

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.

Spansk casestudie

Del III: Kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak

3.11. Budsjet for forbedringsalternativene

Forbedring 1: Forbedret termisk kappe (6 cm mineralull) + -vinduer med doble glass

- Beskrivelse av prisen på 6 cm isolasjonssystem for bygningens fasader på utsiden:

Posten	Kostnad (€ / m ²)
Steinullisolasjon (6 cm)	20
Lim, forankring, netting, profiler	€18
Gipsfinish (flere lag)	€12
Arbeidskraft (montering)	€25
Stillas og sikkerhet (enebolig)	€9
Avfallshåndtering og sluttrensjøring	€2
Totale estimerte kostnader (installert) 86€ / m²	

- Budsjett – Innvendig isolering på skillevegger, tak eller golvplate med gipsplater

Nr	Vare	Beskrivelse	En	Maks. pris €/m ²
1	Overflatebehandling	Rengjøring og klargjøring av eksisterende vegg- eller takflate	m	4
2	Steinullisolasjon (6 cm)	Levering og montering av 60 mm steinullpaneler mellom metallstendere	m	10
3	Metallstenderkonstruksjon	Installasjon av galvaniserte stålstendere og skinner	m	8
4	Gipsplater (gipsplater)	Installasjon av 12,5 mm standard gipsplater over rammeverk	m	9
5	Fuging og overflatebehandling	Teiping, fugemasse, sliping	m	5
6	Arbeidskraft (hvis ikke inkludert ovenfor)	Generell fagarbeid for installasjonsoppgaver	m	12
7	Avfallshåndtering og rengjøring av arbeidssted	Fjerning av avfall og sluttrensjøring av arbeidsstedet	m	2,00
Totalt (€/m²)				50,00

- Beskrivelse av de nye vinduene som skal installeres i bygningen.
 - Glass: Dobbeltsidig glass (2 ruter)
 - Belegg: Lavemisjonsbelegg (Low-E) på minst én rute
 - Gassfylling: Argongass mellom rutene (for varmeisolasjon)
 - Karm: uPVC med termisk barriere

- Installasjon: Ettermontering i eksisterende veggåpning (inkludert tetting, listverk, avhending av gammelt vindu)

Budsjett for forbedring 1:

Forbedring 1: Termisk isolering av klimaskjerm (6 cm mineralull) og nye vinduer

Enhet	Beskrivelse	n.	Mål	pris €	beløp €
m	6 cm mineralullisolasjon i fasader med pussfinish installert	1	93,88	86,00	8.073,68
m	6 cm mineralullisolasjon i skillevegg, tak og plater (innvendig gipsvegssystem)	1	161,49	50,00	8.074,50
m	Lavutslippsvinduer med doble vinduer i PVC med argongass ($U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)	1	11,32	270,00	3.056,40
ud	Utskifting av en ytterdør i en tomannsbolig i Ceutí (Spania), med en varmetransmisjon (U-verdi) på $1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, inkludert fjerning av den gamle døren og full installasjon.	1	1	1.200,00	1.200,0
				Totalt	20 404,58

Forbedring 2: Erstatning av elektrisk varmtvannsbereder med varmtvannsbereder med varmepumpe (1,5 kW, 200 l)

Nei.	Element	Beskrivelse	Enhet	Pris (€)
1	Levering av varmtvannsbereder med varmepumpe	Luftvarmepumpe for varmt vann til husholdning, 1,5 kW, 200 l tank (COP ~3,0)	enhet	2.050,00
	Fjerning av eksisterende elektrisk varmeapparat	Sikker frakobling og avhending av gammel elektrisk varmtvannsbereder	enhet	80,00
3	Installasjon av varmepumpe	Rørleggerarbeid, montering, elektrisk tilkobling og integrering	enhet	50
	Tilbehør og installasjonsmateriell	Rør, beslag, ventiler, isolasjon, braketter, festemidler	enhet	15
5	Tilpasning av elektrisk krets	Oppgradering av strømbryter og sikkerhetstilpasning (om nødvendig)	enhet	10
6	Oppstart og testing av systemet	Igangsetting, funksjonstesting, brukerinstruksjoner	enhet	70,00
Totalt				2.950,00

