

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Kolenac, M., 2013. "Celovita" energetska izkaznica. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Krainer, A., somentor Košir, M.): 62 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Kolenac, M., 2013. "Celovita" energetska izkaznica. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Krainer, A., co-supervisor Košir, M.): 62 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidat:

MARKO KOLENAC

"CELOVITA" ENERGETSKA IZKAZNICA

Diplomska naloga št.: 488/KS

"COMPREHENSIVE" ENERGY CERTIFICATE

Graduation thesis No.: 488/KS

Mentor:
prof. dr. Aleš Krainer

Predsednik komisije:
doc. dr. Tomo Cerovšek

Somentor:
doc. dr. Mitja Košir

Član komisije:
prof. dr. Bogdan Zgonc

Ljubljana, 27. 06. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Marko Kolenac izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom: »Celovita« energetska izkaznica.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 10. 6. 2013

Marko Kolenac

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	UDK:697:699.8:727.3(043.2)
Avtor:	Marko Kolenac
Mentor:	prof. dr. Aleš Krainer
Somentor:	doc. dr. Mitja Košir
Naslov:	»Celovita« energetska izkaznica
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – VSŠ
Opis in oprema:	62 str., 32 pregl., 7 graf., 20 sl.
Ključne besede:	Energetska izkaznica stavbe, učinkovita raba energije, stavba FGG, Direktiva 2010/31/EU, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, monitoring porabljene energije.

Izvleček:

Diplomsko delo obravnava računsko in merjeno energetska izkaznica stavbe, katere izračuna sta bila opravljena na primeru stavbe Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani – stavbe FGG. Potrebni izračuni dovedene energije za delovanje stavbe so bili opravljeni v skladu z metodologijo, opredeljeno v veljavni zakonski podlagi. Diplomsko delo podaja ukrepe za izboljšanje toplotnega ovoja stavbe in predstavlja predlog »monitoringa« porabljene energije v stavbi, ki bi upravitelju in uporabnikom stavbe omogočal dosledno spremljanje podatkov o rabi energije. Skupaj s predlogom avtomatizacije ogrevanja in razsvetljave bi lahko v obravnavani stavbi dosegli večjo energetska učinkovitost in posledično racionalnejšo rabo energije.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK:	UDK:697:699.8:727.3(043.2)
Author:	Marko Kolenac
Supervisor:	Prof. Aleš Krainer, Ph. D.
Co-advisor:	Assist. prof. Mitja Košir, Ph. D.
Title:	"Comprehensive" Energy Certificate
Document type:	Graduation Thesis – Higher professional studies
Notes:	62 p., 32 tab., 7 diag., 20 fig.
Keywords:	Energy certificate of the building, efficient use of energy, FGG building, Directive 2010/31/EU, Regulations on efficient use of energy in buildings, monitoring of the energy consumption.

Abstract:

The thesis discusses calculated and measured energy certificates of a building, which were calculated and measured for the building of the Faculty of Civil Engineering and Geodesy in Ljubljana - the FGG building. The necessary calculations of the energy provided for functioning of the building were performed in accordance with the methodology specified in the applicable legal basis. The thesis provides measures for improving the thermal envelope of the building and presents an example of monitoring the consumed energy in the building, which would enable the building's manager and its users consistent monitoring of the information on energy consumption. In combination with the suggestion on automatisisation of heating and lighting, higher energy efficiency and consequently more rational use of energy could be achieved in the building.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomskega dela se zahvaljujem mentorju prof. dr. Alešu Krainerju in somentorju doc. dr. Mitji Koširju.

Posebna zahvala tudi družini, Petri in prijateljem za vso spodbudo v času študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA.....	V
1 UVOD	1
2 RABA ENERGIJE V STAVBAH V SLOVENIJI.....	3
2.1 Raba energije v gospodinjstvih.....	3
2.2 Raba energije v javnem sektorju	4
3 ZAKONODAJA GLEDE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVB	7
3.1 Energetski zakon (EZ-UPB2).....	7
3.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, PURES-2 2010	8
3.3 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb.....	11
4 ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE NA PRIMERU STAVBE FGG.....	13
4.1 Predstavitev stavbe FGG	13
4.2 Metodologija izračuna računske energetske izkaznice za stavbo FGG.....	16
4.2.1 Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in pripravo tople vode ter letnega potrebnega hladu za hlajenje stavbe	17
4.3 Program za izračun energetske izkaznice TOST	18
4.4 Vhodni podatki za izdelavo računske energetske izkaznice stavbe.....	19
4.4.1 Klimatski podatki.....	20
4.4.2 Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode v stavbi FGG	21
4.4.3 Projektna temperatura ogrevanja in hlajenja ter računski podobdobja	21
4.4.4 Notranji toplotni viri	22
4.4.5 Površina transparentnega ovoja stavbe	22
4.4.6 Gradbeno fizikalne lastnosti transparentnega ovoja stavbe	23
4.4.7 Konstrukcijski sklopi stavbe FGG.....	25
4.4.8 Toplotni mostovi na zunanjem ovoju stavbe FGG	27
4.4.9 Toplotna kapaciteta konstrukcije stavbe FGG.....	29
4.4.10 Prezračevanje.....	29

