

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

Finansuojama Europos Komisijos lėšomis. Tačiau išreiškiamas požiūris ar nuomonė yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Komisijos ir Erasmus+ Nacionalinės agentūros požiūrį ar nuomonę. Nei Europos Komisija, nei Erasmus+ Nacionalinės agentūros negali būti laikomos už juos atsakinga.

Lietuvos atvejo tyrimas

I dalis: Lietuvos atvejo tyrimo metodika ir pradinės padėties analizė

1. Atvejo tyrimo metodika

Lietuvos atvejo tyrimas apima esamo daugiaaukščio bendrabučio pastato, esančio Vilniuje, energijos poreikio, energijos suvartojimo ir CO₂ išmetimo analizę, taip pat alternatyvų, kurios pagerintų jo energijos vartojimo efektyvumą, pasiūlymą.

Bus tiriamos siūlomų patobulinimų ekonominės sąnaudos, taip pat energijos suvartojimo ir CO₂ ekvivalento išmetimo sumažėjimas dėl šių patobulinimų.

Siūlomi patobulinimai bus trijų tipų:

- Pastato apvalkalo savybių gerinimas
- Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos tobulinimas
- Vietinių atsinaujinančios energijos gamybos sistemų įrengimas

2. Bendrabučio pastato aprašymas

2.1. Įvadas

Bendrabučio pastatas yra adresu Stanevičiaus g. 108, Vilnius, Lietuva

Šio pastato geografinės koordinatės:

Platuma: 54°43'52.7" šiaurės platumos

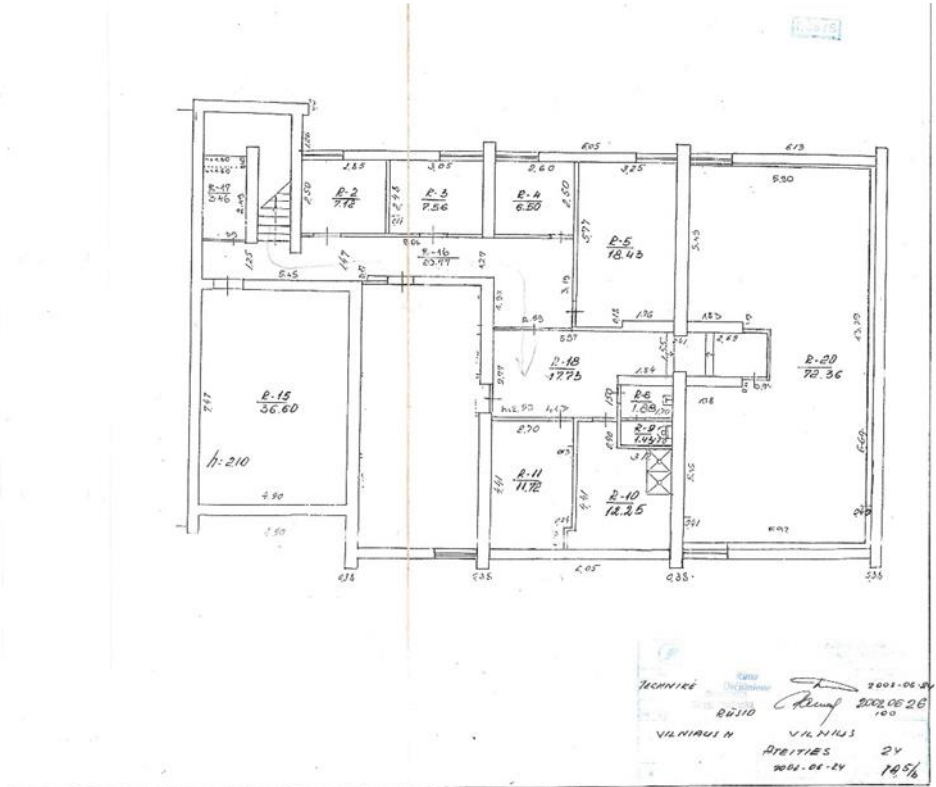
Ilguma: 25°15'14.8"E

Tai 5 aukštų gyvenamasis pastatas. Pagrindinis bendrabučio įėjimas (priekinis fasadas) yra pastato rytinėje pusėje, Stanevičiaus gatvės pusėje. Pastato plotas – 600 m² (40 m x 15 m).

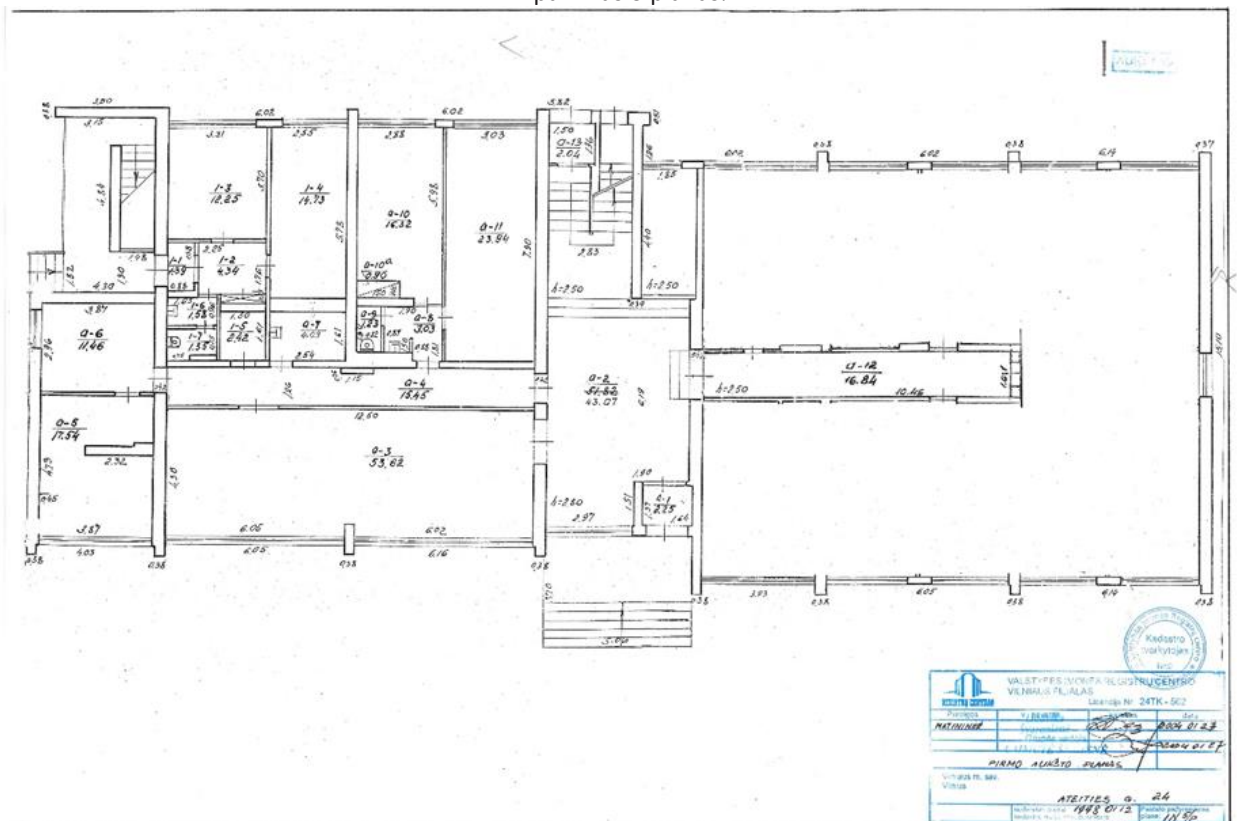


1 pav. Bendrabučio pastatas Vilniuje.

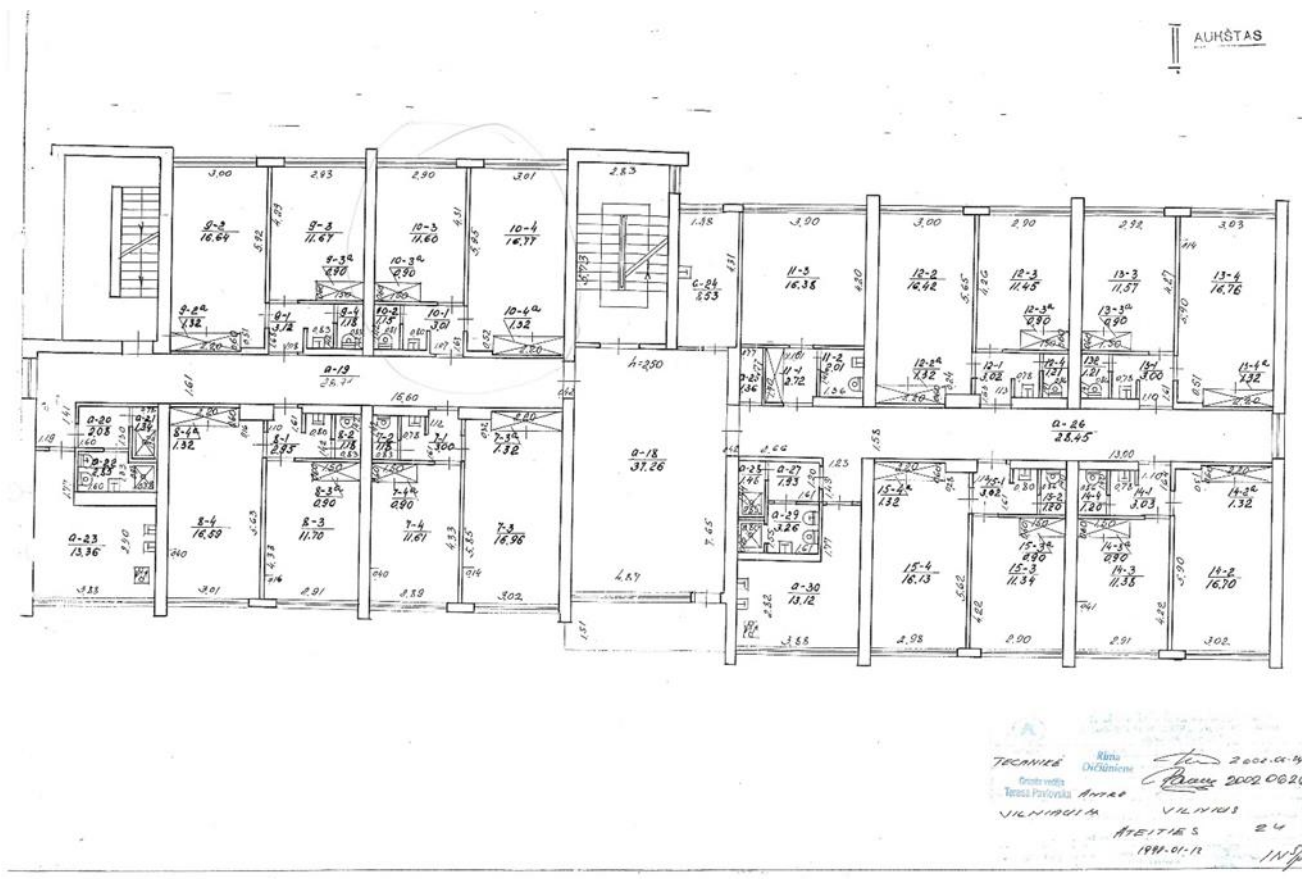
2.2. Pastato planai



2 pav. Rūsio planas.



3 pav. Pirmojo aukšto planas.



4 pav. Antro aukšto planas.

2.3. Pastato apvalkalo medžiagos

Pastato apvalkalas – tai elementų, atskiriančių kondicionuojamas vidaus patalpas nuo nekondicionuojamos išorinės aplinkos, sistema. Ji apima išorines sienas, stogus, grindis (ypač tas, kurios liečiasi su nekondicionuojamomis patalpomis arba žeme), taip pat langus ir išorines duris.

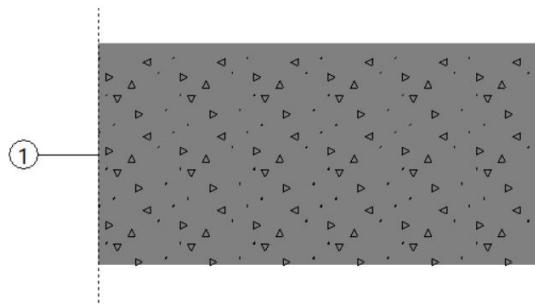
Pagrindinė pastato apvalkalo funkcija – reguliuoti šilumos, oro ir drėgmės srautus, taip sumažinant šilumos nuostolius šaltuoju metų laiku ir šilumos įgijimą šiltuoju metų laiku. Ji taip pat sumažina oro įsiskverbimą ir išsiskyrimą, o tai labai prisideda prie pastato gyventojų šiluminio komforto ir bendro pastato energijos vartojimo efektyvumo.

Pastato apvalkalo savybės paprastai vertinamos pagal jo šiluminę varžą (R vertę), šilumos perdavimo koeficientą (U vertę) ir sandarumą.

Gera suprojektuota ir tinkamai įrengtas pastato apvalkalas yra būtinas norint pasiekti aukštus energijos vartojimo efektyvumo standartus, sumažinti eksploatacines energijos sąnaudas ir išlaikyti patalpų aplinkos kokybę.

