



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

Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi trase la răspundere pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

Studiu de caz din România

Partea I: Studiu de caz din România – abordare și analiză a situației inițiale a clădirii

1. Abordarea studiului de caz

Studiul de caz din România se concentrează pe o clădire educațională. Acesta implică analiza cererii și consumului de energie, precum și propunerea de alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirii.

2. Descrierea clădirii educaționale

2.1. Introducere

Studiul de caz din România se referă la o școală primară și gimnazială, construită în 1962 și situată în satul Petrindu/Cuzăplac, județul Sălaj, România (vezi fig. 1 și 2).

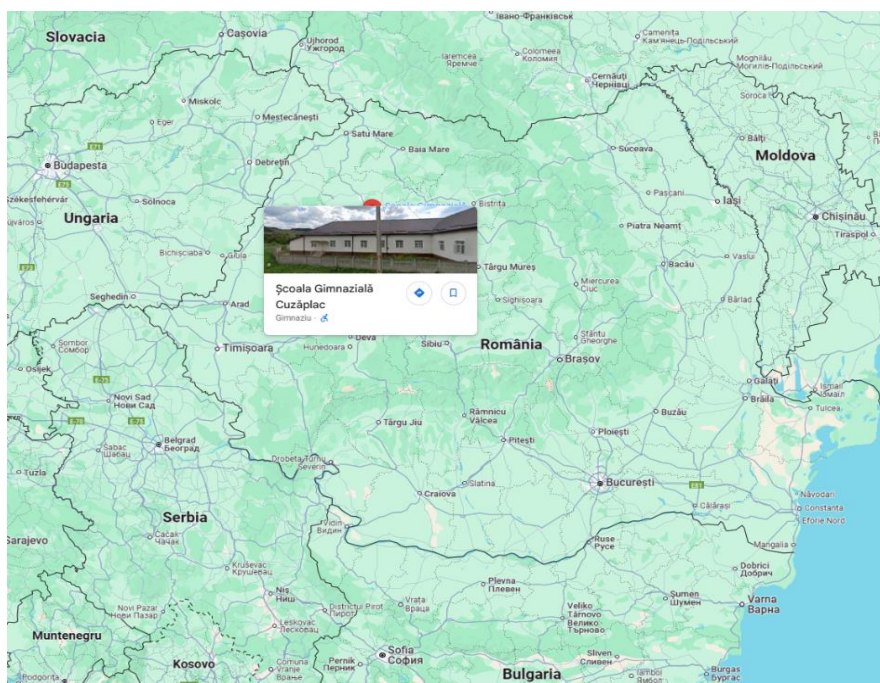


Figura 1. Școala din România – localizare pe hartă



Figura 2. Școala din România – imagini

2.2. Planurile clădirii

Suprafața totală a terenului este de 3861 m² (vezi Fig. 3).

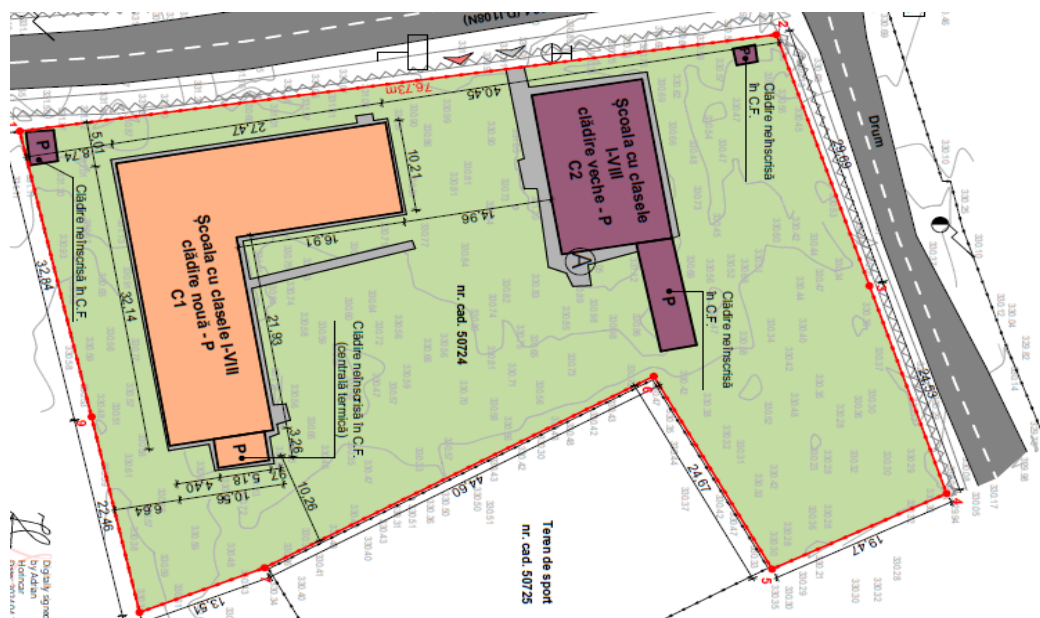
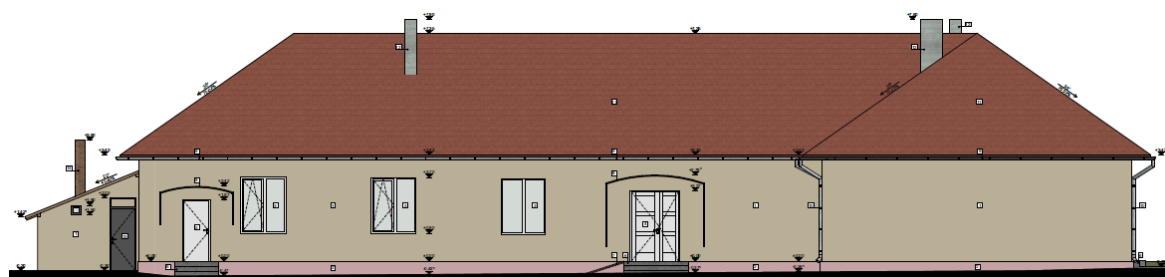


Figura 3. Școala din România – plan de situație

Clădirea (C1) are un etaj și o suprafață construită totală de 512 metri pătrați, cu o suprafață utilă totală de 413,8 metri pătrați (vezi Fig. 4).



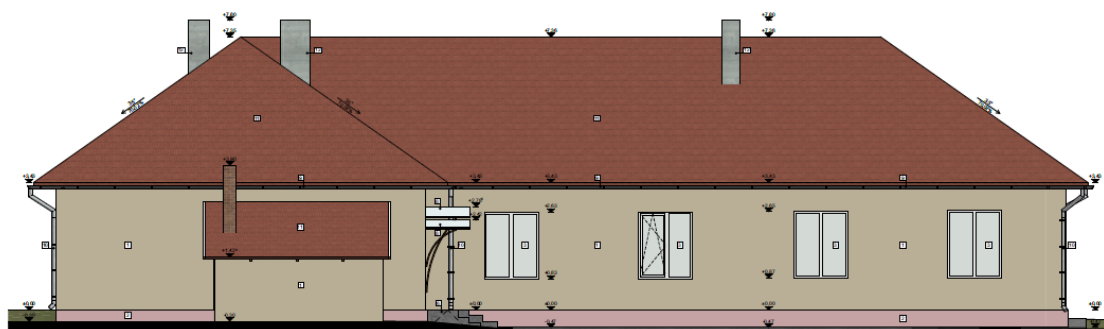
Nord



V



Sud



Est

Figura 4. Școala din România – fațade

Clădirea cuprinde 3 săli de clasă, 1 sală de grădiniță, două holuri, un depozit pentru materiale didactice, un birou, trei depozite, o toaletă și o cameră tehnică (vezi Fig. 5).



Alimentarea cu apă rece se face din rețeaua locală. Clădirea este încălzită cu o centrală termică pe combustibil solid și un cazan, care sunt conectate la radiatoare din oțel. Sistemul de iluminat este alcătuit în principal din tuburi fluorescente cu neon. Clădirea nu are sistem de ventilație sau aer condiționat.

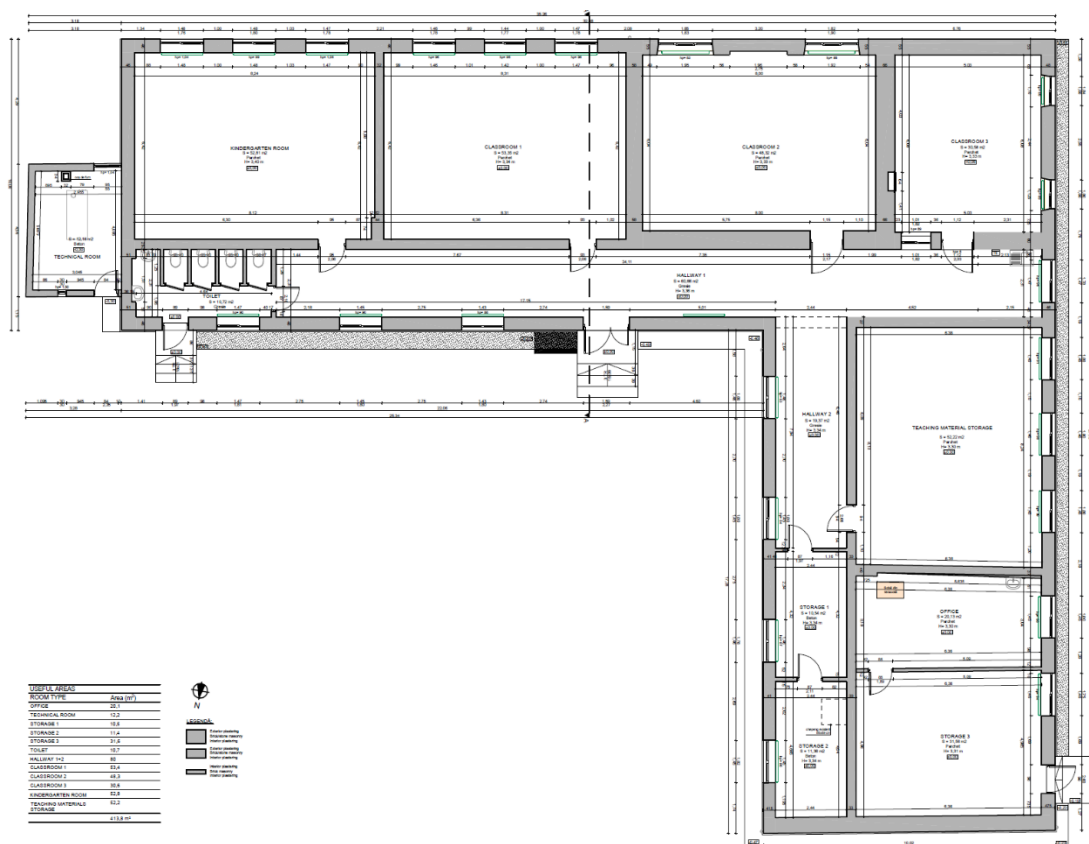


Figura 5. Școala din România – plan parterului

2.3. Amplasare

Coordonatele geografice ale acestei clădiri sunt:

- Latitudine: 46°57'56"N
- Longitudine: 23°11'24"E
- Altitudine: 293,2 m

Location data	
City	Cuzapla
Altitude	293.200 m
Latitude	46.0 degrees
Longitude	23.0 degrees
Time zone	2.0
SCOP climatic conditions	Cold climate

2.4. Zona climatică

Conform sistemului de clasificare Koeppen-Geiger, România este caracterizată de șase tipuri distincte de climă. Zona climatică predominantă este cea continentală umedă, cu veri calde (Dfb), care acoperă cea

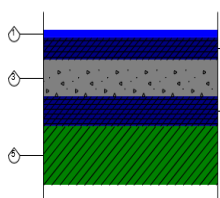
mai mare parte a țării (inclusiv zona în care se află clădirea din studiul nostru de caz). În cea mai caldă lună a anului, temperatura medie nu depășește 22 °C. În schimb, temperaturile medii în cea mai rece lună sunt de obicei mult mai scăzute, adesea cu mult sub -3 °C.

