

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

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

Rumensk casestudie

Del I: Tilnærming til den rumenske casestudien og analyse av den opprinnelige situasjonen

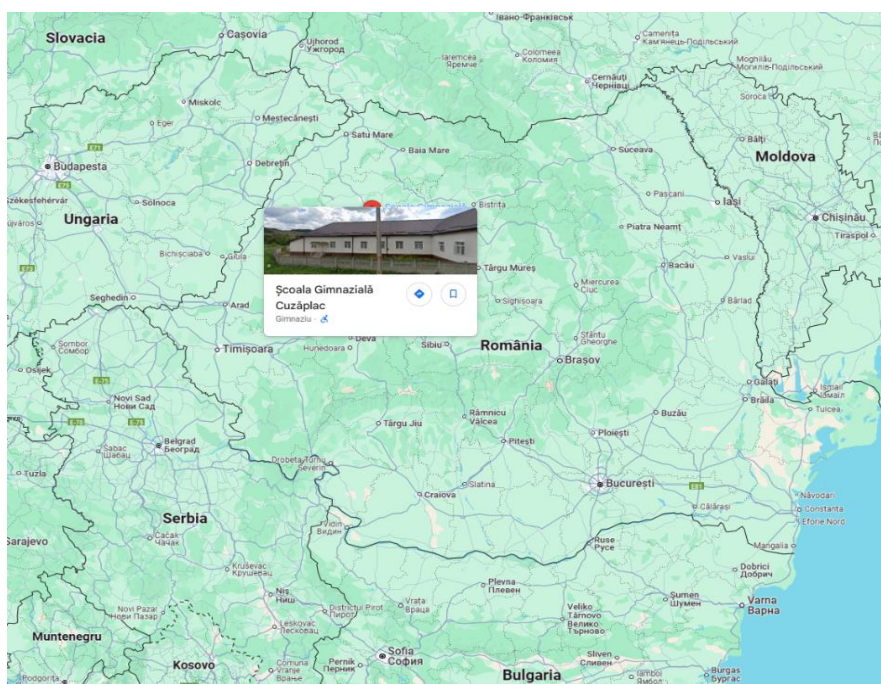
1. Tilnærming til casestudie

Den rumenske casestudien fokuserer på en utdanningsbygning. Den omfatter analyse av energibehov og -forbruk, samt forslag til alternativer for å forbedre bygningens energieffektivitet.

2. Beskrivelse av utdanningsbygget

2.1. Innledning

Den rumenske casestudien omhandler en barneskole og ungdomsskole bygget i 1962 i landsbyen Petrindu/Cuzăplac i Sălaj fylke i Romania (se fig. 1 og 2).



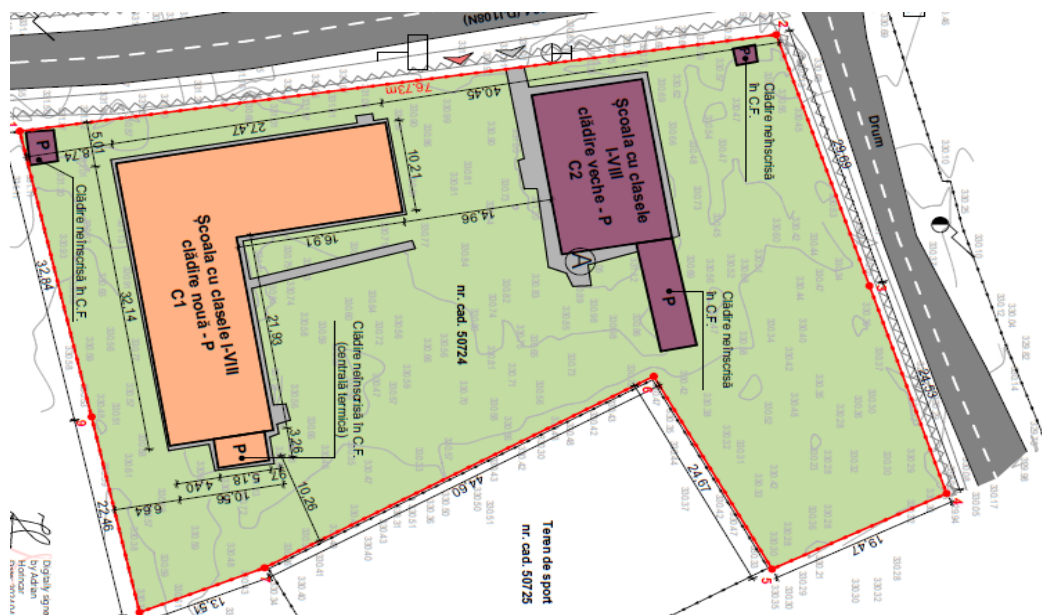
Figur 1. Skole i Romania – kartplassering



Figur 2. Skole fra Romania – bilder

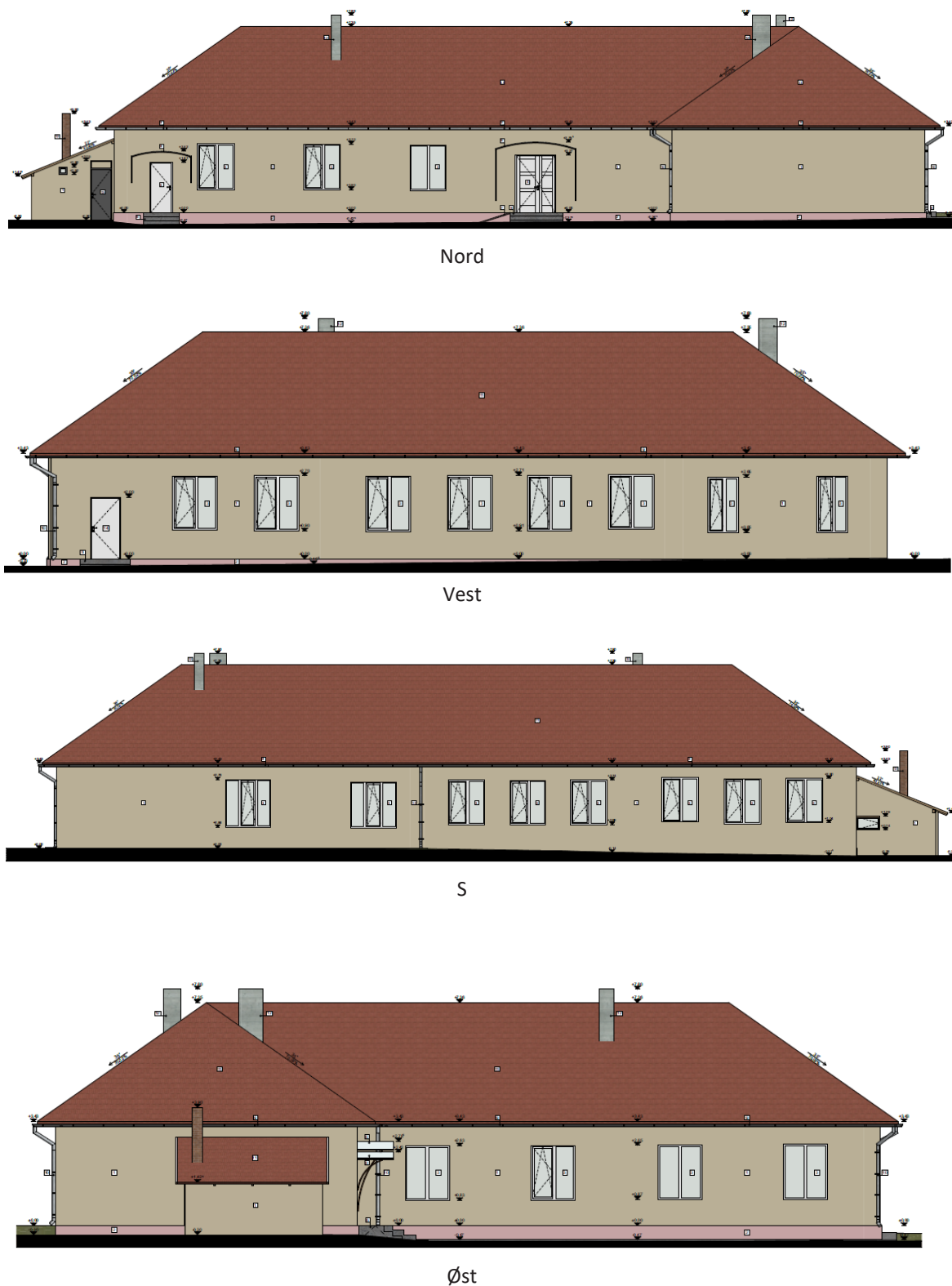
2.2. Byggplaner

Tomtens totale areal er 3861 kvadratmeter (se fig. 3).