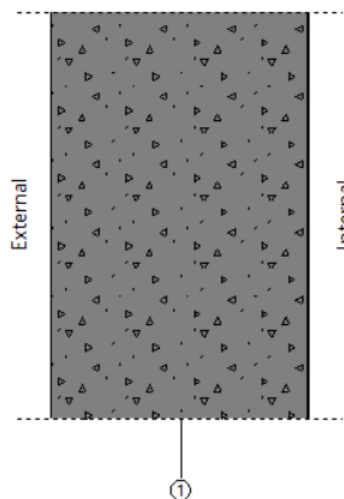
Toliau aprašomos tiriamo pastato apvalkalo elementų charakteristikos.

Grindys, liečiančios žemę (lyginamasis sluoksnis)



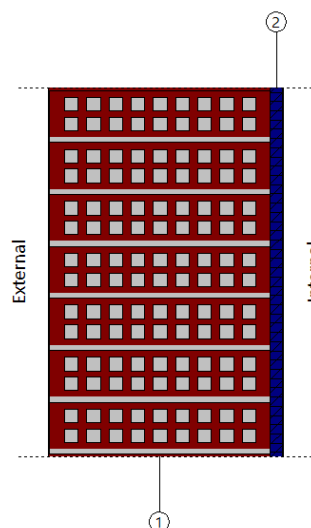
Layers
1 - Concrete. Medium density (density 2200): 30.00 cm Total thickness: 30.00 cm
Thermal description
Thermal resistance: 1.00 (m ² ·K)/W

Sienos, liečiančios žemę



Layers
1 - Concrete. Medium density (density 2200): 38.00 cm Total thickness: 38.00 cm
Thermal description
Thermal resistance: 0.23 (m ² ·K)/W

Fasadai



Layers
1 - M01 - 36 mm brick: 36.00 cm 2 - Plaster layer: 2.00 cm Total thickness: 38.00 cm
Thermal description
Heat transfer coefficient (U): 1.46 W/(m ² ·K) Thermal capacity: 48581.64 J/m ² ·K

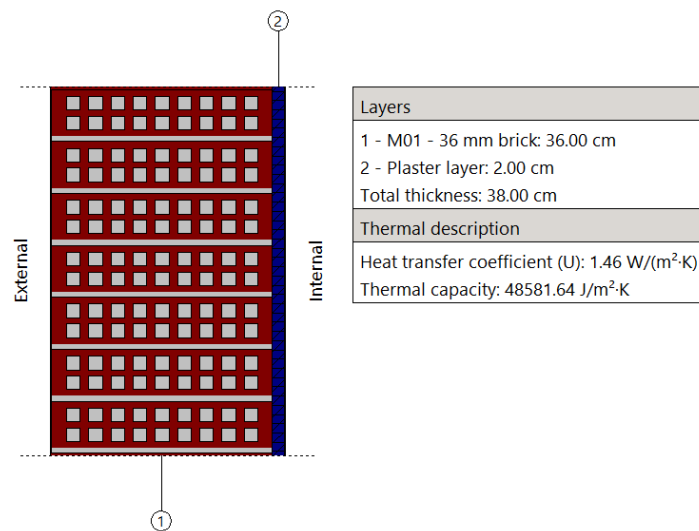
Fasadų angos

Langai su PVC rėmais ir dvigubu stiklu

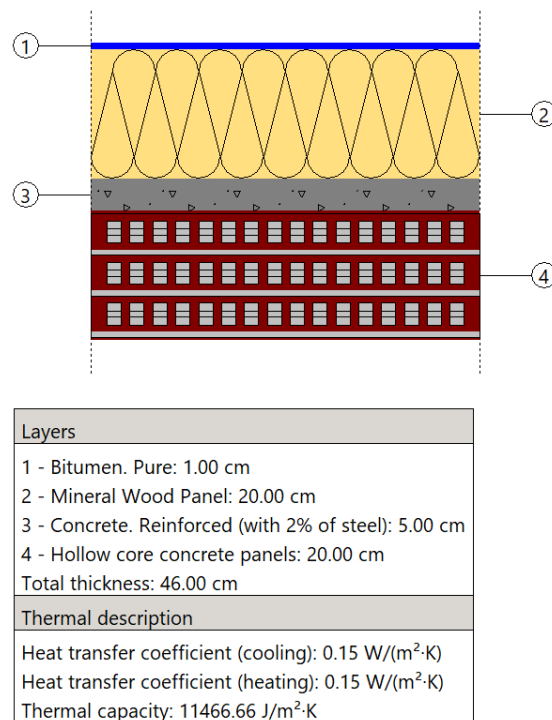
Heat transfer coefficient (U) W/(m²·K)

Solar heat gain coefficient

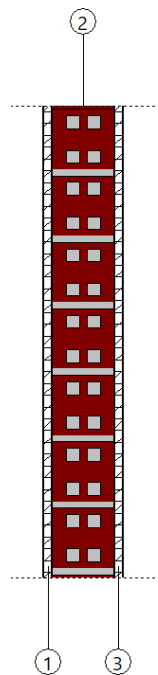
Bendros sienos



Stogas

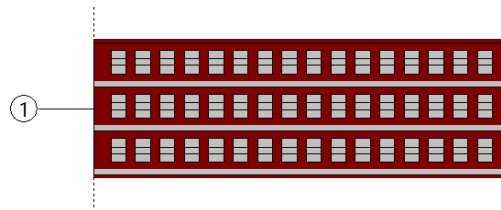


Vidinės pertvaros



Layers
1 - Gypsum plastering (density 1000): 1.00 cm
2 - Brick wall 8 cm: 8.00 cm
3 - Gypsum plastering (density 1000): 1.00 cm
Total thickness: 10.00 cm
Thermal description
Heat transfer coefficient (U): 1.44 W/(m ² ·K)
Thermal capacity: 30703.87 J/m ² ·K

Perdangos



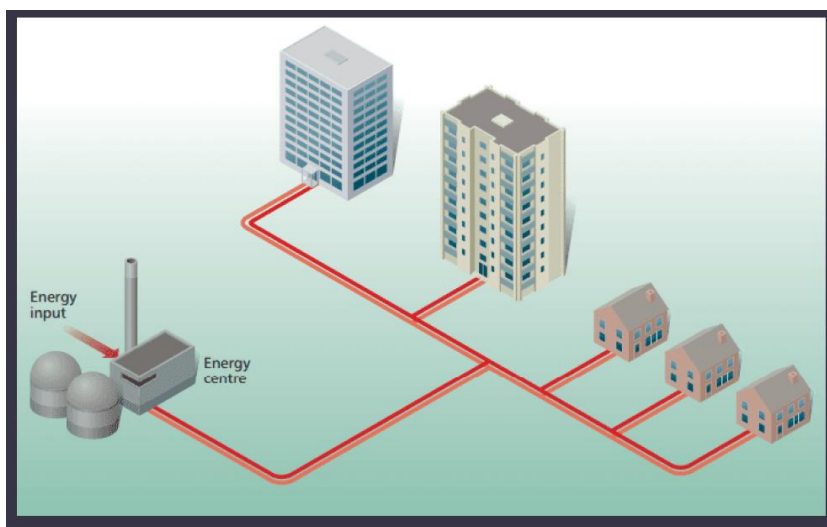
Layers
1 - Hollow core concrete panels -Height 200 mm: 20.00 cm
Total thickness: 20.00 cm
Thermal description
Ceiling slab
Heat transfer coefficient (cooling): 2.08 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 2.94 W/(m ² ·K)
Floor slab
Heat transfer coefficient (cooling): 2.94 W/(m ² ·K)
Heat transfer 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. Šildymo ir oro kondicionavimo sistemos

Bendrabočio šildymas užtikrinamas centralizuotu šildymu. Šiluma į bendrąbutį tiekama per automatinį šildymo įrenginį (šildymo valdymo sistemą), kuris automatiškai matuoja lauko (lauko temperatūros jutiklis yra bendrabočio išorinėje sienoje) ir vidaus temperatūrą. Centralizuotas šildymas visoje Lietuvoje įjungiamas, kai vidutinė dienos lauko oro temperatūra 3 dienas iš eilės yra 10 °C ar žemesnė. Atitinkamai, ji išjungiamas, kai vidutinė dienos lauko temperatūra yra aukštesnė nei 10 °C 3 dienas iš eilės.

Lietuvoje oro kondicionavimas nėra aktualus ir pagal teisės aktus nėra privalomas.

Centrinio šildymo įranga yra įrengta atokiau nuo bendrabočio pastato (bendrabočio pastate elektros energija negaminama), o šiluma tiekama po žeme vandens šilumos perdavimo skysčiu* (termofiksu). Šilumos suvartojimas kiekviename bendrabočiuje (daugiabučių namų bloke) reguliuojamas automatiniais reguliatoriumi, esančiu bendrabočio rūsyje. Regulatorius reguliuoja šilumos suvartojimą pagal lauko temperatūrą ir šilumos suvartojimo siurblio debitą.



5 pav. Centralizuotos šildymo sistemos iliustracija.

Automatinis šilumos pastotės modulis reguliuoja šilumos suvartojimą dviem būdais:

- didinant arba mažinant šilumos perdavimo skysčio* kiekį bendrabočio vidaus šildymo sistemoje.
- didinant arba mažinant srautą į bendrabočio vidaus šildymo sistemą.



6 pav. Šilumokačio plokštė pastotėje (pastato rūsyje).

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

Operating parameters
 Performance curves
 Performance curves: User-defined

Tinklas 1
 (Centralizuoto šildymo sistema)

Energy conversion factors			
	Primary energy / Final energy	% Non-renewable	kg-CO ₂ / 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
Tinklas 1 (Centralizuoto šildymo sistema)	1.300	46.730	0.140

7 pav. Šilumokaičio ir centralizuoto šildymo sistemos veikimo parametrai.

2.5. Buitinio karšto vandens sistema

Buitinio karšto vandens tiekimo sistema susideda iš centralizuotos bendruomenės vandens šildymo sistemos, kurios tipas toks pat kaip ir centralizuotos šildymo sistemos. Pastato energetiniame modelyje buvo atsižvelgta į tai, kad buitinis karštas vanduo tiekiamas iš to paties tinklo kaip ir centralizuoto šildymo sistema, tačiau **paskirstymo nuostoliai sudaro 50%**.

Šiame Lietuvos pastato atvejo tyrime buvo daroma prielaida, kad vandens, skirto buitiniams reikmėms, temperatūra tinkle prieš šildymą yra 9 °C.

Šiame tyrime, siekiant apskaičiuoti buitinio karšto vandens poreikį, buvo atsižvelgta į **180 žmonių** pastato užimtumą. Buitinio karšto vandens poreikis: **28 litrai vienam asmeniui per dieną**.

3. Lietuvos bendrabučio pastato projektavimas.

3.1. Pastato BIM modelis

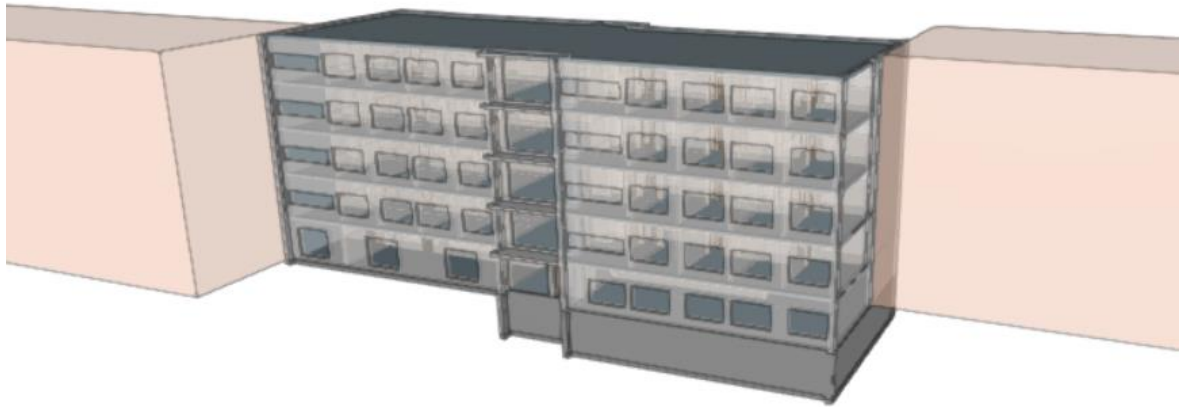
Energijos analizės **pastato informacinis modelis** (BIM) yra skaitmeninis pastato atvaizdas, kuriame integruoti geometriniai ir semantiniai duomenys, leidžiantys atlikti išsamius pastato energijos vartojimo efektyvumo modeliavimus. Skirtingai nuo standartinio 3D modelio, BIM apima informaciją apie medžiagas, šilumines savybes, užimtumo grafikus, apšvietimo sistemas, šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo įrangą ir kt.

Naudojamas energijos analizei, BIM yra duomenų turtingas pagrindas, kuris gali būti eksportuojamas į energijos modeliavimo programinę įrangą (šioje atvejo analizėje – „EnergyPlus“). Tai leidžia energetikos konsultantams įvertinti šildymo ir vėsinimo apkrovas, dienos šviesos kiekį, šiluminį komfortą ir bendrą energijos suvartojimą.