2.5. Materiale pentru anvelopa termică

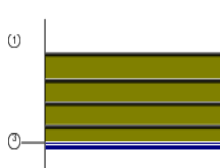
Clădirea are o structură din piatră și beton, pereți din cărămidă, pod din lemn și acoperiș din lemn cu plăci ondulate bituminoase. Pereții interiori au fost finisați cu vopsea lavabilă sau gresie, iar exteriorul a fost îmbunătățit cu tencuială decorativă. Pardoselile din beton sunt acoperite cu parchet sau gresie. Clădirea nu este izolată. Ferestrele au rame din PVC și geam termopan.

În acest studiu de caz au fost utilizate următoarele date:

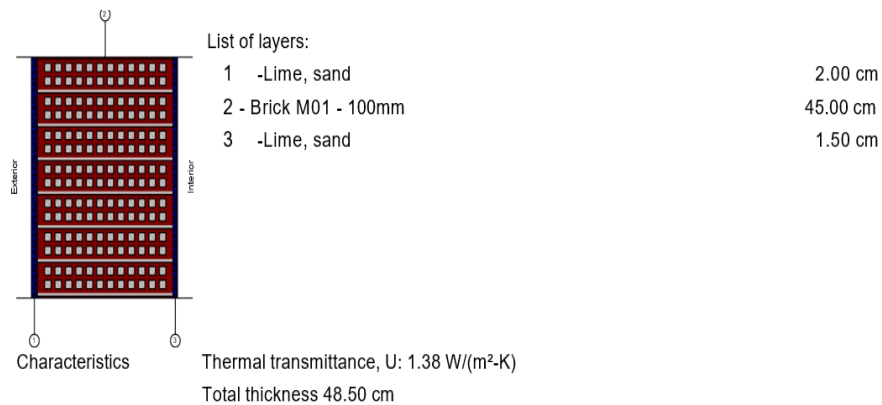
Placă de pardoseală

	List of layers:	
	1 -Ceramic/porcelain	2.00 cm
	2 Cement-, sand	6.00 cm
	3 Concrete-. Reinforced (with 1% steel)	10.00 cm
	4 Cement-, sand	8.00 cm
	5 -Sand and gravel (density 1700)	16.00 cm
Characteristics	Thermal transmittance, U: 0.85 W/(m²-K) Total thickness 42.00 cm Characteristic length, B': 2,204 m Thermal resistance of the slab, Rf: 0.28 (m²-K)/W Slab surface, A: 82.21 m² Perimeter of slab, P: 74.593 m Thermal conductivity, λ: 2,000 W/(m-K)	

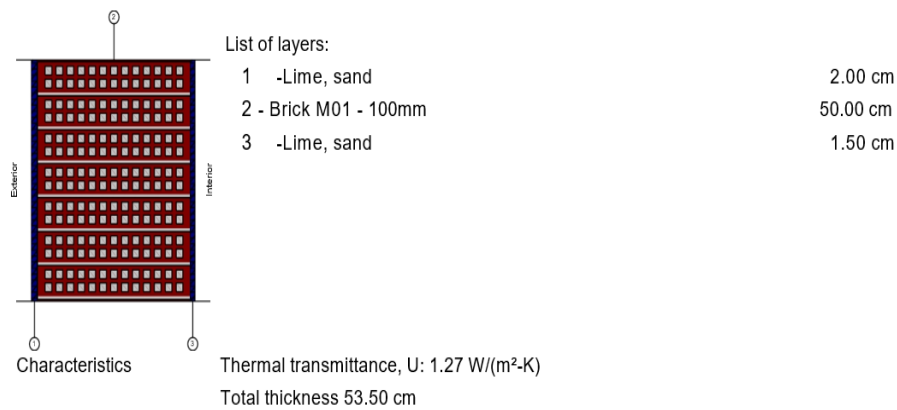
Acoperiș

	List of layers:	
	1 - Wood (density 500)	2.00 cm
	2 - Wood (density 500)	23.00 cm
	3 - Wood (density 500)	2.00 cm
	4 - Lime, sand	1.50 cm
Characteristics	Thermal transmittance, U: 0.45 W/(m²-K) Total thickness 28.50 cm	

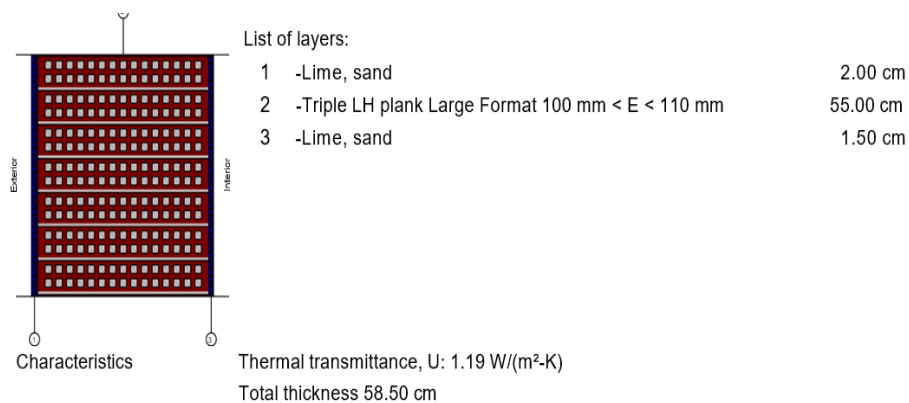
Perete exterior 45



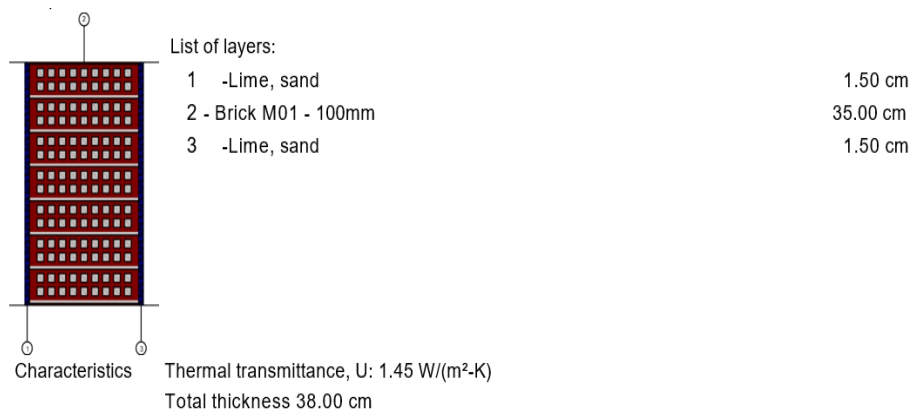
Perete exterior 50



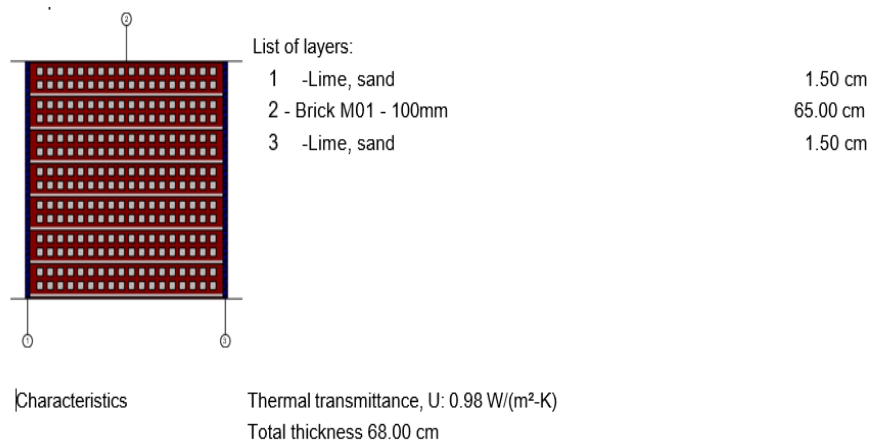
Perete exterior 55



Perete despărțitor 35



Perete despărțitor 65



Uși

Heat transfer coefficient (U)	2.10	W/(m ² ·K)
Absorptance	0.60	

Ferestre

Heat transfer coefficient (U)	2.10	W/(m ² ·K)
Solar heat gain coefficient	0.70	

2.6. Sisteme de apă caldă menajeră, încălzire și climatizare

Apa este încălzită de o centrală termică care utilizează biomasă ca și combustibil. Centrala pe lemne nu este foarte eficientă.

Clădirea este încălzită cu radiatoare din oțel, utilizând o instalație de încălzire cu combustibil solid (lemn) și un cazan.

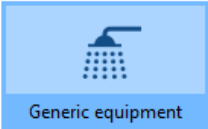
În clădire nu există nici sistem de ventilație sau climatizare.

Reference

DHW equipment

Covered DHW demand percentage

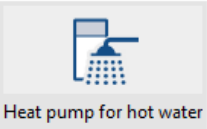
100 %



Generic equipment



Air-source heat pump



Heat pump for hot water



Geothermal

Production set

Overview

Thermal Plant

Type of energy vector

Biomass

Rated capacity

32000.00 W

Average seasonal efficiency

0.55

Storage tank

Storage tank

Reference

Storage tank

Global loss coefficient, UA

1.20 W/K

Average storage temperature

60.0 °C

Ambient temperature

10.0 °C

Global loss coefficient (UA)

Storage tank

Capacity

100 l

Outside diameter

0.500 m

Insulation thickness

0.040 m

Thermal conductivity of the insulation

0.040 W/(m·K)

Global loss coefficient, UA: 1.20 W/K

Figura 6. Sistem de apă caldă menajeră

Reference Heating











Hot-water system

Hot water production equipment

+     

Name
1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

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

Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant




Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor 1.00

Rated efficiency 0.55

Fuel type Biomass

Operating parameters

Performance curves

Performance curves By default

Boiler type Hot water boiler

Figura 7. Sistem de încălzire

3. Dezvoltarea clădirii educaționale din România Studiu de caz

2.3. Model BIM al clădirii

Un model de informații despre clădiri (BIM) pentru analiza energetică este o reprezentare digitală a unei clădiri care integrează atât date geometrice, cât și semantice, permițând simulări detaliate ale performanței energetice a clădirii. Spre deosebire de un model 3D standard, un BIM include informații despre materiale, proprietăți termice, programe de ocupare, sisteme de iluminat, echipamente HVAC și multe altele.