3. Figur 3. Skole fra Romania – situasjonsplan

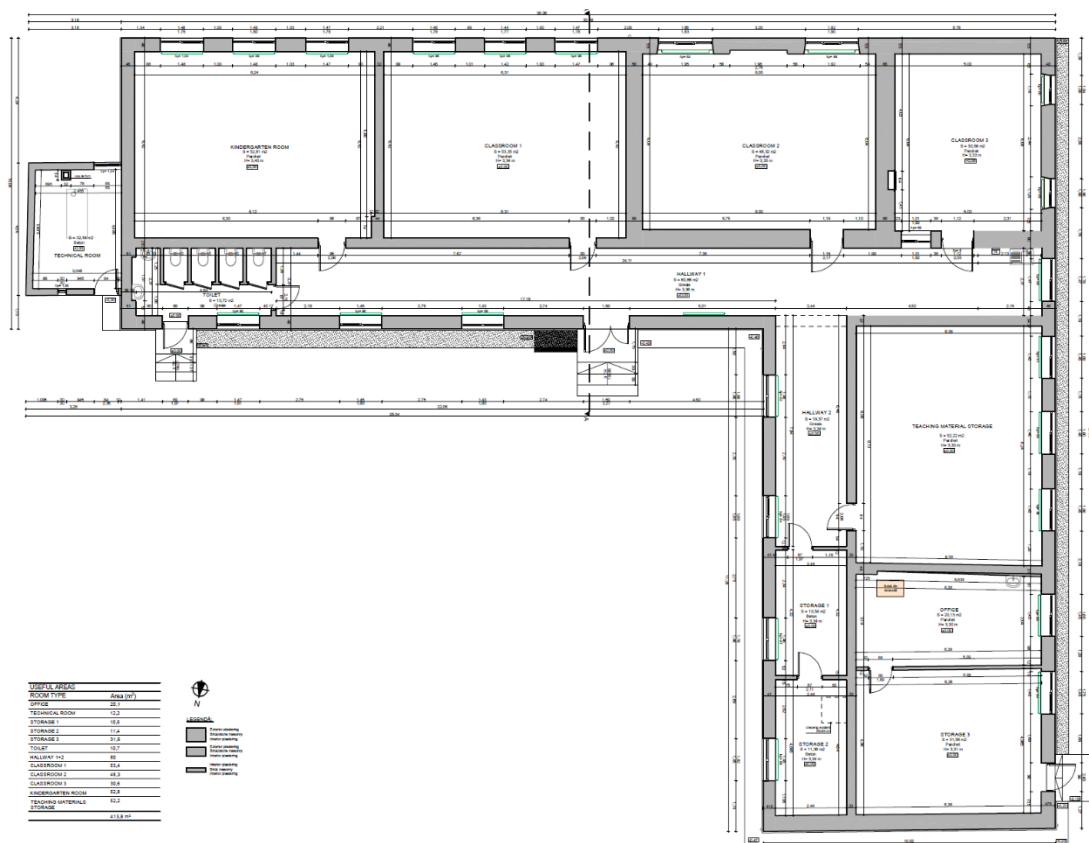
Bygningen (C1) har én etasje og et samlet bebygget areal på 512 kvadratmeter, med et samlet bruksareal på 413,8 kvadratmeter (se fig. 4).



Figur 4. Skole fra Romania – fasader

Bygningen består av 3 klasserom, 1 barnehagerom, to ganger, et lager for undervisningsmateriell, et kontor, tre lagerrom, et toalett og et teknisk rom (se fig. 5).

Kaldtvann tilføres fra det lokale nettverket. Bygningen varmes opp av et fastbrenselanlegg og en kjele, som er koblet til stålradiatorer. Belysningsystemet består hovedsakelig av neonlysrør. Bygningen har ikke ventilasjons- eller klimaanlegg.



Figur 5. Skole i Romania – planløsning av første etasje

2.3. Beliggenhet

De geografiske koordinatene for denne bygningen er:

- Breddegrad: 46°57'56"N
- Lengdegrad: 23°11'24"Ø
- Høyde: 293,2 m

Location data

City

Cuzapla

Altitude

293.200 m

Latitude

46.0 degrees

Longitude

23.0 degrees

Time zone

2.0

SCOP climatic conditions

Cold climate

2.4. Klimason

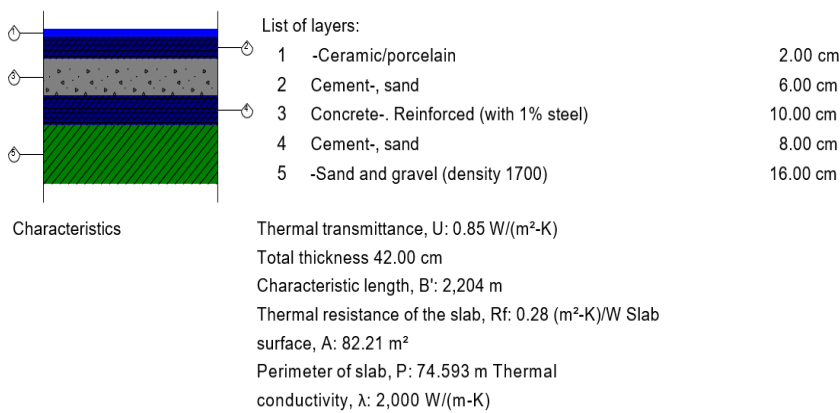
I henhold til Koeppen-Geiger-klassifiseringssystemet er Romania preget av seks forskjellige klimatyper. Den dominerende klimasonen er et fuktig kontinentalt klima med varme somre (Dfb), som omfatter det største området av landet (inkludert byggeområdet for vår casestudie). I løpet av den varmeste måneden i året overstiger gjennomsnittstemperaturen ikke 22 °C. I kontrast til dette er gjennomsnittstemperaturen i den kaldeste måneden vanligvis mye lavere, ofte betydelig under -3 °C.

2.5. Termiske klimamaterialer

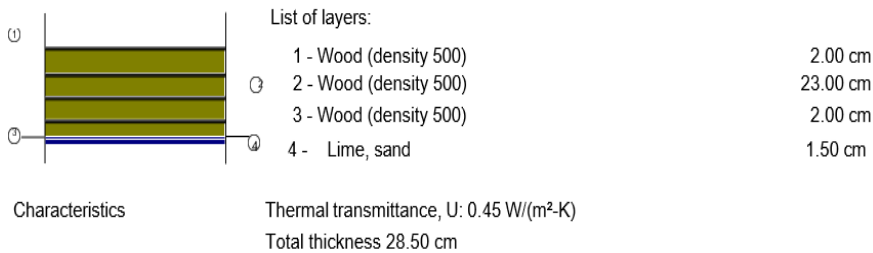
Bygningen har en struktur av stein og betong, murvegger, loftsgulv av tre og et tretak med bitumenbelagte bølgeplater. Innvendige vegger er behandlet med vaskbar maling eller fliser, mens utsiden er pyntet med dekorativt puss. Betonggulvene er dekket med parkett eller fliser. Bygningen er ikke isolert. Vinduene har PVC-rammer og doble vinduer.

Følgende data ble brukt i denne casestudien:

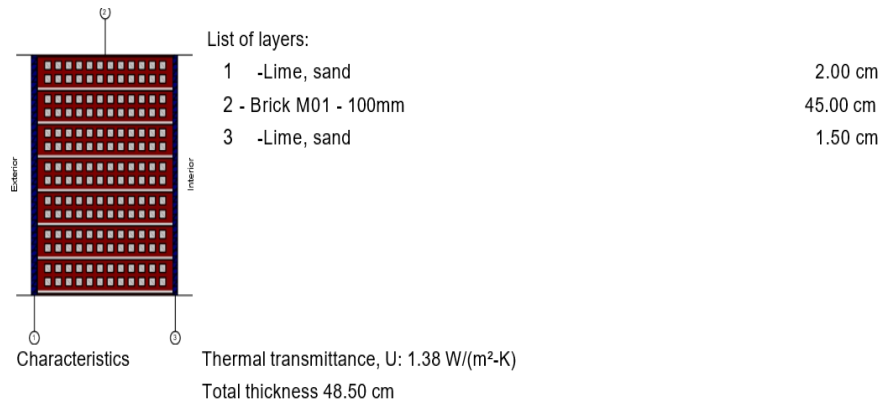
Gulvplate



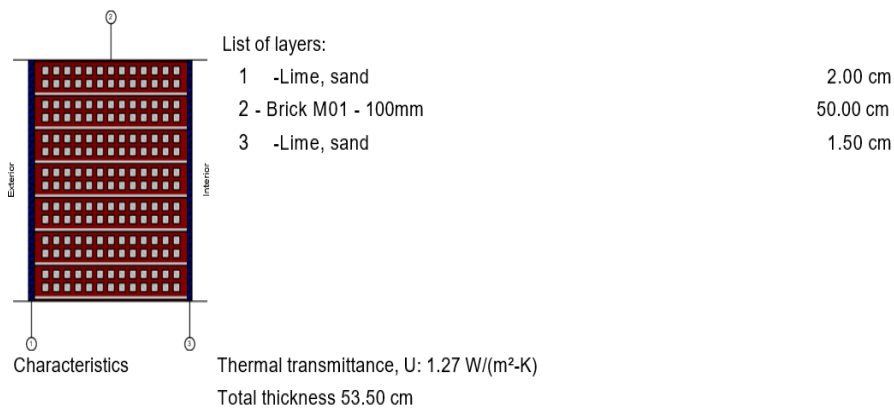
Tak



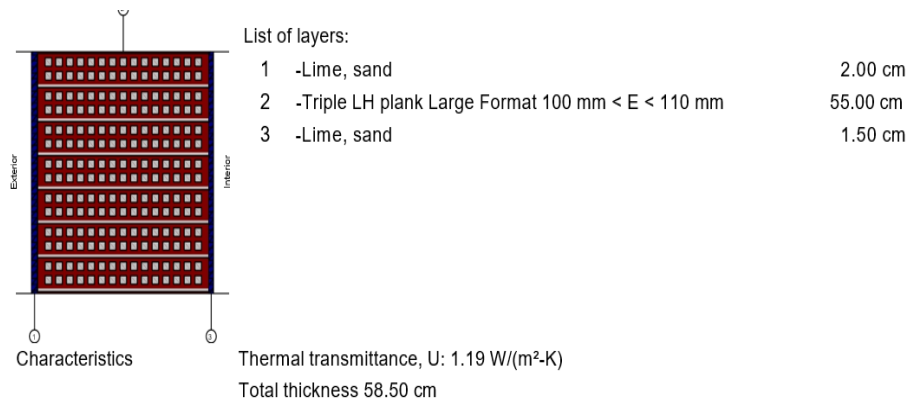
Ytre vegg 45

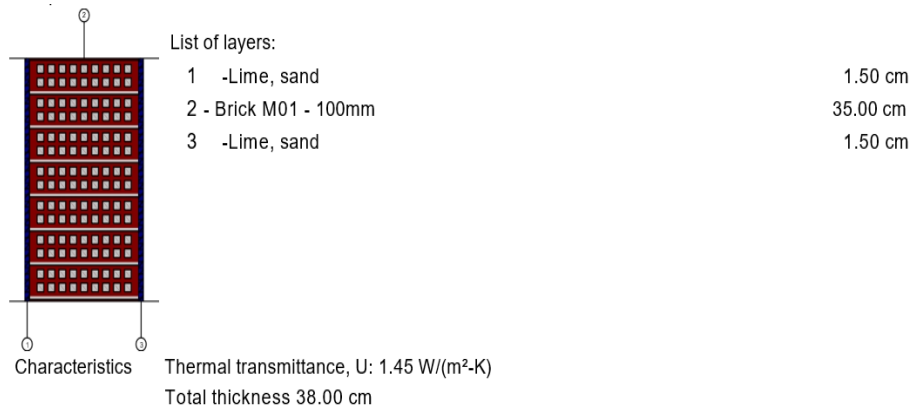
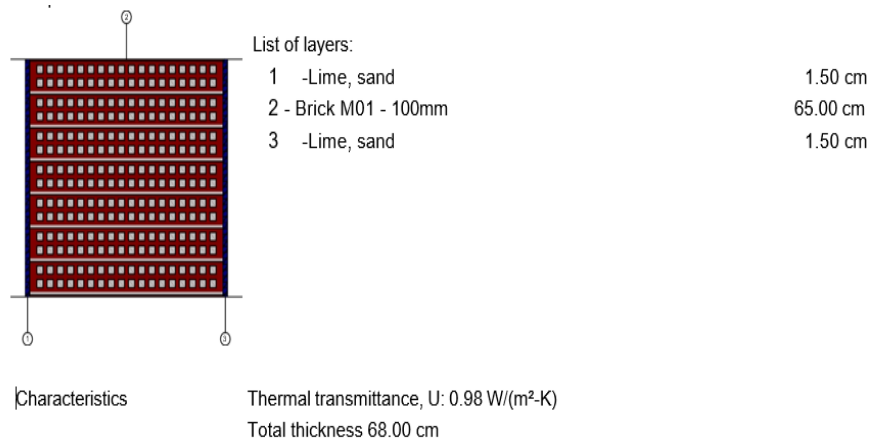


Yttervegg 50



Yttervegg 55



Skillevegg 35

Skillevegg 65

Dører

Heat transfer coefficient (U)	2.10	W/(m²·K)
Absorptance	0.60	

Vinduer

Heat transfer coefficient (U)	2.10	W/(m²·K)
Solar heat gain coefficient	0.70	

2.6. Varmtvann, oppvarming og klimaanlegg

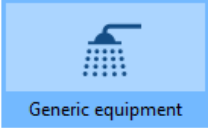
Vannet varmes opp av et varmekraftverk som bruker biomasse som brensel. Vedfyrte anlegg er ikke særlig effektivt.

Bygningen varmes opp av stålradiatorer ved hjelp av et fastbrenselanlegg (ved) og en kjele.

Det er heller ikke ventilasjon eller klimaanlegg i bygningen.

Reference

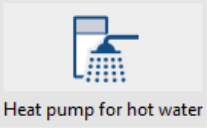
Covered DHW demand percentage %



Generic equipment



Air-source heat pump



Heat pump for hot water



Geothermal

Production set

Overview

Type of energy vector

Rated capacity W

Average seasonal efficiency

Storage tank

Global loss coefficient, UA W/K

Average storage temperature °C

Ambient temperature °C

Global loss coefficient (UA)

Capacity l

Outside diameter m

Insulation thickness m

Thermal conductivity of the insulation W/(m·K)

Global loss coefficient, UA: 1.20 W/K

Figur 6. Varmtvannssystem

Reference Heating











Hot-water system

Hot water production equipment

+     

Name

1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature 82.0 °C

Design delta temperature 10.0 °C

Fluid type Water

Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant




Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor 1.00

Rated efficiency 0.55

Fuel type Biomass

Operating parameters

Performance curves

Performance curves By default

Boiler type Hot water boiler

Figur 7. Oppvarmingssystem

3. Utvikling av den rumenske utdanningsbygningen Case Study

3.1. BIM-modell av bygningen

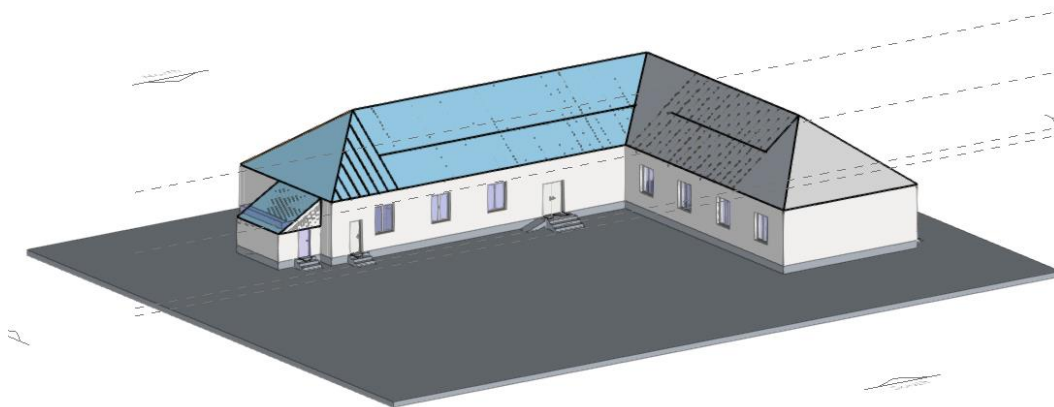
En bygningsinformasjonsmodell (BIM) for energianalyse er en digital representasjon av en bygning som integrerer både geometriske og semantiske data, og muliggjør detaljerte simuleringer av bygningens energiprestasjoner. I motsetning til en standard 3D-modell inneholder en BIM informasjon om materialer, termiske egenskaper, beleggplaner, belysningssystemer, VVS-utstyr og mer.

Når BIM brukes til energianalyse, fungerer det som et datarikt grunnlag som kan eksporteres til energisimuleringsprogramvare (EnergyPlus i denne casestudien). Dette gjør det mulig for energikonsulenter å evaluere varme- og kjølebehov, dagslys, termisk komfort og samlet energiforbruk.

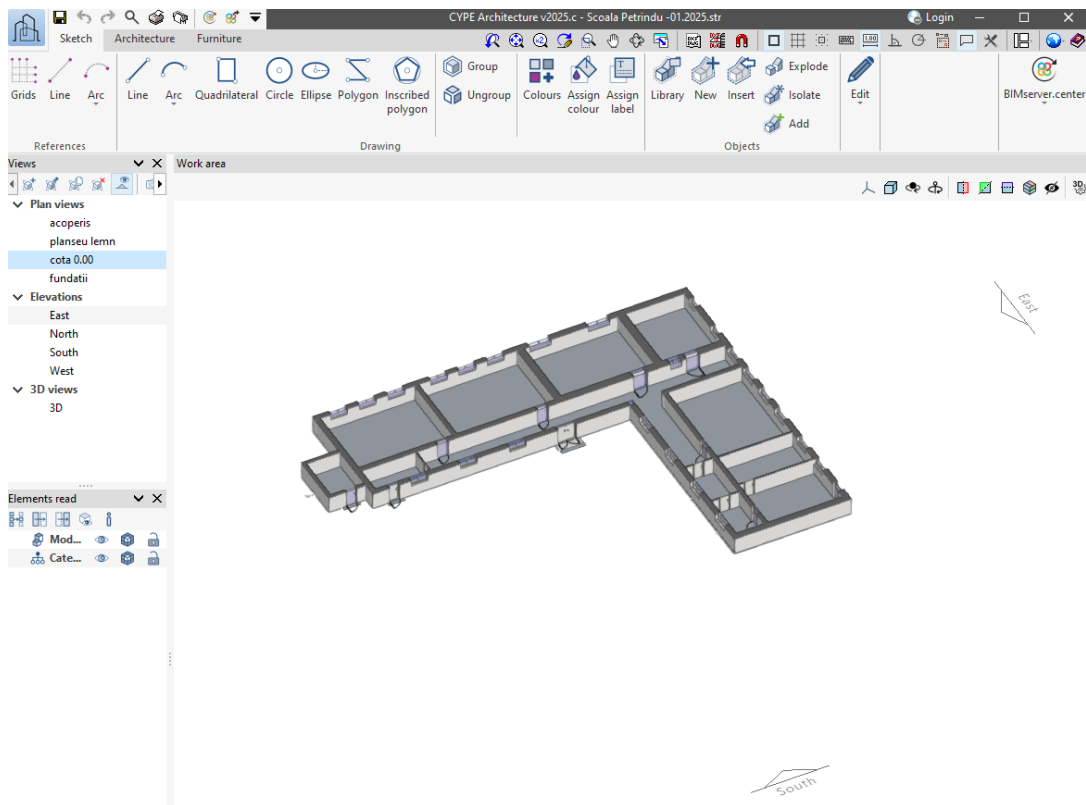
De viktigste fordelene er:

- Automatisk dataoverføring fra design til simulering
- Økt nøyaktighet takket være konsistente og detaljerte innspill
- Integrerte designarbeidsflyter mellom arkitekter, ingeniører og energianalytikere

Figurene nedenfor viser flere visninger av bygningens geometriske BIM-modell.



