

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.

Litauisk casestudie

Del I: Litauisk casestudie – tilnærming og analyse av utgangspunktet for bygningen

1. Tilnærming til casestudie

Den litauiske casestudien består av en analyse av energibehov, energiforbruk og CO₂-utslipp i den nåværende situasjonen for en eksisterende fleretasjes studentbolig i Vilnius, Litauen, samt forslag til alternativer som kan forbedre energieffektiviteten.

De økonomiske kostnadene ved de foreslåtte forbedringene vil bli undersøkt, samt reduksjonen i energiforbruk og CO₂-ekvivalente utslipp som disse forbedringene medfører.

De foreslåtte forbedringene vil være av tre typer:

- Forbedring av de termiske egenskapene til bygningens termiske skall
- Forbedringer av HVAC-systemet
- Installasjon av lokale systemer for produksjon av fornybar energi

2. Beskrivelse av studentboligbygget

2.1. Introduksjon

Studenthjemmet ligger i Staneviciaus g. 108, Vilnius, Litauen

De geografiske koordinatene til denne bygningen er:

Breddegrad: 54°43'52.7"N

Lengdegrad: 25°15'14.8"Ø

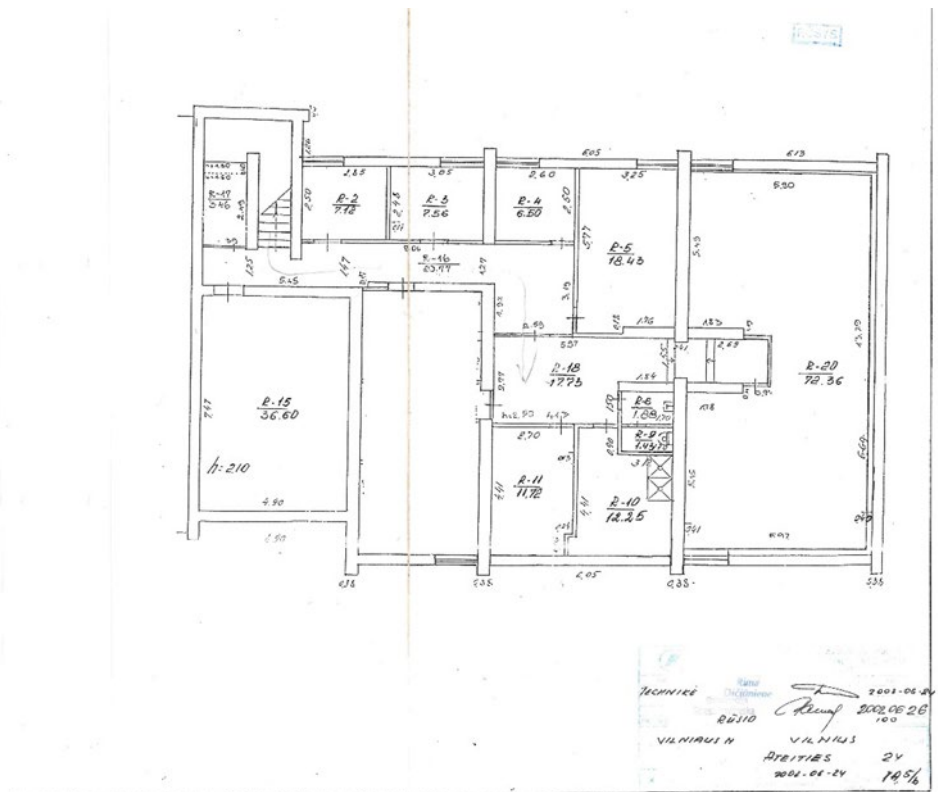
Det er en 5-etasjes bygning for boligformål. Hovedinngangen (frontfasaden) til studentboligen ligger på østsiden av bygningen, vendt mot Stanevičiaus Street. Bygningen har et gulvareal på 600 m² (40 m x 15 m).



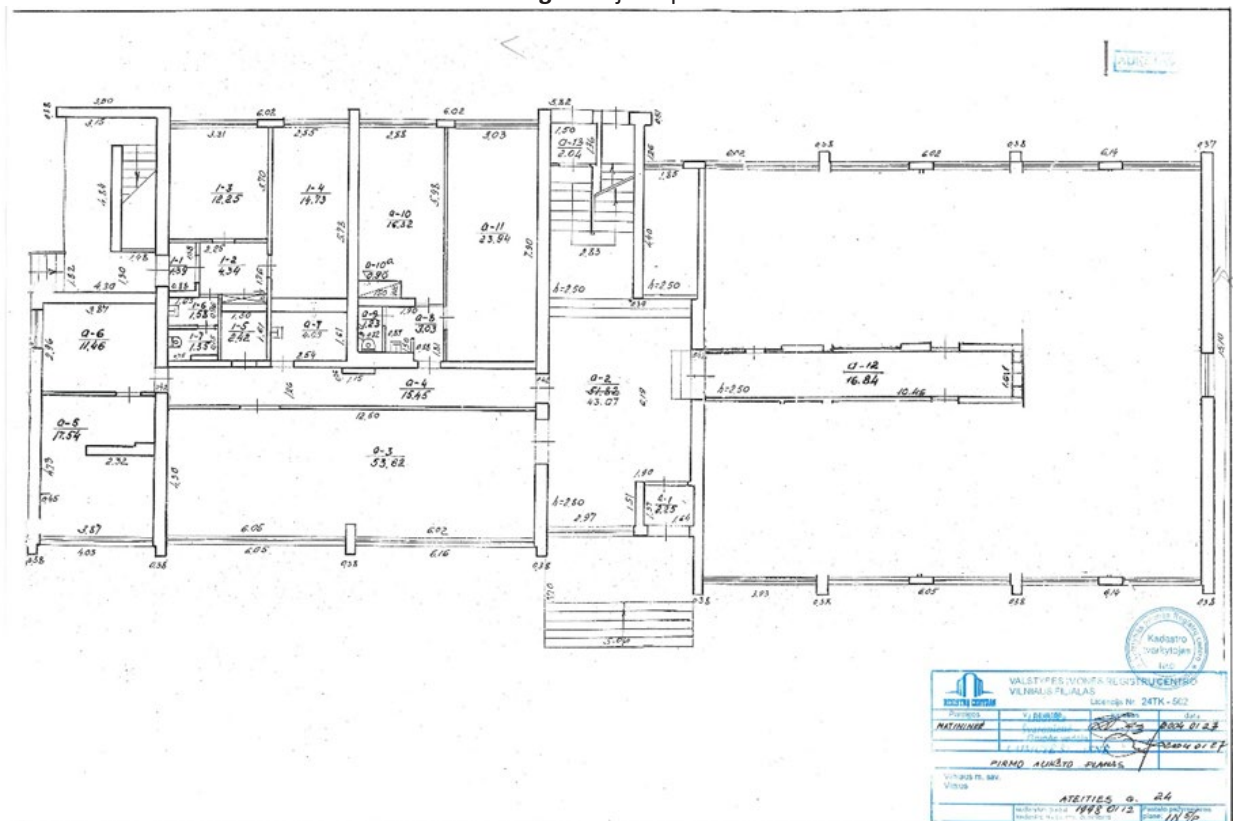
Figur 1: Studentbolig i Vilnius



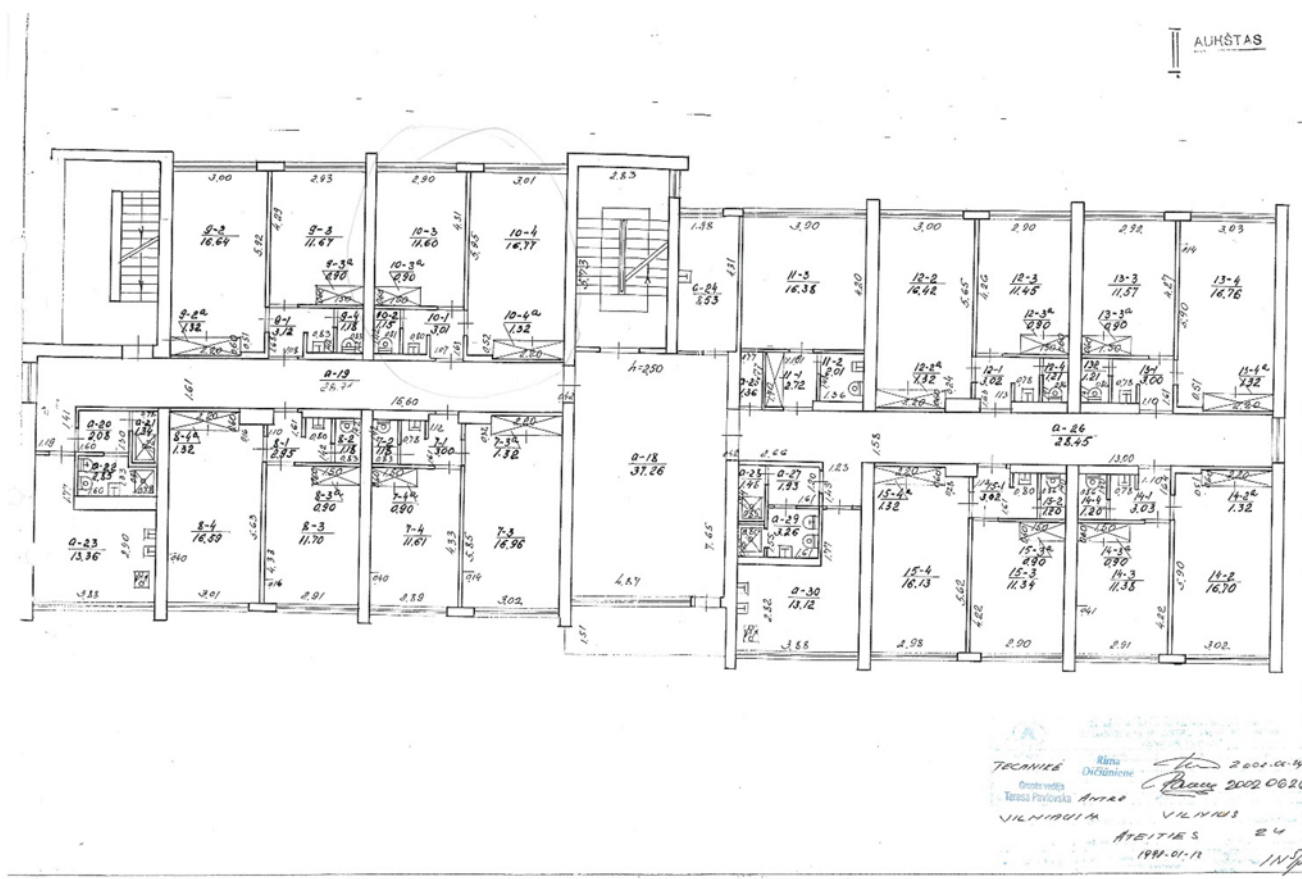
2.2. Byggplaner



Figur 2 Kjellerplan.