Forbedring 3: 4-panel PV-installasjon (1,94 kWp, flatt tak, Ceutí)

Tekniske spesifikasjoner for solcellepanelsystemet:

Plassering: Ceutí (Spania)

Bygning: Enkeltstående hus

Systemspesifikasjoner:

- Antall glass-silisiumpaneler: 4 (3 m² per panel)
- Panelkapasitet: 480 W hver

- Total kapasitet: 1,94 kWp

Nr	Element	Beskrivelse	Enhet	Enhetspris (€)	Antall	Subtotal (€)
1	Solcellepaneler (485 Wp)	Høyeffektive monokrystallinske paneler med glass-silisium innkapsling	panel	280	4	1.120,00
2	Monteringsstruktur (flatt tak)	Støttestruktur i aluminium (ballastet eller fast)	panel	7	4	300,00
3	Omformer (2–3 kW)	Nettilkoblet omformer dimensjonert for 2 kWp-system, med grunnleggende overvåking	enhet			700
4	Elektrisk installasjon	Kabling (DC/AC), beskyttelse, kombinasjonsboks, produksjonsmåler	system	5	1	500,00
5	Arbeid og igangkjøring	Montering, kabling, oppsett av omformer, oppstartstesting	system	6	1	600,00
6	Legalisering og administrasjon (valgfritt)	Dokumentasjon, nettilkobling, CIE, BOE osv.	tjeneste	300	1	300,00
Totalt						3.520,00

Forbedring 4: Vaillant aerotermisk system (oppvarming + kjøling + varmtvann med viftekonvektorer)

Teknisk sammendrag:

- **Systemkapasitet:**
 - Oppvarming: 7,37 kW (COP 4,42)
 - Kjøling: 7,2 kW (EER ~2,7)
 - varmtvann: 200 l tank med integrert spole (uniSTOR)
- **Varmt vann** genereres direkte fra aerotermisk system
- **Besparelse** sammenlignet med tradisjonell elektrisk oppvarming: opptil 65 %
- **Plassbehov:** varmtvannstank + buffer i vaskerom eller vaskerom

Budsjett:

Nei	Element	Beskrivelse	Enhet	Enhet Pris (€)	Antall	Subtotal (€)
1	Vaillant aroTHERM Plus utendørsenhet	Luft-til-vann varmepumpe, 7,37 kW oppvarming / 7,2 kW kjøling (COP 4,42), monoblokk	enhet	3.740,00	1	3.740,00
2	Vaillant uniSTOR varmtvannstank (200 l)	Varmtvannstank med spiral for aerotermiske systemer	enhet	1.375,00	1	1.375,00
3	Viftekonvektorer (Vaillant eller compatible)	Vannbårne viftekonvektorer, ultrastille, termostatstyrt	enhet	638,00	4	2.552,00
4	Hydraulisk krets + integrering av varmtvann	Rør, ventiler, sirkulasjonspumpe, for oppvarming, kjøling og varmt vann	system	935,00	1	935,00
5	Tilpasning av elektrisk panel	Sikkerhetsbrytere, kontrollkabling, varmtvannsberederkompatibel konfigurasjon	enhet	440,00	1	440,00
6	Fjerning av gammel klimaanlegg og varmtvannsbereder	Avinstallasjon av multisplit klimaanlegg + elektrisk varmtvannsbereder, med lovlig avhending	service	220,00	1	220,00
7	Installasjon og igangkjøring	Full systeminstallasjon, hydraulisk oppsett, tester, fylling, konfigurasjon	system	1.320,00	1	1.320,00

8	Termostater / Sonekontroller	Kablede eller trådløse termostater eller digitale grensesnitt	enhet	110,00	440,00
Totalt					11 022,00

- Forbedring 5: Aerotermisk oppvarming og varmtvannssystem (for radiatorer)

Tekniske egenskaper:

- Anvendelse: Kun oppvarming + varmtvann
- Radiatorer og distribusjonsrør er ikke inkludert
- Ideell for boliger som oppgraderes fra gass- eller elektriske systemer
- Utendørsenhet: Monoblokk (ingen håndtering av kjølemiddel på stedet)
- Høy effektivitet COP > 4 – opptil 70 % energibesparelse sammenlignet med gass