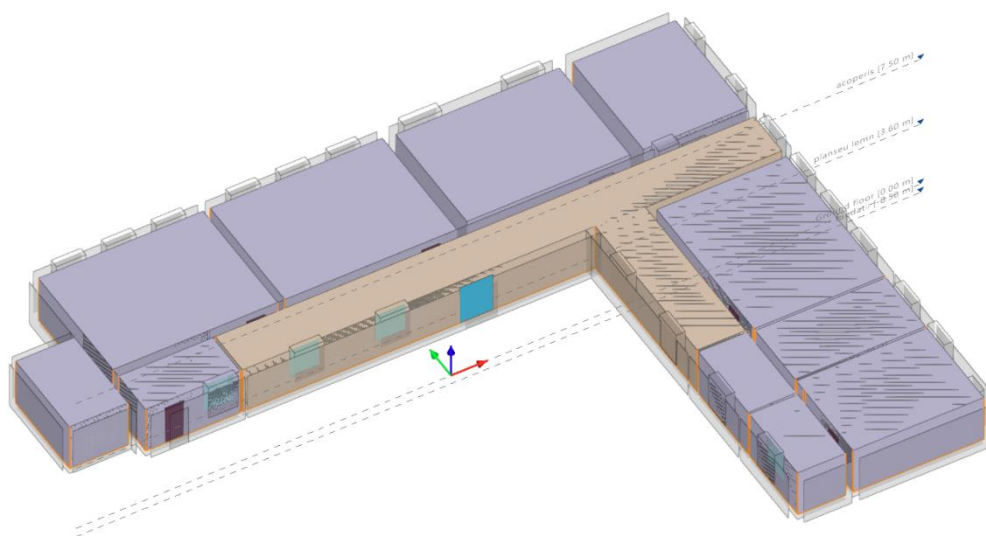
Figur 8. BIM-modell



Figur 9. Skoleplan i BIM-modell

3.2. BIM-modell av bygningen

Den analytiske modellen av bygningen består av bygningens innvendige rom, som bygningens innvendige volum er delt inn i med sine egenskaper (romvolum, overflater som eliminerer rommet ...).



Figur 10. Analytisk modell av bygningen

I dette arbeidet er bygningens innvendige rom gruppert i to forskjellige soner.

Disse sonene er:

Første etasje er det klimatiserte området av bygningen.

Felles sone er ikke beboelig område.

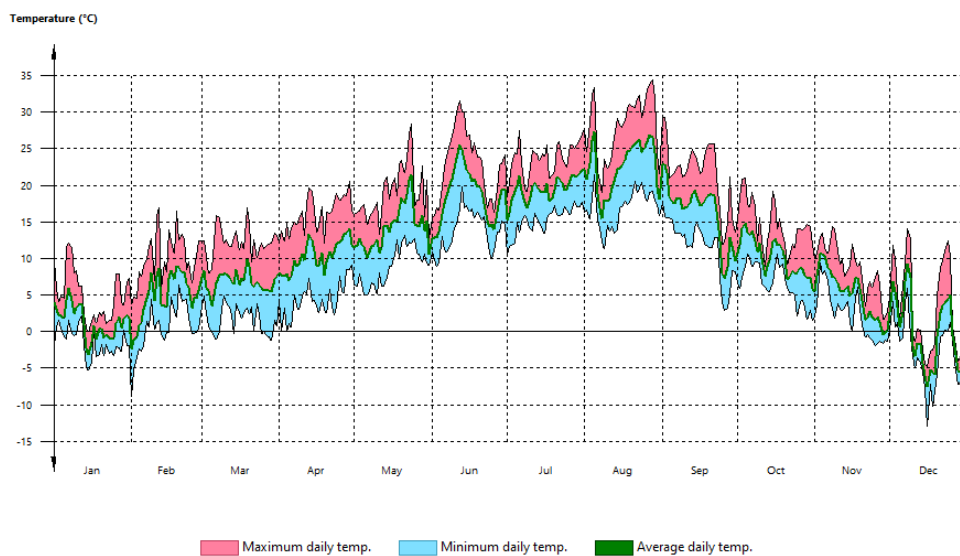
Ventilasjonen i den eksisterende bygningen består av naturlig ventilasjon.

Ventilasjonsbehovet som er lagt inn i modellen er **0,63 luftskift per time** for boliger, fellesarealer, kjøkken og bad.

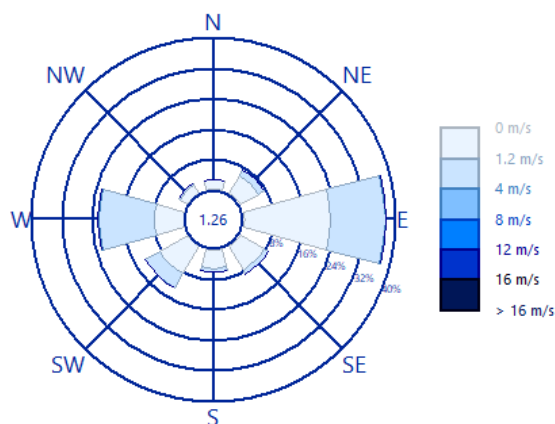
3.3. Klimason

Følgende data ble brukt i denne casestudien:

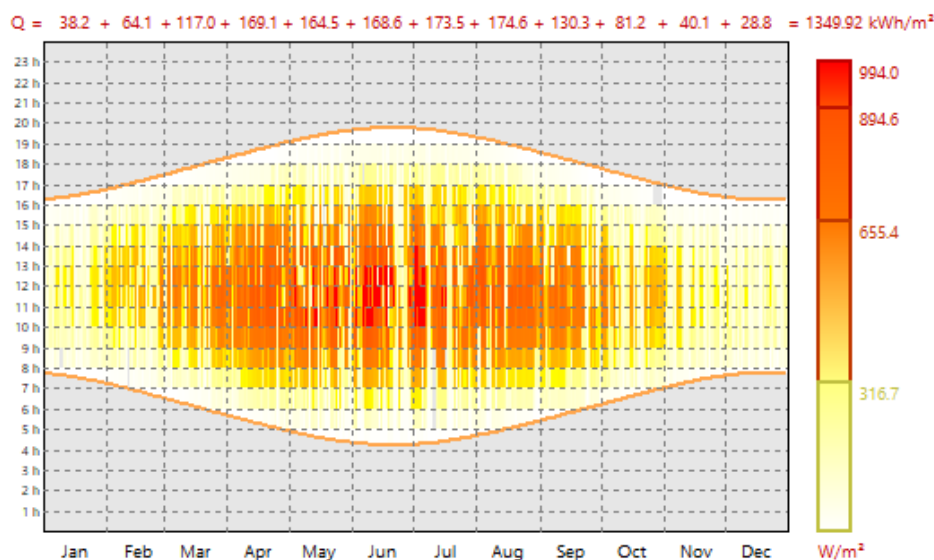
Utetemperatur



Vindfordeling



Global solinnstråling på en horisontal overflate



3.4. Driftsforhold for klimatiserte rom i bygningen

For energianalysen av bygningen er driftsforholdene for de klimatiserte rommene i bygningen brukt, med utgangspunkt i en typisk skoletid fra kl. 8 til 16, mandag til fredag.

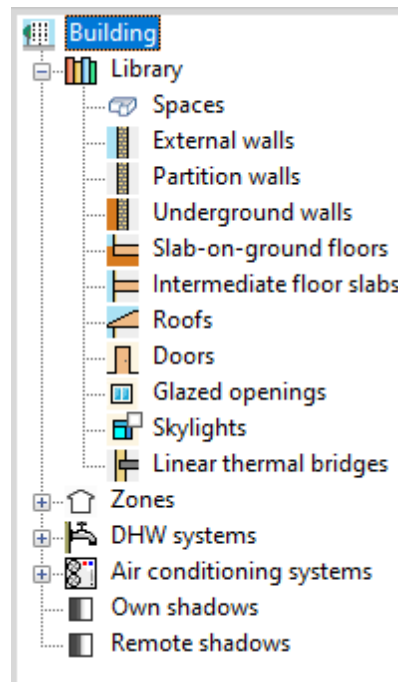
3.5. Bygningsenergimodell

En bygningsenergimodell er en detaljert digital simulering av en bygnings energibruk, laget for å analysere og forutsi energiprestasjonen. Den inkluderer innspill som bygningens geometri, orientering, byggematerialer, isolasjonsnivåer, VVS-systemer, belysning, bruksmønstre og lokale klimadata. Modellen bruker denne informasjonen til å beregne energiforbruket til oppvarming, kjøling, belysning, ventilasjon og stikkontaktbelastning over tid.

Denne modellen er viktig for:

- Evaluere designalternativer

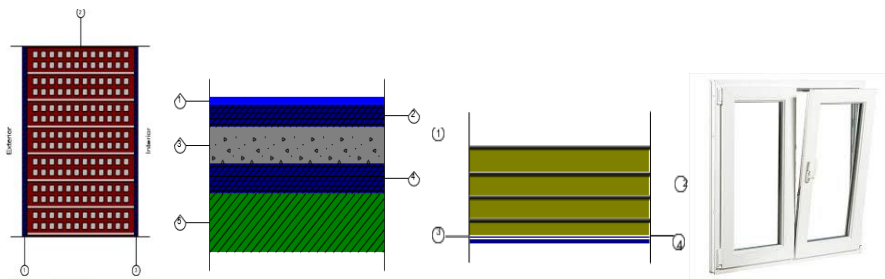
- Estimere energibesparelser
- Overholdelse av byggeforskrifter
- Støtte for sertifisering av miljøvennlige bygninger (f.eks. LEED, BREEAM)
- Utføre kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak



Figur 11. Noen komponenter i bygningsenergimodellen

3.6. Analyserte tilfeller. Beskrivelse

- **Tilfelle 0: Eksisterende/utgangssituasjon:** bygningskropp uten isolasjon, doble vinduer ($U=2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), fyringsanlegg med fast brensel (ved) med lav virkningsgrad, radiatorer



Reference Heating











Hot-water system

Hot water production equipment

+     

Name
1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature 82.0 °C
Design delta temperature 10.0 °C
Fluid type Water

Circulating pump
Operating parameters
Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant




Boiler

Heating

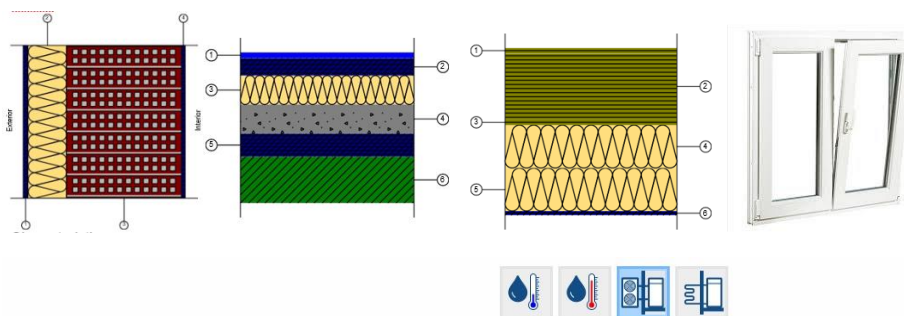
☐ Rated capacity Sizing factor 1.00
Rated efficiency 0.55  
Fuel type Biomass

Operating parameters

Performance curves

Performance curves By default
Boiler type Hot water boiler

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



Air-source heat pump






Outdoor unit

Compact: 12 kW 400V (VWL 125/6 AS3)

Hydraulic module

Equipment: MEH97/6

Gross rated heating capacity: 11600 W
Gross rated heating COP: 4.71
Gross rated total cooling capacity: 7900 W
Gross rated cooling COP: 3.5

Heating

☐ Cooling

Design setpoint temperature 45.0 °C Design delta temperature 5.0 °C





Central ventilation system



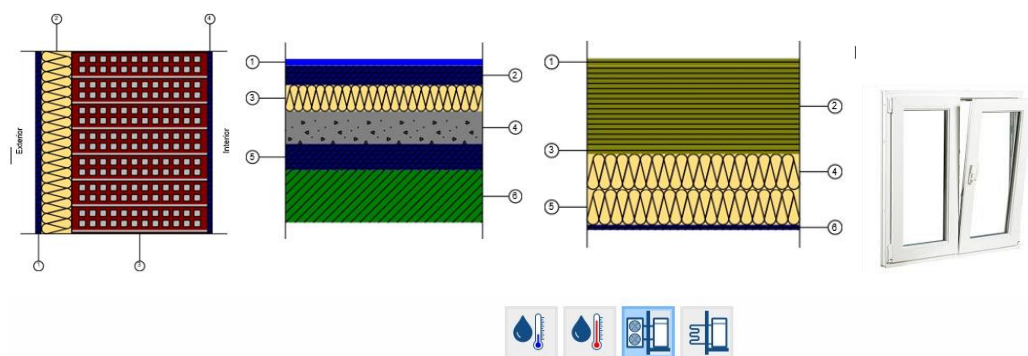
Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

- Tilfelle 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, vinduer med trippelglass), luftvann-varmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme





Air-source heat pump



Outdoor unit

Compact: 12 kW 400V (VWL 125/6 AS3)

Hydraulic module

Equipment: MEH97/6

Gross rated heating capacity: 11600 W
Gross rated heating COP: 4.71
Gross rated total cooling capacity: 7900 W
Gross rated cooling COP: 3.5

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

☐ Cooling



Central ventilation system



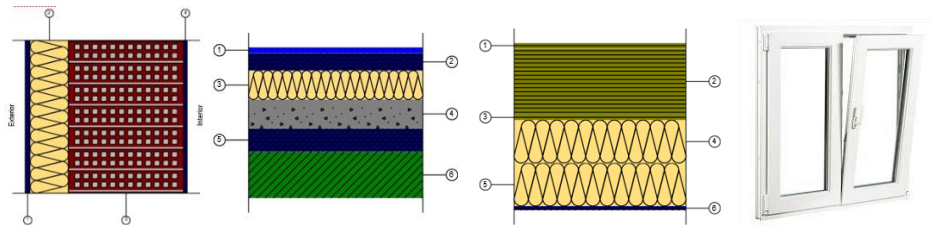
Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

- **Tilfelle 3: Forbedret klimaskjerm** (isolasjon av yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og isolering av gulv med 10 cm ekstrudert polystyren, vinduer med trippelglass, vann/grunnvannsvarmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme



Geothermal

Login

Vaillant

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W

Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

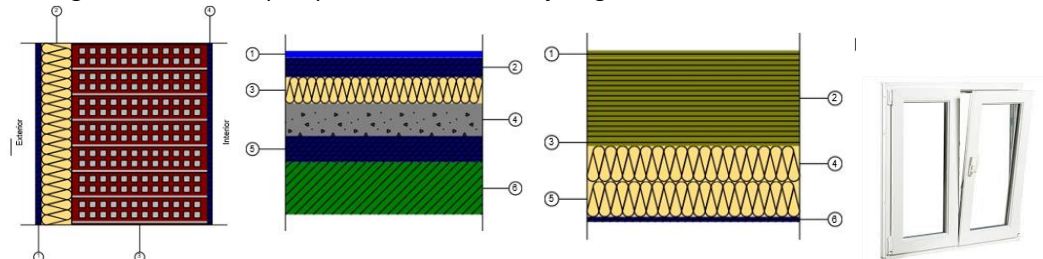
Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

- **Tilfelle 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/grunnvannsvarmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme










Geothermal



Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C







Central ventilation system




Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

3.7. Resultater. Energiforbruk og energiklassifisering av eksisterende bygninger

I dette avsnittet og i det neste vises det årlige forbruket av sluttbruk, primærenergi og ikke-fornybar primærenergi tilsvarende de ulike tekniske tjenestene i bygningen for bygningens utgangssituasjon og for de fire alternativene for å forbedre energiprestasjonen. Forbruket til oppvarming og kjøling inkluderer strømforbruket til tilleggsutstyret til klimaanleggene.

I tillegg vises også energiklassifiseringen for de studerte tilfellene (utgangssituasjon og de fire forbedringsalternativene). Denne klassifiseringen er beregnet i henhold til spanske standarder med hensyn til tilsvarende klimason: E1

For å klargjøre begreper, innføres noen definisjoner her:

Totalt primærenergiforbruk.

Totalt primærenergiforbruk i sammenheng med en energieffektivitetsanalyse av bygninger refererer til den totale mengden energi fra alle kilder (som elektrisitet, gass, olje eller fornybare energikilder) som er nødvendig for å drive bygningen, inkludert energien som brukes til å produsere og levere denne energien.

Mer spesifikt:

- «Primærenergi» betyr energi i sin opprinnelige, rå form – før den omdannes til elektrisitet eller varme. For eksempel kull, naturgass, råolje eller sollys.
- Dette inkluderer **energi som brukes på stedet** (som gass til oppvarming) og **omdannet energi** (som elektrisitet), men det tar også hensyn til **tap som oppstår under produksjon, overføring og distribusjon**.

Totalt primærenergiforbruk forteller deg altså hvor mye rå energi som til slutt er nødvendig for å drive bygningen, og gir et fullstendig bilde av dens miljøpåvirkning.

Primærenergiforbruk av ikke-fornybar opprinnelse.

Primærenergiforbruk av ikke-fornybar opprinnelse refererer til den **totale mengden ikke-fornybar primærenergi** som brukes til å drive en bygning, inkludert:

- **Fossile brensler:** kull, naturgass og olje
- **Kjerneenergi**
- **Alle andre ikke-fornybare energikilder**

Denne målingen inkluderer:

- Energi **som brukes direkte på stedet**, for eksempel naturgass til oppvarming
- Energi **som brukes indirekte**, for eksempel elektrisitet produsert fra kull eller gass (inkludert tap fra produksjon og overføring)

Energiforbruk på forbruksstedet (sluttforbruk).

Energiforbruk på forbruksstedet, også kjent som **sluttforbruk**, refererer til **mengden energi som faktisk brukes av bygningen** til ulike funksjoner, for eksempel:

- **Oppvarming**
- **Kjøling**
- **Belysning**
- **Varmt vann**
- **Hvitevarer og utstyr**

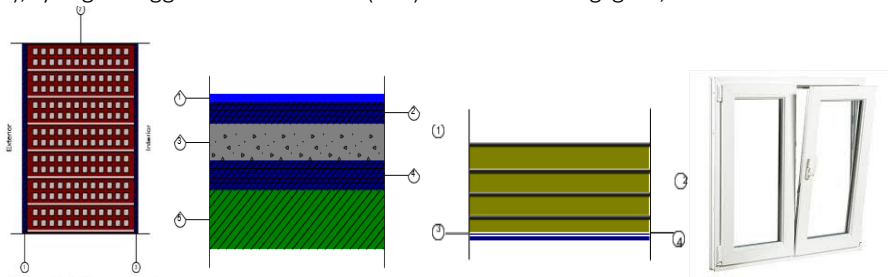
Dette er **energien som leveres til bygningen** og **måles på måleren**, for eksempel strømgengivere eller gassforbruk. Det **inkluderer ikke energitap** som oppstår under produksjon, konvertering eller overføring (som er inkludert i primærenergi).

Oppsummert:

- **Sluttbruk av energi** = Energi som brukes **inne i bygningen**, slik det oppleves av brukeren.
- **Primærenergi** = Sluttbruk av energi **pluss tap oppstrøms** (f.eks. kraftverkseffektivitet, tap i overføringsnett)

).

- **Tilfelle 0: Eksisterende/utgangsscenario:** bygningskropp uten isolasjon, doble vinduer ($U=2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), fyringsanlegg med fast brensel (ved) med lav virkningsgrad, radiatorer



Reference Heating











Hot-water system

Hot water production equipment

+     

Name

1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature 82.0 °C

Design delta temperature 10.0 °C

Fluid type Water

Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant




Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor 1.00

Rated efficiency 0.55

Fuel type Biomass

Operating parameters

Performance curves

Performance curves By default

Boiler type Hot water boiler

Energiforbruk til tekniske tjenester i bygningen

BYGNING (Su= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/year)	(kWh/m²·year)	(kWh/year)	(kWh/m²·year)	(kWh/year)	(kWh/m²·year)
Heating	103602.76	311.69	113279.19	340.81	11951.31	35.96
DHW	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	128858.49	387.68	173084.94	520.73	61301.16	184.43

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbrugsstedet.

