eller spart) i fremtiden er mindre verdt enn penger i dag.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} - I$$

Hvor:

- B_t = Fordeler (f.eks. energibesparelser) i år t
- C_t = Drifts- eller vedlikeholdskostnader i år t
- r = Diskonteringsrente (rente eller kapitalkostnad)
- t = År (1 til n)
- I = Opprinnelig investeringskostnad
- n = Analyseperiode (i år)

Hvis $NPV > 0 \rightarrow$ Investeringen er lønnsom

Hvis $NPV = 0 \rightarrow$ Investeringen går i null

Hvis $NPV < 0 \rightarrow$ Investeringen er ikke økonomisk lønnsom

Energikostnader som er tatt i betraktning:



Energy cost
✕

Energy vector		
Electrical network energy	0.26	EUR/kWh
Natural gas	0.06	EUR/kWh
Diesel	0.10	EUR/kWh
LPG	0.15	EUR/kWh
Carbon	0.05	EUR/kWh
Solid biomass	0.11	EUR/kWh
Biomass	0.11	EUR/kWh
Thermal solar energy	0.00	EUR/kWh
Electrical energy produced by photovoltaic panels, small wind turbines and small hydro turbines	0.00	EUR/kWh

Accept

Parametere for netto nåverdi-metoden:

Net Present Value
✕

☒ NCV calculation method

The program uses the static analysis method to calculate the investment recovery period.
 By activating this option, the dynamic analysis will be included in the calculation process.

Annual energy cost increase

3.00

%

☒ Discount fee

4.50

%

Foreseen inflation

1.20

%

Nominal interest type

0.00

%

Analysis period

22

Years

Accept

Sammendrag av resultatene fra kostnads-nytte-analysen av energieffektiviseringstiltak:

	Netto kostnad for investeringen (EUR)	Årlig energikostnad (EUR)	Årlig nettobesparelse (EUR)	Tilbakebetaling (år)	NCV (år)	Årlig forbruk av ikke-fornybar primærenergi (kWh/m²)	Utslipp (kg CO2/m²)
Tilfelle 0 (utgangssituasjon)	0	16504	0	0	0	187,96	34,70
Tilfelle 1	85300,00	9757,83	6746,60	12,64	13,72	264,23	55,38
Tilfelle 2	81390,00	9694,97	6809,46	11,95	12,93	261,92	54,76
Tilfelle 3	88200,00	9392,78	7111,64	12,40	13,44	250,75	51,82
Tilfelle 4	84290,00	9694,97	6809,46	12,38	13,42	261,92	54,76

I tabellen ovenfor svarer kolonnen NCV på følgende spørsmål: Hvor mange år vil det ta å tjene inn investeringen, med tanke på pengers tidsverdi?

	Netto investeringskostnad				Årlig nettobesparelse				Investeringsgjenvinning periode (år)
	Kostna d (EUR)	Tilsku dd (EUR)	Resulterende netto kostnad (EUR)	Forskj ell (EUR)	Energikost nad (EUR/år)	Energibespar elser (EUR/år)	Vedlikeh old (EUR/år)	Netto besparelser (EUR/år)	
Tilfelle 0 (Utgangssituasjon)	0	0	0	0	16504,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Tilfelle 1	85300	0	85300,00	85300,00	9757,83	6746,60	0	6746,60	12,64
Tilfelle 2	81390,00	0	81390,00	81390,00	9694,97	6809,46	0	6809,46	11,95
Tilfelle 3	88200,00	0	88200,00	88200,00	9392,78	7111,64	0	7111,64	12,40
Tilfelle 4	84290,00	0	84290,00	84290,00	9694,97	6809,46	0	6809,46	12,38

3. Konklusjoner

Følgende konklusjoner kan trekkes fra denne studien:

- **Omfattende bygningsvurdering fullført.** Casestudien evaluerte grundig den nåværende energiprestasjonen til en utdanningsbygning i Romania ved hjelp av BIM-teknologier, og identifiserte store ineffektiviteter i isolering av bygningskroppen, vindusprestasjon, varmesystemer og ventilasjon. Bygningen var preget av høyt energiforbruk og dårlig termisk komfort, spesielt i fyringssesongen.
- **Energieffektiviseringstiltak identifisert og modellert.** Det ble foreslått og simulert en rekke energirenoveringstiltak, blant annet
 - Isolering av yttervegger/tak/gulvplater.
 - Utskifting av vinduer med trippelglass.
 - Modernisering av varmesystemet (ved hjelp av luft- eller vannvarmepumpesystem og gulvvarmesystem)
 - Mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning
- **Betydelig potensial for energibesparelser.** Analysen viste at en kombinasjon av passive og aktive tiltak kunne redusere primærenergiforbruket til oppvarming med 70 %. Disse besparelsene er særlig betydelige gitt Romanias kalde klima og lange fyringssesong.
- **Kostnads-nytte-resultatene varierer etter tiltak.** Den økonomiske vurderingen viste at:
 - Omfattende renoveringsstrategier (isolering, utskifting av vinduer) krever høyere investeringer, men gir langsiktig avkastning.
 - Modernisering av varmesystemet og ny mekanisk ventilasjon reduserer energiforbruket.
 - Hvis alle tiltakene som er vurdert i studien gjennomføres, reduseres tilbakebetalingsperioden betydelig (12 år) siden det oppnås større energibesparelser.
- **Kombinasjon av tiltak gir best resultat.** Det mest balanserte og bærekraftige resultatet oppnås ved å kombinere passive forbedringer (isolasjon, lufttetthet) med aktive systemer (moderne oppvarmingssystem og ventilasjonssystem). Denne synergien maksimerer energibesparelsene, opprettholder innklimaet og øker bygningens samlede verdi.
- **Teknisk og økonomisk gjennomførbarhet bekreftet.** Til tross for innledende investeringsbarrierer bekrefter studien at energirenovering er teknisk gjennomførbart og økonomisk fordelaktig for

bygningen. Ved bruk av måleparametere som NPV og SPP viser alle tiltak akseptabel økonomisk ytelse, spesielt hvis de gjennomføres samtidig.

- **Støtter nasjonale og EUs renoveringsmål.** Prosjektet er i tråd med EUs Green Deal og Renovation Wave-strategi, og bidrar til målene om karbonnøytralitet, energieffektivitet og sunnere inneklima i offentlige og private bygninger.