Nei	Element	Beskrivelse	Enhet	Enhetspris (€)	Ant	Delsum (€)
1	Vaillant aroTHERM Plus	Ute monoblokk, 7,37 kW oppvarming (COP 4,42)	enhet	3.400,00	1	3.400,00
2	Vaillant uniTOWER 200 L	Innendørs hydraulisk tårn (hydraulisk modul + 200 L varmtvannstank + 3-veis ventil, pumpe, sensorer)	enhet	2.750,00	1	2.750,00
3	Elektrisk panel og beskyttelse	Tilpasning av elektrisk tavle og kontrollkabling	enhet	400,00	1	400,00
4	Fjerning av gasskjele	Sikker frakobling og avhending	enhet	180,00	1	180,00
5	Fjerning av elektrisk varmtvannsbereder	Sikker frakobling og avhending	enhet	120,00	1	120,00
6	Installasjon og igangkjøring	Hydrauliske og elektriske tilkoblinger, oppstart av systemet, testing	enhet	950,00	1	950,00
Totalt						7.800,00

Forbedring 6: Forbedret termisk isolasjon med 10 cm isolasjonslag + doble vinduer

Forbedring 6: Termisk isolasjon (10 cm mineralull) og nye vinduer

Enhet	Beskrivelse	n.	Mål	pris €	beløp €
m	10 cm mineralullisolasjon i fasader med pusset overflate installert	1	93,8	114,00	10.702,32
m	10 cm mineralullisolasjon i skillevegg, tak og plater (innvendig gipsveggsystem)	1	161,49	66 400	10 722,94
m	Lavutslippsvinduer med doble vinduer i PVC med argongass (U= 1,7 W/m ² ·K)	1	11,32	270,00	3.056,40
ud	Utskifting av en ytterdør i en tomannsbolig i Ceutí (Spania), med en varmetransmisjon (U-verdi) på 1,7 W/m ² ·K, inkludert fjerning av den gamle døren og full installasjon.	1	1	1.200,00	1.200,0
				Totalt	25 681,66

3.12. Kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak

En kostnads-nytte-analyse (CBA) i forbindelse med energirenovering av bygninger er en strukturert evaluering som brukes til å avgjøre om investeringen i oppgradering av 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 på 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 økonomiske 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 = e startinvesteringer
- 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 grid energy	0.30	EUR/kWh
Natural gas	0.11	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

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	45 Years

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

	Netto kostnad for investering (EUR)	Årlig energikostnad (EUR)	Årlig nettobesparelse (EUR)	Tilbakebetaling (år)	NCV (år)	Årlig forbruk av ikke-fornybar primærenergi (kWh/m ²)	Utslipp (kg CO ₂ /m ²)
Utgangspunkt 1 (tilfelle 1)	0	1642	0	0	0	162,20	27,48
Tilfelle 3: 6 cm isolasjon og varmepumpe for varmtvann	23354,58	225,15	1417,17	16	18,0	22,23	3,77
Tilfelle 4: 6 cm isolasjon + varmtvannsvarmepumper + solcellepaneler	26874,58	0	1642,32	16,3	17,9	0,00	0
Tilfelle 5: 10 cm isolasjon + varmtvannsbereder + solcellepaneler	3215	0	1642	19,58	21,62	0,00	0
Tilfelle 6: 6 cm isolasjon + H & AC og DHW Aerotermisk med viftekonvektor + PV-paneler	34946,58	0	1642,32	21	23,5	0,00	0

	Netto kostnad for investeringen (EUR)	Årlig energikostnad (EUR)	Årlig nettobesparelse (EUR)	Tilbakebetaling (år)	NCV (år)	Årlig forbruk av ikke- fornybar primærenergi (kWh/m ²)	Utslipp (kg CO ₂ /m ²)
Utgangspunkt 2 (tilfelle 2)	0	1067,51	0	0	0	119,73	24,93
Tilfelle 7: 6 cm isolasjon + aertermisk med radiatorer for HS og DHW	28204,58	183,4	884,10	31,9	4	18,12	3,08
Tilfelle 8: 6 cm solinnstråling Aertermisk for HS og DHW og PV- paneler	31724,58	0	1067,51	29,7	38,47	0,00	0