EP_{tot}: Totalt primærenergiforbruk.

EP_{nren}: Primærenergiforbruk fra ikke-fornybare kilder.



Endelig energiforbrug i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dec (kWh)	Year (kWh/year) kWh/m²·year)	
BUILDING (= 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	9963.9	8723.8	6980.1	3377.9	1389.0	671.1	816.3	530.6	2432.6	4407.4	7810.9	10240.2	57243.9	172.2
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	11664.7	10260.0	8680.9	5023.9	3089.8	2217.0	2517.1	2231.4	4078.5	6108.2	9456.8	11941.0	77269.3	232.5
Biomass	Heating	17775.8	15547.7	12259.6	5646.4	2047.6	771.2	1113.3	566.5	3827.8	7549.0	13821.7	18286.0	99212.7	298.5
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	443.5	400.6	443.5	395.2	328.7	177.6	248.0	253.6	428.3	388.5	429.2	443.5	4380.1	13.2
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	—	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
	Cef _{tot}	20503.3	17994.2	14965.2	8224.3	4660.3	3131.6	3142.2	2601.1	5979.6	10231.5	16456.5	20969.7	128858.6	387.7

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

Cef_{tot}: Energiforbruk ved forbrugsstedet (sluttforbruk), kWh/m²-år.

Energiklassifisering av bygningen: Utgangssituasjon/eksisterende bygning.

Klimasone	E1	Bruk	Annen bruk
------------------	----	-------------	------------

1. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I TERMER AV UTSLIPP

SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING		Varmtvann
	Varmeutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	A	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	9,74		20,88
Globale utslipp [kgCO ₂ /m ² -år]	KJØLING		BELYSNING
	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	0		4

Den samlede vurderingen av bygningen uttrykkes i form av karbondioksidutslipp til atmosfæren som følge av bygningens energiforbruk.

	kgCO ₂ /m ² -år	kgCO ₂ -år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	29	9812
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	5,37	1785,83

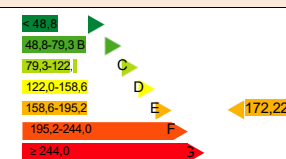
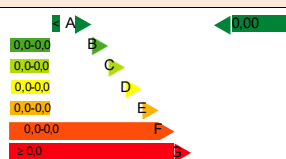
2. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN UT FRA FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

Ikke-fornybar primærenergi betyr energi som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen konverterings- eller transformasjonsprosess.

SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING		Varmtvann
	Primærenergi oppvarming [kWh/m ² -år]	A	Primærenergi DHW [kWh/m ² -år]
	35,96		123,27
Totalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² -år] ¹	KJØLING		BELYSNING
	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² -år].	A	Primærenergi til belysning [kWh/m ² -år].
	0		25

3. DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

Behovet for oppvarming og kjøling er den energien som kreves for å opprettholde komforten inne i bygningen.

OPPVARMINGSBehov	KJØLEBEHOV
	
Oppvarmingsbehov [kWh/m ² -år].	Kjølebehov [kWh/m ² -år].

¹ Den globale indikatoren er summen av delindikatorerne pluss verdien av indikatoren for tilleggsforbruk, hvis det finnes (kun tertiære bygninger, ventilasjon, pumping osv.). Selvforbruk av elektrisitet trekkes kun fra den globale indikatoren, ikke fra delverdiene.

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

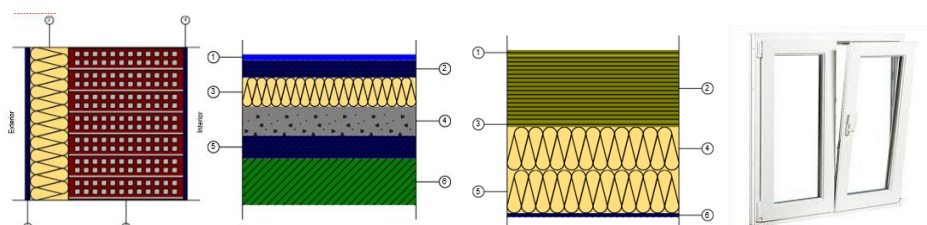
Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatternes synspunkter, og Europakommisjonen og Erasmus+-nasjonale byråer kan ikke holdes ansvarlig for bruk av informasjonen i publikasjonen.

Rumensk casestudie

Del II: Analyse av forbedringstiltak

4. Resultat av casestudie II. Energiforbruk og energiklassifisering av alternativene for å forbedre bygningen

- Tilfelle 1: Forbedret klimaskjerm (isolasjon av yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og isolering av golvplater med 10 cm ekstrudert polystyren, trippelvinduer ($U=0,8$ W/m² K), luft-vann-varmepumpe, mekanisk ventilasjon, golvvarme








Air-source heat pump


 Login







Outdoor unit

Compact: 12 kW 400V (VWL 125/6 AS3)

Hydraulic module

Equipment: MEH97/6

Gross rated heating capacity: 11600 W
 Gross rated heating COP: 4.71
 Gross rated total cooling capacity: 7900 W
 Gross rated cooling COP: 3.5

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

☐ Cooling

Central ventilation system







Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness



Energiforbruk til tekniske tjenester i bygningen

BYGNING (Su= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{ren}		EP _{ren}	
	(kWh/year) (kWh/m ² -year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	31695.16	95.36	37463.68	112.71	37368.62	112.43
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	57518.67	173.05	98613.60	296.68	87827.64	264.23

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot}: Totalt primærenergiforbruk.

EP_{ren}: Primærenergiforbruk fra ikke-fornybare kilder.

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
BUILDING (Su= 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	4609.7	3952.9	2696.4	838.6	54.1	—	8.9	—	672.2	1478.1	3287.2	4919.0	22517.0	67.7
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	6310.5	5489.1	4397.2	2484.5	1754.9	1645.9	1709.7	1700.8	2318.1	3178.9	4933.1	6619.8	42542.5	128.0
Diesel C (Substitution system)	Heating	6459.3	5544.9	3824.0	1198.0	77.2	—	10.2	—	957.4	2100.1	4620.9	6894.2	31695.1	95.4
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	—	—	66.6	63.7	60.8	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9	
Cef_{total}		8809.9	7648.8	6149.8	3441.6	2427.8	2243.6	1791.1	1780.9	2680.9	4450.7	6898.3	9195.3	57518.7	173.0

hvor:

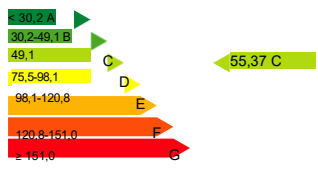
Su: Brukbar boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

Cef_{total}: Energiforbruk ved forbruksstedet (sluttforbruk), kWh/m²-år.

Energiklassifisering av bygningen: Tilfelle 1 Forbedring.

Klimasone	E	Bruk	Annen bruk
------------------	---	-------------	------------

1. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORHOLD TIL UTSLIPP

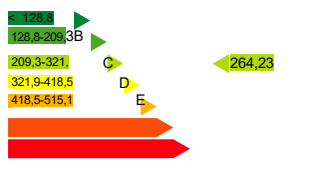
SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER	
	OPPVARMING	Varmtvann
 Globale utslipp [$\text{kgCO}_2/\text{m}^2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{r}$] ¹	Varmeutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	29,66	20,88
	KJØLING	BELYSNING
	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	Belysningsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	0	4

Den samlede vurderingen av bygningen uttrykkes i form av karbondioksidutslipp til atmosfæren som følge av bygningens energiforbruk.

	kgCO ₂ /m ² -år	kgCO ₂ -år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	25,72	8547,58
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	29,6	9857,19

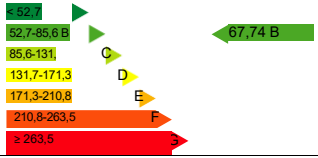
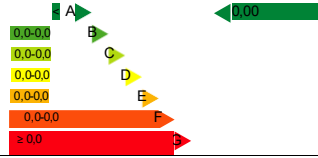
2. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN UT FRA FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

Ikke-fornybar primærenergi betyr energi som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER	
	OPPVARMING	Varmtvann
 Totalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² -år] ¹	Primærenergi oppvarming [kWh/m ² -år]	Primærenergi DHW [kWh/m ² -år]
	112,43	123,27
	KJØLING	BELYSNING
	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² -år]	Primærenergi til belysning [kWh/m ² -år].
	0	25,2

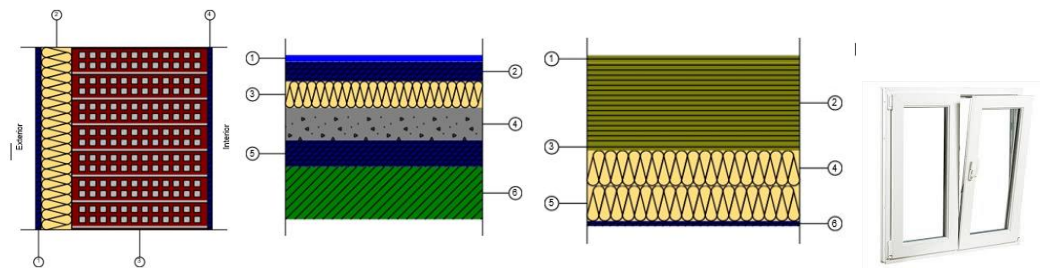
3. DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

Energi til oppvarming og kjøling er den energien som kreves for å opprettholde komforten inne i bygningen.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
 Oppvarmingsbehov [kWh/m ² -år].	 Kjølebehov [kWh/m ² -år].

¹ Den globale indikatoren er summen av delindikatorene pluss verdien av indikatoren for tilleggskonsum, hvis det finnes (kun tertiære bygninger, ventilasjon, pumping osv.). Selvforbruk av elektrisitet trekkes kun fra den globale indikatoren, ikke fra delverdiene.