Figur 3 Plan for første etasje (første etasje).



Figur 4 Plan for andre etasje (første etasje).

2.3. Termiske klimamaterialer

Den termiske innkapslingen av en bygning refererer til det samlede systemet av elementer som skiller de klimatiserte innvendige rommene fra det uklimatiserte utemiljøet. Det inkluderer yttervegger, tak, gulv (spesielt de som er i kontakt med uklimatiserte områder eller bakken), samt vinduer og ytterdører.

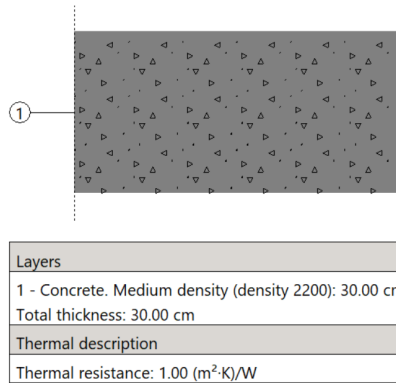
Den primære funksjonen til termisk innkapsling er å regulere strømmen av varme, luft og fuktighet, og dermed minimere varmetap i kalde årstider og varmetilførsel i varme årstider. Det reduserer også luftinnstrømning og luftutstrømning, noe som bidrar betydelig til beboernes termiske komfort og bygningens samlede energieffektivitet.

Ytelsen til den termiske innkapslingen vurderes vanligvis gjennom termisk motstand (R-verdi), termisk transmisjon (U-verdi) og lufttetthet.

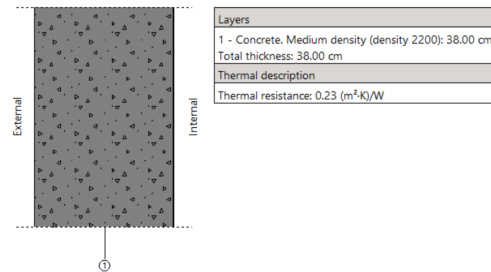
En godt designet og riktig konstruert termisk kappe er avgjørende for å oppnå høye energistandarder, redusere driftsenergikostnadene og opprettholde innneklimaet.

Egenskapene til elementene som inngår i den termiske klimaskjermen til den studerte bygningen, er beskrevet nedenfor.

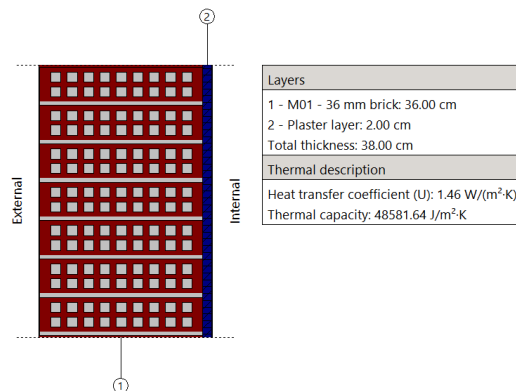
Gulv i kontakt med bakken (avrettingsmasse)



Vegger i kontakt med jord



Fasader



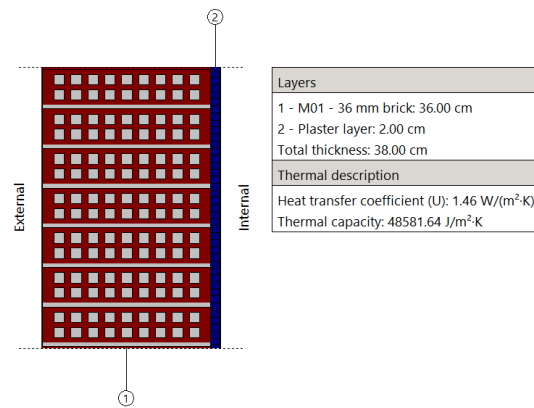
Fasadeåpninger

Vinduer med PVC-ramme og dobbeltglass

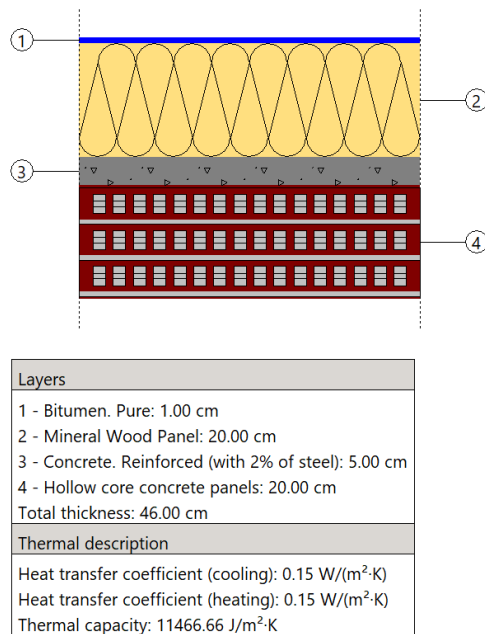
Heat transfer coefficient (U) W/(m²·K)

Solar heat gain coefficient

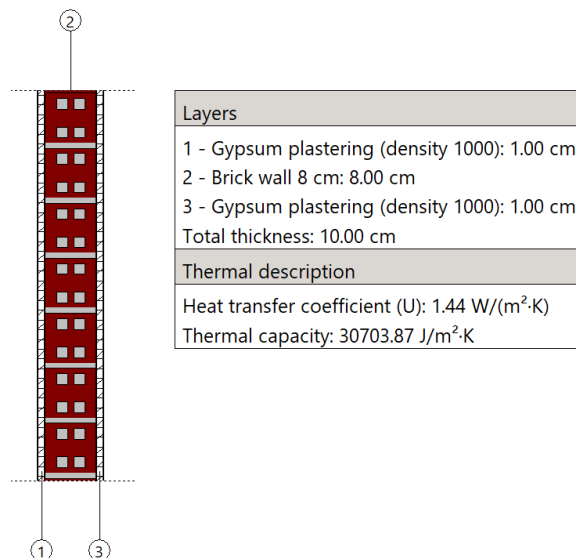
Skillevegger



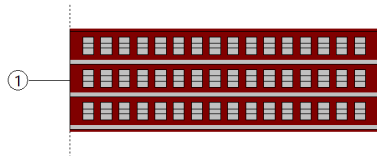
Tak



Innvendige skillevegger



Mellomgulv



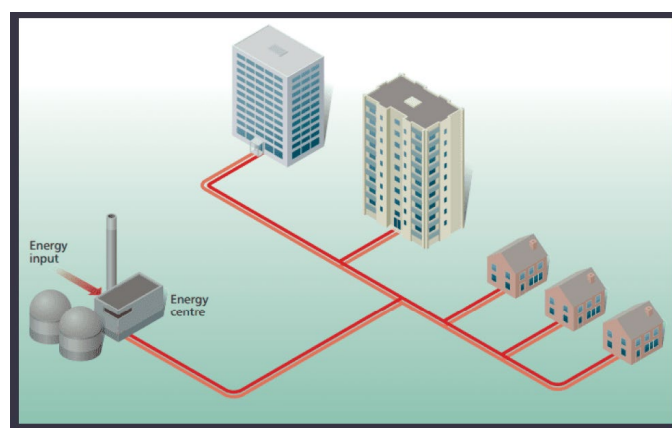
Layers
1 - Hollow core concrete panels -Height 200 mm: 20.00 cm Total thickness: 20.00 cm
Thermal description
Ceiling slab Heat transfer coefficient (cooling): 2.08 W/(m ² ·K) Heat transfer coefficient (heating): 2.94 W/(m ² ·K)
Floor slab Heat transfer coefficient (cooling): 2.94 W/(m ² ·K) Heat transfer coefficient (heating): 2.08 W/(m ² ·K)
Floor slab exposed to open air Heat transfer coefficient (cooling): 3.57 W/(m ² ·K) Heat transfer coefficient (heating): 2.86 W/(m ² ·K) Thermal capacity: 143863.88 J/m ² ·K

2.4. Varme- og klimaanlegg

Sovesalen får varme gjennom sentralisert fjernvarme. Varmen tilføres sovesalen via en automatisert varmeeenhet (varmekontrollsystem) som automatisk måler utetemperaturen (utetemperaturføleren er plassert på utsiden av sovesalbygningen) og innnetemperaturen. Fjernvarme slås på i hele Litauen når den gjennomsnittlige daglige utetemperaturen er på eller under 10 °C i 3 dager i strekk. Tilsvarende slås det av når den gjennomsnittlige daglige utetemperaturen er over 10 °C i tre påfølgende dager.

I Litauen er klimaanlegg ikke relevant og er ikke obligatorisk i henhold til regelverket.

Fjernvarmeproduksjonsutstyret er plassert i en viss avstand fra studentboligene (det er ingen kraftproduksjon inne i studentboligene), og varmen tilføres gjennom rør under bakken via en vannbasert varmeoverføringsvæske* (thermofix). Regulering av varmeforbruket til hver studentbolig (leilighetsblokk) organiseres/utføres ved automatisk regulering i transformatorstasjonen (som er plassert i kjelleren i studentboligen). Transformatorstasjonen regulerer varmeforbruket i henhold til utetemperaturen og varmeforbrukspumpens debet.



Figur 5: Fjernvarmesystem

Den automatiske modulen i varmeunderstasjonen regulerer varmeforbruket på to måter:

- ved å øke eller redusere mengden varmeoverføringsvæske* til det interne varmesystemet i studentboligen.
- ved å øke eller redusere tilførselen til det interne varmesystemet i studentboligen.



Figur 6: Varmevekslerplate i understasjon (i kjelleren i bygningen)

Production set

Reference: Heat Exchanger (District Heating Substation in the building)

Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor: 1.00

Rated efficiency: 1.00

Fuel type: Red 1

Nettverk 1 (Fjernvarmesystem)

Operating parameters

Performance curves

Performance curves: User-defined

Energy conversion factors			
	Primary energy / Final energy	% Non-renewable	kg-CO2 / kWh Final energy
Electricity	2.368	82.517	0.331
Natural gas	1.195	99.582	0.252
Diesel	1.182	99.746	0.331
LPG	1.204	99.751	0.254
Coal	1.084	99.815	0.472
Densified biomass (pellets)	1.113	7.637	0.018
Biomass	1.037	3.279	0.018
Environment	1.000	0.000	0.000
Nettverk 1 (Fjernvarmeanlegg) Red 1	1.300	46.730	0.140

Ytelsesparametere for varmeveksleren og fjernvarmesystemet

2.5. Varmtvannssystem

Varmtvannssystemet består av et sentralisert vannvarmesystem av samme type som fjernvarmesystemet. I bygningens energimodell er det lagt til grunn at varmtvannet til husholdningene leveres fra samme nettverk som fjernvarmesystemet, men med **en distribusjonssvinn på 50 %**.