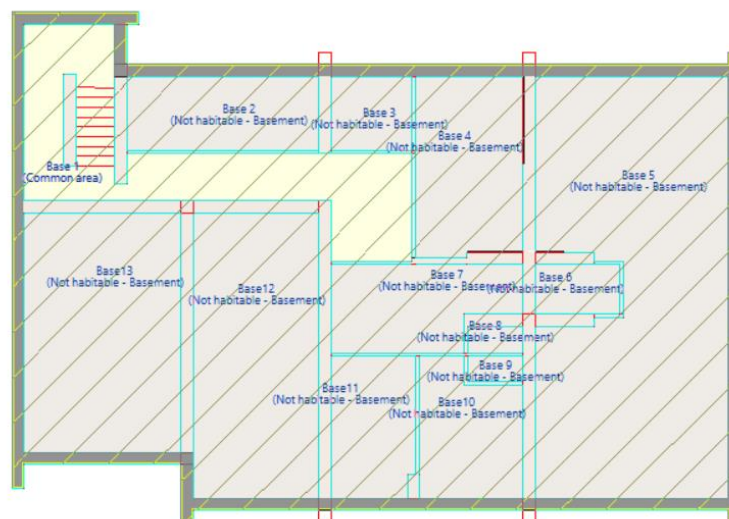
Pagrindiniai privalumai:

- **Automatinis duomenų perkėlimas** iš projektavimo į modeliavimą
- **Didesnis tikslumas** dėl nuoseklių ir išsamių įvesties duomenų
- **Integruotos projektavimo darbo eigos** tarp architektų, inžinierių ir energetikos analitikų

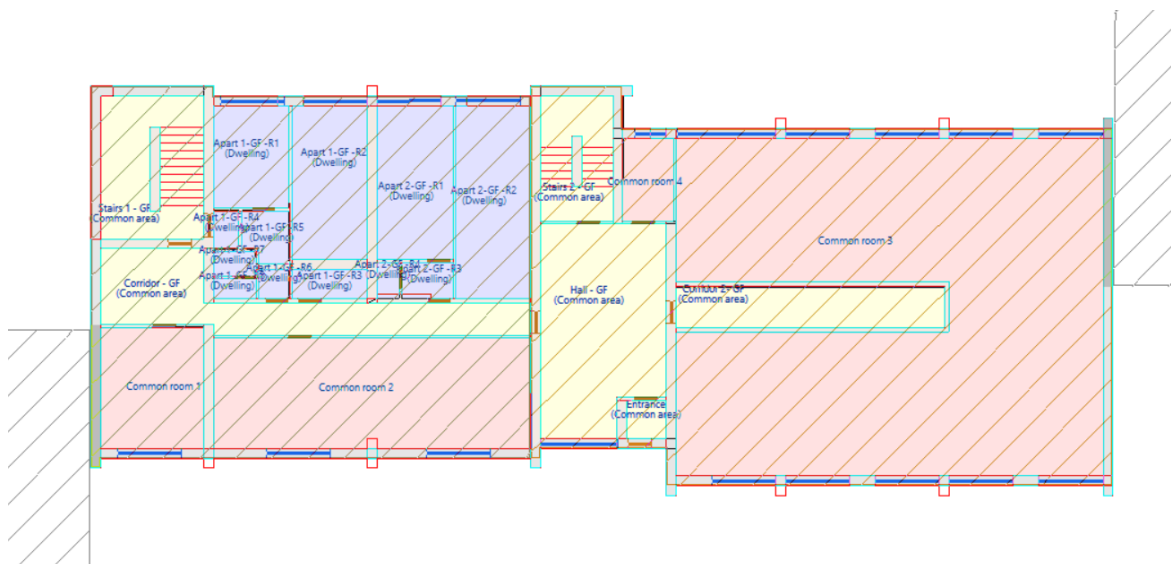
Toliau pateiktuose paveiksluose matomi keli pastato geometrinio BIM modelio vaizdai.



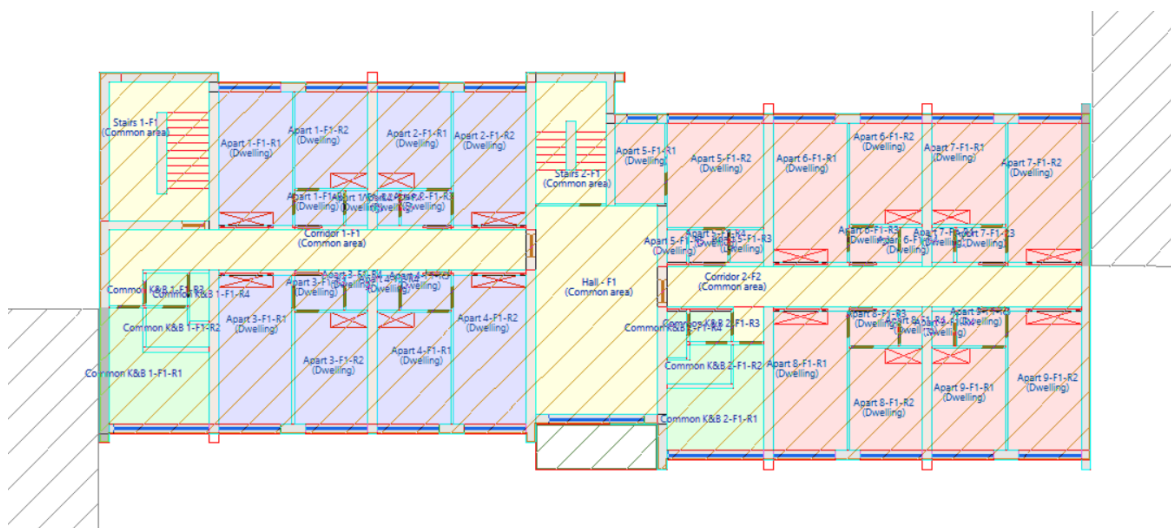
8 pav. BIM modelis.



9 pav. Rūsio planas BIM modelyje.



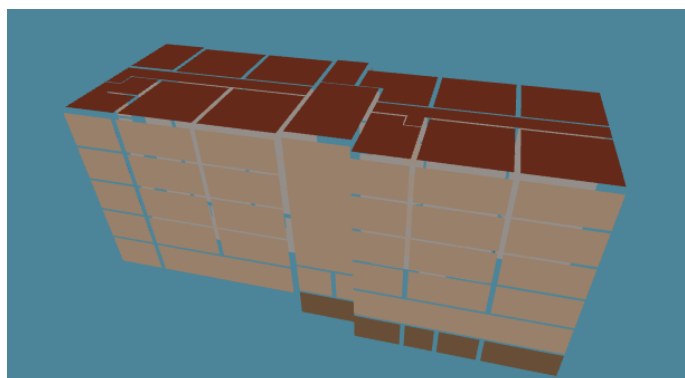
10 pav. Pirmas aukštas BIM modelyje.



11 pav. BIM modelyje pavaizduotas tipinis aukšto planas.

3.2. Analitinis pastato modelis.

Pastato analitinis modelis sudarytas iš pastato vidaus erdvių, į kurias padalytas pastato vidaus tūris su jo charakteristikomis (erdvės tūris, erdvę ribojančios paviršiai...).



12 pav. Pastato analitinis modelis.



Šiame darbe pastato vidaus erdvės buvo suskirstytos į 16 skirtingų zonų.

Šios zonos yra:

- 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 - Apartments 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

1 zona (netinkama gyventi) – rūsys

2 zona (bendrosios patalpos) – tai kiekvieno pastato aukšto laiptinės, koridoriai ir holai.

3 zona (bendrosios patalpos – GF) – tai bendrųjų patalpų grupė pastato pirmame aukšte.

Likusi erdvė atitinka butų grupės skirtinguose pastato aukštuose.

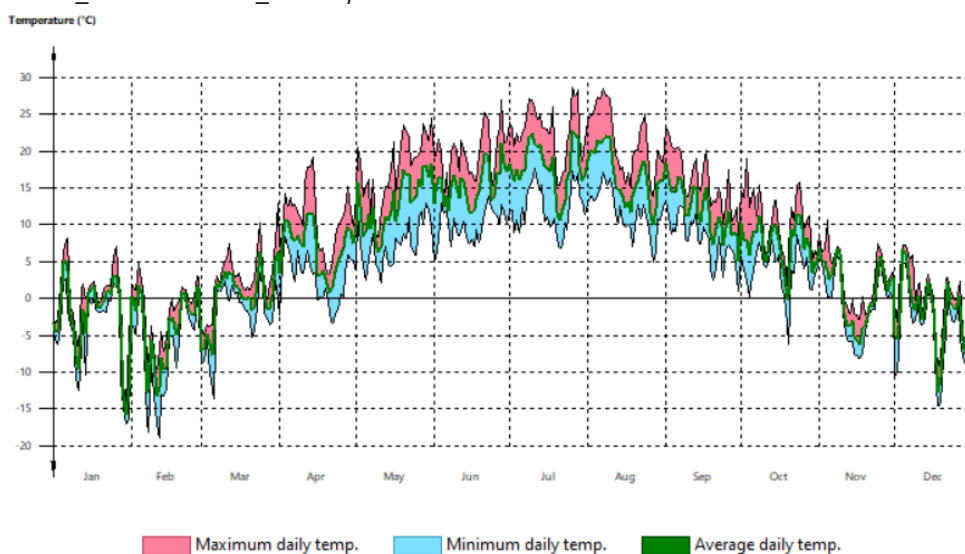
Esamo pastato vėdinimas yra natūralus.

Modelyje numatyti vėdinimo poreikiai yra **0,63 vidaus oro atnaujinimo per valandą** gyvenamosiose patalpose, bendro naudojimo patalpose, virtuvėse ir vonios kambariuose ir 1 atnaujinimas per valandą rūsyje.

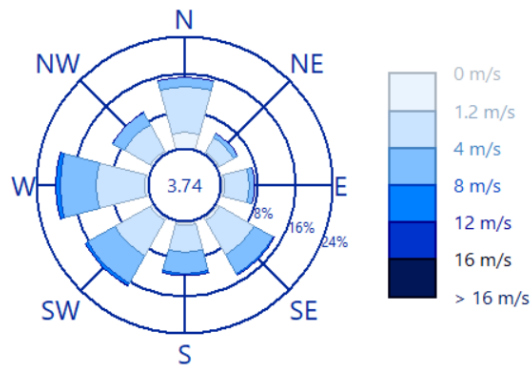
3.3. Klimato duomenys

Šioje klimato zonoje šioje atvejo analizėje atsižvelgti išorės temperatūros duomenys yra tokie:

Duomenys iš: *LTU_Kaunas.266290_IWEC.epw*

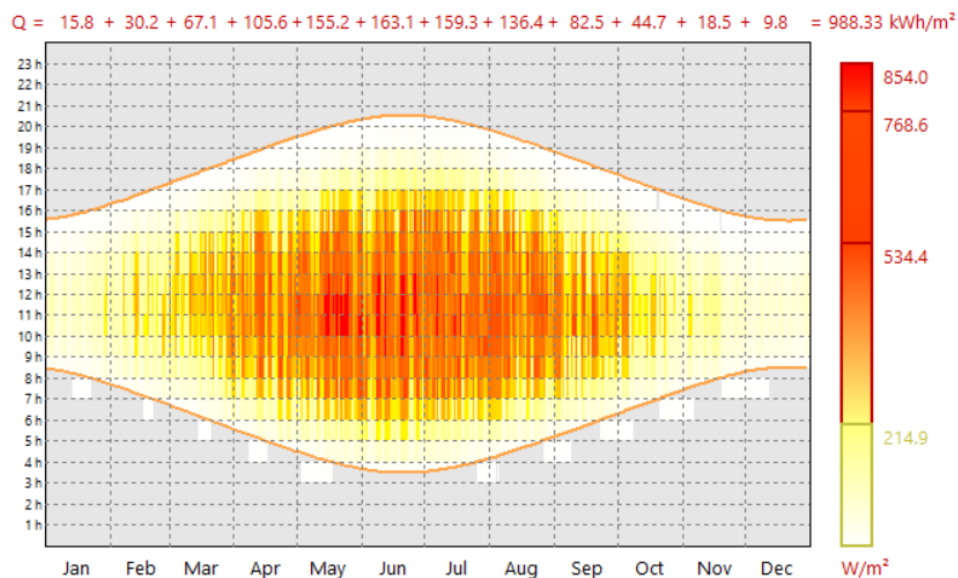


Vėjo pasiskirstymas:



Saulės spindulių kiekis namo vietoje:

Toliau pateiktame grafike parodytas bendras spinduliavimas ant horizontalaus paviršiaus:



3.4. Privačių gyvenamųjų patalpų eksploatavimo sąlygos

Pastato energijos analizei buvo naudojamos pastato kondicionuojamų patalpų eksploatavimo sąlygos, kurios nurodytos toliau pateiktoje lentelėje.

1 lentelė: Privataus gyvenamojo namo kondicionuojamų patalpų eksploatavimo sąlygos.

Grafikas (tipinė savaitė)

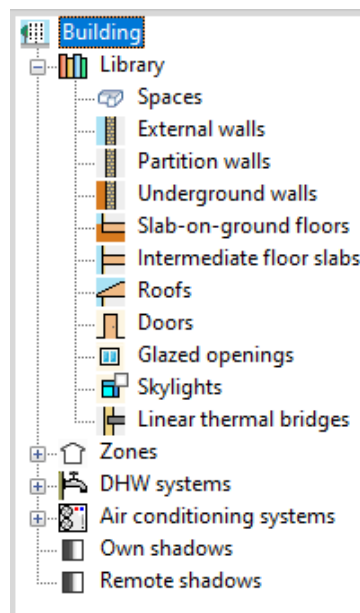
		0:00-6:59	7:00-14:59	15:00-22:59	23:00-23:59
Aukšta nustatymo temperatūra (°C)	Sausis–gegužė	--	--	--	--
	Birželis–rugsėjis	25	--	25	27
	Spalis–gruodis	--	--	--	--
Žema nustatymo temperatūra (°C)	Sausis–gegužė	17	20	20	17
	Birželio–rugsėjo mėn.	--	--	--	--
	Spalio–gruodžio mėn.	17	20	20	17

3.5. Pastato energetinis modelis

Pastato energijos modelis – tai išsamus skaitmeninis pastato energijos naudojimo modeliavimas, sukurtas siekiant analizuoti ir prognozuoti jo energijos vartojimo efektyvumą. Jis apima tokius duomenis kaip pastato geometrija, orientacija, statybinės medžiagos, izoliacijos lygis, šildymo, vėsinimo ir vėdinimo sistemos, apšvietimas, užimtumo modeliai ir vietos klimato duomenys. Modelis naudoja šią informaciją, kad apskaičiuotų energijos suvartojimą šildymui, vėsinimui, apšvietimui, vėdinimui ir elektros prietaisų apkrovai per tam tikrą laikotarpį.