- Tilfelle 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



Air-source heat pump

OBDatabase
Login

DAIKIN
Saurer Duval
Vaillant

Outdoor unit
Compact: 12 kW 400V (VWL 125/6 AS3)

Hydraulic module
Equipment: MEH97/6

Gross rated heating capacity: 11600 W
Gross rated heating COP: 4.71
Gross rated total cooling capacity: 7900 W
Gross rated cooling COP: 3.5

Heating
Design setpoint temperature: 45.0 °C Design delta temperature: 5.0 °C

☐ Cooling

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness: 85.00 %

☐ Latent effectiveness

Energiforbruk til tekniske tjenester i bygningen

BYGNING (Su= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{min}	
	(kWh/year) (kWh/m²-year)	(kWh/m²-year)	(kWh/year) (kWh/m²-year)	(kWh/m²-year)	(kWh/year) (kWh/m²-year)	(kWh/m²-year)
Heating	31041.55	93.39	36691.22	110.39	36598.15	110.11
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	56865.06	171.08	97841.14	294.36	87057.17	261.92

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot}: Totalt primærenergiforbruk.



EPnren: Primærenergiforbruk fra ikke-fornybare kilder.

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dec (kWh)	Year (kWh/year) kWh/m ² /year)	
BUILDING (a ₀ = 332.39 m ²)															
Energy demand	Heating	4424.2	3328.3	2863.1	871.9	96.8	0.6	22.8	--	743.7	1486.6	3232.8	4741.8	22056.2	66.4
	DHW	1700.3	1638.2	1700.3	1846.8	1700.3	1846.9	1700.3	1700.3	1846.9	1700.3	1846.9	1700.3	20026.6	60.2
	TOTAL	6125.0	6384.6	4563.8	2617.8	1788.4	1848.4	1723.8	1700.8	2389.8	3188.3	4878.8	6442.4	42080.8	128.8
Diesel C (Substitution system)	Heating	6195.1	5389.0	3771.8	1245.6	93.2	--	29.5	--	1060.9	2082.9	4553.0	6640.6	31041.5	93.4
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricity	Heating	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20989.1	63.1
	Ventilation	66.6	67.9	63.7	60.8	66.6	60.8	--	--	--	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Lighting		593.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	--	--	--	593.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
Cef, total		8646.7	7473.0	6087.8	3489.2	2443.8	2243.8	1810.4	1780.8	2784.4	4433.6	6821.4	8841.8	66886.1	171.1

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

Cef,total: Energiforbruk ved forbrugsstedet (sluttforbruk), kWh/m²-år.

Energiklassifisering av bygningen: Tilfelle 2 Forbedring.

Klimasone	E	Bruk	Annen bruk
------------------	---	-------------	------------

1. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORHOLD TIL UTSLIPP

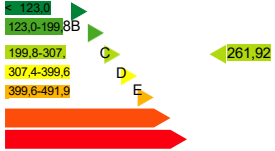
SAMLET INDIKATOR		DELINDIKATORER			
	54.76 C	OPPVARMING		Varmtvann	
		Varmeutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	B	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	E
		29,04		20,8	
		KJØLING		BELYSNING	
		Globale utslipp [kgCO ₂ /m ² -år] ¹	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
0	4				

Den samlede vurderingen av bygningen uttrykkes i form av karbondioksidutslipp til atmosfæren som følge av bygningens energiforbruk.

	kgCO ₂ /m ² -år	kgCO ₂ -år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	25,72	8547,58
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	29,0	9653,92

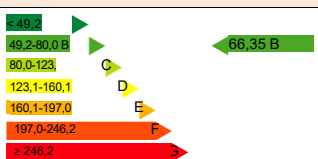
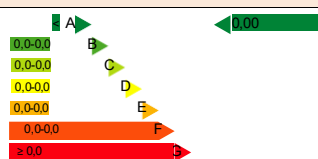
2. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN UT FRA FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

Ikke-fornybar primærenergi betyr energi som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

SAMLET INDIKATOR		DELINDIKATORER			
 123,7 123,0-199,8B 199,8-307,4 307,4-399,6 399,6-491,9 491,9-614,8 ≥ 614,8 F G	OPPVARMING		Varmtvann		
	Primærenergi oppvarming [kWh/m ² -år]	B	Primærenergi DHW [kWh/m ² -år]	E	
	110,11		123,27		
	KJØLING		BELYSNING		
	Totalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² -år] ¹	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² -år] [kWh/m ² -år].	A	Primærenergi til belysning [kWh/m ² -år].	E
0		25,2			

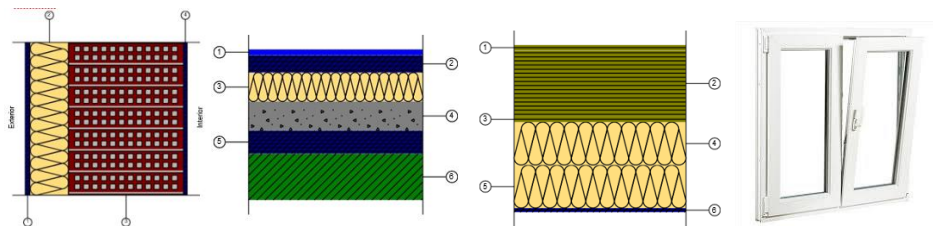
3. DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

Energi til oppvarming og kjøling er den energien som kreves for å opprettholde komforten inne i bygningen.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
	
Oppvarmingsbehov [kWh/m ² -år].	Kjølebehov [kWh/m ² -år].

¹ Den globale indikatoren er summen av delindikatorerne pluss verdien av indikatoren for tilleggsforbruk, hvis det finnes (kun tertiære bygninger, ventilasjon, pumping osv.). Egenforbruk av elektrisitet trekkes kun fra den globale indikatoren, ikke fra delverdiene.

- Tilfelle 3: Forbedret klimaskjerm (isolasjon av yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og isolering av gulv med 10 cm ekstrudert polystyren, trippelvinduer), vann/grunnvannsvarmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme



Geothermal

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

Energiforbruk til tekniske tjenester i bygningen

BYGNING (Su= 332,39 m²)

Technical services	EF		EP _{tot}		EP _{renn}	
	(kWh/year)	(kWh/m²·year)	(kWh/year)	(kWh/m²·year)	(kWh/year)	(kWh/m²·year)
Heating	27893.02	83.92	32969.48	99.19	32885.72	98.94
DHW	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	53716.53	161.61	94119.73	283.16	83345.07	250.75

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot}: Totalt primærenergiforbruk.

EPnren: Primærenergiforbruk fra ikke-fornybare kilder.

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dec (kWh)	Year (kWh/year kWh/m²-year)	
BUILDING (S _U = 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	4049.6	3494.1	2366.2	697.8	37.6	—	2.2	—	594.1	1272.1	2921.5	4362.1	19797.4	59.6
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	5750.4	5030.3	4067.0	2343.8	1738.4	1645.9	1703.0	1700.8	2240.1	2972.9	4567.4	6062.9	39822.8	119.8
Diesel C (Substitution system)	Heating	5679.6	4005.5	3363.0	906.9	53.7	—	1.1	—	845.8	1810.3	4124.0	6113.1	27893.0	83.9
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20099.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	—	—	—	66.6	63.7	60.8	667.8	1.7
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	—	503.0	481.2	459.3	4288.7	12.9
	C _{ef,elec}	8030.2	7009.5	5688.9	3240.5	2404.3	2243.6	1782.0	1780.9	2569.3	4160.9	6392.3	8414.2	53716.6	161.6

hvor:

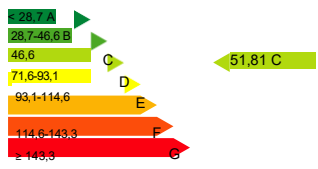
Su: Brukbar boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

Cef_{total}: Energiforbruk ved forbrugsstedet (sluttforbruk), kWh/m²-år.

Energiklassifisering av bygningen: Tilfelle 3 Forbedring.

Klimasone	E	Bruk	Annen bruk
------------------	---	-------------	------------

1. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I TERMER AV UTSLIPP

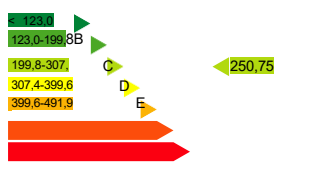
SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER	
	OPPVARMING	Varmtvann
	Varmeutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	26,1	20,8
Globale utslipp [kgCO ₂ /m ² -år]	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	Belysning utslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	0	4,2

Den samlede vurderingen av bygningen uttrykkes i form av karbondioksidutslipp til atmosfæren som følge av bygningens energiforbruk.

	kgCO ₂ /m ² -år	kgCO ₂ -år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	25,72	8547,58
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	26,1	8674,73

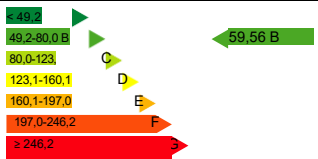
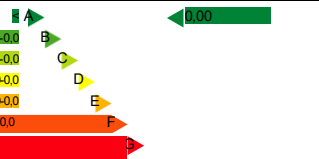
2. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN UT FRA FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

Ikke-fornybar primærenergi betyr energi som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER	
	OPPVARMING	Varmtvann
	Primærenergi oppvarming [kWh/m ² -år]	Primærenergi DHW [kWh/m ² -år]
	98,94	123,27
Totalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² -år] ¹	Kjøling [kWh/m ² -år].	Belysning [kWh/m ² -år].
	0	25,2

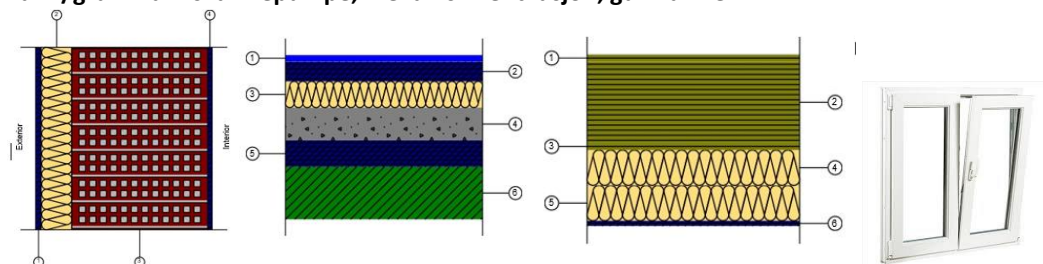
3. DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV FOR OPPVARMING OG KJØLING

Energietterspørselen for oppvarming og kjøling er den energien som kreves for å opprettholde de interne komfortforholdene i bygningen.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
	
Oppvarmingsbehov [kWh/m ² -år].	Kjølebehov [kWh/m ² -år].