I denne studien av den litauiske bygningen er det antatt at temperaturen på vannet til husholdningsbruk i nettverket, før oppvarming, er 9 °C.

I denne casestudien er det lagt til grunn at bygningen har **180 beboere** for beregning av behovet for varmt vann til husholdningsbruk. Behov for varmt vann til husholdningsbruk: **28 liter per person per dag**.

3. Utvikling av den litauiske studentboligen Case Study

3.1. BIM-modell av bygningen

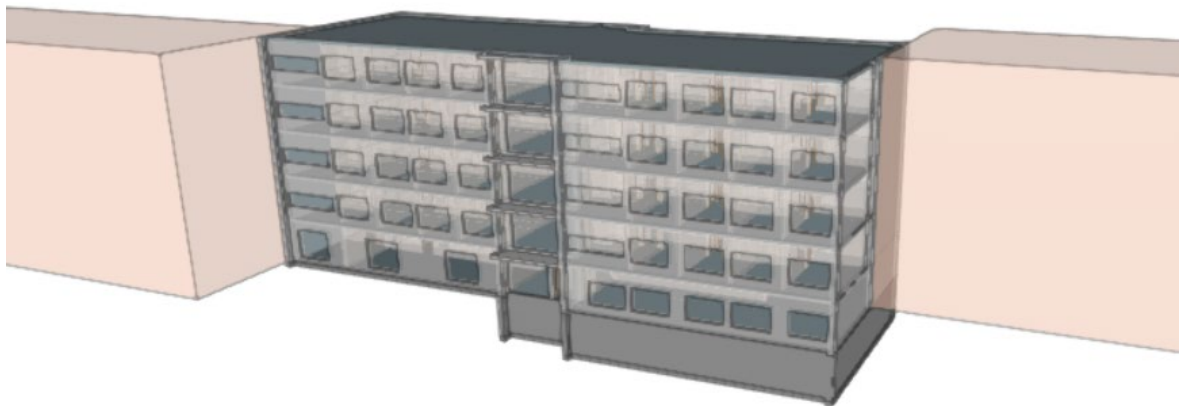
En **byggningsinformasjonsmodell** (BIM) for energianalyse er en digital representasjon av en bygning som integrerer både geometriske og semantiske data, noe som muliggjør detaljerte simuleringer av bygningens energiprestasjoner. I motsetning til en standard 3D-modell inneholder en BIM informasjon om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

Når BIM brukes til energianalyse, fungerer den 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.

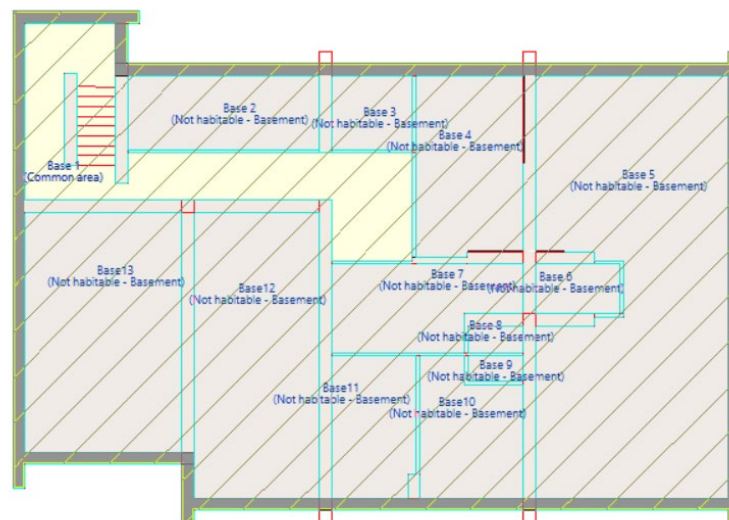
De viktigste fordelene er:

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

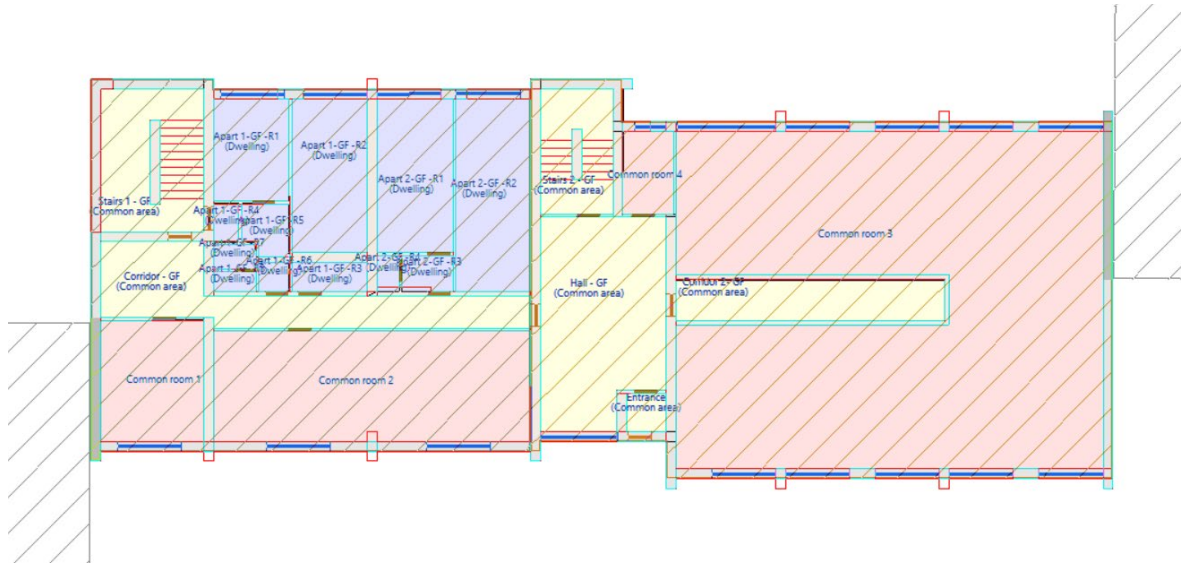
Figurene nedenfor viser flere visninger av bygningens geometriske BIM-modell.



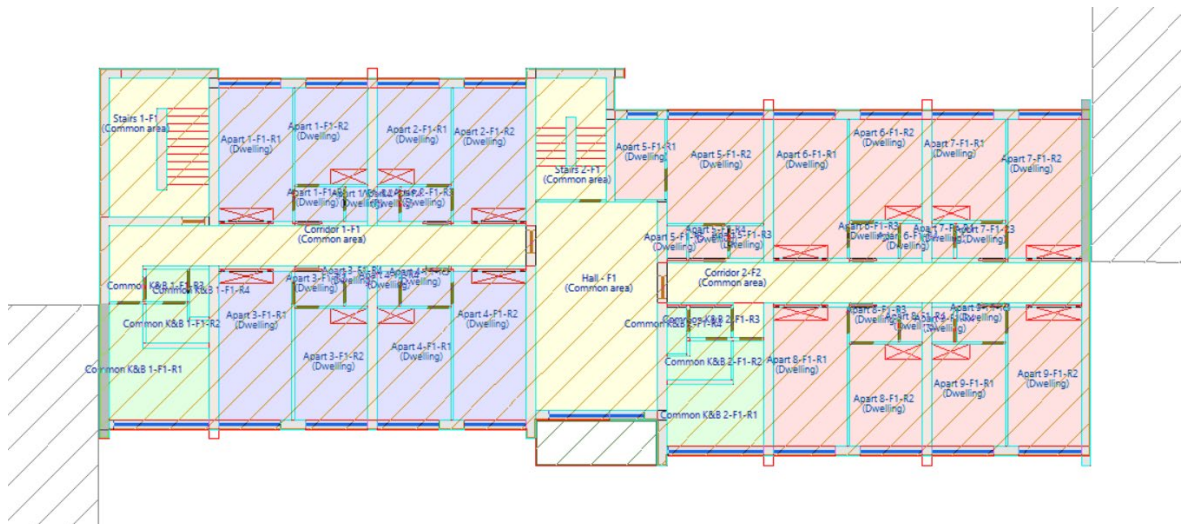
Figur 8 BIM-modell



Figur 9 Kjellerplan i BIM-modell



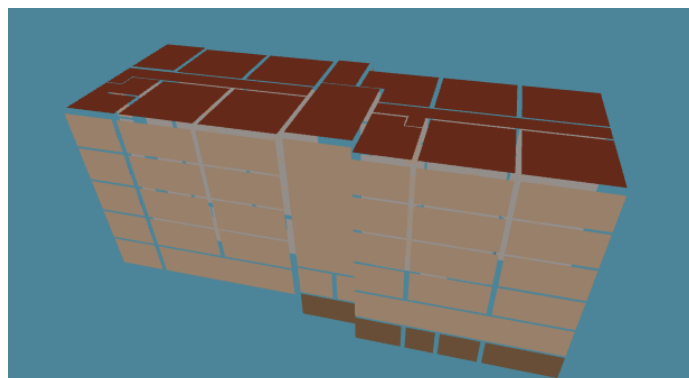
Figur 10 Første etasje i BIM-modell



Figur 11 Etasjetype i BIM-modell

3.2. Analytisk 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, flater som eliminerer rommet ...).



Figur 12 Analytisk modell av bygningen

I dette arbeidet er bygningens innvendige rom gruppert i 16 forskjellige soner.

Disse sonene er:

-  Z01 - Not habitable
-  Z02 - Common areas
-  Z03 - Common rooms - GF
-  Z04 - Common Kitchen and Bath - F1
-  Z05 - Common Kitchen and Bath - F2
-  Z06 - Common Kitchen and Bath - F3
-  Z07 - Common Kitchen and Bath - F4
-  Z08 - Apartments GF
-  Z09 - Apartments F1-Left
-  Z10 - Apartmente F1 Right
-  Z11 - Apartments F2 Left
-  Z12 - Apartments F2 Right
-  Z13 - Apartments F3 Left
-  Z14 - Apartments F3 Right
-  Z15 - Apartments F4 Left
-  Z16 - Apartments F4 Right

Sone 1 (ikke beboelig) er kjelleren

Sone 2 (fellesarealer) tilsvarer trapperom, korridorer og haller på hver etasje i bygningen.

Sone 3 (fellesrom – GF) er en gruppe fellesrom i første etasje av bygningen.