4.4.11 Razsvetljava.....	30
4.4.12 Priprava tople vode.....	31
4.5 Računska energetska izkaznica stavbe FGG	31
4.5.1 Rezultati računske energetske izkaznice stavbe FGG	31
4.5.2 Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe FGG	32
4.6 Merjena energetska izkaznica stavbe FGG	36
4.6.1 Izračun specifičnih emisij CO ₂ za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG.....	37
4.6.2 Izračun letne primarne energije za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG.....	38
4.6.3 Energetski kazalniki merjene energetske izkaznice stavbe FGG	38
4.7 Primerjava računske in merjene energetske izkaznice	39
5 DODATNI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE FGG.....	41
5.1 Zasnova za monitoring porabe in proizvodnje energije ter porabe sanitarne vode v stavbi FGG.....	41
5.1.1 Predstavitev KNX standarda	42
5.1.2 Načini zajemanja podatkov o porabljeni in proizvedeni energiji ter porabljeni sanitarni vodi v stavbi FGG	44
5.1.2.1 Merjenje porabe električne energije	45
5.1.2.2 Merjenje porabe toplotne energije.....	46
5.1.2.3 Merjenje porabe sanitarne vode	47
5.1.3 Primer povezovanja pametnih merilnikov v sistem monitoringa	47
5.1.4 Primer monitoringa porabe in proizvodnje energije v stavbah ter porabe sanitarne vode....	48
5.2 Avtomatizacija ogrevanja in razsvetljave v stavbi FGG	49
5.2.1 Avtomatizacija ogrevanja v predavalnicah in računalniških učilnicah stavbe FGG	51
5.2.1.1 Primer prihranka energije na podlagi avtomatizacije ogrevanja	52
5.2.2 Avtomatizacija razsvetljave v predavalnicah in računalniških učilnicah stavbe FGG	53
5.2.2.1 Primer prihranka energije na podlagi avtomatizacije razsvetljave	55
6 ZAKLJUČEK.....	56
VIRI	58

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Raba končne energije v javnem sektorju po vrstah stavb ter specifična raba končne energije na površino stavb [7]	5
Preglednica 2: Razredi energetske učinkovitosti	12
Preglednica 3: Površina in prostornina prostorov v pritličju	15
Preglednica 4: Površina in prostornina prostorov v tipičnem nadstropju	16
Preglednica 5: Povprečne mesečne temperature, število ogrevanih dni, globalno sončno sevanje za lokacijo stavbe FGG	20
Preglednica 6: Klimatski podatki za lokacijo stavbe FGG	20
Preglednica 7: Koeficienti za izračun učinkovitosti sistemov v stavbi FGG	21
Preglednica 8: Dimenzije transparentnega ovoja vzhodne fasade	22
Preglednica 9: Dimenzije transparentnega ovoja zahodne fasade	23
Preglednica 10: Dimenzije transparentnega ovoja južne fasade	23
Preglednica 11: Dimenzije transparentnega ovoja severne fasade	23
Preglednica 12: Konstrukcijski sklop 1 (KS1)	25
Preglednica 13: Konstrukcijski sklop 2 (KS2)	25
Preglednica 14: Konstrukcijski sklop 3 – streha (KS4)	26
Preglednica 15: Konstrukcijski sklop 4 – tla na terenu (KS4)	26
Preglednica 16: Površine oken in konstrukcijskih sklopov ovoja stavbe ter toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov	27
Preglednica 17: Primerjava toplotnih prehodnosti uporabljenih konstrukcijskih sklopov z U_{max}	27
Preglednica 18: Linijski toplotni mostovi na stavbi FGG	29
Preglednica 19: Gostota svetilk za posamezne tipe prostorov	30
Preglednica 20: Energetski kazalniki in koeficient transmisijskih izgub H_T' stavbe FGG na podlagi izračuna s programom TOST	31
Preglednica 21: Konstrukcijski sklop KS2* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS2)	32
Preglednica 22: Konstrukcijski sklop KS1* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS1)	33
Preglednica 23: Konstrukcijski sklop KS3* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS3)	33
Preglednica 24: Konstrukcijski sklop KS4* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS4)	34
Preglednica 25: H_T' in Q_{NH}/V_e za obstoječe stanje stavbe FGG in za posamezne predlagane ukrepe	35
Preglednica 26: Poraba toplotne in električne energije v stavbi FGG na podlagi odčitavanja merilnikov porabe	36