¹ Den globale indikatoren er summen av delindikatorerne pluss verdien av indikatoren for tilleggsforbruk, hvis aktuelt (kun tertiære bygninger, ventilasjon, pumping osv.). Egenforbruk av elektrisitet trekkes kun fra den globale indikatoren, ikke fra delverdiene.

- Tilfelle 4: 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), vann/grunnvannsvarmepumpe, mekanisk ventilasjon, gulvvarme



Geothermal

Login

Vaillant

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

Energiforbruk til tekniske tjenester i bygningen

BYGNING (Su= 332,39 m²)

Technical services	EF		EP _{tot}		EP _{net}	
	(kWh/year) (kWh/m²·year)	(kWh/m²·year)	(kWh/year)	(kWh/m²·year)	(kWh/year)	(kWh/m²·year)
Heating	31041.55	93.39	36691.22	110.39	36598.15	110.11
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	56865.06	171.08	97841.14	294.36	87057.17	261.92

hvor:

Su: Brukbar boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot}: Totalt primærenergiforbruk.



EPnren: Primærenergiforbrug fra ikke-fornybare kilder.

Endelig energiforbrug i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dec (kWh)	Year (kWh/year) kWh/m ² /year)	
BUILDING (L = 332.39 m ²)															
Energy demand	Heating	4424.2	3828.3	2658.1	871.9	65.6	0.5	22.8	—	743.7	1465.5	3232.8	4741.6	22055.2	66.4
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	6125.0	5364.5	4358.9	2517.8	1766.4	1646.4	1723.6	1700.8	2389.6	3166.3	4878.8	6442.4	42080.6	126.6
Diesel G (Substitution system)	Heating	6195.1	5369.0	3771.8	1245.6	93.2	—	29.5	—	1060.9	2082.9	4553.0	6640.6	31041.5	93.4
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	—	—	—	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	—	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
	Cef _{total}	8545.7	7473.0	6097.6	3489.2	2443.8	2243.6	1610.4	1780.9	2784.4	4433.5	6821.4	8941.6	56865.1	171.1

hvor:

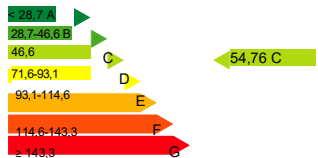
Su: Brukbar boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

Cef_{total}: Energiforbrug ved forbrugsstedet (sluttforbrug), kWh/m²-år.

Energiklassifisering av bygningen: Tilfelle 4 Forbedring.

Klimasone	E	Bruk	Annen bruk
------------------	---	-------------	------------

1. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORHOLD TIL UTSLIPP

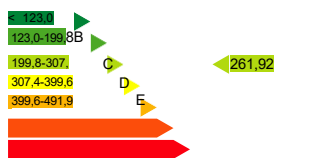
SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER	
	OPPVARMING	Varmtvann
 Globale utslipp [kgCO ₂ /m ² -år] ¹	Varmeutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² -år].
	29,04	20,8
	KJØLING	BELYSNING
	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² -år]	Belysning utslipp [kgCO ₂ /m ² -år]
	0	4,2

Den samlede vurderingen av bygningen uttrykkes i form av karbondioksidutslipp til atmosfæren som følge av bygningens energiforbruk.

	kgCO ₂ /m ² -år	kgCO ₂ -år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	25,72	8547,58
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	29,0	9653,92

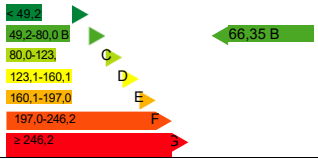
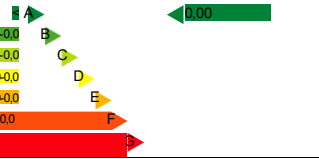
2. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN UT FRA FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

Ikke-fornybar primærenergi betyr energi som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

SAMLET INDIKATOR	DELINDIKATORER	
	OPPVARMING	Varmtvann
 Totalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² -år] ¹	Primærenergi oppvarming [kWh/m ² -år]	Primærenergi ACS [kWh/m ² -år]
	110,11	123,27
	KJØLING	BELYSNING
	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² -år].	Primærenergi til belysning [kWh/m ² -år].
	0	25,2

3. DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV FOR OPPVARMING OG KJØLING

Energietterspørselen for oppvarming og kjøling er den energien som kreves for å opprettholde de interne komfortforholdene i bygningen.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
 Oppvarmingsbehov [kWh/m ² -år].	 Kjølebehov [kWh/m ² -år].

1 Den globale indikatoren er resultatet av summen av delindikatorne pluss verdien av indikatoren for tilleggsforbruk, hvis det finnes (kun tertiære bygninger, ventilasjon, pumping osv.). Egenforbruk av elektrisitet trekkes kun fra den globale indikatoren, ikke fra delverdiene.

5. Analyse av resultater. Utslipp, energiforbruk og energiklassifisering av tilfellene

Sammenligning av resultater

Endelig energiforbruk (kWh/m²·år)

Tekniske tjenester	Tilfelle 0 Utgangssituasjon	Tilfelle 1 Imp 1	Tilfelle 2 Imp 2	Tilfelle 3 Imp 3	Tilfelle 4 Imp 4
Oppvarming	311,69	95,36	93,39	83,92	93,39
DHW	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09
Belysning	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
Ventilasjon	-	1,71	1,71	1,71	1,71
TOTALT	387,68	173,05	171,08	161,61	171,08

Forklaring

Imp 1- Forbedring 1: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og golvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + vinduer med trippelglass+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 2- Forbedring 2: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og golvplater med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 3- Forbedring 3: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og golvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -vann-vann-varmepumpe

Imp 4- Forbedring 4: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og golvplater med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -vann-vann-varmepumpe

Totalt primærenergiforbruk (kWh/m²·år)

Tekniske tjenester	Tilfelle 0 Utgangssituasjon	Tilfelle 1 Imp 1	Tilfelle 2 Imp 2	Tilfelle 3 Imp 3	Tilfelle 4 Imp 4
Oppvarming	340,81	112,71	110,39	99,19	110,39
DHW	149,39	149,39	149,39	149,39	149,39
Belysning	30,54	30,54	30,54	30,54	30,54
Ventilasjon	-	4,04	4,04	4,04	4,04
TOTALT	340,81	112,71	110,39	99,19	110,39

Forklaring

Imp 1 – Forbedring 1: Forbedret termisk isolasjon (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og gulv med 10 cm ekstrudert polystyren) + vinduer med trippelglass+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 2 – Forbedring 2: Forbedret termisk isolasjon (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og gulv med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 3- Forbedring 3: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og gulvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -vann-vann-varmepumpe

Imp 4- Forbedring 4: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og gulvplater med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -vann-vann-varmepumpe

Totalt primærenergiforbruk fra ikke-fornybare kilder (kWh/m²·år)

Tekniske tjenester	Tilfelle 0	Tilfelle 1	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4
	Utgangssituasjon	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
Oppvarming	35,96	112,43	110,11	98,94	110,11
DHW	123,27	123,27	123,27	123,27	123,27
Belysning	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Ventilasjon	-	3,34	3,34	3,34	3,34
TOTALT	184,43	264,24	261,92	250,75	261,92

Forklaring

Imp 1 – Forbedring 1: Forbedret termisk isolasjon (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og gulvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 2 – Forbedring 2: Forbedret termisk isolasjon (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og gulv med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 3- Forbedring 3: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og gulvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -vann-vann-varmepumpe

Imp 4 – Forbedring 4: Forbedret termisk isolasjon (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og gulvplater med 8 cm ekstrudert polystyren) + vinduer med trippelglass+ -vann-vann-varmepumpe

Byggutslipp (kgCO₂/m²·år)

Tekniske tjenester	Tilfelle 0	Tilfelle 1	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4
	Utgangssituasjon	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
CO ₂ fra elektrisitet	29,5	25,72	25,72	25,72	25,72
CO ₂ fra andre drivstoff	5,37	29,66	29,04	26,1	29,04
TOTALT	34,9	55,37	54,76	51,81	54,76
Energiklass	B	C	C	C	C

Forklaring

Imp 1- Forbedring 1: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og gulvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 2 – Forbedring 2: Forbedret termisk isolasjon (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og gulv med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -luft-vann-varmepumpe

Imp 3- Forbedring 3: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 15 cm mineralull, øverste etasje med 30 cm mineralull og gulvplater med 10 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ -vann-vann-varmepumpe

Imp 4 – Forbedring 4: Forbedret termisk innkapsling (yttervegger med 10 cm mineralull, øverste etasje med 20 cm mineralull og gulvplater med 8 cm ekstrudert polystyren) + trippelvinduer+ vann-vann-varmepumpe

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

Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatternes 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

6. 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 €/m

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 €/ 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 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 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 W/m² K), vann-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 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 gulv 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 €

7. 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 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 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 = 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				Investeringsgjenvinningsperiode (år)
	Kostnad (EUR)	Tilskudd (EUR)	Resulterende nettokostnad (EUR)	Forskjell (EUR)	Energikostnad (EUR/år)	Energibesparelser (EUR/år)	Vedlikehold (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

8. 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 energibesparingspotensial.** 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 den nye mekaniske ventilasjonen 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 inn klimaet 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.