Resten av områdene tilsvarer grupper av leiligheter på de forskjellige etasjene i bygningen.

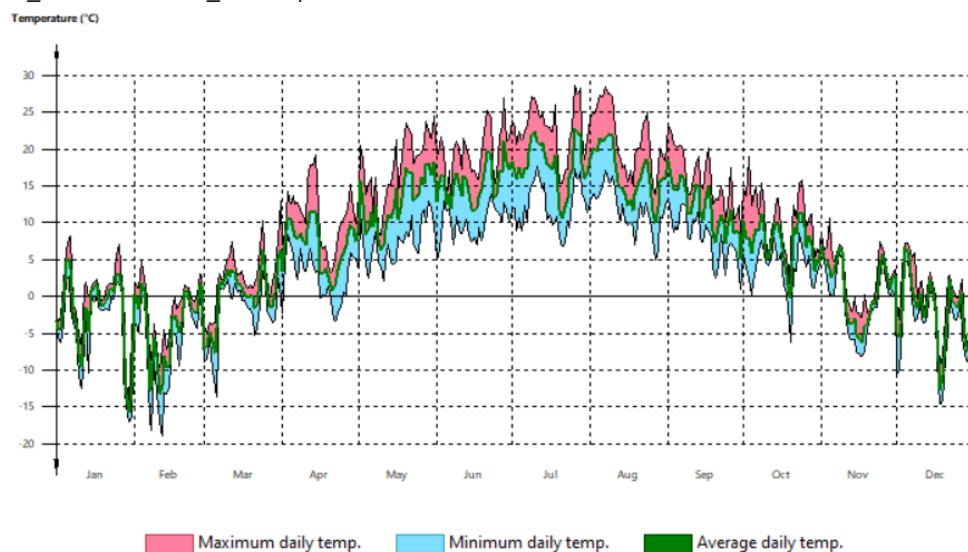
Ventilasjonen i den eksisterende bygningen består av naturlig ventilasjon.

Ventilasjonsbehovet som er lagt inn i modellen er **0,63 luftskift per time** for boliger, fellesarealer, kjøkken og bad, og 1 luftskift per time for kjelleren.

3.3. Klimadata

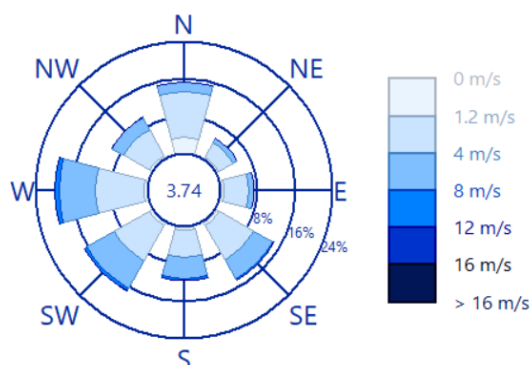
Dataene for **utetemperaturen** som er tatt i betraktning i denne casestudien i denne klimasonen, er som følger:

Data fra: *LTU_Kaunas.266290_IWEC.epw*



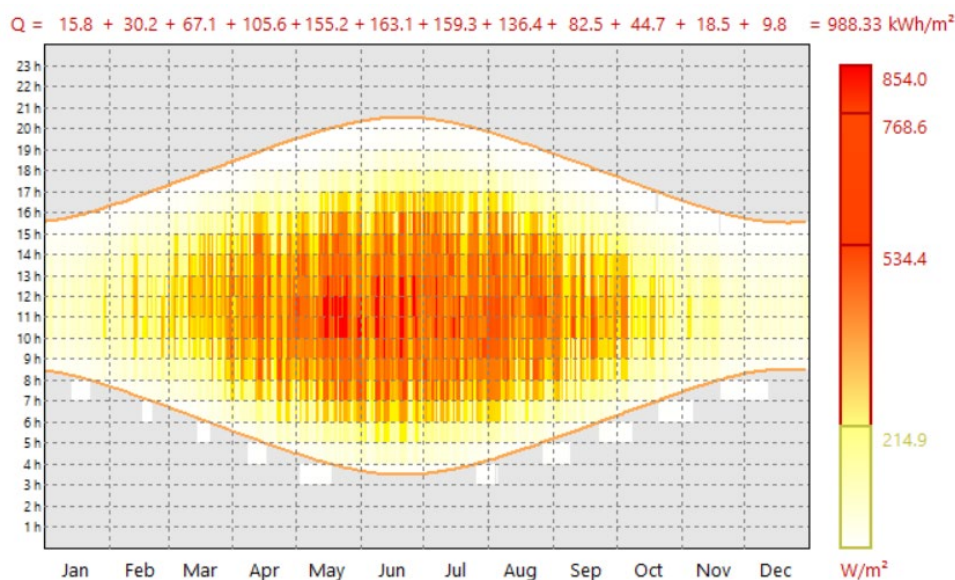


Vindfordeling:



Solinnstråling på tomten:

Grafen nedenfor viser den globale solinnstrålingen på en horisontal overflate



3.4. Driftsforhold for klimatiserte rom til privat boligbruk

For energianalysen av bygningen er driftsforholdene for de klimatiserte rommene i bygningen brukt, som er angitt i tabellen nedenfor.

Tabell 1: Driftsforhold for klimatiserte rom i bygningen for privat boligbruk

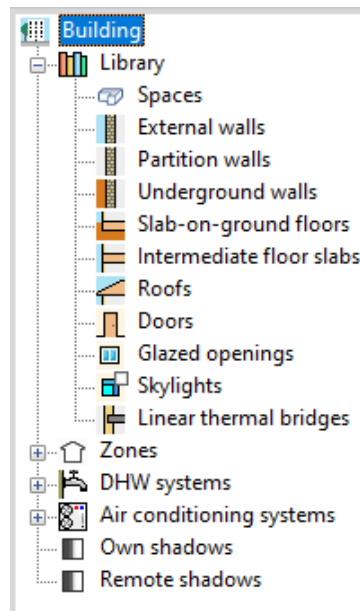
		Tidsplan (typisk uke)			
		0:00-6:59	7:00-14:59	15:00-22:59	23:00-23:59
Høy innstilt temperatur (°C)	Januar til mai	--	--	--	--
	Juni til september	25	--	25	27
	Oktober til desember	--	--	--	--
Lav settpunktstemperatur (°C)	Januar til mai	17	20	20	17
	Juni til september	--	--	--	--
	Oktober til desember	17	20	20	17

3.5. Bygningsenergimodell

En bygningsenergimodell er en detaljert digital simulering av en bygning 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:

- Evaluering av designalternativer
- Estimering av energibesparelser
- Overholdelse av byggeforskrifter
- Støtte for sertifisering av miljøvennlige bygninger (f.eks. LEED, BREEAM)
- Gjennomføring av kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak



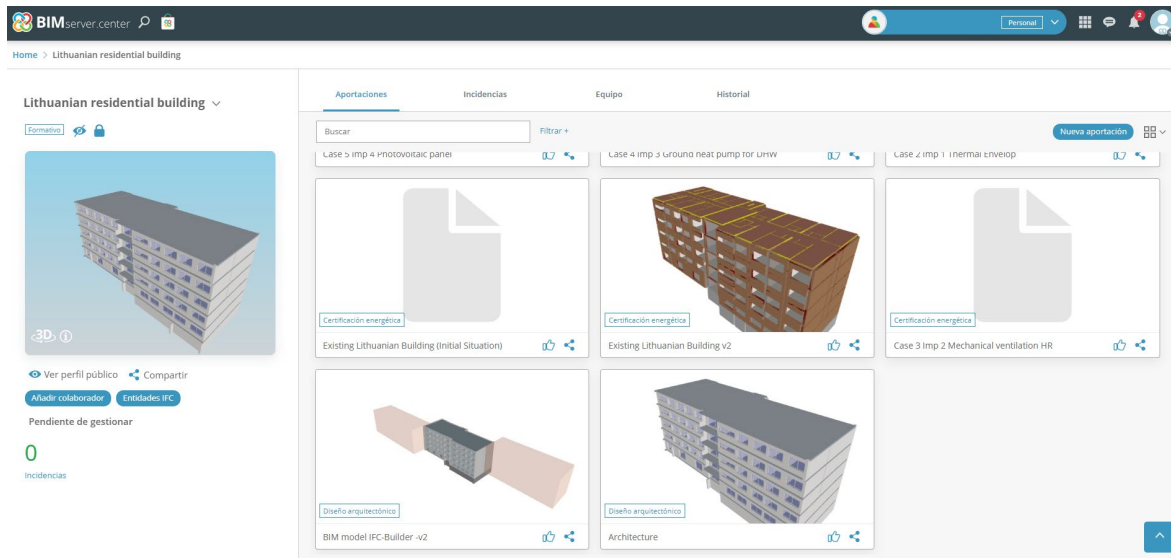
Figur 12: Noen komponenter i bygningsenergimodellen

3.6. Litauisk studentboligprosjekt i BIMServer.center

BIM-modellen av bygningen, analysemodellen og energimodellen for bygningens nåværende situasjon deles på **BIM-plattformen BIMServer.center**.

Dette prosjektet kan besøkes via følgende lenke:

<https://bimserver.center/es/project/1007275?tab=0>



Figur 13: Prosjekt for studentboliger i BIMServer.center

3.7. Analyserte tilfeller. Beskrivelse

- Tilfelle 1: **Utgangssituasjon**: Fasade uten isolasjon + doble vinduer + Sentralisert fjernvarme og sentralisert varmtvann + naturlig ventilasjon.