Šis modelis yra būtinas:

- Projektavimo alternatyvų vertinimui
- Energijos taupymo įvertinimui
- Statybos normų laikymuisi
- Žalių pastatų sertifikavimui (pvz., LEED, BREEAM)
- Energijos vartojimo efektyvumo priemonių sąnaudų ir naudos analizei



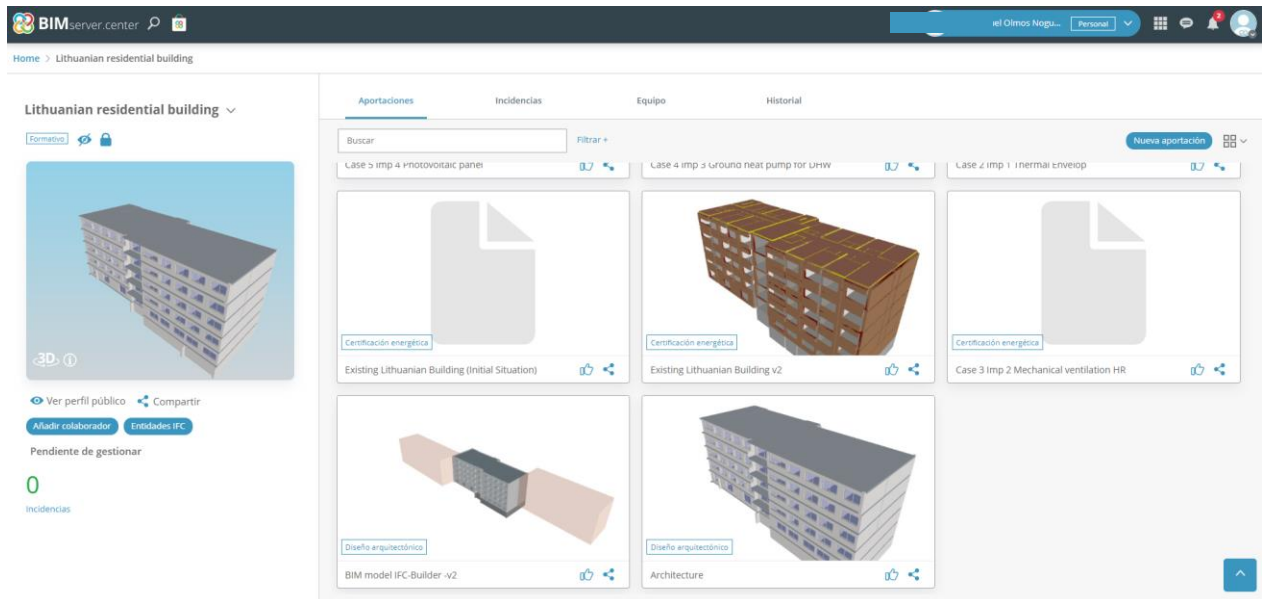
12 pav. Kai kurie pastato energetinio modelio komponentai.

3.6. Lietuvos bendrabočio projektas BIMServer.center

Pastato BIM modelis, analitinis modelis ir esamos pastato būklės energetinis modelis yra paskelbti **BIM platformoje BIMServer.center**.

Šį projektą galima peržiūrėti paspaudus šią nuorodą:

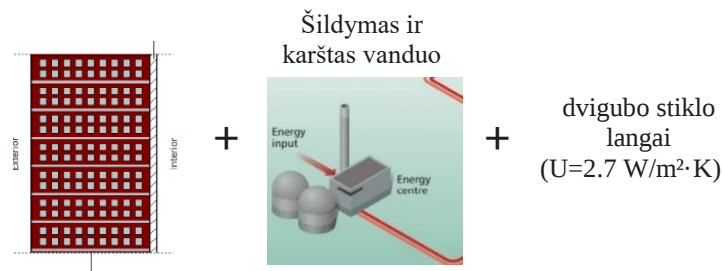
<https://bimserver.center/es/project/1007275?tab=0>



13 pav.: Bendrabočio projektas BIMServer.center

3.7. Analizuoti atvejai. Aprašymas

1 atvejo analizė. Esama situacija: Fasadas be izoliacijos + dvigubo stiklo langai + centralizuotas šildymas ir karšto vandens tiekimas + natūralus vėdinimas.



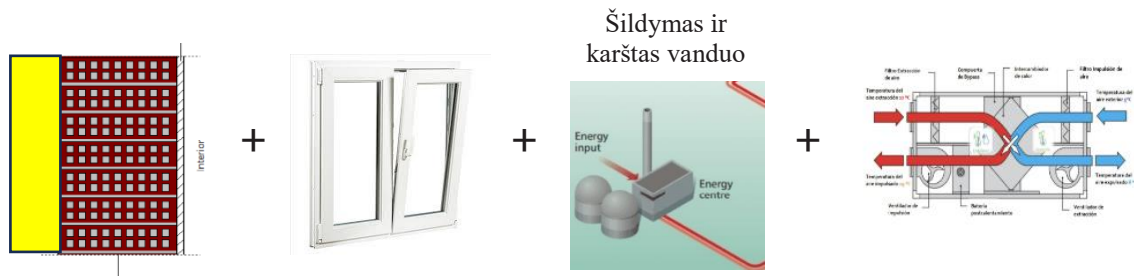
2 atvejo analizė. Pagerinimas 1: + 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai spinduliuojantys trigubo stiklo paketai su argono dujomis ($U = 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).



Fasadai: 20 cm mineralinės vatos sluoksnis.

Langai: mažai šilumą išskiriantys trigubi langai su argono dujomis ir PVC rėmais ($U = 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).

3 atvejo analizė. Pagerinimas 2: + 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai šilumą išskiriantys trigubi langai su argono dujomis $U=0,8$ + **mechaninė vėdinimo sistema su šilumos rekuperacija.**

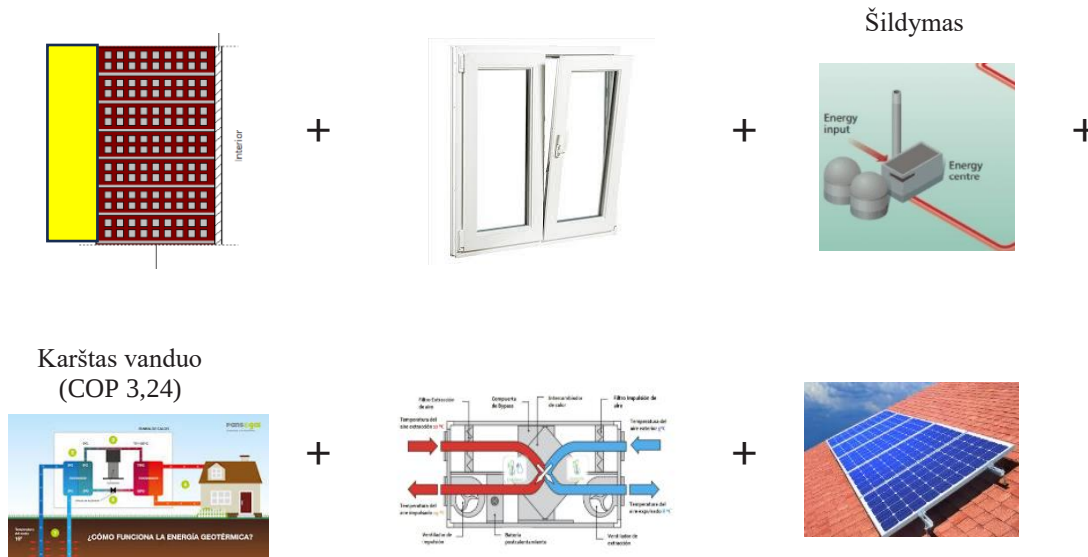


Mechaninė vėdinimo sistema: 2 ventiliatoriai ($750 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$, kiekvienas). Jautriojo šilumokaičio efektyvumas: 70%.

4 atvejo analizė. Pagerinimas 3: + 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai šilumą išskiriantys trigubi langai su argono dujomis $U=0,8$ + mechaninė vėdinimo sistema su šilumos rekuperacija + **karštas vanduo su žemės šilumos siurbliu (COP 3,24).**



5 atvejo analizė. Pagerinimas 4: + 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai šilumos praleidžiantys trigubo stiklo langai su argono dujomis $U = 0,8$ + Karštas vanduo su geoterminiu šilumos siurbliu + mechaninė ventiliacijos sistema su šilumos rekuperavimu + Fotovoltinės plokštės (150 plokščių po 480 W – 3 m² vienetų) → (71250 kWh per metus).



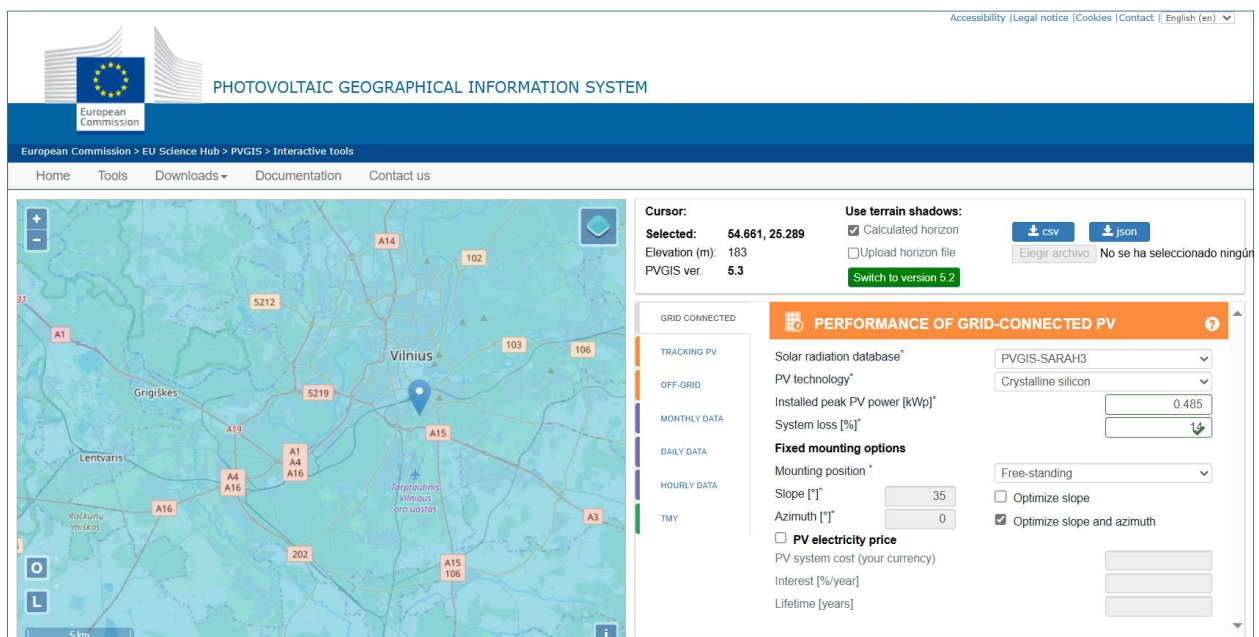
Fotovoltinių plokščių charakteristikos:

Modulio galia – 485W, efektyvumas – 22,4%.

Plokštės (modulio) dydis: 3 m².