Atunci când este utilizat pentru analiza energetică, BIM servește ca o bază bogată în date care poate fi exportată către un software de simulare energetică (EnergyPlus în acest studiu de caz). Acest lucru permite consultanților în energie să evalueze sarcinile de încălzire și răcire, iluminatul natural, confortul termic și consumul total de energie.

Avantajele cheie includ:

- Transfer automat de date de la proiectare la simulare
- Precizie îmbunătățită datorită datelor de intrare consistente și detaliate
- Fluxuri de lucru integrate între arhitecți, ingineri și analiști energetici

Figurile următoare prezintă mai multe vederi ale modelului BIM geometric al clădirii.

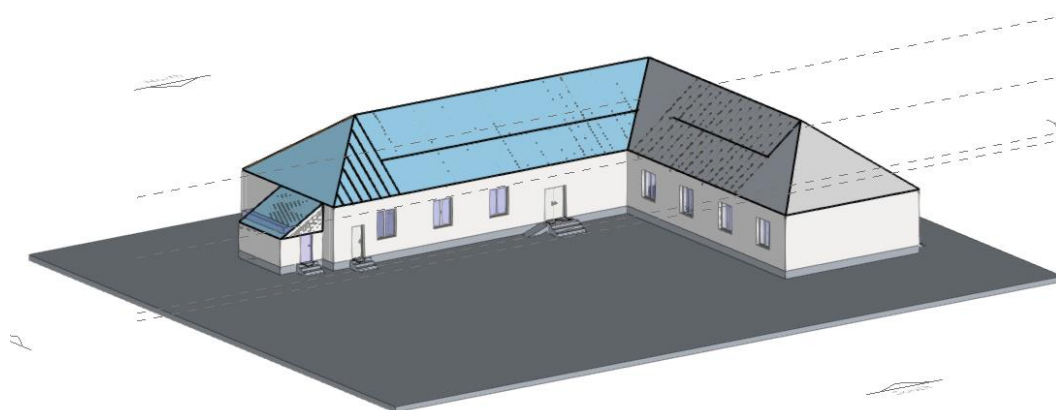


Figura 8. Model BIM

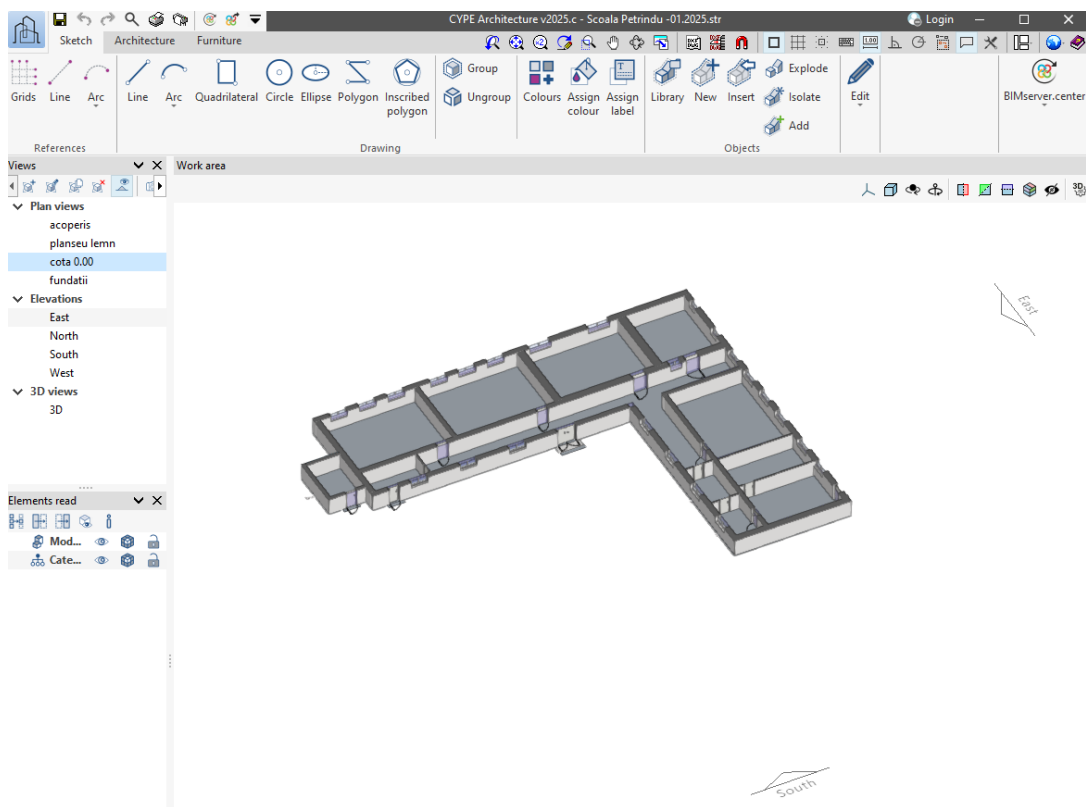


Figura 9. Planul școlii în model BIM

2.4. Model BIM al clădirii

Modelul analitic al clădirii este alcătuit din spațiile interioare ale clădirii în care este împărțit volumul interior al clădirii cu caracteristicile sale (volumul spațiului, suprafețele care elimină spațiul...).

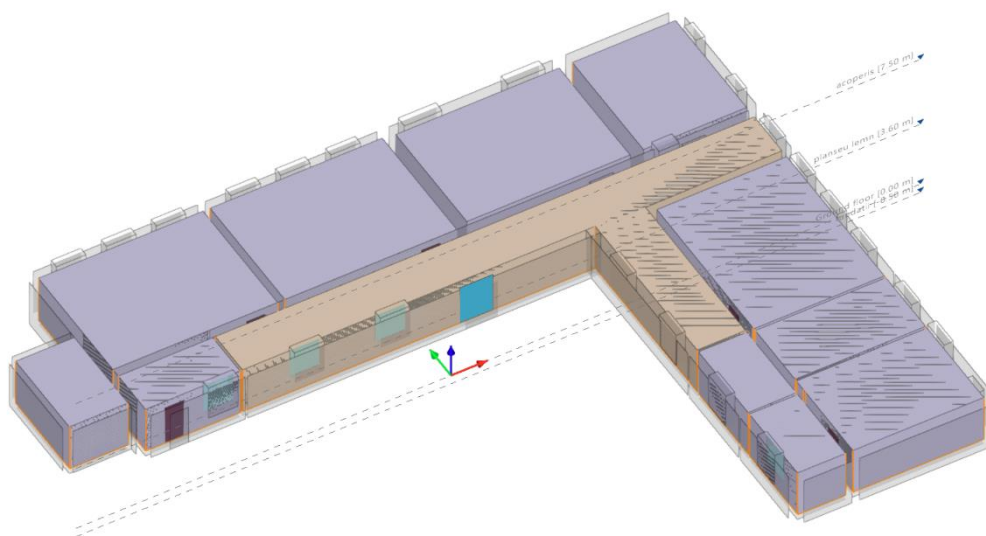


Figura 10. Modelul analitic al clădirii

În această lucrare, spațiile interioare ale clădirii au fost grupate în 2 zone diferite.

Aceste zone sunt:

Parterul este zona climatizată a clădirii.

Zona comună nu este o zonă locuibilă.

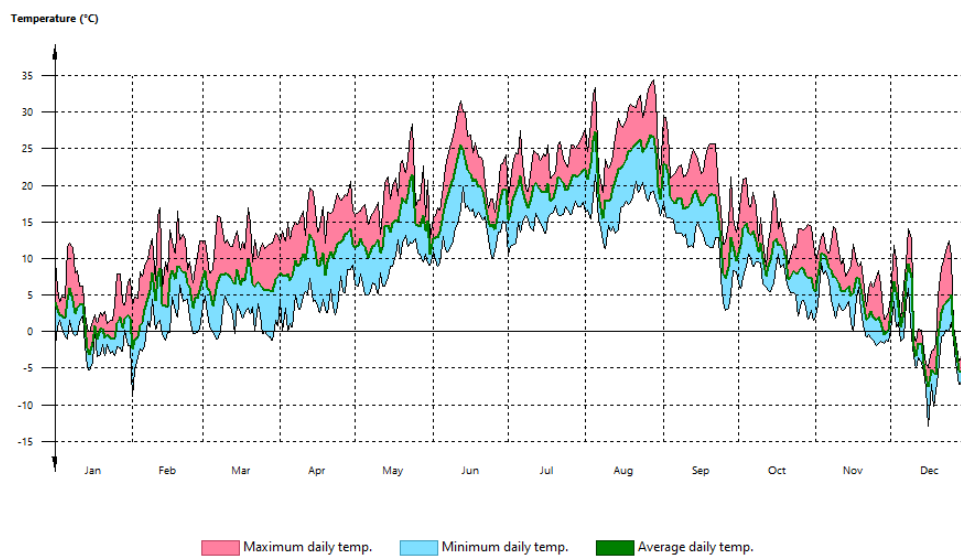
Ventilația clădirii existente constă în ventilație naturală.

Necesarul de ventilație introdus în model a fost de **0,63 schimburi de aer interior pe oră** pentru locuințe, zone comune, bucătării și băi.