- Tilfelle 2: Forbedring 1: 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med trippel glass med argongass ($U = 0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

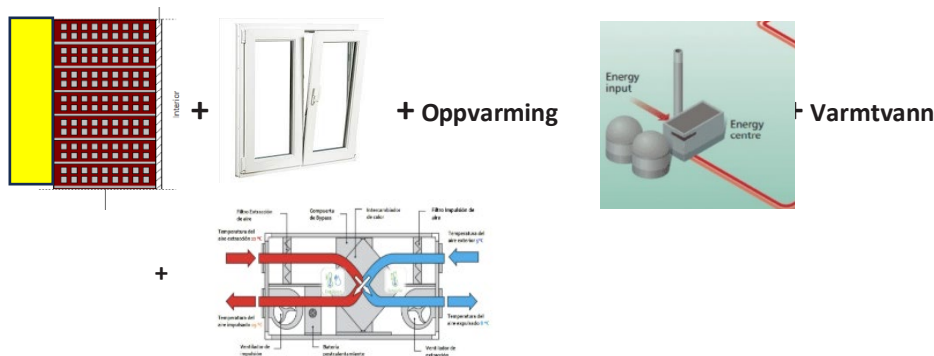


- tilfelle 3: Forbedring 2: 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med argongass $U = 0,8$ + **Mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning**

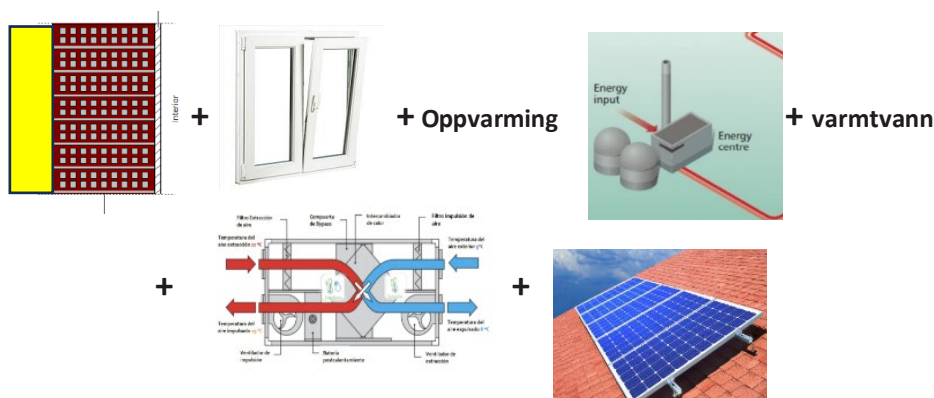


Mekanisk ventilasjonssystem: 2 vifter (750 W/(m³ /s), hver). Effektivitet for følsom varmeveksler: 70 %

- **Tilfelle 4: Forbedring 3: Varmtvann med jordvarmepumpe (COP 3,24) + 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med argongass U= 0,8+ Mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning.**



- **Tilfelle 5: Forbedring 4: Solcellepaneler (150 paneler på 480 W – 3 m² enhet) → (71250 kWh år)+ Varmtvann med geotermisk varmepumpe + 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslipps vinduer med argongass U= 0,8 + Mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning.**



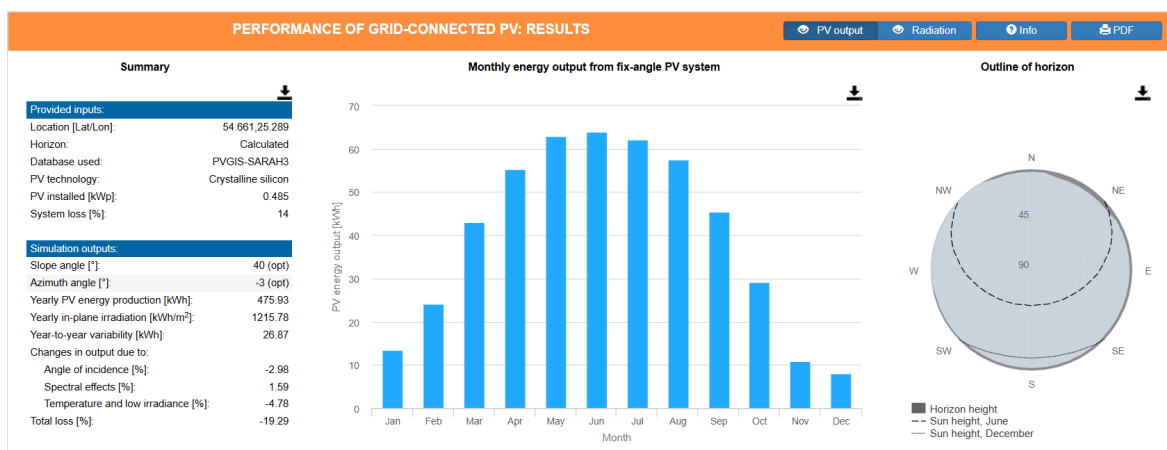
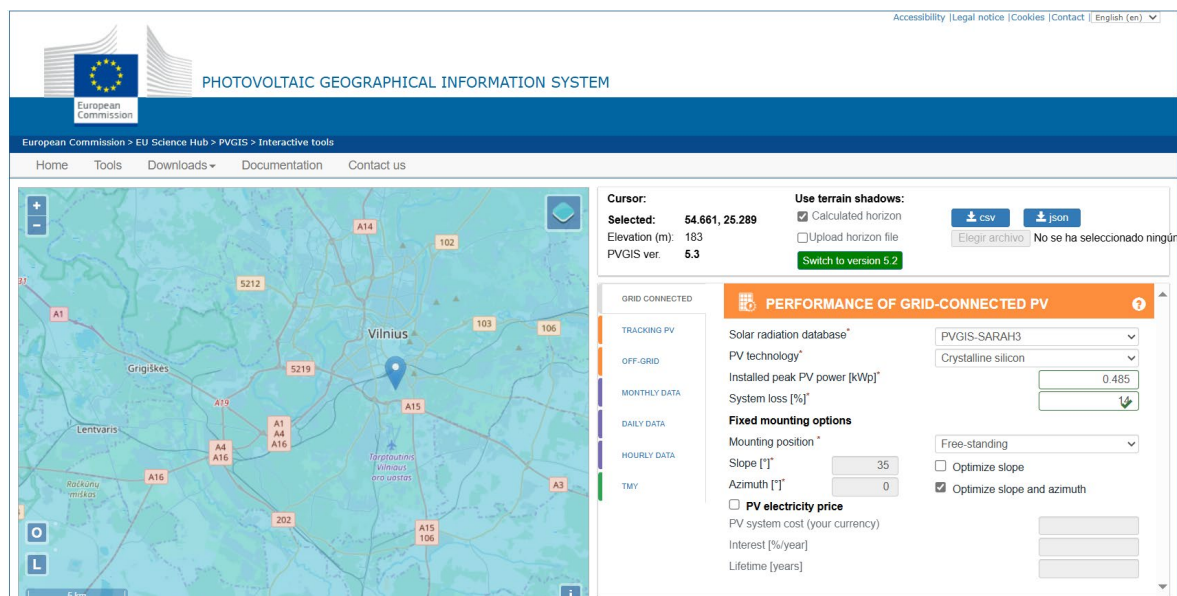
Kjennetegn ved solcellepaneler:

Modulens effekt er 485 W, virkningsgrad – 22,4 %.

Størrelse på panelet (modul): 3 m² .

Retning (azimutvinkel): -3°

Hellingvinkel: 40°



Energiproduksjon fra solcelleanlegget per måned i Vilnius:

	Energiproduksjon per panel		Energiproduksjon	
	kWh	Antall paneler	kWh	
Januar	13,5	150	2035,50	
Februar	24,05	150	3607,50	
mars	42,96	150	6444,00	
april	55,27	150	8290,50	
mai	62,92	150	9438,00	
Juni	64,01	150	9601,50	
Juli	62,07	150	9310,50	
August	57,54	150	8631,00	
September	45,52	150	6828,00	
Oktober	29,07	150	4360,50	
November	10,86	150	1629,00	
Des	8,08	150	1212,00	
Totalt	475,92		71388,00	

3.8. Resultatene av saken. Energiforbruk og energiklassifisering av eksisterende bygning.

I denne delen og i den neste delen 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 av varme- og kjøletjenester 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**, som 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:

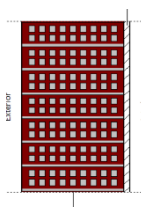
- **Oppvarming**
- **Kjøling**
- **Belysning**
- **Varmt vann**
- **Hvitevarer og utstyr**

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

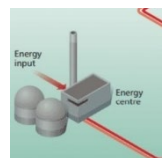
Oppsummert:



- **Sluttforbruk** = Energi brukt inne i bygningen, slik det oppleves av brukeren.
- **Primærenergi** = Sluttforbruk pluss tap oppstrøms (f.eks. kraftverkseffektivitet, tap i nettet).
- **Tilfelle 1: Utgangssituasjon:** Fasade uten isolasjon + doble vinduer + sentralisert fjernvarme og sentralisert varmtvann + naturlig ventilasjon.



+ Oppvarming og varmtvanns



+ vinduer med doble

($U=2,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Energiforbruk i bygningen: Utgangssituasjon.

Energiforbruk for bygningens tekniske tjenester

BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)

Tekniske tjenester	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
Oppvarming	292781,52	123,8	418789,87	177,17	225989,72	95,61
Kjøling	28	0,01	66,19	0,03	54,37	0,02
DHW	163407,07	69,13	212428,82	89,87	99268,50	42,00
	456216,68	193,00	631284,88	267,07	325312,59	137,63

hvor:

S_u : Boareal inkludert i den termiske konvolutten, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot}: Totalt primærenergiforbruk.

:

EP_{nren}: Primærenergiforbruk av ikke-fornybar opprinnelse.

:

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)															
Energiforbruk	Oppvarming	52165	51779,7	42518,5	19344,9	5454,6	--	--	--	--	26047,1	41740,0	52017,3	291067,8	123,1
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	0,2	75,4	--	--	--	--	75,6	0
	DHW	13878,4	12535,3	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	163407,2	69,1
	TOTAL	66044,2	64315,0	56396,9	32775,6	19333,0	13430,7	13878,6	13953,8	13430,7	39925,5	55170,7	65895,7	454550,6	192,3
Nettverk 1 (Rød 1)	Oppvarming	46351,1	46018,6	37546,5	16676,3	4530,8	--	--	--	--	22725,0	36966,8	46224,4	257039,5	108,7
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	13878,4	12535,3	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	163407,2	69,1
Elektrisitet	Oppvarming	6125,3	6072,3	5212,7	2780,7	976,5	--	--	--	--	3473,7	5007,3	6093,5	35741,9	15
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilasjon	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Fuktighetskontroll	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Belysning	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektrisitet (Erstatningssystem)	Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	28,1	--	--	--	--	28,1	0
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C _{ef,total}		66354,8	64626,2	56637,5	32887,7	19385,7	13430,7	13878,4	13906,5	13430,7	40077,2	55404,8	66196,3	456216,7	193,0

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

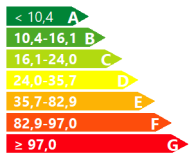
C_{ef,total}: Energiforbruk på forbruksstedet (sluttforbruk), kWh/m²·år.

:

Energiklassifisering av bygningen: Utgangssituasjon.