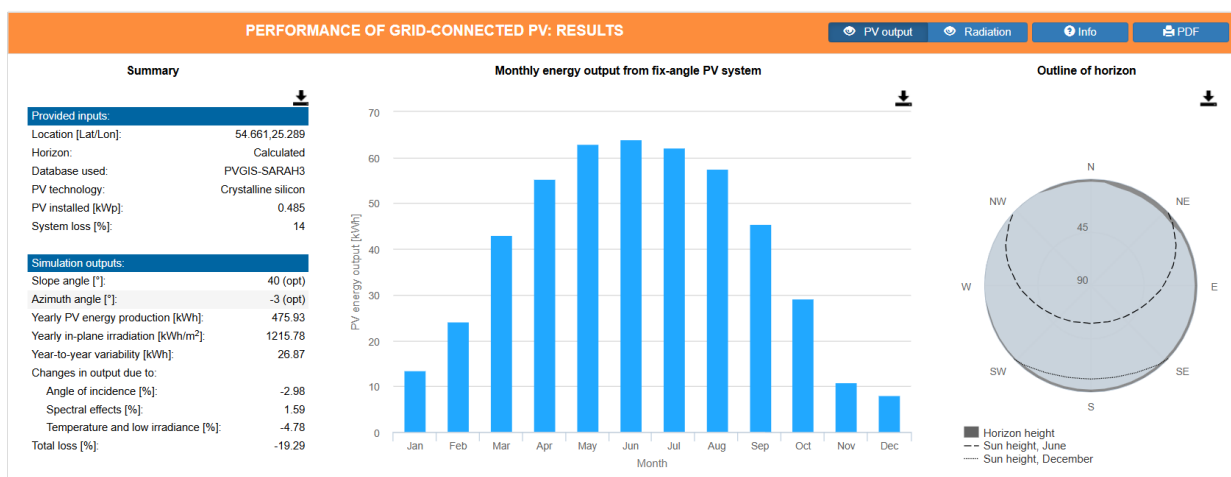
Orientavimas (azimuto kampas): -3°

Nuolydžio kampas: 40°



The screenshot shows the PVGIS interface with the following details:

- Header:** PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM
- Navigation:** Home, Tools, Downloads, Documentation, Contact us
- Map:** A map of Lithuania with a location marker near Vilnius. The map shows various roads and geographical features.
- Cursor Information:**
 - Selected: 54.661, 25.289
 - Elevation (m): 183
 - PVGIS ver: 5.3
- Use terrain shadows:**
 - ☒ Calculated horizon
 - ☐ Upload horizon file
- PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV:**
 - Solar radiation database*: PVGIS-SARAH3
 - PV technology*: Crystalline silicon
 - Installed peak PV power [kWp]*: 0.485
 - System loss [%]*: [dropdown]
 - Fixed mounting options:**
 - Mounting position*: Free-standing
 - Slope [°]*: 35
 - Azimuth [°]*: 0
 - ☐ Optimize slope
 - ☒ Optimize slope and azimuth
 - ☐ **PV electricity price:**
 - PV system cost (your currency): [input]
 - Interest [%/year]: [input]
 - Lifetime [years]: [input]



Fotovoltinės sistemos energijos gamyba per mėnesį Vilniuje:

	Energijos gamyba vienam panelio	Skaičius	Energijos gamyba
	kWh	skaičius	kWh
Sausis	1	15	2035,50
Vasaris	2	15	3607,50
kovo	42,96	150	6444,00
bal	55,27	150	8290,50
gegužė	62,92	150	9438,00
Birželis	64,01	150	9601,50
Lie	62,07	150	9310,50
Rugpjūtis	57,54	150	8631,00
Rugs	4	150	6828,00
Spalis	29	150	4360,50
10	1	150	1629
Gru	8	15	1212
Iš viso	475		71388,00

3.8. Atvejo rezultatai. Esamo pastato energijos suvartojimas ir energijos klasė.

Šiame skyriuje ir kitame skyriuje pateikiami galutinės energijos, pirminės energijos ir neatsinaujinančios pirminės energijos metinis suvartojimas, atitinkantis įvairias pastato technines paslaugas, atsižvelgiant į pradinę pastato būklę ir 4 alternatyvas, kaip pagerinti pastato energijos vartojimo efektyvumą. Šildymo ir vėsinimo paslaugų suvartojimas apima oro kondicionavimo sistemų pagalbinės įrangos elektros energijos suvartojimą.

Be to, pateikiamas tiriamų atvejų (pradinė situacija ir 4 alternatyvos) energijos klasė. Ši klasė buvo apskaičiuota pagal Ispanijos standartus, atsižvelgiant į atitinkamą klimato zoną: E1.

Siekiant paaiškinti sąvokas, čia pateikiami kai kurie apibrėžimai:

Bendras pirminės energijos suvartojimas.

Bendras pirminės energijos suvartojimas pastato energijos vartojimo efektyvumo analizės kontekste reiškia bendrą energijos kiekį iš visų šaltinių (pavyzdžiui, elektros, dujų, naftos ar atsinaujinančiųjų išteklių), reikalingą pastato eksploatacijai, įskaitant energiją, sunaudojamą šiai energijai pagaminti ir pristatyti.

Tiksliau:

- **Pirminė energija** – tai energija jos pirminėje, žaliavinėje formoje, prieš ją paverčiant elektros energija ar šiluma. Pavyzdžiui, anglis, gamtinės dujos, žalia nafta ar saulės šviesa.
- Tai apima **vietoje naudojamą** energiją (pavyzdžiui, dujas šildymui) ir **paverstą energiją** (pavyzdžiui, elektros energiją), bet taip pat atsižvelgiama į **nuostolius, patiriamus gamybos, perdavimo ir paskirstymo metu**.

Taigi, bendras pirminės energijos suvartojimas rodo, kiek žalios energijos galiausiai reikia pastato eksploatacijai, ir pateikia išsamų jo poveikio aplinkai vaizdą.

Pirminės energijos suvartojimas iš neatsinaujinančių šaltinių.

Pirminės energijos suvartojimas iš neatsinaujinančių šaltinių – tai **bendras neatsinaujinančios pirminės energijos kiekis**, sunaudojamas pastato eksploatacijai, įskaitant:

- **Iškastinis kuras**: anglis, gamtinės dujos ir nafta.
- **Branduolinę energiją**
- **Visus kitus neatsinaujinančius energijos šaltinius**

Šis matavimas apima:

- **Tiesiogiai vietoje sunaudojamą** energiją, pvz., šildymui naudojamas gamtinės dujas.
- **Netiesiogiai naudojama** energija, pvz., iš akmens anglies ar dujų pagaminta elektros energija (įskaitant gamybos ir perdavimo nuostolius).

Energijos suvartojimas vartojimo vietoje (galutinė energija).

Energijos suvartojimas vartojimo vietoje, taip pat žinomas kaip **galutinis energijos suvartojimas**, reiškia **energijos kiekį, kurį pastatas faktiškai sunaudoja** įvairioms funkcijoms, pvz.:

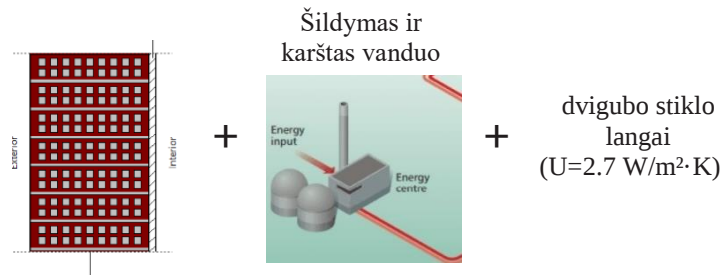
- Šildymas
- Vėsinimas
- Apšvietimas
- Karštas vanduo
- Buitiniai prietaisai ir įranga

Tai yra **pastatui tiekiamą ir skaitikliais matuojamą energiją**, pvz., elektros energijos sąskaitos arba dujų suvartojimas. Tai **neapima energijos nuostolių**, patirtų gamybos, konversijos arba perdavimo metu (jie įtraukiami į *pirminę energiją*).

Apibendrinant:

- **Galutinė energija** = **pastate** sunaudota energija, kaip ją mato vartotojas.
- **Pirminė energija** = galutinė energija **plius pirminiai nuostoliai** (pvz., elektrinės efektyvumas, perdavimo tinklo nuostoliai).

- 1 atvejo analizė. **Pradinė situacija:** fasadas be izoliacijos + dvigubi langai + centralizuotas šildymas ir karšto vandens tiekimas + natūralus vėdinimas.



Pastato energijos suvartojimas: pradinė situacija

Pastato techninių paslaugų energijos suvartojimas

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

Techninės paslaugos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/metal)	(kWh/m²·metai)	(kWh/metal)	(kWh/m²·metai)	(kWh/metal)	(kWh/m²·metai)
Šildymas	292	123	418789,87	177,1	225989,72	95,61
Aušinimas	2	0	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

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

EF: Galutinis energijos suvartojimas techninėms paslaugoms vartojimo vietoje.

EP_{tot}: Bendras pirminės energijos suvartojimas.

EP_{nren}: Pirminės energijos suvartojimas iš neatsinaujančių šaltinių.

Galutinis pastato energijos suvartojimas mėnesiais.

		Sausis (kWh)	Vas (kWh)	Kovo (kWh)	Balandis (kWh)	Gegužė (kWh)	Bir (kWh)	Lie (kWh)	Rug (kWh)	Rugs (kWh)	Sp (kWh)	Lapk (kWh)	Gru (kWh)	Metai (kWh/metal (kWh/m²·metal)	
PASTATAS (S _u = 2363,76 m²)															
Energijos poreikis	Šildymas	5216	51779	42518,5	1	5454,6	--	--	--	--	26047,1	41740,0	52017,3	291067,8	1
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	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
	IŠ VISO	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
Tinklas 1 (raudonas 1)	Šildymas	463	46018,6	375	16676	4530,8	--	--	--	--	22725,0	36966,8	46224,4	257039,5	108
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	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
Elektra	Šildymas	6125,3	6072	5212,7	2780,7	976,5	--	--	--	--	3473,7	5007,3	6093,5	35741,9	15
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventiliacija	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Drėgmės kontrolė	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Apšvietimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra (Pakeitimo sistema)	Šildymas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	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

kur:

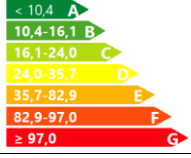
S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

C_{ef, total}: Energijos suvartojimas vartojimo vietoje (galutinė energija), kWh/m²·metai.

Pastato energijos klasė. Pradinė situacija.

Klimato zona (eq.)	E1	Naudojimas	Privatus gyvenamasis
---------------------------	----	-------------------	----------------------

1. PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ

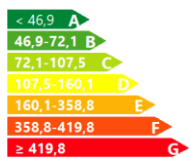
GLOBALUS RODIKLIS	DALINIAI RODIKLIAI		
 Pasaulinės emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai] ⁽¹⁾	ŠILDYMAS	DHW	
	Šildymo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]	A	DHW emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]
	20,2		9,6
	AUŠINIMAS	APŠVIETIMAS	
2.	Vėsinimo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]	A	Apšvietimo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]
	0		-

Bendras pastato įvertinimas išreiškiamas anglies dioksido kiekiu, išmetamu į atmosferą dėl jo energijos suvartojimo.

	kgCO ₂ /m ² ·metai	kgCO ₂ ·metai
CO ₂ išmetimas dėl elektros energijos suvartojimo	5,01	11839,88
CO ₂ išmetimas iš kitų kuro rūšių	24	58862

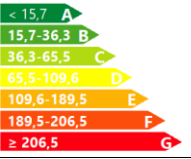
3. PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ, SKAIČIUOJANT PAGAL NEATSINAUJINANČIOS PIRMINĖS ENERGIJOS SUNAUDOJIMĄ

Neatsinaujinanti pirminė energija – tai energija, kurią pastatas sunaudoja iš neatsinaujinančių šaltinių ir kuri nebuvo paversta ar transformuota.

BENDRAS RODIKLIS	DALINIAI RODIKLIAI		
 Pasaulinis neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas [kWh/m ² ·metai] ⁽¹⁾	ŠILDYMAS	DHW	
	Pirminė energija šildymui [kWh/m ² ·metai]	A	DHW Pirminė energija [kWh/m ² ·metai]
	95,61		42
	AUŠINIMAS	APŠVIETIMAS	
4.	Pirminė energija vėsinimui [kWh/m ² ·metai]	A	Pirminė energija apšvietimui [kWh/m ² ·metai]
	0		-

DALINIS ŠILDYMO IR VĖSINIMO ENERGIJOS POREIKIO VERTINIMAS

Šildymo ir vėsinimo energijos poreikis – tai energija, reikalinga pastato vidaus komforto sąlygoms palaikyti.

ŠILDYMO POREIKIS	AUŠINIMO POREIKIS
 Šildymo poreikis [kWh/m ² ·metai]	Nesąlyginis Vėsinimo poreikis [kWh/m ² ·metai]

¹ Bendrasis rodiklis yra dalinių rodiklių suma, pridėjus pagalbinio suvartojimo rodiklio vertę, jei tokia yra (tik tretinio naudojimo pastatai, vėdinimas, siurbimas ir pan.). Savos reikmės elektros energija atimama tik iš bendrojo rodiklio, o ne iš dalinių verčių.

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

Finansuojama Europos Komisijos lėšomis. Tačiau išreiškiamas požiūris ar nuomonė yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Komisijos ir Erasmus+ Nacionalinės agentūros požiūrį ar nuomonę. Nei Europos Komisija, nei Erasmus+ Nacionalinės agentūros negali būti laikomos už juos atsakinga.

Lietuvos atvejo tyrimas

II dalis: Gerinimo priemonių analizė

3.9. Atvejo rezultatai II. Energijos suvartojimas ir energijos klasė, taikant alternatyvias pastato tobulinimo priemones.

- Atvejo analizė 2. Gerinimas 1: 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai šilumą išskiriantys trigubo stiklo paketo langai su argono dujomis ($U = 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)



Pastato energijos suvartojimas: 1 pagerinimas.

Pastato techninių paslaugų energijos suvartojimas

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

Techninės paslaugos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/metai)	(kWh/m ² ·metai)	(kWh/metai)	(kWh/m ² ·metai)	(kWh/metai)	(kWh/m ² ·metai)
Šildymas	2008	84	2870	121,45	154795,61	65,49
Aušinimas	255	0	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

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

EF: Galutinė energija, suvartojama techninėms paslaugoms vartojimo vietoje.

EP_{tot}: Bendras pirminės energijos suvartojimas.

EP_{nren}: Pirminės energijos suvartojimas iš neatsinaujinančių šaltinių.

Galutinis pastato energijos suvartojimas mėnesiais.