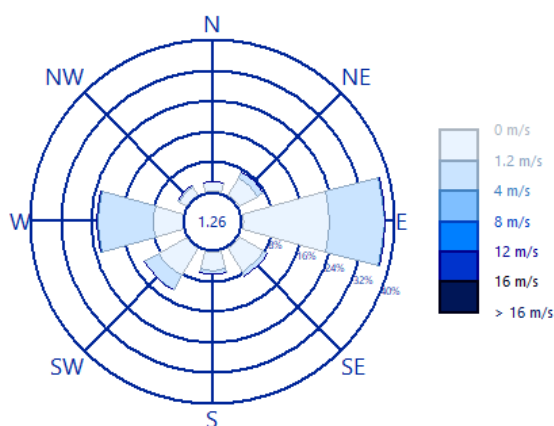
2.5. Zona climatică

În acest studiu de caz au fost utilizate următoarele date:

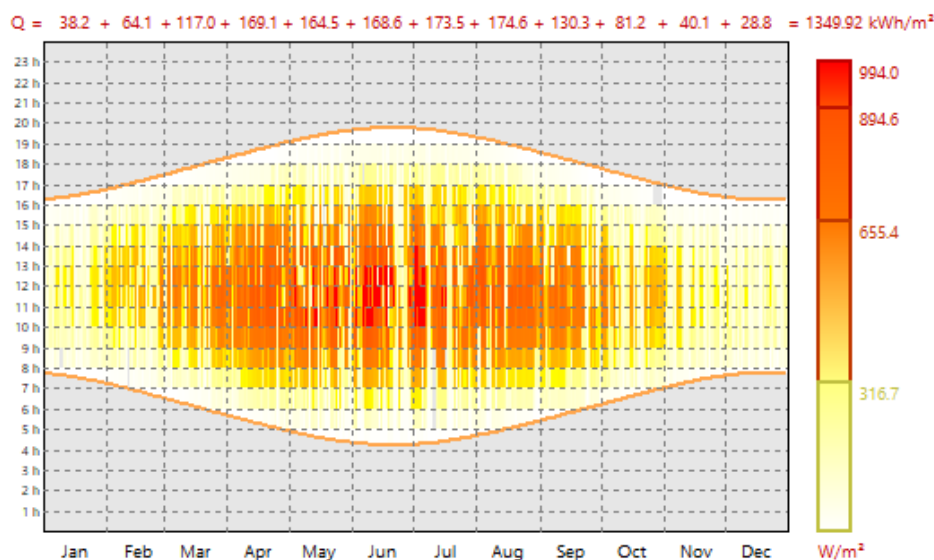
Temperaturi exterioare



Distribuția vântului



Iradiația globală pe o suprafață orizontală



2.6. Condiții de funcționare a spațiilor climatizate din clădire

Pentru analiza energetică a clădirii, s-au utilizat condițiile de funcționare a spațiilor climatizate ale clădirii, luând în considerare un program școlar tipic de la 8 la 16, de luni până vineri.

3.5. Modelul energetic al clădirii

Un model energetic al clădirii este o simulare digitală detaliată a consumului de energie al unei clădiri, creată pentru a analiza și a prezice performanța energetică a acesteia. Acesta include date precum geometria clădirii, orientarea, materialele de construcție, nivelurile de izolare, sistemele HVAC, iluminatul, tiparele de ocupare și datele climatice locale. Modelul utilizează aceste informații pentru a calcula consumul de energie pentru încălzire, răcire, iluminat, ventilație și sarcini conectate la priză în timp.

Acest model este esențial pentru:

- Evaluarea alternativelor de proiectare

- Estimarea economiilor de energie
- Respectarea normelor de construcție
- Sprijinirea certificărilor pentru clădiri ecologice (de exemplu, LEED, BREEAM)
- Efectuarea analizei cost-beneficiu a măsurilor de eficiență energetică

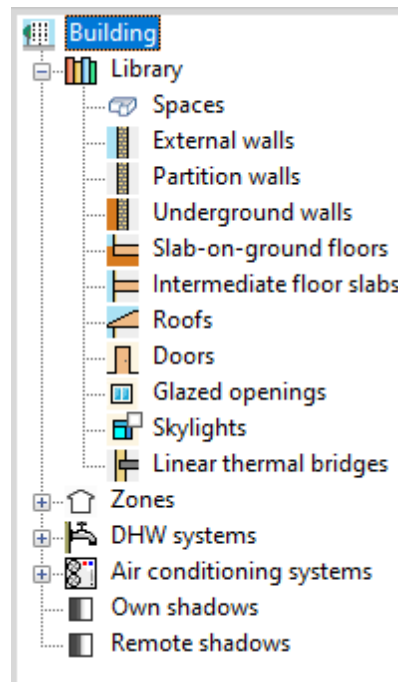
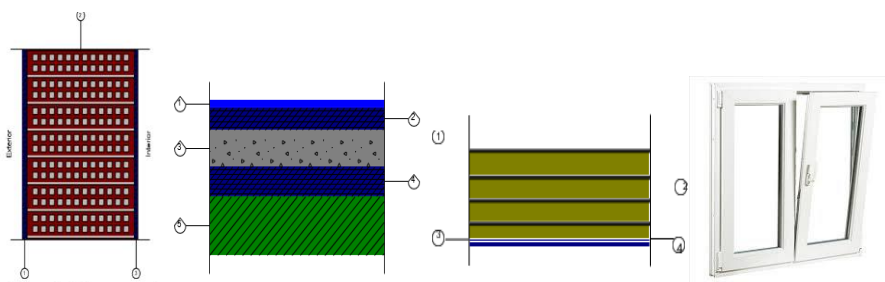


Figura 11. Unele componente ale modelului energetic al clădirilor

3.6. Cazuri analizate. Descriere

- **Cazul 0: Scenariul existent/inițial:** anvelopă fără izolație, ferestre cu geam termopan ($U=2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), instalație termică pe combustibil solid (lemn) cu randament redus, radiatoare



Reference Heating











Hot-water system

Hot water production equipment

+    

Name
1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature 82.0 °C

Design delta temperature 10.0 °C

Fluid type Water

Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant




Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor 1.00

Rated efficiency 0.55

Fuel type Biomass

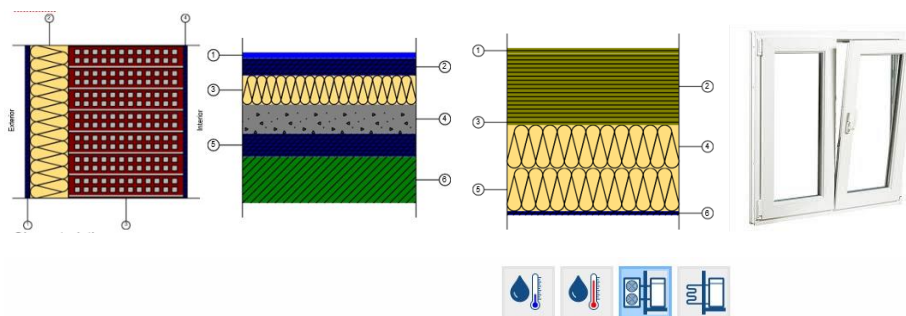
Operating parameters

Performance curves

Performance curves By default

Boiler type Hot water boiler

- Cazul 1:** Anvelopă îmbunătățită (izolarea pereților exteriori cu 15 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 10 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală



Air-source heat pump



Login







Outdoor unit

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

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

Hydraulic module

Equipment: MEH97/6

Heating

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

☐ Cooling





Central ventilation system



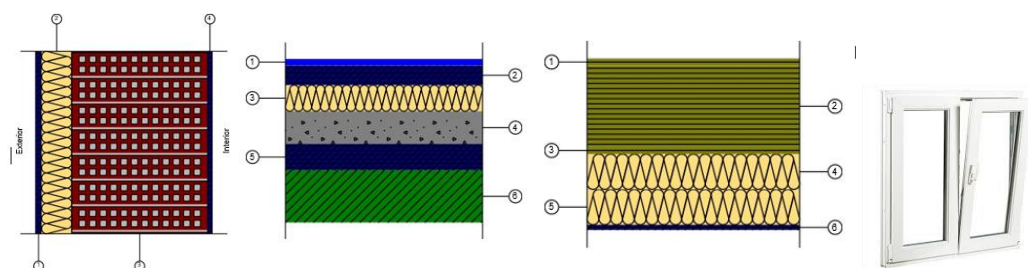
Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

- Cazul 2: Îmbunătățirea** anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală



Air-source heat pump



Outdoor unit

Hydraulic module

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

Equipment: MEH97/6

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

Heating ☐ Cooling

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C



Central ventilation system



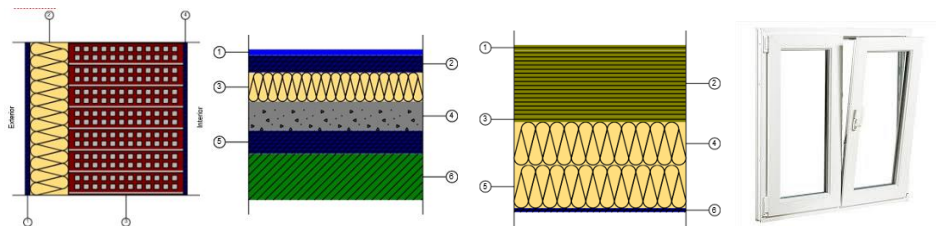
Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

- **Cazul 3: Îmbunătățirea** anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 15 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 10 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură apă/apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală



Geothermal

Login

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W

Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

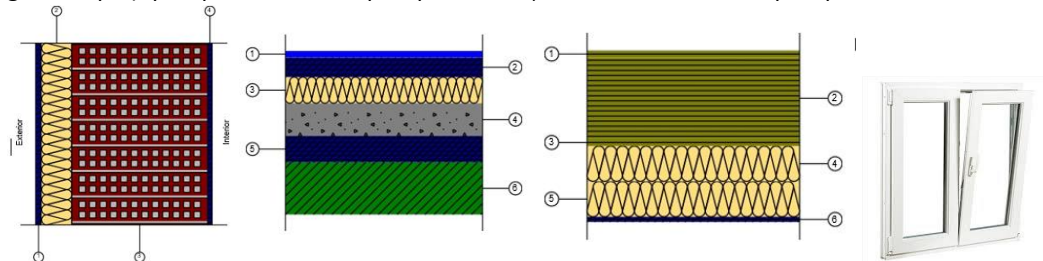
Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

- **Cazul 4: Îmbunătățirea** anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură apă/apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală





Geothermal

Login

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

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

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

3.7. Rezultatele cazurilor. Consumul de energie și clasa energetică a clădirilor existente

În această secțiune și în cea următoare, se prezintă consumul anual de energie finală, energie primară și energie primară neregenerabilă corespunzător diferitelor servicii tehnice ale clădirii pentru situația inițială a clădirii și pentru cele 4 alternative de îmbunătățire a performanței energetice a acesteia. Consumul energetic de încălzire și răcire include consumul de energie electrică al echipamentelor auxiliare ale sistemelor de climatizare.

În plus, este prezentată și clasificarea energetică a cazurilor studiate (situația inițială și cele 4 alternative de îmbunătățire). Această clasificare a fost calculată în conformitate cu standardele spaniole, ținând cont de zona climatică echivalentă: E1

Pentru a clarifica conceptele, se introduc aici câteva definiții:

Consumul total de energie primară.

Consumul total de energie primară în contextul unei analize a eficienței energetice a clădirilor se referă la cantitatea totală de energie din toate sursele (cum ar fi electricitatea, gazul, petrolul sau energiile regenerabile) necesară pentru funcționarea clădirii, inclusiv energia utilizată pentru producerea și furnizarea acestei energii.

Mai precis:

- „Energie primară” înseamnă energia în forma sa originală, brută, înainte de a fi transformată în electricitate sau căldură. De exemplu, cărbune, gaze naturale, țiței sau lumina soarelui.

- Aceasta include **energia utilizată la fața locului** (cum ar fi gazul pentru încălzire) și **energia convertită** (cum ar fi energia electrică), dar include și **pierderile care apar în timpul generării, transportului și distribuției**.