I tabellene 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				Investerings gjenvinnings periode (år)
	Kostnad (EUR)	Tilskudd (EUR)	Resulterende netto kostnad (EUR)	Forskjell (EUR)	Energikostnad (EUR/år)	Energibesparelser (EUR/år)	Vedlikehold (EUR/år)	Netto besparelser (EUR/år)	
Utgangspunkt 1 (Tilfelle 1)	0	0	0	0	1642,32	0,00	0,00	0,00	0
Tilfelle 3: 6 cm isolasjon og varmepumpe for varmtvann	2335 4,58	0	23354,58	23354,58	225,15	1417,17	0	1417,17	16,48
Tilfelle 4: 6 cm isolasjon + varmtvannsvarmepumpe + solcellepaneler	2687 4,58	0	26874	26874,58	0	1642,32	0,00	1642,32	16,36
Tilfelle 5: 10 cm isolasjon + varmtvannsvarmepumpe + solcellepaneler	3215 1,66	0	32151	32151,66	0	1642,32	0,00	1642,32	19,58
Tilfelle 6: 6 cm isolasjon + H & AC og DHW Aertermisk med viftekonvektor + PV-paneler	3494 6,58	0	34946,58	34946,58	0	1642,32	0,00	1642,32	21,28

	Netto investeringskostnad				Årlig netto besparelse				Investeringsamortiseringstid (år)
	Kostnad (EUR)	Tilskudd (EUR)	Resulterende netto kostnad (EUR)	Forskjell (EUR)	Energikostnad (EUR/år)	Energibesparelser (EUR/år)	Vedlikehold (EUR/år)	Netto besparelser (EUR/år)	
Utgangssituasjon 2. (Tilfelle 2)	0	0	0	0	1067,51	0,00	0,00	0,00	0
Tilfelle 7: 6 cm isolasjon + aertermisk med radiatorer for HS og DHW	28204,5	0	28204,58	28204,58	183,4	884,10	0,00	884,10	31,90
Tilfelle 8: 6 cm solinnstråling Aertermisk for HS og DHW og PV-paneler	31724,58	0,00	31724,58	31724,58	0,00	1067,51	0,00	1067,51	29,72

4. Konklusjoner

Følgende konklusjoner kan trekkes fra denne studien:

- **Omfattende bygningsvurdering fullført.** Casestudien evaluerte grundig den nåværende energiprestasjonen til en enebolig i Ceutí (Spania) ved hjelp av BIM-teknologier, og identifiserte store ineffektiviteter i isolasjonen av bygningskroppen, vindusprestasjon, varmtvannssystemer og varmesystem. 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
 - Utvendig veggisolering og takisolering.
 - Utskifting av vinduer.
 - Modernisering av varmtvannssystemet (ved hjelp av varmepumpesystem)
 - Modernisering av varme- og kjølesystem (ved hjelp av aerotermiske systemer)
 - Integrering av solcellepaneler på taket
- **Betydelig potensial for energi- og CO₂-besparelser.** Analysen viste at en kombinasjon av passive og aktive tiltak kunne redusere forbruket av ikke-fornybar primærenergi med 100 % og CO₂-utslippene også med 100 %.
- **Kostnads-nytte-resultatene varierer etter tiltak.** Den økonomiske vurderingen viste at:
 - Omfattende renoveringsstrategier (isolasjon, utskifting av vinduer) krever høyere investeringer, men gir langsiktig avkastning.
 - Modernisering av varme-, kjøle- og varmtvannssystemer reduserer energiforbruket og gassutslippene betydelig.
 - Solcellepaneler bidrar betydelig til målene for karbonreduksjon.
 - Hvis alle tiltakene som er vurdert i studien gjennomføres, reduseres tilbakebetalingsperioden betydelig (18 år) siden det oppnås 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 varmtvannspumpesystem og solcellepaneler). Denne synergien maksimerer energibesparelsene, opprettholder inneklimate 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 eneboligen. 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.