Klimasone (tilsl.)	E1	Bruk	Privat bolig
---------------------------	----	-------------	--------------

1. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I UTSLIPP

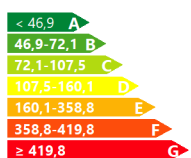
GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER			
	OPPVARMING		Varmtvann	
 29,91 D	Oppvarmingsutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år]	A	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år]	C
	20,23		9,68	
	KJØLING		BELYSNING	
Globale utslipp [kgCO ₂ /m ² ·år] ⁽¹⁾	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år]	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år]	-
	0		-	

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

	kgCO ₂ /m ² ·år	kgCO ₂ ·år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	5,01	11839,88
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	24	58862,51

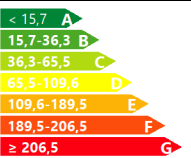
3. ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

Ikke-fornybar primærenergi refererer til energien som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER			
	OPPVARMING		Varmtvann	
 137,63 D	Primærenergi til oppvarming [kWh/m ² ·år]	A	Varmtvann Primærenergi [kWh/m ² ·år]	E
	95,61		42	
	KJØLING		BELYSNING	
Globalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² ·år] ⁽¹⁾	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² ·år]	A	Primærenergi til belysning [kWh/m ² ·år]	-
	0,02		-	

DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

Energietterspørselen for oppvarming og kjøling er den energien som trengs for å opprettholde bygningens innendørs komfortforhold.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
 123,14 E	Ikke kvalifisert
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.

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.

Litauisk casestudie

Del II: Analyse av forbedringstiltak

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

- Tilfelle 2: Forbedring 1: 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med argongass ($U = 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)



Energiforbruk til bygningens tekniske tjenester

BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)

Tekniske tjenester	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
Oppvarming	2008	84,9	287076,39	121,45	154795,61	65,49
Kjøling	255,00	0,11	605,12	0,26	498,75	0,21
DHW	163407,07	69,13	212428,82	89,87	99268,50	42,00
	364476,60	154,19	500110,34	211,57	254562,86	107,69

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk innkapsling, m^2 .

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot} Totalt primærenergiforbruk.

:

EP_{nren} Primærenergiforbruk av ikke-fornybar opprinnelse.

:

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Juli (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Okt (kWh)	Nov (kWh)	Des (kWh)	År (kWh/år) (kWh/m²·år)	
BYGNING (S _u = 2363,76 m²)															
Energiforbruk	Oppvarming	30802	30389,4	23188	7188,8	892,3	--	--	--	--	14109,0	23932,2	30858,1	161360,1	68,3
	Kjøling	--	--	--	--	--	67,0	224,7	387,9	--	--	--	--	679,6	0,3
	DHW	13878,4	12535,3	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	163407,2	69,1
	TOTAL	44680,6	42924,7	37066,5	20619,5	14770,7	13497,8	14103,1	14266,3	13430,7	27987,4	37362,9	44736,5	325446,8	137,7
Nettverk 1 (Rød 1)	Oppvarming	33534,1	33179,9	25740,5	8572,9	1367,9	--	--	--	--	14721,0	25809,1	33527,9	176453,3	74,6
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	13878,4	12535,3	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	163407,2	69,1
Elektrisitet	Oppvarming	4364,2	4313,9	3605,2	1567,7	385,7	--	--	--	--	2302,3	3473,6	4348,5	24361,2	10,3
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilasjon	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Fuktighetskontroll	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



	Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Juli (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Okt (kWh)	Nov (kWh)	Des (kWh)	År (kWh/år) (kWh/m²·år)
Belysning	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektrisitet (Erstatningssystem)	Kjøling	--	--	--	--	18,5	85,5	151,0	--	--	--	--	255,0 0,1
DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C _{ef,total}	51776,7	50029,2	43224,1	23571,3	15632,0	13449,2	13963,9	14029,4	13430,7	30901,7	42713,4	51754,8	364476,6 154,2

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

$C_{ef,total}$ Energiforbruk på forbruksstedet (sluttforbruk), kWh/m²·år.

:

Energiklassifisering av bygningen: Forbedring 1.

Klimasone (tilsl.)	E1	Bruk	Privat bolig
--------------------	----	------	--------------

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I UTSLIPP

1.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Oppvarmingsutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år]	A	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år] C
	13,86		9,68
	KJØLING	BELYSNING	
Globale utslipp [kgCO ₂ /m ² ·år] ⁽¹⁾	Kjøleutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år]	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ /m ² ·år] -
	0		-

2.

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

	kgCO ₂ /m ² ·år	kgCO ₂ ·år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	3,45	8147,96
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	20	47580,45

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

3.

Ikke-fornybar primærenergi refererer til energien som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

4.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Primærenergi til oppvarming [kWh/m ² ·år]	A	Varmtvann Primærenergi [kWh/m ² ·år] E
	65,49		42
	KJØLING	BELYSNING	
Globalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² ·år] ⁽¹⁾	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² ·år]	A	Primærenergi til belysning [kWh/m ² ·år] -
	0,21		-

DELVIS VURDERING AV ENERGIBEHOV FOR OPPVARMING OG KJØLING

Energiforbruket til oppvarming og kjøling er energien som trengs for å opprettholde komforten inne i bygningen.

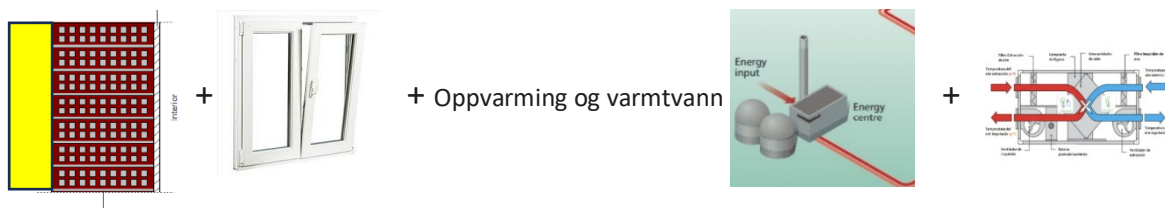
5.



OPPVARMINGSBEHOV	KJØLEBEHOV
	Ikke kvalifisert
6. Oppvarmingsbehov [kWh/m ² ·år]	Kjølebehov [kWh/m ² ·år]

1 Den globale indikatoren er resultatet av 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 3: Forbedring 2: 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med argongass U = 0,8 + Mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning**



Energiforbruk i bygningen: Forbedring 2.

Energiforbruk for bygningens tekniske tjenester

BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)

Tekniske tjenester	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
Oppvarming	119584,90	50,59	170980,28	72,3	92224,49	39,02
Kjøling	433,93	0,18	1028,24	0,44	848,59	0,36
DHW	163407,09	69,13	212428,82	89,87	99268,50	42,00
Ventilasjon	10956,42	4,64	25944,64	10,98	21408,58	9,06
	294382,35	124,54	410381,98	173,61	213750,17	90,43

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot} Totalt primærenergiforbruk.

:

EP_{nren} Primærenergiforbruk av ikke-fornybar opprinnelse.

:

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/år)	(kWh/m²·år)
BYGNING (S _u = 2363,76 m²)															
Energiforbruk	Oppvarming	24288	24134,4	17534,5	3449,2	125,8	--	--	--	--	9397,8	18295,8	24482,1	121707,9	51,5
	Kjøling	--	--	--	--	--	55,3	444,8	631,7	--	--	--	--	1131,8	0,5
	DHW	13878,4	12535,3	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	163407,2	69,1
	TOTAL	38166,8	36669,7	31412,9	16879,9	14004,2	13866,0	14323,2	14510,1	13430,7	23276,2	31726,5	38360,5	286 246,8	121,1
Nettverk 1 (Rød 1)	Oppvarming	21224,8	21106,8	15060,6	2564,8	41,7	--	--	--	--	7743,8	15879,6	21412,8	105034,9	44
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	13878,4	12535,3	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	13878,4	13430,7	13878,4	13430,7	13878,4	163407,2	69,1
	TOTAL	2780,9	2777,0	2186,8	572,3	37	--	--	--	--	1250,5	2137,8	2790,4	14533,5	6,1
Elektrisitet	Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilasjon	1036,0	935,8	1036,0	1002,6	1036,0	697,2	720,4	720,4	697,2	1036,0	1002,6	1036,0	10956,4	4,6
Fuktighetskontroll		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



	Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Juli (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Okt (kWh)	Nov (kWh)	Des (kWh)	År	
													(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
Belysning	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektrisitet (Erstatningssystem)	Kjøling	--	--	--	--	21,3	170,0	242,7	--	--	--	--	433,9	0
DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C _{ef,total}	38920,2	37362,5	32161,8	17570,4	14994,0	14149,2	14768,8	14841,6	14127,9	23917,6	32450,7	39117,7	294382,3	124,5

hvor:

S_u : Boareal inkludert i den termiske konvolutten, m².

$C_{ef,total}$ Energiforbruk på forbrugsstedet (sluttforbruk), kWh/m²·år.

;

**Energiklassifisering av bygningen: Bygning med forbedring 2.**

Klimasone (tilsl.)	E1	Bruk	Privat bolig
--------------------	----	------	--------------

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I UTSLIPP

1.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Oppvarmingsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]	A	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]
	8,26		9,68
Globale utslipp [kgCO ₂ / m ² ·år] ⁽¹⁾	KJØLING	BELYSNING	
	Kjøleutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]
	0		-

2.

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

	kgCO ₂ / m ² ·år	kgCO ₂ ·år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	3,6	8580,79
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	15	37586,01

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

3.

Ikke-fornybar primærenergi refererer til energien som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen konverterings- eller transformasjonsprosess.

4.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Primærenergi til oppvarming [kWh/m ² ·år]	A	Varmtvann Primærenergi [kWh/m ² ·år]
	39,02		42
Globalt 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]
	0,36		-

DELVURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

Energieterspørselen for oppvarming og kjøling er den energien som trengs for å opprettholde bygningens interne komfortforhold.

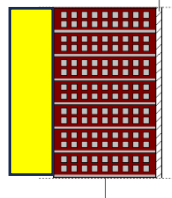
5.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
	Ikke kvalifisert
Oppvarmingsbehov [kWh/m ² ·år]	Kjølebehov [kWh/m ² ·år]

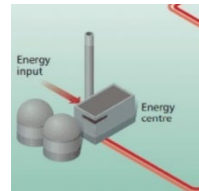
6.

1 Den globale indikatoren er summen av delindikatorene 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: Forbedring 3: **Varmtvann med jordvarmepumpe (COP 3,24) + 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med argongass U= 0,8 + Mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning.**



+ Oppvarmings



+ varmtvann



Energiforbruk i bygningen: Forbedring 3.

Energiforbruk for bygningens tekniske tjenester

BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)

Tekniske tjenester	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
Oppvarming	119614	50	171037,01	72,36	92267,04	39,03
Kjøling	434,13	0,18	1028,24	0,44	848,59	0,36
DHW	114707,05	48,53	170904,64	72,30	80270,95	33,96
Ventilasjon	10956,42	4,64	25944,64	10,98	21408,58	9,06
	245711,93	103,95	368914,52	156,07	194795,17	82,41

hvor:

S_u : Boareal inkludert i den termiske innkapslingen, m².