		Sausis (kWh)	Vas (kWh)	Kovo (kWh)	Balandis (kWh)	Gegužė (kWh)	Bir (kWh)	Lie (kWh)	Rug (kWh)	Rugs (kWh)	Sp (kWh)	Lapk (kWh)	Gru (kWh)	Metai (kWh/metal (kWh/m²·metal)	
PASTATAS (S _u = 2363,76 m²)															
Energijos poreikis	Šildymas	3080	30389,4	2	718	892	--	--	--	--	14109,0	23932,2	30858,1	161360,1	68
	Aušinimas	--	--	--	--	--	67,0	224,7	387,9	--	--	--	--	679,6	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
	IŠ VISO	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	1
Tinklas 1 (raudonas 1)	Šildymas	33534,1	33179,9	25740,5	857	1367	--	--	--	--	14721,0	25809,1	33527,9	176453,3	74
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	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
Elektra	Šildymas	4364,2	4313,9	3605,2	1567,7	385	--	--	--	--	2302,3	3473,6	4348,5	24361,2	10
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventiliacija	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Drėgmės kontrolė	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Apšvietimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra (Pakeitimo sistema)	Šildymas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Aušinimas	--	--	--	--	--	18,5	85,5	151,0	--	--	--	--	255,0	0
	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

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

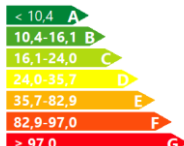
$C_{ef,total}$: Energijos suvartojimas vartojimo vietoje (galutinė energija), $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{metai}$.

Pastato energijos klasė. Pastatas su pagerinimais 1.

Klimato zona (eq.)	E	Naudojimas	Privatus gyvenamasis
--------------------	---	------------	----------------------

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ

1.

GLOBALUS RODIKLIS		DALINIAI RODIKLIAI		
 23,58 C		ŠILDYMAS		DHW
		Šildymo emisijos $[\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}]$	A	DHW emisijos $[\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}]$
		13,8		9
		AUŠINIMAS		APŠVIETIMAS
Pasaulinės emisijos $[\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}]^{(1)}$		Aušinimo emisijos $[\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}]$	A	Apšvietimo emisijos $[\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}]$
		0		-

2.

Bendras pastato įvertinimas išreiškiamas anglies dioksido kiekiu, išmetamu į atmosferą dėl jo energijos suvartojimo.

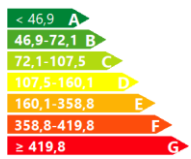
	$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$	$\text{kgCO}_2 \cdot \text{metai}$
CO ₂ išmetimas dėl elektros energijos suvartojimo	3,4	8147
CO ₂ išmetimas iš kitų kuro rūšių	20	47580

PASTATO ENERGIJOS KLASĖ PAGAL NEATSINAUJINANČIOS PIRMINĖS ENERGIJOS SUNAUDOJIMĄ

3.

Neatsinaujinančioji pirminė energija – tai energija, kurią pastatas sunaudoja iš neatsinaujinančių šaltinių ir kuri nebuvo paversta ar transformuota.

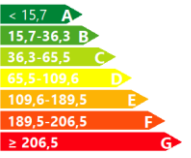
4.

BENDRAIS RODIKLIS	DALINIAI RODIKLIAI		
 Pasaulinis neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas [kWh/m ² ·metai] ⁽¹⁾	ŠILDYMAS	DHW	
	Pirminė energija šildymui [kWh/m ² ·metai]	A	DHW Pirminė energija [kWh/m ² ·metai]
	65,49		4
	AUŠINIMAS	APŠVIETIMAS	
	Pirminė energija aušinimui [kWh/m ² ·metai]	A	Pirminė energija apšvietimui [kWh/m ² ·metai]
	0		-

DALINIS ŠILDYMO IR VĖSINIMO ENERGIJOS POREIKIO VERTINIMAS

Šildymo ir vėsinimo energijos poreikis – tai energija, reikalinga pastato vidaus komforto sąlygoms palaikyti.

5.

ŠILDYMO POREIKIS	AUŠINIMO POREIKIS
 6. Šildymo poreikis [kWh/m ² ·metai]	Nesąlyginis Vėsinimo poreikis [kWh/m ² ·metai]

1 Bendrasis rodiklis yra dalinių rodiklių suma ir pagalbinio suvartojimo rodiklio vertė, jei yra (tik tretinio naudojimo pastatai, vėdinimas, siurbimas ir pan.). Savarankiškai suvartota elektros energija atimama tik iš bendrojo rodiklio, o ne iš dalinių verčių.

- 3 atvejo analizė. Gerinimas 2: 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai spinduliuojantys trigubi langai su argono dujomis $U = 0,8$ + Mechaninė vėdinimo sistema su šilumos rekuperacija



Pastato energijos suvartojimas: 2 pagerinimas.

Pastato techninių paslaugų energijos suvartojimas

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

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

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m².

EF: Galutinė energija, suvartojama techninėms paslaugoms vartojimo vietoje.

EP_{tot}: Bendras pirminės energijos suvartojimas.

EP_{nren}: Pirminės energijos suvartojimas iš neatnaujamų šaltinių.



Galutinis pastato energijos suvartojimas mėnesiais.

		Sausis (kWh)	Vas (kWh)	Kovo (kWh)	Balandis (kWh)	Gegužė (kWh)	Bir (kWh)	Lie (kWh)	Rug (kWh)	Rugs (kWh)	Sp (kWh)	Lapk (kWh)	Gru (kWh)	Metai (kWh/metal (kWh/m²·metai))	
PASTATAS (S _u = 2363,76 m²)															
Energijos poreikis	Šildymas	24	24134	175	3449,2	125,8	--	--	--	--	9397,8	18295,8	24482,1	121707,9	51
	Aušinimas	--	--	--	--	--	55,3	444,8	631,7	--	--	--	--	1131,8	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	69,2
	IŠ VISO	38166,8	36669,7	31412,9	16879,9	14004,2	13486,0	14323,2	14510,1	13430,7	23276,2	31726,5	38360,5	286246,8	121,1
Tinklas 1 (raudonas 1)	Šildymas	21224,8	21106,8	15060,6	2564	41	--	--	--	--	7743,8	15879,6	21412,8	105034,9	4
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	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	69,2
	Šildymas	2780,9	2777	2186	572	37	--	--	--	--	1250,5	2137,8	2790,4	14533,5	6
Elektra	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventiliacija	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
	Drėgmės kontrolė	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Apšvietimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Šildymas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra (Pakeitimo sistema)	Aušinimas	--	--	--	--	--	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

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

$C_{ef, total}$: Energijos suvartojimas vartojimo vietoje (galutinė energija), $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{metai}$.

Pastato energijos klasė. Pastatas su pagerinimais 2.

Klimato zona (eq.)	E1	Naudojimas	Privatus gyvenamasis
--------------------	----	------------	----------------------

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ

1.

GLOBALUS RODIKLIS	DALINIAI RODIKLIAI		
	ŠILDYMAS		DHW
	Šildymo emisijos [$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$]	A	DHW emisijos [$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$]
	8,26		9,68
	AUŠINIMAS		APŠVIETIMAS
Pasaulinės emisijos [$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$](1)	Aušinimo emisijos [$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$]	A	Apšvietimo emisijos [$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$]
	0		-

2.

Bendras pastato įvertinimas išreiškiamas anglies dioksido kiekiu, išmetamu į atmosferą dėl jo energijos suvartojimo.

	$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$	$\text{kgCO}_2 \cdot \text{metai}$
CO2 išmetimas dėl elektros energijos suvartojimo	3,63	8580,79
CO2 išmetimas iš kitų kuro rūšių	15	37586

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ, SKAIČIUOJANT PAGAL NEATSINAUJINANČIOS PIRMINĖS ENERGIJOS SURINKIMĄ

3.

Neatsinaujinančioji pirminė energija – tai energija, kurią pastatas sunaudoja iš neatsinaujinančių šaltinių ir kuri nebuvo paversta ar transformuota.

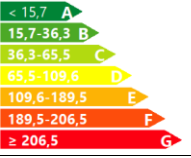
4.

BENDRAIS RODIKLIAI		DALINIAI RODIKLIAI			
< 46,9 A 46,9-72,1 B 72,1-107,5 C 107,5-160,1 D 160,1-358,8 E 358,8-419,8 F ≥ 419,8 G 90,43 C	Pasaulinis neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas [kWh/m ² ·metai] ⁽¹⁾	ŠILDYMAS		DHW	
		Pirminė energija šildymui [kWh/m ² ·metai]	A	DHW Pirminė energija [kWh/m ² ·metai]	
		39,0		42	
		AUŠINIMAS		APŠVIETIMAS	
		Pirminė energija aušinimui [kWh/m ² ·metai]	A	Pirminė energija apšvietimui [kWh/m ² ·metai]	
0,36	-				

DALINIS ŠILDYMO IR VĖSINIMO ENERGIJOS POREIKIO VERTINIMAS

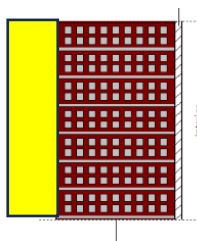
Šildymo ir vėsinimo energijos poreikis – tai energija, reikalinga pastato vidaus komforto sąlygoms palaikyti.

5.

ŠILDYMO POREIKIS	AUŠINIMO POREIKIS
 Šildymo poreikis [kWh/m ² ·metai]	Nesąlyginis Vėsinimo poreikis [kWh/m ² ·metai]
6.	

1 Bendras rodiklis yra dalinių rodiklių sumos ir pagalbinio suvartojimo rodiklio vertės (jei yra) (tik tretinio naudojimo pastatai, vėdinimas, siurbimas ir kt.) rezultatas. Savos elektros energijos suvartojimas atimamas tik iš bendro rodiklio, o ne iš dalinių verčių.

- 4 atvejo analizė. Pagerinimas 3: karštas vanduo su žemės šilumos siurbliu (COP 3,24) + 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + maži spinduliuojantys trigubi langai su argono dujomis U= 0,8 + mechaninė ventiliacijos sistema su šilumos rekuperacija.

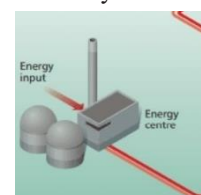


+



+

Šildymas

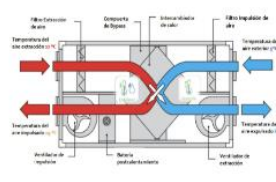


Karštas vanduo (COP 3,24)

+



+



Pastato energijos suvartojimas: 3 pagerinimas.

Pastato techninių paslaugų energijos suvartojimas

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

Techninės paslaugos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/mėtai)	(kWh/m ² ·metai)	(kWh/mėtai)	(kWh/m ² ·metai)	(kWh/mėtai)	(kWh/m ² ·metai)
Šildymas	1196	50	171037,01	72,36	92267,04	39,03
Aušinimas	434,13	0	1028,24	0,44	848,59	0,36
DHW	114707,05	48,53	170904,64	72,30	80270,95	33,96
Ventiliacija	10956,42	4,64	25944,64	10,98	21408,58	9,06
	245711,93	103,95	368914,52	156,07	194795,17	82,41

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

EF Galutinis energijos suvartojimas techninėms paslaugoms vartojimo vietoje.

EP_{tot} : Bendras pirminės energijos suvartojimas.

EP_{nren} : Pirminės energijos suvartojimas iš neatnaujinamų šaltinių.

Galutinis pastato energijos suvartojimas mėnesiais.

		Sausis	Vas	Kovo	Balandis	Gegužė	Bir	Lie	Rug	Rugs	Sp	Lapk	Gru	Metai	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/mėtai)	(kWh/m ² ·metai)
PASTATAS ($S_u = 2363,76 \text{ m}^2$)															
Energijos poreikis	Šildymas	24	24129,9	17530,4	3447	1	--	--	--	--	9395,1	18292,1	24477,7	121681,5	51
	Aušinimas	--	--	--	--	--	55,4	445,0	631,9	--	--	--	--	1132,3	0
	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
	IŠ VISO	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
Tinklas 1 (raudonas 1)	Šildymas	21267,3	21100,7	15054,9	2561,9	41	--	--	--	--	7740,1	15874,4	21406,9	105047,8	4
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Šildymas	2788,8	2778,9	2188,5	573	37	--	--	--	--	1251,5	2139,3	2792,1	14550,1	6
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra	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
	Ventiliacija	1036,0	935,8	1036	1002,6	1036,0	697,2	720,4	720,4	697,2	1036,0	1002,6	1036,0	10956,4	4
	Drėgmės kontrolė	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Apšvietimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra (Pakeitimo sistema)	Šildymas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Aušinimas	--	--	--	--	--	21,3	170,1	242,8	--	--	--	--	434,1	0
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Aplinka															
		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}, bendras		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

kur:

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

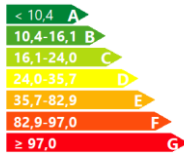
C_{ef, total}: Energijos suvartojimas vartojimo vietoje (galutinė energija), kWh/m²·metai.

Pastato energijos klasė. Pastatas su pagerinimais 3.

Klimato zona (eq.)	E1	Naudojimas	Privatus gyvenamasis
---------------------------	----	-------------------	----------------------

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ

1.

GLOBALUS RODIKLIS	DALINIAI RODIKLIAI		
 Pasaulinės emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai] ⁽¹⁾	ŠILDYMAS		DHW
	Šildymo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]	A	DHW emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]
	8,2		5,7
	AUŠINIMAS		APŠVIETIMAS
	Aušinimo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]	A	Apšvietimo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]
	0		-

Bendras pastato įvertinimas išreiškiamas anglies dioksido kiekiu, išmetamu į atmosferą dėl jo energijos suvartojimo.