Preglednica 27: Specifične emisije CO ₂ za posamezne vrste energentov [12]	37
Preglednica 28: Specifične emisije CO ₂ za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG	38
Preglednica 29: Faktorji pretvorbe za izračun letne primarne energije za posamezne vrste energentov [12]	38
Preglednica 30: Primarna energija za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG	38
Preglednica 31: Energetski kazalniki za merjeno izkaznico stavbe FGG	39
Preglednica 32: Primerjava računske in merjene energetske izkaznice	40

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Poraba energije po namenih v gospodinjstvih leta 2011 [4]	4
Grafikon 2: Raba energije za ogrevanje in pripravo tople vode ter za razsvetljavo in pogon naprav [7] 5	
Grafikon 3: H_T' in Q_{NH}/V_e za obstoječe stanje stavbe FGG in za posamezne predlagane ukrepe	35
Grafikon 4: Poraba toplotne in električne energije v stavbi FGG na podlagi odčitavanja merilnikov porabe	37
Grafikon 5: Primerjava energetskih kazalnikov računske in merjene energetske izkaznice	40
Grafikon 6: Primerjava porabljene toplotne energije v prostoru s KNX sistemom in v sobi brez KNX sistema [47]	53
Grafikon 7: Prihranki električne energije na podlagi »daylight harvesting« metode osvetlitve [50]	55

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokacija stavbe FGG na Jamovi cesti v Ljubljani [16].....	13
Slika 2: Fasada stavbe FGG (levo jugozahodna, desno severna fasada).....	14
Slika 3: Tloris nadstropja stavbe FGG	14
Slika 4: Prečni prerez stavbe FGG	15
Slika 5: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri [12]	17
Slika 6: Primer delovnega lista v programu TOST (osnovni podatki).....	19
Slika 7: Povprečna letna temperatura zraka za obdobje 1971–2000 [20]	21
Slika 8: Tloris predavalnice v 1. nadstropju, pozicija vertikalnih toplotnih mostov (neizolirani AB steber).....	28
Slika 9: Prečni prerez stavbe FGG, pozicija horizontalnih toplotnih mostov	28
Slika 10: Shematski prikaz monitoringa energije.....	42
Slika 11: Hierarhija KNX sistema [34]	44
Slika 12: Merilnik porabe električne energije Siemens 7KT PAC1500 [36]	46
Slika 13: Merilnik toplotne energije Siemens UH50 [37].....	46
Slika 14: Pretočni števec in enota za merjenje porabe vode KNX-IMPZ-WZ-M (podjetje Arcus-eds) [38]	47
Slika 15: Sistem »FacilityWeb®« podjetja Lingg&Janke [39].....	48
Slika 16: Prikaz rabe električne energije skozi dan [40]	49
Slika 17: Prikaz razčlenjene porabe energije [40].....	49
Slika 18: Grafični prikaz primerjave električne energije v dveh različnih stavbah [40]	49
Slika 19: Brežžični sistem reguliranja temperature v prostoru, sestavljen iz mehanskega radijsko vodenega ventila SSA955 in nadzorne enote QAW912 proizvajalca Siemens [46].....	52
Slika 20: Predavalnica v prvem nadstropju stavbe FGG.....	54

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Preudarna, racionalna in učinkovita raba energije je izrednega pomena za zagotavljanje trajnostne oskrbe z energijo, saj posledično vpliva na manjšo odvisnost od omejenih virov energije, obenem pa pripomore k varovanju in ohranitvi narave.

Delež energije, ki jo za delovanje in oskrbo potrebujejo stavbe, predstavlja kar 40 % skupaj porabljene energije v Evropski Uniji (v nadaljevanju EU) [1]. Glede na to, da je prav stavbni sektor v porastu, sta zmanjšanje porabe energije v stavbah in raba energije iz obnovljivih virov poglobitnega pomena za zmanjšanje energetske odvisnosti držav EU in za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Poleg ostalih bi EU z navedenimi ukrepi učinkoviteje sledila spoštovanju Kjotskega protokola k Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) in lažje izpolnila dolgoročno zavezanost za ohranitev svetovnega dviga temperature pod 2 °C ter do leta 2020 zmanjšala skupne emisije toplogrednih plinov za vsaj 20 % glede na vrednost iz leta 1990 [2].