Astfel, consumul total de energie primară vă indică cantitatea de energie brută necesară în final pentru funcționarea clădirii, oferind o imagine completă a impactului acesteia asupra mediului.

Consumul de energie primară din surse neregenerabile.

Consumul de energie primară din surse neregenerabile se referă la **cantitatea totală de energie primară neregenerabilă** utilizată pentru funcționarea unei clădiri, inclusiv:

- **Combustibili fosili:** cărbune, gaze naturale și petrol
- **Energia nucleară**
- **Orice alte surse de energie neregenerabile**

Această măsurătoare include:

- Energia **utilizată direct la fața locului**, cum ar fi gazul natural pentru încălzire
- Energia **utilizată indirect**, cum ar fi energia electrică generată din cărbune sau gaz (inclusiv pierderile din generare și transport)

Consumul de energie la punctul de consum (energia finală).

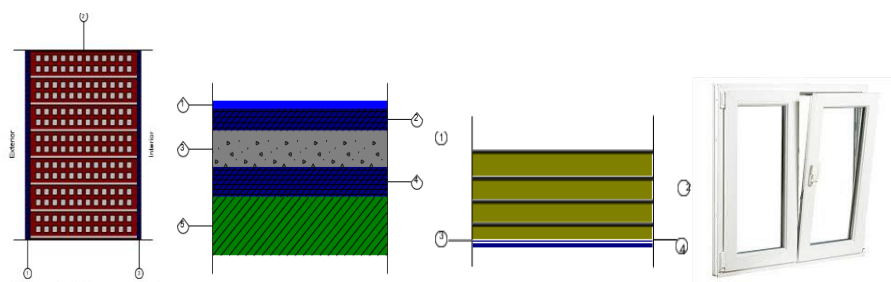
Consumul de energie la punctul de consum, cunoscut și sub denumirea de **consum final de energie**, se referă la **cantitatea de energie utilizată efectiv de clădire** pentru diversele sale funcții, cum ar fi:

- **Încălzire**
- **Răcire**
- **Iluminat**
- **Apă caldă**
- **Aparate și echipamente**

Aceasta este **energia furnizată clădirii și măsurată la contor**, cum ar fi facturile de electricitate sau consumul de gaz. **Nu include pierderile de energie** care au avut loc în timpul producției, conversiei sau transportului (care sunt incluse în energia primară).

În rezumat:

- **Energia finală** = Energia utilizată în interiorul clădirii, așa cum este percepută de utilizator.
- **Energia primară** = Energia finală **plus pierderile din amonte** (de exemplu, eficiența centralei electrice, pierderile din rețeaua de transport).
- **Cazul 0: Scenariul existent/inițial:** anvelopă fără izolație, ferestre cu geam termopan ($U=2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), instalație termică pe combustibil solid (lemn) cu randament redus, radiatoare



Reference Heating



Hot-water system

Hot water production equipment

+

Name
1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature °C

Design delta temperature °C

Fluid type

Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant

Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor

Rated efficiency

Fuel type

Operating parameters

Performance curves

Performance curves

Boiler type

Consumul de energie al instalațiilor tehnice ale clădirii

CLĂDIRE (Su= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	103602.76	311.69	113279.19	340.81	11951.31	35.96
DHW	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	128858.49	387.68	173084.94	520.73	61301.16	184.43

unde:

Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

EF: Energia finală consumată de serviciile tehnice la punctul de consum.

EP_{tot}: Consumul total de energie primară.

EP_{nren}: Consumul de energie primară din surse neregenerabile.

Consumul final de energie al clădirii. Rezultate lunare.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dec (kWh)	Year (kWh/year) kWh/m ² -year
BUILDING (= 332.39 m ²)														
Energy demand	Heating	9963.9	8723.8	6980.1	3377.9	1389.0	571.1	816.3	530.6	2432.6	4407.4	7810.9	10240.2	57243.9
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	20025.5
	TOTAL	11664.7	10260.0	8680.9	5023.9	3089.8	2217.0	2517.1	2231.4	4078.5	6108.2	9456.8	11941.0	77269.3
Biomass	Heating	17775.8	15547.7	12259.6	5646.4	2047.6	771.2	1113.3	566.5	3827.8	7549.0	13821.7	18286.0	99212.7
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	443.5	400.6	443.5	395.2	328.7	177.6	248.0	253.6	428.3	398.5	429.2	443.5	4390.1
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1
Electricity	Ventilation	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	—	503.0	481.2	459.3	4286.7
Cef_{total}		20503.3	17994.2	14965.2	8224.3	4660.3	3131.6	3142.2	2601.1	5979.6	10231.5	16465.5	20969.7	128858.6

unde:

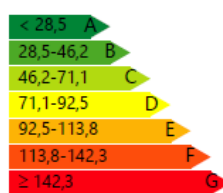
Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

Cef_{total}: Consumul de energie la punctul de consum (energie finală), kWh/m²-an.

Clasa energetică a clădirii: Situația inițială/clădire existentă.

Zona climatică	E	Utilizare	Alte utilizări
-----------------------	---	------------------	----------------

1. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL EMISIILOR

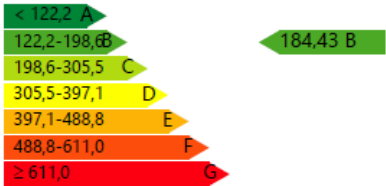
INDICATOR GENERAL		INDICATORI PARȚIALI	
		ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră
		Emisii provenite din încălzire [kgCO ₂ /m ² -an].	Emisii apă caldă menajeră [kgCO ₂ /m ² -an].
		9,74	20,88
		RĂCIRE	ILUMINAT
Emisii globale [kgCO ₂ /m ² -an]		Emisii de răcire [kgCO ₂ /m ² -an].	Emisii generate de iluminat [kgCO ₂ /m ² -an].
		0	4

Evaluarea globală a clădirii este exprimată în termeni de dioxid de carbon eliberat în atmosferă ca urmare a consumului de energie al clădirii.

	kgCO ₂ /m ² -an	kgCO ₂ -an
Emisii de CO ₂ din consumul de energie electrică	29	9812,7
Emisii de CO ₂ din alte combustibili	5,37	1785,83

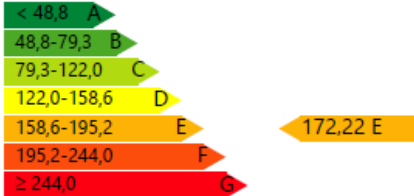
2. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL CONSUMULUI DE ENERGIE PRIMĂ NEREGENERABILĂ

Energia primară neregenerabilă înseamnă energia consumată de clădire din surse neregenerabile care nu a suferit niciun proces de conversie sau transformare.

INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI	
	ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră
	Energie primară pentru încălzire [kWh/m²-an]	Energie primară pentru Apă caldă menajeră [kWh/m²-an]
	35,96	123,27
Consumul total de energie primară neregenerabilă [kWh/m²-an] ¹	RĂCIRE	ILUMINAT
	Energie primară pentru răcire [kWh/m²-an].	Energie primară pentru iluminat [kWh/m²-an].
	0	25

3. EVALUARE PARȚIALĂ A CERERII DE ENERGIE PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE

Cererea de energie pentru încălzire și răcire este energia necesară pentru menținerea condițiilor de confort interior ale clădirii.

CEREREA DE ÎNCĂLZIRE	NECESAR DE RĂCIRE
	
Cerere de încălzire [kWh/m²-an].	Cererea de răcire [kWh/m²-an].

¹ Indicatorul global este rezultatul sumei indicatorilor parțiali plus valoarea indicatorului pentru consumul auxiliar, dacă există (numai clădiri terțiare, ventilație, pompare etc.). Energia electrică autoconsumată se deduce numai din indicatorul global, nu din valorile parțiale.



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

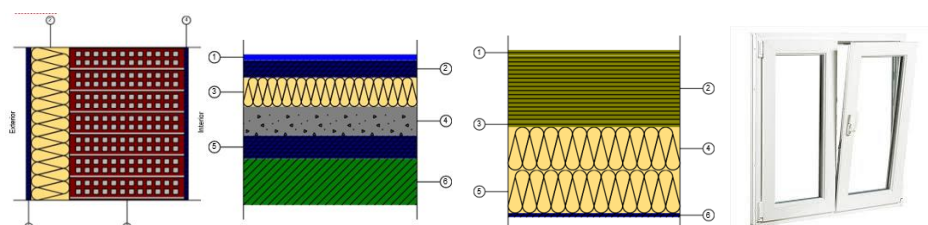
Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi trase la răspundere pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

Studiu de caz din România

Partea II: Analiza măsurilor de îmbunătățire

1. Rezultatele cazului II. Consumul de energie și clasa energetică a alternativelor de îmbunătățire a clădirii

- Cazul 1: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 15 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 10 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală



Air-source heat pump

OBDatabase
Login

DAIKIN

Saunier Duval

Vaillant

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

Hydraulic module
Equipment: MEH97/6

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

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

☐ Cooling

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness 85.00 %

☐ Latent effectiveness



Consumul de energie al serviciilor tehnice ale clădirii

CLĂDIRE (Su= 332,39 m²)

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

unde:

Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

EF: Energia finală consumată de serviciile tehnice la punctul de consum.

EP_{tot}: Consumul total de energie primară.

EP_{nren}: Consumul de energie primară din surse neregenerabile.

Consumul final de energie al clădirii. Rezultate lunare.

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

unde:

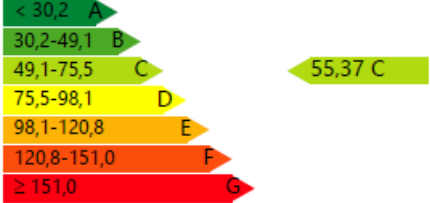
Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

Cef_{total}: Consumul de energie la punctul de consum (energie finală), kWh/m²-an.

Clasa energetică a clădirii: Cazul 1 Îmbunătățire.

Zona climatică	E	Utilizare	Alte utilizări
-----------------------	---	------------------	----------------

1. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂRII ÎN TERMENI DE EMISII

INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI		
	ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră	
	Emisii de încălzire [kgCO ₂ /m ² -an].	B	Emisii de apă caldă menajeră [kgCO ₂ /m ² -an].
	29,66		20,88
	RĂCIRE	ILUMINAT	
Emisii globale [kgCO ₂ /m ² -an] ¹	Emisii de răcire [kgCO ₂ /m ² -an].	A	Emisii generate de iluminat [kgCO ₂ /m ² -an].
	0		4,27

Evaluarea globală a clădirii este exprimată în termeni de dioxid de carbon eliberat în atmosferă ca urmare a consumului de energie al clădirii.

	kgCO ₂ /m ² -an	kgCO ₂ -an
Emisii de CO ₂ din consumul de energie electrică	25,7	8547,58
Emisii de CO ₂ din alți combustibili	29,6	9857,19

2. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂRII DIN PUNCT DE VEDERE AL CONSUMULUI DE ENERGIE PRIMARĂ NEREGENERABILĂ

Energia primară neregenerabilă înseamnă energia consumată de clădire din surse neregenerabile care nu a fost supusă niciunui proces de conversie sau transformare.

INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI		
	ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră	
	Energie primară pentru încălzire [kWh/m ² -an]	B	Energie primară pentru apă caldă menajeră [kWh/m ² -an]
	112,43		123,27
	RĂCIRE	ILUMINAT	
Consumul total de energie primară neregenerabilă [kWh/m ² -an] ¹	Energie primară pentru răcire [kWh/m ² -an]	A	Energie primară pentru iluminat [kWh/m ² -an].
	0		25

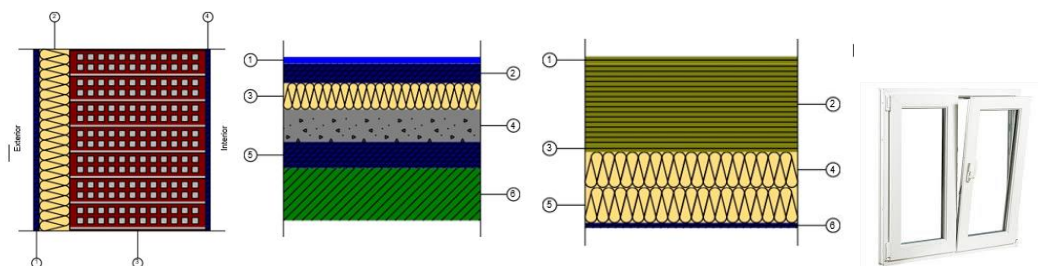
3. EVALUARE PARȚIALĂ A CERERII DE ENERGIE PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE

Cererea de energie pentru încălzire și răcire este energia necesară pentru menținerea condițiilor de confort interior ale clădirii.

CEREREA DE ÎNCĂLZIRE	CERERE DE RĂCIRE
< 52,7 A 52,7-85,6 B 85,6-131,7 C 131,7-171,3 D 171,3-210,8 E 210,8-263,5 F ≥ 263,5 G 67,74 B	< 0,0 A 0,0-0,0 B 0,0-0,0 C 0,0-0,0 D 0,0-0,0 E 0,0-0,0 F ≥ 0,0 G 0,00 A
Cerere de încălzire [kWh/m²-an].	Cererea de răcire [kWh/m²-an].

1 Indicatorul global este rezultatul sumei indicatorilor parțiali plus valoarea indicatorului pentru consumul auxiliar, dacă există (numai clădiri terțiare, ventilație, pompare etc.). Energia electrică autoconsumată se deduce numai din indicatorul global, nu din valorile parțiale.

- Cazul 2: Anvelopă îmbunătățită (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală



Air-source heat pump

OBDatabase Login

DAIKIN

Saunier Duval

Vaillant

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

Hydraulic module
Equipment: MEH97/6

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

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

☐ Cooling

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness 85.00 %

☐ Latent effectiveness



Consumul de energie al serviciilor tehnice ale clădirii

CLĂDIRE (Su= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/year) (kWh/m ² -year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	31041.55	93.39	36691.22	110.39	36598.15	110.11
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	56865.06	171.08	97841.14	294.36	87057.17	261.92

unde:

Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

EF: Energia finală consumată de serviciile tehnice la punctul de consum.

EP_{tot}: Consumul total de energie primară.

EP_{nren}: Consumul de energie primară din surse neregenerabile.

Consumul final de energie al clădirii. Rezultate lunare.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
BUILDING (Su= 332.39 m ²)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Energy demand	Heating	4424.2	3828.3	2868.1	871.8	86.8	0.6	22.8	--	743.7	1486.5	3232.8	4741.8	22066.2	66.4
	DHW	1700.8	1638.2	1700.8	1846.8	1700.8	1646.8	1700.8	1700.8	1846.8	1700.8	1846.8	1700.8	20026.6	60.2
	TOTAL	6125.0	5466.5	4568.9	2617.8	1788.4	1648.4	1723.8	1700.8	2389.8	3188.3	5079.6	6442.6	42092.8	126.6
Diesel G (Substation system)	Heating	6195.1	5389.0	3771.8	1245.6	93.2	--	29.5	--	1060.9	2082.9	4553.8	6646.8	31041.5	93.4
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricity	Heating	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	1780.9	1688.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.0	63.1
	Ventilation	66.6	67.8	63.7	60.6	66.6	60.6	--	--	--	66.6	63.7	60.6	567.8	1.7
	Humidity control	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	--	--	--	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
	Subtotal	8646.7	7475.0	6087.8	3488.2	2445.8	2245.8	1810.4	1780.9	2784.4	4433.6	5821.4	5841.8	68886.1	171.1

unde:

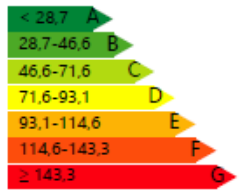
Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

C_{ef,total}: Consumul de energie la punctul de consum (energie finală), kWh/m²-an.

Clasa energetică a clădirii: Cazul 2 Îmbunătățire.

Zona climatică	E	Utilizare	Alte utilizări
-----------------------	---	------------------	----------------

1. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂRII ÎN TERMENI DE EMISII

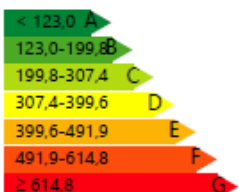
INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI	
	ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră
 Emisii globale [kgCO ₂ /m ² -an] ¹	Emisii de încălzire [kgCO ₂ /m ² -an].	Emisii de apă caldă menajeră [kgCO ₂ /m ² -an].
	29,04	20,8
	RĂCIRE	ILUMINAT
	Emisii de răcire [kgCO ₂ /m ² -an].	Emisii generate de iluminat [kgCO ₂ /m ² -an].
	0	4,27

Evaluarea globală a clădirii este exprimată în termeni de dioxid de carbon eliberat în atmosferă ca urmare a consumului de energie al clădirii.

	kgCO ₂ /m ² -an	kgCO ₂ -an
Emisii de CO ₂ provenite din consumul de energie electrică	25,7	8547,58
Emisii de CO ₂ din alte combustibili	29	9653

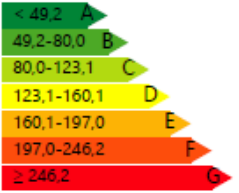
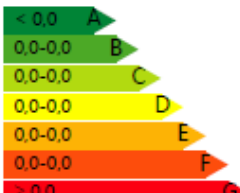
2. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL CONSUMULUI DE ENERGIE PRIMARĂ NEREGENERABILĂ

Energia primară neregenerabilă înseamnă energia consumată de clădire din surse neregenerabile care nu a suferit niciun proces de conversie sau transformare.

INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI	
	ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră
 Consumul total de energie primară neregenerabilă [kWh/m ² -an] ¹	Energie primară pentru încălzire [kWh/m ² -an]	Energie primară pentru apă caldă menajeră [kWh/m ² -an]
	110,11	123,27
	RĂCIRE	ILUMINAT
	Energie primară pentru răcire [kWh/m ² -an].	Energie primară pentru iluminat [kWh/m ² -an].
	0	25

3. EVALUARE PARȚIALĂ A CERERII DE ENERGIE PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE

Cererea de energie pentru încălzire și răcire este energia necesară pentru menținerea condițiilor de confort interior ale clădirii.

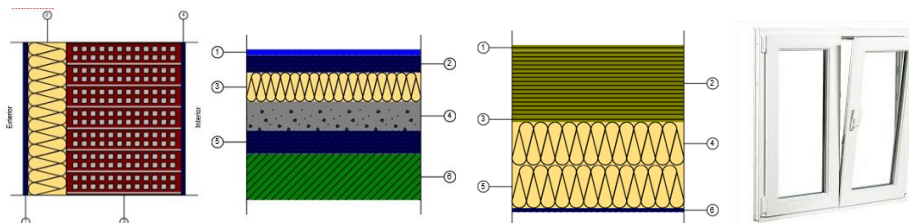
CEREREA DE ÎNCĂLZIRE	CERERE DE RĂCIRE
 66,35 B	 0,00 A

Cerere de încălzire [kWh/m²-an].

 Cerere de răcire [kWh/m²-an].

1 Indicatorul global este rezultatul sumei indicatorilor parțiali plus valoarea indicatorului pentru consumul auxiliar, dacă există (numai clădiri terțiare, ventilație, pompare etc.). Energia electrică autoconsumată se deduce numai din indicatorul global, nu din valorile parțiale.

- **Cazul 3: Anvelopă îmbunătățită (izolarea pereților exteriori cu vată minerală de 15 cm, a plăcii peste ultimul nivel cu vată minerală de 30 cm și izolarea planșeelor cu polistiren extrudat de 10 cm, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură apă/apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală**



Geothermal

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

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

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %
☐ Latent effectiveness

Consumul de energie al serviciilor tehnice ale clădirii

CLĂDIRE (S_u= 332,39 m²)

Technical services	EF		EP _{et}		EP _{non}	
	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	27893.02	83.92	32969.48	99.19	32885.72	98.94
DHW	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	53716.53	161.61	94119.73	283.16	83345.07	250.75



unde:

S_u : Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m^2 .

EF : Energia finală consumată de serviciile tehnice la punctul de consum.

EP_{tot} : Consumul total de energie primară.

EP_{nren} : Consumul de energie primară din surse neregenerabile.

Consumul final de energie al clădirii. Rezultate lunare.

		Jan (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Apr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Aug (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dec (kWh)	Year (kWh/year) kWh/m ² -year)	
BUILDING (S _U = 332.39 m ²)															
Energy demand	Heating	4049.6	3494.1	2366.2	697.8	37.6	—	2.2	—	594.1	1272.1	2921.5	4362.1	19797.4	59.6
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	5750.4	5030.3	4067.0	2343.8	1738.4	1645.9	1703.0	1700.8	2240.1	2972.9	4567.4	6062.9	39822.8	119.8
Diesel C (Substitution system)	Heating	5079.6	4005.5	3363.0	906.9	53.7	—	1.1	—	845.8	1810.3	4124.0	6113.1	27893.0	83.9
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	—	—	—	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	—	503.0	481.2	459.3	4288.7	12.9
	Cef _{total}	8030.2	7009.5	5688.9	3240.5	2404.3	2243.6	1782.0	1780.9	2569.3	4160.9	6392.3	8414.2	53716.6	161.6

unde:

S_u : Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m^2 .

$C_{ef,total}$: Consumul de energie la punctul de consum (energie finală), kWh/m^2-an .

Clasa energetică a clădirii: Cazul 3 Îmbunătățire.