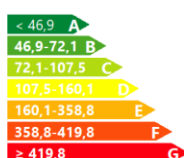
	kgCO ₂ /m ² ·metai	kgCO ₂ ·metai
CO ₂ išmetimas dėl elektros energijos suvartojimo	9,39	22184
CO ₂ išmetimas iš kitų kuro rūšių	6	14710

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ, NAUDOJANT NEATSINAUJINANČIĄ PIRMINĘ ENERGIJĄ

3.

Neatsinaujinančioji pirminė energija – tai energija, kurią pastatas sunaudoja iš neatsinaujinančių šaltinių ir kuri nebuvo paversta ar transformuota.

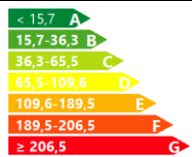
4.

BENDRAIS RODIKLIAIS	DALINIAI RODIKLIAI		
 Pasaulinis neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas [kWh/m ² ·metai] ⁽¹⁾	ŠILDYMAS		DHW
	Pirminė energija šildymui [kWh/m ² ·metai]	A	DHW Pirminė energija [kWh/m ² ·metai]
	39		33,96
	AUŠINIMAS		APŠVIETIMAS
	Pirminė energija aušinimui [kWh/m ² ·metai]	A	Pirminė energija apšvietimui [kWh/m ² ·metai]
	0,36		-

DALINIS ŠILDYMO IR VĖSINIMO ENERGIJOS POREIKIO VERTINIMAS

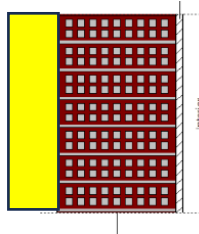
Šildymo ir vėsinimo energijos poreikis – tai energija, reikalinga pastato vidaus komforto sąlygoms palaikyti.

5.

ŠILDYMO POREIKIS	AUŠINIMO POREIKIS
 Šildymo poreikis [kWh/m ² ·metai]	Nesąlyginis Vėsinimo poreikis [kWh/m ² ·metai]

¹ Bendras rodiklis yra dalinių rodiklių suma ir pagalbinio suvartojimo rodiklio vertė, jei yra (tik tretinio naudojimo pastatai, vėdinimas, siurbimas ir pan.). Savos elektros energijos suvartojimas atimamas tik iš bendro rodiklio, o ne iš dalinių verčių.

- 5 atvejo analizė. Pagerinimas 4: Fotovoltinės plokštės (150 plokščių po 480 W – 3 m² vienetas) → (71250 kWh per metus) + karštas vanduo su geoterminiu šilumos siurbliu + 25 cm izoliacijos sluoksnis fasaduose + mažai spinduliuojantys trigubi langai su argono dujomis U= 0,8 + mechaninė ventiliacijos sistema su šilumos rekuperacija.

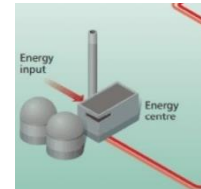


+



+

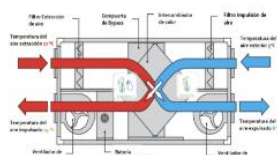
Šildymas



+

 Karštas vanduo
 (COP 3,24)


+



+



Pastato energijos suvartojimas. Pastatas su pagerinimais 4.

Pastato techninių paslaugų energijos suvartojimas

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

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

kur:

 S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m².

EF Galutinė energija, suvartota techninėms paslaugoms vartojimo vietoje.

 EP_{tot}: Bendras pirminės energijos suvartojimas.

 EP_{nren}: Pirminės energijos suvartojimas iš neatnaujinamų šaltinių.



Galutinis pastato energijos suvartojimas mėnesiais.

		Sausis (kWh)	Vas (kWh)	Kovo (kWh)	Balandi s (kWh)	Gegužė (kWh)	Bir (kWh)	Lie (kWh)	Rug (kWh)	Rugs (kWh)	Sp (kWh)	Lapk (kWh)	Gru (kWh)	Metal (kWh/metal (kWh/m²·metal)	
PASTATAS (S _u = 2363,76 m²)															
Energijos poreikis	Šildymas	243	24196, 6	17591, 8	3	129	--	--	--	--	9437,9	18348, 5	24543, 5	122080,3	51
	Aušinimas	--	--	--	--	--	54,3	441,6	628,4	--	--	--	--	1124,3	0
	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
	IŠ VISO	34093, 4	32996, 1	27334, 0	12909,9	9871	9482,2	10183, 9	10370, 6	9428,0	9742, 1	19180, 4	27776, 7	34285, 7	237911,5
Tinklas 1 (raudonas 1)	Šildymas	21279,0	21160,5	15109,8	259	43	--	--	--	--	7777,7	15924,7	21466,0	105352,8	44
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra	Šildymas	2790,0	2786,0	2195,1	577	39	--	--	--	--	1256,3	2145,5	2799,4	14589,8	6
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	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
	Ventiliacija	1036,0	935,8	1036	1002,6	1036,0	697,2	720,4	720,4	697,2	1036,0	1002,6	1036,0	10956,4	4
	Drėgmės kontrolė	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Apšvietimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Elektra (Pakeitimo sistema)	Šildymas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Aušinimas	--	--	--	--	--	20,9	168,8	241,5	--	--	--	--	431,2	0
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Aplinka	Šildymas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Aušinimas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cef. bendras	Šildymas	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
	Aušinimas	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

kur

S_u : Pastato gyvenamasis plotas, m^2 .

$C_{ef, total}$: Energijos suvartojimas vartojimo vietoje (galutinė energija), $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{metai}$.

Pastato energijos klasė. Pastatas su pagerinimais 4.

Klimato zona (eq.)	E	Naudojimas	Privatus gyvenamasis
--------------------	---	------------	----------------------

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ

1.

GLOBALUS RODIKLIS		DALINIAI RODIKLIAI			
< 10,4 A 10,4-16,1 B 16,1-24,0 C 24,0-35,7 D 35,7-82,9 E 82,9-97,0 F ≥ 97,0 G 9,22 A		ŠILDYMAS		DHW	
	Šildymo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]	A	DHW emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]		C
	6,8		1		
	AUŠINIMAS		APŠVIETIMAS		
	Aušinimo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]	A	Apšvietimo emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai]		-
Bendros emisijos [kgCO ₂ /m ² ·metai](1)		0		-	

2.

Bendras pastato įvertinimas išreiškiamas anglies dioksido kiekiu, išmetamu į atmosferą dėl jo energijos suvartojimo.

	$\text{kgCO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{metai}$	$\text{kgCO}_2 \cdot \text{metai}$
CO ₂ išmetimas dėl elektros energijos suvartojimo	2,98	7034,16
CO ₂ išmetimas iš kitų kuro rūšių	6	14753,5

PASTATO ENERGIJOS EFEKTYVUMO KLASĖ, SKAIČIUOJANT PAGAL NEATSINAUJINANČIOS PIRMINĖS ENERGIJOS ŠALTINIŲ SUNAUDOJIMĄ

3.

Neatsinaujinančioji pirminė energija – tai energija, kurią pastatas sunaudoja iš neatsinaujinančių šaltinių ir kuri nebuvo paversta ar transformuota.

4.



BENDRAIS RODIKLIAIS	DALINIAI RODIKLIAI		
	ŠILDYMAS	DHW	
	Pirminė energija šildymui [kWh/m ² ·metai]	A	DHW Pirminė energija [kWh/m ² ·metai]
	30,9		1
	AUŠINIMAS	APŠVIETIMAS	
Pasaulinis neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas [kWh/m ² ·metai] ⁽¹⁾	Pirminė energija aušinimui [kWh/m ² ·metai]	A	Pirminė energija apšvietimui [kWh/m ² ·metai]
	0,11		-

DALINIS ŠILDYMO IR VĖSINIMO ENERGIJOS POREIKIO VERTINIMAS

Šildymo ir vėsinimo energijos poreikis – tai energija, reikalinga pastato vidaus komforto sąlygoms palaikyti.

5.

ŠILDYMO POREIKIS	AUŠINIMO POREIKIS
	Nesąlyginis
6. Šildymo poreikis [kWh/m ² ·metai]	Vėsinimo poreikis [kWh/m ² ·metai]

1 Bendras rodiklis yra dalinių rodiklių sumos ir pagalbinio suvartojimo rodiklio vertės, jei yra (tik tretinio naudojimo pastatai, vėdinimas, siurbimas ir kt.), rezultatas. Savarankiškai suvartota elektros energija atimama tik iš bendro rodiklio, o ne iš dalinių verčių.

3.10. Rezultatų analizė. atvejų emisijos, energijos suvartojimas ir energijos klasė

Rezultatų palyginimas

Galutinis energijos suvartojimas (kWh/m²·metai)

Techninės paslaugos	Atvejis 1	Atvejis 2	Atvejis 3	Atvejis 4	Atvejis 5
	Pradinė situacija	Ger. 1	Ger. 1+ Ger. 2	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3+ Ger. 4
Šildymas	1	84,96	5	50	50,75
Aušinimas	0	0,11	0,18	0,18	0
DHW	69,13	69,13	69,13	48,53	48,53
Ventiliacija	--	--	4,64	4,64	4,64
	193,00	154,19	124,54	103,95	104,09

Paiškinimas

BIS – Pastato pradinė būklė

Imp 1 – 1-asis pagerinimas: pagerinta šiluminė izoliacija + trigubi langai

Imp 2 – 2-asis patobulinimas: mechaninė ventiliacija su šilumos rekuperacija

Imp 3 – 3-asis patobulinimas: žemės šilumos siurblys karšto vandens ruošimui

Imp 4 – 4-asis patobulinimas: fotovoltinės plokštės



Bendras pirminės energijos suvartojimas (kWh/m²-metai)

Techninės paslaugos	Atvejis 1	Atvejis 2	Atvejis 3	Atvejis 4	Atvejis 5
	Pradinė situacija	Ger. 1	Ger. 1+ Ger. 2	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3+ Ger. 4
Šildymas	1	1	72	72	66
Aušinimas	0	0	0,44	0,44	0,26
DHW	89,87	89,87	89,87	72,30	56,06
Ventiliacija			10,98	10,98	6,64
	267,07	211,57	173,61	156,07	129,77

Pirminės energijos suvartojimas iš neatsinaujinančių šaltinių (kWh/m²-metai)

Techninės paslaugos	Atvejis 1	Atvejis 2	Atvejis 3	Atvejis 4	Atvejis 5
	Pradinė situacija	Ger. 1	Ger. 1+ Ger. 2	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3+ Ger. 4
Šildymas	95,6	65,49	39	39,03	30,91
Aušinimas	0	0,21	0,36	0,36	0,11
DHW	42	42	42	33,96	10,76
Ventiliacija			9,06	9,06	2,87
	137,63	107,69	90,43	82,41	44,65
Energijos klasė	D	D	C	C	A

Pastatų išmetamų teršalų kiekis (kgCO₂/m²-metai)

Techninės paslaugos	Atvejis 1	Atvejis 2	Atvejis 3	Atvejis 4	Atvejis 5
	Pradinė situacija	Ger. 1	Ger. 1+ Ger. 2	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3	Ger. 1+ Ger. 2+ Ger. 3+ Ger. 4
CO ₂ iš elektros energijos	5,0	3,4	3,6	9	2
CO ₂ iš kitų kuro rūšių	24,90	20,13	15	6,2	6
	29,91	23,58	19,53	15,61	9,22
Energijos klasė	D	C	C	B	A

Paaiškinimas

BIS – Pastato pradinė situacija

Imp 1 – 1-asis patobulinimas: patobulinta šiluminė izoliacija + trigubi langai

Imp 2 – 2-asis patobulinimas: mechaninė ventiliacija su šilumos rekuperacija

Imp 3 – 3-asis patobulinimas: žemės šilumos siurblys karšto vandens ruošimui

Imp 4 – 4-asis patobulinimas: fotovoltinės plokštės

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

Finansuojama Europos Komisijos lėšomis. Tačiau išreiškiamas požiūris ar nuomonė yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Komisijos ir Erasmus+ Nacionalinės agentūros požiūrį ar nuomonę. Nei Europos Komisija, nei Erasmus+ Nacionalinės agentūros negali būti laikomos už juos atsakinga.

Lietuvos atvejo tyrimas

III dalis: Energijos vartojimo efektyvumo priemonių sąnaudų ir naudos tyrimas

3.11. Alternatyvių tobulinimo variantų biudžetas

Gerinimas 1: Patobulinta pastato apvalkalo konstrukcija + trigubi langai

Pastato fasadų išorės izoliacijos sistemos kainos aprašymas:

Punktas	Kaina (€ / m ²)
Akmens vatos izoliacija (25 cm)	25
Klijai, tvirtinimo elementai, tinklis, profiliai	8
Tinkas (daugiakaris)	6
Darbo jėga (montavimas)	15
Pastoliai ir sauga (5 aukštų pastatas)	4
Bendra numatoma kaina (įrengimas)	58 € už m

Pastate montuotinų naujų langų aprašymas.