EF: Endelig energiforbruk ved tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot} Totalt primærenergiforbruk.

:

EP_{nren} Primærenergiforbruk av ikke-fornybar opprinnelse.

:

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)															
Energiforbruk	Oppvarming	24283	24129,9	17530,4	3447,0	125,6	--	--	--	--	9395,1	18292,1	24477,7	121681,5	51,5
	Kjøling	--	--	--	--	--	55,4	445,0	631,9	--	--	--	--	1132,3	0,5
	DHW	9742,2	8799,4	9742,2	9428,0	9742,2	9428,0	9742,2	9742,2	9428,0	9742,2	9428,0	9742,2	114707,0	48,5
	TOTAL	34026,0	32929,3	27272,7	12874,9	9867,8	9483,4	10187,3	10374,2	9428,0	19137,3	27720,0	34220,0	237520,8	100,5
Nettverk 1 (Rød 1)	Oppvarming	21267,3	21100,7	15054,9	2561,9	41,6	--	--	--	--	7740,1	15874,4	21406,9	105047,8	44,4
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	TOTAL	21267,3	21100,7	15054,9	2561,9	41,6	--	--	--	--	7740,1	15874,4	21406,9	105047,8	44,4
Elektrisitet	Oppvarming	2788,8	2778,9	2188,5	573,2	37	--	--	--	--	1251,5	2139,3	2792,1	14550,1	6
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	3489,0	3151,4	3489,0	3376,5	3489,0	3376,5	3489,0	3489,0	3376,5	3489,0	3376,5	3489,0	41080,5	17,4
	Ventilasjon	1036,0	935,8	1036,0	1002,6	1036,0	697,2	720,4	720,4	697,2	1036,0	1002,6	1036,0	10956,4	4,6
	TOTAL	7313,8	6866,1	6713,5	1612,3	1012,6	--	--	--	--	3568,9	5521,4	6317,6	56537,0	23,9
Elektrisitet (Erstatningssystem)	Belysning	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Kjøling	--	--	--	--	--	21,3	170,1	242,8	--	--	--	--	434,1	0
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Miljø	Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	TOTAL	6253,2	5648,1	6253,2	6051,5	6253,2	6051,5	6253,2	6253,2	6051,5	6253,2	6051,5	6253,2	73626,5	31,1
C_{ef,total}		34834,4	33622,4	28021,7	13565,6	10857,6	10146,5	10632,8	10705,5	10125,2	19778,8	28444,3	34977,2	245711,8	103,9

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

C_{ef,total} Energiforbruk på forbruksstedet (sluttforbruk), kWh/m²·år.

:

**Energiklassifisering av bygningen: Bygning med forbedring 3.**

Klimasone (tilsl.)	E1	Bruk	Privat bolig
--------------------	----	------	--------------

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I UTSLIPP

1.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Oppvarmingsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]	A	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]
	8,26		5,75
	KJØLING	BELYSNING	
Globale utslipp [kgCO ₂ / m ² ·år] ⁽¹⁾	Kjøleutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]
	0		-

2.

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

	kgCO ₂ / m ² ·år	kgCO ₂ ·år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	9,39	22184,00
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	6	14710,82

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

3.

Ikke-fornybar primærenergi refererer til energien som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen omdannelses- eller transformasjonsprosess.

4.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Primærenergi til oppvarming [kWh/m ² ·år]	A	DHW Primærenergi [kWh/m ² ·år]
	39,03		33,96
	KJØLING	BELYSNING	
Globalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² ·år] ⁽¹⁾	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² ·år]	A	Primærenergi til belysning [kWh/m ² ·år]
	0,36		-

DELVURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

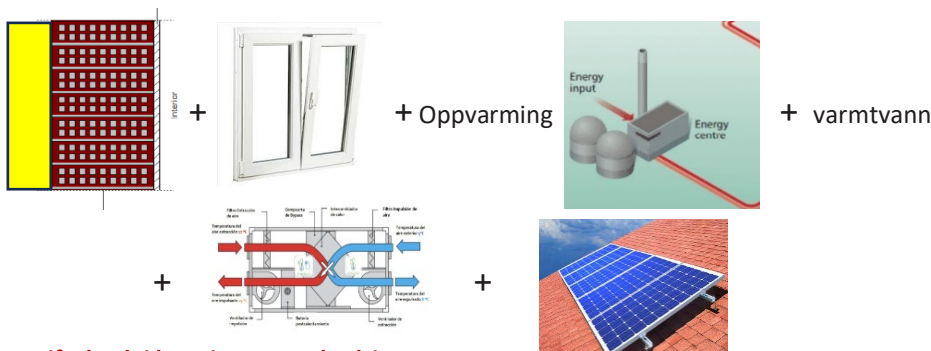
Energieterspørselen for oppvarming og kjøling er den energien som trengs for å opprettholde bygningens interne komfortforhold.

5.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
	Ikke kvalifisert
Oppvarmingsbehov [kWh/m ² ·år]	Kjølebehov [kWh/m ² ·år]

1 Den globale indikatoren er summen av delindikatorene 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 5: Forbedring 4: Solcellepaneler (150 paneler på 480 W – 3 m² enhet) → (71250 kWh år) + varmtvann med geotermisk varmepumpe + 25 cm isolasjonslag i fasader + lavutslippsvinduer med argongass U= 0,8 + mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning.



Energiforbruk i bygningen: Forbedring 4.

Energiforbruk for bygningens tekniske tjenester

BYGNING ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)

Tekniske tjenester	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)	(kWh/år)	(kWh/m ² ·år)
Oppvarming	119958,96	50,75	157892,13	66,8	73054,39	30,91
Kjøling	431,18	0,18	619,31	0,26	267,10	0,11
DHW	114707,05	48,53	132517,16	56,06	25438,79	10,76
Ventilasjon	10956,42	4,64	15704,83	6,64	6783,99	2,87
	246053,61	104,09	306733,43	129,77	105544,29	44,65

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk klimaskjerm, m².

EF: Endelig energiforbruk av tekniske tjenester på forbruksstedet.

EP_{tot} Totalt primærenergiforbruk.

:

EP_{nren} Primærenergiforbruk fra ikke-fornybare kilder.

:

Endelig energiforbruk i bygningen. Månedlige resultater.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Juli (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Okt (kWh)	Nov (kWh)	Des (kWh)	År (kWh/år) (kWh/m²·år)	
BYGNING (S _u = 2363,76 m²)															
Energiforbruk	Oppvarming	24351	24196,6	17591,8	3481,9	129,0	--	--	--	--	9437,9	18348,5	24543,5	122080,3	51,6
	Kjøling	--	--	--	--	--	54,3	441,6	628,4	--	--	--	--	1124,3	0,5
	DHW	9742,2	8799,4	9742,2	9428,0	9742,2	9428,0	9742,2	9742,2	9428,0	9742,2	9428,0	9742,2	114707,0	48,5
	TOTAL	34093,4	32996,1	27334,0	12909,9	9871,2	9482,2	10183,9	10370,6	9428,0	19180,1	27776,4	34285,7	237911,5	100,6
Nettverk 1 (Rød 1)	Oppvarming	21279,0	21160,5	15109,8	2591,7	43,4	--	--	--	--	7777,7	15924,7	21466,0	105352,8	44,6
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektrisitet	Oppvarming	2790,0	2786,0	2195,1	577,9	39,6	--	--	--	--	1256,3	2145,5	2799,4	14589,8	6,2
	Kjøling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	3489,0	3151,4	3489,0	3376,5	3489,0	3376,5	3489,0	3489,0	3376,5	3489,0	3376,5	3489,0	41080,5	17,4
	Ventilasjon	1036,0	935,8	1036,0	1002,6	1036,0	697,2	720,4	720,4	697,2	1036,0	1002,6	1036,0	10956,4	4,6
	Fuktighetskontroll	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Belysning	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Oppvarming	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektrisitet (Erstatningssystem)	Kjøling	--	--	--	--	--	20,9	168,8	241,5	--	--	--	--	431,2	0,2
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Miljø		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		6253,2	5648,1	6253,2	6051,5	6253,2	6051,5	6253,2	6253,2	6051,5	6253,2	6051,5	6253,2	73626,5	31,1
C _{ef, total}		34847,3	33689,2	28083,2	13600,1	10861,3	10146,0	10631,5	10704,2	10125,2	19821,1	28500,7	35043,7	246053,5	104,1

hvor:

S_u : Boareal inkludert i termisk innkapsling, m².

C_{ef, total} Energiforbruk på forbruksstedet (sluttforbruk), kWh/m²·år.

:

**Energiklasse for bygningen: Bygning med forbedring 4.**

Klimasone (tilsl.)	E1	Bruk	Privat bolig
--------------------	----	------	--------------

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I UTSLIPP

1.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Oppvarmingsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]	A	Varmtvannsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]
	6,89		1,82
	KJØLING	BELYSNING	
Globale utslipp [kgCO ₂ / m ² ·år] ⁽¹⁾	Kjøleutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]	A	Belysningsutslipp [kgCO ₂ / m ² ·år]
	0		-

2.

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

	kgCO ₂ / m ² ·år	kgCO ₂ ·år
CO ₂ -utslipp fra strømforbruk	2,9	7034,16
CO ₂ -utslipp fra andre drivstoff	6,2	14753,51

ENERGIKLASSIFISERING AV BYGNINGEN I FORBRUK AV IKKE-FORNYBAR PRIMÆRENERGI

3.

Ikke-fornybar primærenergi refererer til energien som forbrukes av bygningen fra ikke-fornybare kilder som ikke har gjennomgått noen konverterings- eller transformasjonsprosess.

4.

GLOBAL INDIKATOR	DELINDIKATORER		
	OPPVARMING	Varmtvann	
	Primærenergi til oppvarming [kWh/m ² ·år]	A	Varmtvann Primærenergi [kWh/m ² ·år]
	30,9		10,76
	KJØLING	BELYSNING	
Globalt forbruk av ikke-fornybar primærenergi [kWh/m ² ·år] ⁽¹⁾	Primærenergi til kjøling [kWh/m ² ·år]	A	Primærenergi til belysning [kWh/m ² ·år]
	0,11		-

DELVURDERING AV ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING OG KJØLING

Energiforbruket til oppvarming og kjøling er energien som trengs for å opprettholde komforten inne i bygningen.

5.