Zona climatică	E	Util	Alte utilizări
----------------	---	------	----------------

1. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL EMISIILOR

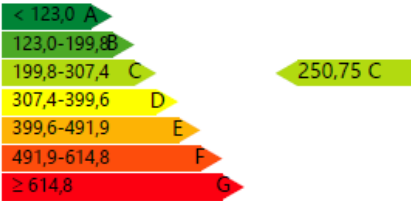
INDICATOR GENERAL		INDICATORI PARȚIALI	
		ÎNCĂLZIRE	
		Emisii de încălzire [kgCO ₂ /m ² -an].	B
		26,1	
		RĂCIRE	
		Apă caldă menajeră	
		Emisii de apă caldă menajeră [kgCO ₂ /m ² -an].	E
		20,8	
		ILUMINAT	
Emisii globale [kgCO ₂ /m ² -an]		Emisii de răcire	A
		[kgCO ₂ /m ² -an].	
		0	
		Iluminat emisii	E
		[kgCO ₂ /m ² -an].	
		4,2	

Evaluarea globală a clădirii este exprimată în termeni de dioxid de carbon eliberat în atmosferă ca urmare a consumului de energie al clădirii.

	kgCO ₂ /m ² -an	kgCO ₂ -an
Emisii de CO ₂ din consumul de energie electrică	25,7	8547,58
Emisii de CO ₂ din alți combustibili	26,1	8674,73

2. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL CONSUMULUI DE ENERGIE PRIMARĂ NEREGENERABILĂ

Energia primară neregenerabilă înseamnă energia consumată de clădire din surse neregenerabile care nu a suferit niciun proces de conversie sau transformare.

INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI		
 < 123,0 A 123,0-199,8B 199,8-307,4 C 307,4-399,6 D 399,6-491,9 E 491,9-614,8 F ≥ 614,8 G 250,75 C	ÎNCĂLZIRE		Apă caldă menajeră
	Energie primară pentru încălzire [kWh/m²-an]	B	Energie primară pentru apă caldă menajeră [kWh/m²-an]
	98,9		123,27
	Consumul total de energie primară neregenerabilă [kWh/m²-an] ¹	RĂCIRE	
Energie primară pentru răcire [kWh/m²-an].		A	Energie primară pentru iluminat [kWh/m²-an].
0			25

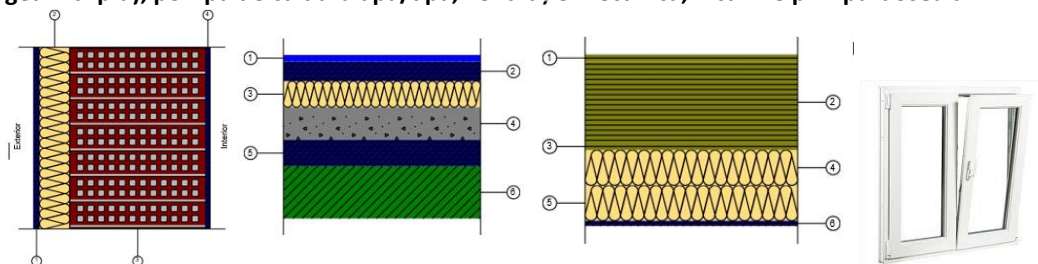
3. CLASIFICAREA CERERII PARȚIALE DE ENERGIE PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE

Cererea de energie pentru încălzire și răcire este energia necesară pentru menținerea condițiilor de confort interior ale clădirii.

CERERE DE ÎNCĂLZIRE	CERERE DE RĂCIRE
59,56 B	0,00 A
Cerere de încălzire [kWh/m²-an].	Cerere de răcire [kWh/m²-an].

¹ Indicatorul global este rezultatul sumei indicatorilor parțiali plus valoarea indicatorului pentru consumul auxiliar, dacă există (numai clădiri terțiare, ventilație, pompare etc.). Energia electrică autoconsumată se deduce numai din indicatorul global, nu din valorile parțiale.

- Cazul 4: Anvelopă îmbunătățită (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură apă/apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală**





Geothermal

Login

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W

Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

☐ Latent effectiveness

Consumul de energie al serviciilor tehnice ale clădirii

CLĂDIRE (= 332,39 m²)

Technical services	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/year) (kWh/m ² -year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	31041.55	93.39	36691.22	110.39	36598.15	110.11
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	56865.06	171.08	97841.14	294.36	87057.17	261.92

unde:

Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

EF: Energia finală consumată de serviciile tehnice la punctul de consum.

EP_{tot}: Consumul total de energie primară.

EP_{nren}: Consumul de energie primară din surse neregenerabile.



Consumul final de energie al clădirii. Rezultate lunare.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/year) kWh/m ² /year	
BUILDING (L ₀ = 332.39 m ²)															
Energy demand	Heating	4424.2	3828.3	2658.1	871.9	65.6	0.5	22.8	—	743.7	1465.5	3232.8	4741.6	22055.2	66.4
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	6125.0	5364.5	4358.9	2517.8	1766.4	1646.4	1723.6	1700.8	2389.6	3166.3	4878.8	6442.4	42080.6	126.6
Diesel C (Substitution system)	Heating	6195.1	5369.0	3771.8	1245.6	93.2	—	29.5	—	1060.9	2082.9	4553.0	6640.6	31041.5	93.4
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electricity	Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	—	—	—	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	—	—	—	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
	Cef _{tot}	8545.7	7473.0	6097.6	3489.2	2443.8	2243.6	1810.4	1780.9	2784.4	4433.5	6821.4	8941.6	56865.1	171.1

unde:

Su: Suprafața utilă inclusă în anvelopa termică, m².

Cef,tot: Consumul de energie la punctul de consum (energie finală), kWh/m²-an.

Clasa energetică a clădirii: Cazul 4 Îmbunătățire.

Zona climatică	E	Util	Alte utilizări
----------------	---	------	----------------

1. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL EMISIILOR

INDICATOR GENERAL		INDICATORI PARȚIALI			
		ÎNCĂLZIRE		Apă caldă menajeră	
		Emisii de încălzire [kgCO ₂ /m ² -an].		Emisii de apă caldă menajeră [kgCO ₂ /m ² -an].	
		29,04		20,8	
		RĂCIRE		ILUMINAT	
Emisii globale [kgCO ₂ /m ² -an] ¹		Emisii de răcire [kgCO ₂ /m ² -an]		Iluminat emisii [kgCO ₂ /m ² -an]	
		0		4,2	

Evaluarea globală a clădirii este exprimată în termeni de dioxid de carbon eliberat în atmosferă ca urmare a consumului de energie al clădirii.

	kgCO ₂ /m ² -an	kgCO ₂ -an
Emisii de CO ₂ din consumul de energie electrică	25,7	8547,58
Emisii de CO ₂ din alte combustibili	29	9653

2. CLASIFICAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRII DIN PUNCT DE VEDERE AL CONSUMULUI DE ENERGIE PRIMARĂ NEREGENERABILĂ

Energia primară neregenerabilă înseamnă energia consumată de clădire din surse neregenerabile care nu a suferit niciun proces de conversie sau transformare.



INDICATOR GENERAL	INDICATORI PARȚIALI		
	ÎNCĂLZIRE	Apă caldă menajeră	
	Energie primară pentru încălzire [kWh/m²-an]	B	Energie primară pentru apă caldă menajeră [kWh/m²-an]
	110,11		123,27
Consumul total de energie primară neregenerabilă [kWh/m²-an] ¹	RĂCIRE	ILUMINAT	
	Energie primară pentru răcire [kWh/m²-an].	A	Energie primară pentru iluminat [kWh/m²-an].
	0		25

3. CLASIFICAREA CERERII PARȚIALE DE ENERGIE PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE

Cererea de energie pentru încălzire și răcire este energia necesară pentru menținerea condițiilor de confort interior ale clădirii.

CERERE DE ÎNCĂLZIRE	CERERE DE RĂCIRE
Cerere de încălzire [kWh/m²-an].	Cerere de răcire [kWh/m²-an].

¹ Indicatorul global este rezultatul sumei indicatorilor parțiali plus valoarea indicatorului pentru consumul auxiliar, dacă există (numai clădiri terțiare, ventilație, pompare etc.). Energia electrică consumată propriu se deduce numai din indicatorul global, nu din valorile parțiale.

2. Analiza rezultatelor. Emisii, consumul de energie și clasa energetică a cazurilor

Compararea rezultatelor

Consumul final de energie (kWh/m²-an)

Servicii tehnice	Cazul 0 Situția inițială	Cazul 1 Imp 1	Cazul 2 Imp 2	Cazul 3 Imp 3	Cazul 4 Imp 4
Încălzire	311,69	95,36	93,39	83,92	93,39
Apă caldă menajeră	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09
Iluminat	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
Ventilație	-	1,71	1,71	1,71	1,71
TOTAL	387,68	173,05	171,08	161,61	171,08

Legendă

Imp 1- Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu+ ă pompă de căldură aer-apă

Imp 2- Îmbunătățire 2: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură aer-apă

Imp 3- Îmbunătățire 3: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Imp 4 - Îmbunătățire 4: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Consumul total de energie primară (kWh/m²-an)

Servicii tehnice	Cazul 0	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3	Cazul 4
	Situația inițială	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
Încălzire	3	112,71	110,39	99,19	110,39
Apă caldă menajeră	149,39	149,39	149,39	149,39	149,39
Iluminat	30,54	30,54	30,54	30,54	30,54
Ventilație	-	4,04	4,04	4,04	4,04
TOTAL	340,81	112,71	110,39	99,19	110,39

Legendă

Imp 1- Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu+ ă pompă de căldură aer-apă

Imp 2- Îmbunătățire 2: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură aer-apă

Imp 3- Îmbunătățire 3: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Imp 4 - Îmbunătățire 4: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Consumul total de energie primară din surse neregenerabile (kWh/m²·an)

Servicii tehnice	Cazul 0	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3	Cazul 4
	Situația inițială	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
Încălzire	35,96	112,43	110,11	98,94	110,11
Apă caldă menajeră	123,27	123,27	123,27	123,27	123,27
Iluminat	25,2	25,2	25,2	25,2	25
Ventilație	-	3,34	3,34	3,34	3,34
TOTAL	184,43	264,24	261,92	250,75	261,92

Legendă

Imp 1- Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu+ ă pompă de căldură aer-apă

Imp 2- Îmbunătățire 2: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură aer-apă

Imp 3- Îmbunătățire 3: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Imp 4 - Îmbunătățire 4: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Emisii ale clădirii (kgCO₂/m²·an)

Servicii tehnice	Cazul 0	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3	Cazul 4
	Situația inițială	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
CO ₂ din electricitate	29,5	25,7	25,7	25,7	25,7
CO ₂ din alte combustibili	5,37	29,66	29,04	26,1	29,04
TOTAL	34,9	55,37	54,76	51,81	54,76
Clasificare energetică	B	C	C	C	C

Legendă

Imp 1- Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu+ ă pompă de căldură aer-apă

Imp 2- Îmbunătățire 2: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură aer-apă

Imp 3- Îmbunătățire 3: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 15 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și planșeele cu 10 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

Imp 4 - Îmbunătățire 4: Îmbunătățirea anvelopei termice (pereți exteriori cu 10 cm vată minerală, placa peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și planșeele cu 8 cm polistiren extrudat) + ferestre cu geam triplu și pompă de căldură apă-apă