- Stiklinimas: trigubas stiklas (3 plokštės)
- Danga: mažai spinduliuojanti (Low-E) bent viename stikle
- Dujų užpildas: argono dujos tarp stiklų (šiluminei izoliacijai)
- Rėmas: uPVC su šilumos izoliacija
- Montavimas: modernizavimas esamoje sienos angoje (įskaitant sandarinimą, apdailą, seno lango išmetimą)

1-ojo patobulinimo biudžetas:

Gerinimas 1: šiluminės izoliacijos ir naujų langų įrengimas

Vienetas	Aprašymas	V	matavimas	kaina €	kiekis €
m	25 cm mineralinės vatos izoliacijos sluoksnis fasaduose su tinkavimo apdaila, sumontuotas	1	90	58,00	52
	Mažai šilumą praleidžiantys trigubi PVC langai su argono dujomis (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	407,57	420,00	171,179,40
				Iš viso	223 425,80

Gerinimas 2: mechaninė ventiliacija su šilumos rekuperacija

Ventiliacijos sistemos techniniai duomenys:

Elementas	Aprašymas
Bendras reikalingas ventiliacijos pajėgumas	1,47 m ³ /s (5292 m ³ /h)
Sistema apima	2 ventiliatorius, 70 % šilumos atgavimo įrenginį, visą ortakių sistemą, izoliaciją, valdymo įrangą
Pastato tipas	Esamas 5 aukštų gyvenamasis pastatas, 600 m ² /aukštas
Numatoma bendra kaina (Lietuva)	42 500
Energijos sutaupymas	~50–60 % šildymo energijos sutaupymas, palyginti su paprasta ištraukiamąja sistema

Gerinimas 2: mechaninė vėdinimo sistema su šilumos rekuperacija

Komponentas	Aprašymas	Numatoma kaina (€)
2 ventiliatoriai (bendras galingumas 1,47 m ³ /s, 750 W/(m ³ /s))	Aukšto efektyvumo EC ventiliatoriai, kintamo greičio	4 000
Šilumos rekuperatorius (≥70 % efektyvumas)	Jautri plokštė arba rotacinis keitiklis	6 000,00
Ortakių sistema ir oro difuzoriai (apytiksliai 300 m)	Cinkuotos plieninės ortakiai, sklendės, grotelės	14 000,00
Ortakių izoliacija	Šiluminė + akustinė (privaloma HRV sistemoms)	3 000,00
Valdymo sistema + jutikliai (CO ₂ , temperatūra ir kt.)	Pažangi automatika, paklausos valdymas	3 000,00
Montavimas (modernizavimo sudėtingumas)	Pjovimas, lubų maršrutizavimas, darbas reikalaujantis daug darbo jėgos	10 000
Inžinerinis projektas ir leidimai	Projektavimas, balansavimas, atitiktis teisės aktams	2 500,00
BENDRA Numatoma kaina	Rengiama mechaninė ventiliacijos sistema	42 500,00

Gerinimas 3: žemės šilumos siurblys karšto vandens ruošimui

Gerinimas 3: geoterminis šilumos siurblys + karšto vandens rezervuarai + gręžiniai + vidinis paskirstymas

Komponentas	Aprašymas	Numatoma kaina (€)
Geoterminis šilumos siurblys (20 kW)	Aukšto efektyvumo įrenginys karšto vandens ruošimui	14 000,00
Karšto vandens talpyklos (3000 litrų)	Saugykla didžiausiam poreikiui	6 000,00
Vertikalūs gręžiniai (4 × 100 m)	Gręžimas, vamzdžių montavimas, antifrizo įpylimas, prijungimas	20 000,00
Hidraulinė sistema (siurbliai, vožtuvai, regulatoriai)	Įskaitant išsiplėtimo batus, vožtuvus, jutiklius	5 000,00
DHW vidaus vamzdynai (5 aukštų pastatas)	Izoliuoti vamzdžiai, paskirstymo tinklas	10 000,00
Montavimas ir paleidimas	Darbo jėga, izoliacija, bandymai	10 000,00
Inžinerinis projektas ir leidimai	Projektavimas, dokumentacija, vietos leidimai	3 000,00
BENDRA Numatoma kaina	Pilnai įrengta sistema	68 000,00

Gerinimas 4: Fotovoltinės plokštės

Fotovoltinės plokštės sistemos techniniai duomenys:

Vieta: Lietuva

Pastatas: 5 aukštų esamas pastatas

Sistemos specifikacijos:

- Plokščių skaičius: 150
- Plokštės galia: 480 W kiekviena
- Bendras pajėgumas: 72 kWp
- Numatoma metinė gamyba: 71 250 kWh

Gerinimas 4: Fotovoltinės plokštės

Komponentas	Numatoma kaina
Bendras sistemos pajėgumas	72 kWp
Kaina už kWp	85
Bendrosios montavimo išlaidos	61 200

3.12. Energijos vartojimo efektyvumo priemonių sąnaudų ir naudos tyrimas

Energijos vartojimo pastatų renovacijos sąnaudų ir naudos analizė (CBA) – tai struktūrizuotas vertinimas, skirtas nustatyti, ar investicijos į pastato energijos vartojimo efektyvumo didinimą yra ekonomiškai pagrįstos. Ji lygina visas numatomas renovacijos sąnaudas su finansine ir nefinansine nauda, kurią ji duos per pastato eksploatacijos laikotarpį.

Šioje atvejo analizėje šiai analizei atlikti buvo naudojama programinė įranga *CypeTherm Impromevent plus*. Šiame tyrime šiai analizei atlikti buvo naudojami du metodai:

- Paprastas atsipirkimo laikotarpis (SPP)
- Grynoji dabartinė vertė (NPV)

1 metodas: paprastas atsipirkimo laikotarpis (angl. *Simple Payback Period, SPP*) yra vienas iš paprasčiausių metodų, skirtų investicijų į energijos vartojimo efektyvumą, pvz., pastato energetinį atnaujinimą, finansinei grąžai įvertinti.

Paprastas atsipirkimo laikotarpis (SPP) – tai laikas (paprastai išreiškiamas metais), per kurį investicijos sukauptos energijos sąnaudų sutaupyty sumos prilygsta pradinėms investicijos sąnaudoms.

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

2 metodas: grynos dabartinės vertės (angl. *Net Present Value, NPV*) metodas yra vienas iš plačiausiai naudojamų ir patikimiausių finansinių įrankių investicijų pelningumui per tam tikrą laikotarpį įvertinti. Pastatų energetinio renovacijos kontekste NPV padeda nustatyti, ar ilgalaikis energijos sutaupymas ir kiti privalumai viršija renovacijos pradines išlaidas.

NPV yra visų būsimų pinigų srautų (pavyzdžiui, energijos sutaupymas, techninės priežiūros sutaupymas arba subsidijos) suma, diskontuota iki dabartinės vertės, atėmus pradines investicijų sąnaudas.

Ji atsižvelgia į pinigų laiko vertę, pripažįstant, kad ateityje gauti (arba sutaupyti) pinigai yra mažiau verti nei pinigai šiandien.

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

Kur:

- B_t = Nauda (pvz., energijos sutaupymas) t metais
- C_t = Eksploatavimo arba priežiūros išlaidos t metais
- r = diskonto norma (palūkanų norma arba kapitalo kaina)
- t = metai (nuo 1 iki n)
- I = Pradinės investicijos išlaidos
- n = analizės laikotarpis (metais)

Jei $NPV > 0 \rightarrow$ Investicija yra pelninga

Jei $NPV = 0 \rightarrow$ Investicija yra rentabili

Jei $NPV < 0 \rightarrow$ Investicija nėra finansiškai perspektyvi

Atsižvelgiamos energijos sąnaudos:

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

Grynosios dabartinės vertės metodo parametrai:

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

Energijos vartojimo efektyvumo priemonių sąnaudų ir naudos tyrimo rezultatų santrauka:

	Grynosios investicijos sąnaudos (EUR)	Metinės energijos sąnaudos (EUR)	Metinės grynosios sutaupos (EUR)	Atsipirkimas (metai)	NCV (metai)	Metinis neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas (kWh/m ²)	Išmetamųjų teršalų kiekis (kg CO ₂ /m ²)
Pradinė padėtis	0	56977	0	0	0	137,63	29,90
Atvejis 2: Imp 1 Šiluminė apvalkalas	2234	44773,87	12203,86	18	2	107,70	23,58
Atvejis 3: Imp 2 Mechaninė ventiliacija HR + atvejis 2	265	373	196	13	1	90,43	19,53
Atvejis 4: Imp 3 Žemės šilumos siurblys karšto vandens ruošimui + atvejis 3	360385,80	316	25	14	1	82,42	15,60
Atvejis 5: Imp 4 Fotovoltinė plokštė + dėklas 4	395	17973,56	39004,17	10,13	10	44,65	9

Pirmiau pateiktoje lentelėje stulpelyje „NCV“ pateiktas atsakymas į šį klausimą: kiek metų reikės, kad investicija atsipirktų, atsižvelgiant į pinigų laiko vertę?

	Grynosios investicijos išlaidos				Metinės grynosios sutaupos				Investicijų susigrąžinimo laikotarpis (metai)
	Sąnaudos (EUR)	Dotacijos (EUR)	Galutinės grynujų išlaidos (EUR)	Skirtumas (EUR)	Energijos sąnaudos (EUR/metai)	Energijos sutaupymas (EUR/metai)	Priežiūra (EUR/metai)	Grynosios sutaupos (EUR/metai)	
Pradinė situacija	0	0	0	0	56977,73	0	0	0	0
Atvejis 2: Ger. 1 Šiluminė apvalkalas	2234	0	2	2	44773,87	12203,86	0,00	12203,86	18,31
Atvejis 3: Ger. 2 Mechaninė ventiliacija HR + atvejis 2	265	0	2	2	373	19666,25	0	19666,25	13,5
Atvejis 4: Ger. 3 Žemės šilumos siurblys karšto vandens ruošimui + atvejis 3	360385,80	0	3	36	316	25309,25	0	25309,25	14
Atvejis 5: Ger. 4 Fotovoltinė plokštė + dėklas 4	395125,80	0	395	395125	17973,56	39004,17	0	39004,17	10,13

4. Išvados

Iš šio tyrimo galima daryti šias išvadas:

- **Atliktas išsamus pastato vertinimas.** Atvejo tyrime, naudojant BIM technologijas, buvo išsamiai įvertintas dabartinis daugiaaukščio bendrabučio pastato Lietuvoje energijos vartojimo efektyvumas, nustatyti pagrindiniai energijos vartojimo neefektyvumo veiksniai, susiję su pastato apvalkalo izoliacija, langų savybėmis, karšto vandens tiekimo sistemomis ir vėdinimu. Pastatas pasižymėjo dideliu energijos suvartojimu ir prastu šiluminiu komfortu, ypač šildymo sezonu.
- **Nustatytos ir sumodeliuotos energijos vartojimo efektyvumo priemonės.** Buvo pasiūlyta ir sumodeliuota įvairių energijos renovacijos priemonių, įskaitant:
 - Išorinių sienų apšiltinimas (stogas buvo apšiltintas 2014 m.)
 - Langų keitimas
 - Buitinio karšto vandens sistemos modernizavimas (naudojant žemės šilumos siurblio sistemą)
 - Mechaninė ventiliacija su šilumos rekuperacija
 - Stogo fotovoltinių (PV) plokščių integravimas
- **Didelis energijos ir CO₂ taupymo potencialas.** Analizė parodė, kad įgyvendinus pasyvių ir aktyvių priemonių derinį, neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas galėtų sumažėti daugiau nei 67%, o CO₂ išmetimas – daugiau nei 70%. Šis taupymas yra ypač reikšmingas, atsižvelgiant į šaltą Lietuvos klimatą ir ilgą šildymo sezoną.
- **Ekonominės naudos rezultatai skiriasi priklausomai nuo priemonės.** Finansinė analizė parodė, kad:
 - Gilios renovacijos strategijos (izoliacija, langų keitimas) reikalauja didesnių investicijų, bet duoda ilgalaikę grąžą.
 - Buitinio karšto vandens sistemos modernizavimas ir nauja mechaninė ventiliacija sumažina energijos nuostolius, atsirandančius dėl senų esamų sistemų.
 - Saulės kolektoriai labai prisideda prie dekarbonizacijos tikslų.
 - Jei būtų įgyvendintos visos tyrime numatytos priemonės, atsipirkimo laikotarpis būtų žymiai sutrumpintas (10 metų), nes būtų pasiektas didesnis energijos taupymas.
- **Geriausi rezultatai pasiekiami derinant priemones.** Labiausiai subalansuotas ir tvarus rezultatas pasiekiamas derinant pasyvius patobulinimus (izoliacija, sandarumas) su aktyviomis sistemomis (moderni karšto vandens sistema ir vėdinimo sistema, saulės kolektoriai). Ši sinergija maksimaliai padidina energijos taupymą, išlaiko patalpų komfortą ir padidina pastato bendrą vertę.
- **Patvirtintas techninis ir ekonominis įgyvendinamumas.** Nepaisant pradinių investicijų kliūčių, tyrimas patvirtina, kad renovacija yra techniškai įmanoma ir ekonomiškai naudinga bendrabučiui. Naudojant tokius rodiklius kaip NPV ir SPP, visos priemonės rodo priimtina ekonominę efektyvumą, ypač jei jos įgyvendinamos tuo pačiu metu.
- **Atitinka nacionalinius ir ES renovacijos tikslus.** Šis atvejis atitinka ES Žaliosios sandaros (angl. *EU's Green Deal*) ir Renovacijos bangos strategiją (angl. *Renovation Wave strategy*), prisideda prie anglies dioksido neutralumo, energijos vartojimo efektyvumo ir sveikesnės patalpų aplinkos viešuosiuose ir gyvenamuosiuose pastatuose tikslų.