OPPVARMINGSBEVIS	KJØLEBEHOV
	Ikke kvalifisert
6. Oppvarmingsbehov [kWh/m ² ·år]	Kjølebehov [kWh/m ² ·år]

1 Den globale indikatoren er summen av delindikatorene 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.

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

Sammenligning av resultater

Tekniske tjenester	Endelig energiforbruk (kWh/m ² ·år)				
	Tilfelle 1	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
	Utgangssituasjon	Imp 1	Imp 1+Imp 2	Imp 1+Imp 2+ Imp 3	Imp 1+Imp 2+ Imp 3+ Imp 4
Oppvarming	1	84,96	50,59	50	50,75
Kjøling	0,01	0,11	0,18	0,18	0,18
DHW	69,13	69,13	69,13	48,53	48,53
Ventilasjon	--	--	4,64	4,64	4,64
	193,00	154,19	124,54	103,95	104,09

Forklaring

BIS – Bygningens utgangssituasjon

Imp 1 – Forbedring 1: Forbedret termisk isolasjon + vinduer med trippelglass

Imp 2 – Forbedring 2: Mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning

Imp 3 – Forbedring 3: Jordvarmepumpe for varmtvann

Imp 4 - Forbedring 4: Solcellepaneler

Tekniske tjenester	Totalt primærenergiforbruk (kWh/m ² ·år)				
	Tilfelle 1	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
	Utgangssituasjon	Imp 1	Imp 1+Imp 2	Imp 1+Imp 2+ Imp 3	Imp 1+Imp 2+ Imp 3+ Imp 4
Oppvarming	177,17	121,45	72,3	72,36	66,80
Kjøling	0,03	0,26	0,44	0,44	0,26
DHW	89,87	89,87	89,87	72,30	56,06
Ventilasjon			10,98	10,98	6,64
	267,07	211,57	173,61	156,07	129,77

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

Tekniske tjenester	Tilfelle				
	Tilfelle 1	2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
	Utgangssituasjon	Imp 1	Imp 1+Imp 2	Imp 1+Imp 2+ Imp 3	Imp 1+Imp 2+ Imp 3+ Imp 4
Oppvarming	95,6	65,49	39,02	39,03	30,91
Kjøling	0,02	0,21	0,36	0,36	0,11
DHW	42	42	42,00	33,96	10,76
Ventilasjon			9,06	9,06	2,87
	137,63	107,69	90,43	82,41	44,65
Energiklasse	D	D	C	C	A

Byggutslipp (kgCO₂/m²·år)

Tekniske tjenester	Tilfelle 1 Utgangssituasjon	Tilfelle 2 Imp 1	Tilfelle 3 Imp 1+Imp 2	Tilfelle 4 Imp 1+Imp 2+ Imp 3	Tilfelle 5 Imp 1+Imp 2+ Imp 3+ Imp 4
CO ₂ fra elektrisitet	5,0	3,4	3,6	9,39	2,9
CO ₂ fra andre drivstoff	24,90	20,13	15,90	6,22	6,24
	29,91	23,58	19,53	15,61	9,22
Energiklasse	D	C	C	B	A

Forklaring

BIS - Bygningens utgangspunkt

Imp 1 – Forbedring 1: Forbedret termisk isolasjon + vinduer med trippelglass

Imp 2 – Forbedring 2: Mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning

Imp 3 – Forbedring 3: Jordvarmepumpe for varmtvann

Imp 4 – Forbedring 4: Solcellepaneler



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.

Litauisk casestudie

Del III: Kostnads-nytte-analyse av energieffektiviseringstiltak

3.11. Budsjett for forbedringsalternativer

Forbedring 1: Forbedret termisk isolasjon + vinduer med trippelglass

Beskrivelse av prisen på isolasjonssystemet for bygningens fasader på utsiden:

Posten	Kostnad (€ / m ²)
Steinullisolasjon (25 cm)	25
Lim, forankringer, netting, profiler	€
Gipsfinish (flere lag)	€
Arbeidskraft (installasjon)	€
Stillas og sikkerhet (5-etasjes bygning)	€
Totale estimerte kostnader (installert) 58 € per m	

Beskrivelse av de nye vinduene som skal installeres i bygningen.

- Glass: Tredobbelt glass (3 paneler)
- 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)

Forbedring 1 budsjett:

Forbedring 1: Termisk isolering og nye vinduer

Enhet	Beskrivelse	n.	Mål	pris €	beløp €
m	25 cm mineralullisolasjon i fasader med pusset overflate installert	1	90	58,00	52.246,40
m	Lavutslippsvinduer med trippelglass i PVC med argongass (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	407,57	420,00	171 179,40
				Totalt	223 425,80

- Forbedring 2: Mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning

Tekniske spesifikasjoner for ventilasjonssystemet:

Element	Beskrivelse
Total nødvendig ventilasjonskapasitet	1,47 m ³ /s (5 292 m ³ /t)
Systemet inkluderer	2 vifter, 70 % varmegjenvinningsenhet, komplett kanalanlegg, isolasjon, kontroller
Bygning	Eksisterende 5-etasjes boligbygg, 600 m ² /etasje

Anslått total kostnad (Litauen) 42 500
 ~50–60 % besparelse i oppvarmingsenergi sammenlignet med enkelt avtrekkssystem

Energibesparelse

Forbedring 2: Mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning

Komponent	Beskrivelse	Anslått kostnad (€)
2 vifter (1,47 m ³ /s totalt, 750 W/(m ³ /s))	Høyeffektive EC-vifter, variabel hastighet	4 000
Varmegjenvinningsenhet (≥70 % effektivitet)	Følsom plate eller roterende varmeveksler	6 000,00
Kanalsystem og luftdiffusorer (ca. 300 m)	Galvaniserte stålkkanaler, spjeld, gitter	14 000,00
Isolasjon for kanaler	Termisk + akustisk (obligatorisk for HRV-systemer)	3 000,00
Kontrollsystem + sensorer (CO ₂ , temp, etc.)	Smart automatisering, behovsstyring	3 000,00
Installasjon (kompleksitet ved ettermontering)	Kutting, takføring, arbeidskrevende	10 000,00
Prosjektering og tillatelser	Design, balansering, lovmessig samsvar	2 500,00
TOTAL ESTIMERT KOSTNAD	Nøkkelferdig mekanisk ventilasjonssystem	42 500,00

Forbedring 3: Jordvarmepumpe for varmtvann

Forbedring 3: Geotermisk varmepumpe + varmtvannstanker + borehull + intern distribusjon

Komponent	Beskrivelse	Anslått kostnad (€)
Geotermisk varmepumpe (20 kW)	Høyeffektiv enhet for varmtvann	14 000,00
Varmtvannstanker (3000 liter)	Lagring for toppbelastning	6 000,00
Vertikale borehull (4 × 100 m)	Boring, rørlegging, frostvæske, tilkobling	20 000,00
Hydraulikksystem (pumper, ventiler, reguleringsventiler)	Inkluderer ekspansjonstanker, ventiler, sensorer	5 000,00
Rør for varmtvann (5-etasjes bygning)	Isolerte rør, distribusjonsnettverk	10 000,00
Installasjon og igangkjøring	Arbeidskraft, isolering, testing	10 000,00
Prosjektering og tillatelser	Design, dokumentasjon, lokale godkjenninger	3 000,00
TOTAL ANSLAGT KOSTNAD	Komplett nøkkelferdig system	68 000,00

Forbedring 4: Solcellepaneler

Tekniske spesifikasjoner for solcellepanelsystemet:

- Plassering: Litauen
- Bygning: 5-etasjes eksisterende bygning
- Systemspesifikasjoner:
 - Antall paneler: 150
 - Panelkapasitet: 480 W hver
 - Total kapasitet: 72 kWp
 - Anslått årlig produksjon: 71 250 kWh

Forbedring 4: Solcellepaneler

Komponent	Anslått kostnad
Total systemkapasitet	72 kWp
Kostnad per kWp	850
Totale installasjonskostnader	61 200

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 bygning 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 energieffektivitet, 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, er like store som den opprinnelige investeringen.

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

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 = Opprinnelige investeringskostnader
- 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	24 Years

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/m ²)	Utslipp (kg CO ₂ /m ²)
Utgangspunkt	0	56977,73	0	0	0,00	137,63	29,90
Tilfelle 2: Imp 1 Termisk innkapsling	223425,80	44773,87	12203,86	18,31	20,1	107,70	23,58
Tilfelle 3: Imp 2 Mekanisk ventilasjon HR + tilfelle 2	265925,80	37311,48	19666,25	13,52	14,7	90,43	19,53
Tilfelle 4: Imp 3 Jordvarmepumpe for varmt vann + tilfelle 3	360385,80	31668,47	25309,25	14,2	15,5	82,42	15,60
Tilfelle 5: Imp 4 solcellepanel + kabinett 4	395125,80	17973,56	39004,17	10,13	10,8	44,65	9,22

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 netto besparelse				Investeringsgjenvinningsperiode (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	0	0	0	0	56977,73	0,00	0,00	0,00	0
Tilfelle 2: Imp 1 Termisk innkapsling	223425,80	0	223425,80	223425,80	44773,87	12203,86	0,00	12203,86	18,31
Tilfelle 3: Imp 2 Mekanisk ventilasjon HR + tilfelle 2	265925,80	0	265925,80	265925,80	37311,48	19666,25	0,00	19666,25	13,52
Tilfelle 4: Imp 3 Jordvarmepumpe for varmtvann + tilfelle 3	360385,80	0	360	360385,80	31668,47	25309,25	0,00	25309,25	14,24
Tilfelle 5: Imp 4 solcellepanel + kabinett 4	395125,80	0	395125,80	395125,80	17973,56	39004,17	0,00	39004,17	10,13

4. Konklusjoner

Følgende konklusjoner kan trekkes fra denne studien:

- **Omfattende bygningsvurdering fullført.** Casestudien evaluerte grundig den nåværende energiprestasjonen til et fleretasjes studentboligbygg i Litauen ved hjelp av BIM-teknologier, og identifiserte store ineffektiviteter i isolasjonen av bygningskroppen, vindusprestasjonene, varmtvannssystemene og ventilasjonen. 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 veggisolasjon. (Taket ble allerede isolert i 2014)
 - Utskifting av vinduer.
 - Modernisering av varmtvannssystemet (ved hjelp av jordvarmepumpe)
 - Mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning
 - 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 over 67 % og CO₂-utslippene med over 70 %. Disse besparelsene er særlig betydelige gitt Litauens 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 varmtvannssystemet og ny mekanisk ventilasjon reduserer energitapet fra de gamle eksisterende systemene.
 - Solcellepaneler bidrar betydelig til målene for karbonreduksjon.
 - Hvis alle tiltakene som er vurdert i studien gjennomføres, reduseres tilbakebetalingsperioden betydelig (10 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 varme t



varmtvannssystem og ventilasjonssystem, solcellepaneler). Denne synergien maksimerer energibesparelsene samtidig som innneklimaet opprettholdes, 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 studentboligen. 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 innneklima i offentlige og private bygninger.