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

Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi trase la răspundere pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

Studiu de caz din România

Partea III: Studiu cost-beneficiu al măsurilor de eficiență energetică

1. Bugetul alternativelor de îmbunătățire

Îmbunătățire 1: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 15 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 30 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 10 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 10 cm	12,4
30 cm izolație din vată minerală	7,5
15 cm izolație din vată minerală pentru pereți	20,4
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalare)	330 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	10 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	12.4	5050
m	30 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	7.5	3450
m	15 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	20.4	5300
m	Ferestre din PVC cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură aer-apă 23 kW	1	1	11000	11000
	Boiler 100 l	1	1	300	300

Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
			Total	85300 €

Îmbunătățire 2: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea planșeelor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură aer-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 8 cm	9,92
20 cm izolație din vată minerală	5
10 cm izolație din vată minerală pentru pereți	13,5
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalat)	319 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	8 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	9,92	4040
m	20 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	5	2300
m	10 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	13.5	3550
m	Ferestre din PVC cu geam triplu (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură aer-apă 23 kW	1	1	11000	11000
	Boiler 100 l	1	1	300	300
	Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
	Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
				Total	81390 €

Îmbunătățire 3: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu vată minerală de 15 cm, a plăcii peste ultimul nivel cu vată minerală de 30 cm și izolarea planșeelor cu polistiren extrudat de 10 cm, ferestre cu geam triplu ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), pompă de căldură apă-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 10 cm	12,4
30 cm izolație din vată minerală	7,5
15 cm izolație din vată minerală pentru pereți	20,4
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalare)	330 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	10 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	12.4 €	5050 €
m	30 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	7.5	3450
m	15 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	20.4	5300
m	Ferestre din PVC cu geam triplu ($U= 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură apă-apă 24 kW	1	1	13900	13900
	Boiler 100 l	1	1	300	300
	Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
	Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
				Total	88200 €

Îmbunătățire 4: Îmbunătățirea anvelopei (izolarea pereților exteriori cu 10 cm vată minerală, a plăcii peste ultimul nivel cu 20 cm vată minerală și izolarea pardoselilor cu 8 cm polistiren extrudat, ferestre cu geam triplu), pompă de căldură apă-apă, ventilație mecanică, încălzire prin pardoseală

- Descrierea prețului

Element	Cost (€ / m ²)
Izolație din polistiren extrudat de 8 cm	9,92
20 cm izolație din vată minerală	5
10 cm izolație din vată minerală pentru pereți	13,5
Ferestre cu geam triplu	290
Cost total estimat (instalare)	319 €/ m²

Buget pentru îmbunătățiri 1:

Unitate	Descriere	n.	măsură	preț €	cantitate €
m	8 cm izolație din polistiren extrudat pentru pardoseli	1	407	9,92	4040
m	20 cm vată minerală pentru etajul superior	1	460	5	2300
m	10 cm vată minerală pentru izolarea pereților exteriori	1	260	13.5	3550
m	Ferestre din PVC cu geam triplu (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Uși din aluminiu	1	12	350	4200
	Pompă de căldură apă-apă 24 kW	1	1	13900	13900
	Boiler 100l	1	1	300	300
	Sistem complet de încălzire (sistem de încălzire prin pardoseală)	1	1	28000	28000
	Sistem de ventilație (3 unități de ventilație)	1	3	3200	9600
				Total	84290 €

4. Studiu cost-beneficiu al măsurilor de eficiență energetică

O analiză cost-beneficiu (CBA) în contextul renovării energetice a clădirilor este o evaluare structurată utilizată pentru a determina dacă investiția în îmbunătățirea performanței energetice a unei clădiri este justificată din punct de vedere economic.

Aceasta compară toate costurile preconizate ale renovării cu beneficiile financiare și nefinanciare pe care le va genera pe durata ciclului de viață al clădirii.

În acest studiu de caz, pentru realizarea acestei analize a fost utilizat software-ul CypeTherm Impromevent plus.

În acest studiu, au fost utilizate două metode pentru realizarea acestei analize:

- Perioada de recuperare simplă (SPP)
- Valoarea actuală netă (NPV)

Metoda 1: Perioada de recuperare simplă este una dintre cele mai simple metode de evaluare a randamentului financiar al unei investiții în eficiența energetică, cum ar fi renovarea energetică a unei clădiri.

Perioada de recuperare simplă (SPP) este perioada de timp (exprimată de obicei în ani) necesară pentru ca economiile cumulate de energie generate de o investiție să egaleze costul inițial al respectivei investiții.

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

Metoda 2: Metoda valorii actuale nete este unul dintre cele mai utilizate și mai solide instrumente financiare pentru evaluarea rentabilității unei investiții în timp. În contextul renovării energetice a clădirilor, NPV ajută la determinarea dacă economiile de energie pe termen lung și alte beneficii depășesc costurile inițiale ale renovării.

NPV este suma tuturor fluxurilor de numerar viitoare (cum ar fi economiile de energie, economiile de întreținere sau subvențiile), actualizate la valoarea lor actuală, minus costul inițial al investiției.

Aceasta ține cont de valoarea în timp a banilor, recunoscând că banii primiți (sau economisiți) în viitor au o valoare mai mică decât banii de astăzi.

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

Unde:

- B_t = Beneficii (de exemplu, economii de energie) în anul t
- C_t = Costuri de exploatare sau întreținere în anul t
- r = Rata de actualizare (rata dobânzii sau costul capitalului)
- t = Anul (1 până la n)
- I = Costul investiției inițiale
- n = Perioada de analiză (în ani)

Dacă $NPV > 0 \rightarrow$ Investiția este profitabilă

Dacă $NPV = 0 \rightarrow$ Investiția este rentabilă

Dacă $NPV < 0 \rightarrow$ Investiția nu este viabilă din punct de vedere financiar

Costul energiei luat în considerare:

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

Accept

Parametri pentru metoda valorii actuale nete:

Net Present Value	
☒ NCV calculation method	
The program uses the static analysis method to calculate the investment recovery period. By activating this option, the dynamic analysis will be included in the calculation process.	
Annual energy cost increase	3.00 %
☒ Discount fee	4.50 %
Foreseen inflation	1.20 %
Nominal interest type	0.00 %
Analysis period	22 Years

Accept

Rezumatul rezultatelor studiului cost-beneficiu al măsurilor de eficiență energetică:

	Costul net al investiției (EUR)	Costul anual al energiei (EUR)	Economii nete anuale (EUR)	Amortizare (ani)	NCV (an)	Consumul anual de energie primară neregenerabilă (kWh/m²)	Emisii (kg CO2/m²)
Cazul 0 (situația inițială)	0	16504,43	0	0	0	187,96	34,70
Cazul 1	85300,00	9757,83	6746,60	12,64	13,72	264,23	55,38
Cazul 2	81390,00	9694,97	6809,46	11,95	12,93	261,92	54,76
Cazul 3	88200,00	9392,78	7111,64	12,40	13,44	250,75	51,82
Cazul 4	84290,00	9694,97	6809,46	12,38	13,42	261,92	54,76

În tabelul de mai sus, coloana NCV răspunde la următoarea întrebare: Câți ani va dura recuperarea investiției, luând în considerare valoarea temporală a banilor?

	Costul net al investiției				Economii nete anuale				Perioada de recuperare a investiției (ani)
	Cost (EUR)	Subvenții (EUR)	Cost net rezultat (EUR)	Diferență (EUR)	Costul energiei (EUR/an)	Economii de energie (EUR/an)	Întreținere (EUR/an)	Economii nete (EUR/an)	
Cazul 0 (Situația inițială)	0	0	0	0	16504,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Cazul 1	85300,00	0	85300,00	85300,00	9757,83	6746,60	0,00	6746,60	12,64
Cazul 2	81390,00	0	81390,00	81390,00	9694,97	6809,46	0,00	6809,46	11,95
Cazul 3	88200,00	0	88200,00	88200,00	9392,78	7111,64	0,00	7111,64	12,40
Cazul 4	84290,00	0	84290,00	84290,00	9694,97	6809,46	0,00	6809,46	12,38

5. Concluzii

Din acest studiu se pot trage următoarele concluzii:

- **Evaluarea completă a clădirii finalizată.** Studiul de caz a evaluat în detaliu performanța energetică actuală a unei clădiri educaționale din România, utilizând tehnologii BIM, identificând ineficiențe majore în izolația anvelopei, performanța ferestrelor, sistemele de încălzire și ventilație. Clădirea se caracteriza printr-un consum ridicat de energie și un confort termic deficitar, în special în timpul sezonului de încălzire.
- **Măsuri de eficiență energetică identificate și modelate.** Au fost propuse și simulate o serie de măsuri de renovare energetică, printre care:
 - Izolarea pereților exteriori/acoperișului/planșeului.
 - Înlocuirea ferestrelor cu geam triplu.
 - Modernizarea sistemului de încălzire (prin intermediul unui sistem de pompă de căldură cu aer sau apă și a unui sistem de încălzire prin pardoseală)
 - Ventilație mecanică cu recuperare de căldură
- **Potențial substanțial de economisire a energiei.** Analiza a arătat că implementarea unei combinații de măsuri pasive și active ar putea reduce consumul de energie primară pentru încălzire cu 70%. Aceste economii sunt deosebit de semnificative, având în vedere clima rece a României și sezonul lung de încălzire.
- **Rezultatele cost-beneficiu variază în funcție de măsură.** Evaluarea financiară a relevat că:
 - Strategiile de renovare profundă (izolare, înlocuirea ferestrelor) necesită investiții mai mari, dar oferă randamente pe termen lung.
 - Modernizarea sistemului de încălzire și noua ventilație mecanică reduc consumul de energie.
 - Dacă toate măsurile luate în considerare în studiu sunt implementate, perioada de recuperare a investiției este considerabil redusă (12 ani), deoarece se obțin economii de energie mai mari.
- **Combinarea măsurilor dă cele mai bune rezultate.** Cel mai echilibrat și durabil rezultat se obține prin combinarea îmbunătățirilor pasive (izolare, etanșeitate) cu sisteme active (sistem modern de



încălzire și sistem de ventilație). Această sinergie maximizează economiile de energie, menținând confortul interior și sporind valoarea globală a clădirii.

- **Fezabilitatea tehnică și economică confirmată.** În ciuda barierelor inițiale legate de investiții, studiul confirmă că renovarea energetică este fezabilă din punct de vedere tehnic și benefică din punct de vedere economic pentru clădire. Utilizând indicatori precum NPV și SPP, toate măsurile prezintă performanțe economice acceptabile, în special dacă sunt implementate simultan.
- **Sprijină obiectivele naționale și ale UE în materie de renovare.** Cazul este în conformitate cu Pactul verde și strategia „Renovare pentru o economie verde și un mediu mai sănătos” ale UE, contribuind la obiectivele de neutralitate a carbonului, eficiență energetică și medii interioare mai sănătoase în clădirile publice și rezidențiale.