Področje energetske učinkovitosti stavb ureja prenovljena Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb (v nadaljevanju EPBD-r), ki navaja, da bi bilo potrebno v prihodnje za javne stavbe zahtevati redno energetske certificiranje in posredovanje informacij o njihovi energetske učinkovitosti s prikazom energetske izkaznice. Prav stavbe, ki jih uporabljajo javni organi, in stavbe, v katerih se pogosto zadržuje večje število ljudi, bi morale biti vzgled pri upoštevanju energetske in posledično tudi širših okoljske vidikov.

V diplomski nalogi bom na primeru stavbe Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani (v nadaljevanju FGG) predstavil predlog nadgradnje standardne energetske izkaznice v »celovito, dinamično«, ki bi v realnem času beležila in razčlenjeno prikazovala podatke o:

- porabljeni energiji za ogrevanje in hlajenje stavbe, za ogrevanje sanitarne vode ter porabljeni električni energiji in
- pridobljeni energiji iz obnovljivih virov.

Obstoječe porabnike energije sem glede na namen razdelil v 4 skupine, in sicer ogrevanje in hlajenje prostorov, ogrevanje in količina porabljene sanitarne vode, razsvetljava ter napajanje računalnikov in ostalih elektronskih naprav. Pridobljene podatke trenutne in povprečnih mesečnih količin porabljene energije za posamezno vrsto porabnika pa bi želel predstaviti s pomočjo zaslona v avli fakultete. S tako razčlenjenim načinom prikaza dejansko porabljene energije bi želel vplivati predvsem na uporabnike stavb in jih spodbuditi, da aktivno sodelujejo pri učinkovitejši rabi energije v skupnih prostorih stavbe. Gre za dodaten korak k zavedanju, koliko energije se lahko s preudarno rabo namensko privarčuje ter tako poskrbi za boljši jutri. Natančna analiza pridobljenih podatkov o porabljeni energiji in pridobljeni energiji (»monitoring« poteka neprekinjeno) lahko doprinese k

optimizaciji porabe energije v stavbi. Poleg »monitoringa« predlagam tudi vzpostavitev »on-line« sistema za vključevanje stavb v evidenco o energijski bilanci. V sistem bi se lahko vključile javne, pa tudi zasebne stavbe.

Diplomsko nalogo sem razdelil na štiri dele. V prvem delu sem povzel statistične podatke o rabi energije v stavbah po Sloveniji in predstavil zakonodajno-pravni okvir ureditve področja energetske učinkovitosti stavb. Drugi del diplomske naloge je zasnovan kot izračun računske in merjene energetske izkaznice na primeru stavbe FGG skupaj s predlogi ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. V nadaljevanju sem predstavil zasnovo monitoringa porabe in proizvodnje energije v stavbi ter porabe sanitarne vode. V zadnjem delu diplomskega dela pa sem predstavil možnosti avtomatizacije sistemov ogrevanja in razsvetljave kot dodatnega ukrepa za racionalizacijo, t. j. zmanjšanje porabe energije v stavbi FGG.

2 RABA ENERGIJE V STAVBAH V SLOVENIJI

Glede na geografski položaj imamo na področju Slovenije tri različne tipe podnebja [3]:

- **Zmerno celinsko** – zajema večji del Slovenije, povprečne temperature najhladnejšega meseca so nižje od 0 °C.
- **Submediteransko** – najbolj toplo in milo podnebje v državi, kjer vplivi morja blažijo zimski mraz in poletno vročino.
- **Alpsko** – značilno za alpska visokogorja, pripadajoče doline in nekatere dinarske planote, kjer so temperature čez vse leto nižje kot drugod.

Glede na tipe podnebja praktično povsod v Sloveniji potrebujemo ogrevanje prostorov v mrzlih mesecih. Najintenzivnejše je ogrevanje v severnem in v osrednjem delu Slovenije. Če primerjamo podatke o trajanju kurilne sezone, lahko opazimo, da obstajajo precej velike razlike glede na geografsko lego kraja. V Kranjski Gori je na primer kar 305 dni v celem letu kurilnih, medtem ko jih ima Koper samo 200.

Problem vzdrževanja udobnega bivalnega in delovnega okolja se pojavi tudi v poletnem času, ko dnevne temperature precej narastejo. V velikem delu Slovenije, predvsem pa na Primorskem, je potrebno ohlajevati prostore, v katerih se zadržuje veliko ljudi in kjer je velika gostota tehnične opreme (npr.: računalnice, pisarne). Tako se predvsem v javnih in pisarniških stavbah porabi zajeten del energije tudi na račun hlajenja prostorov v poletnem času.

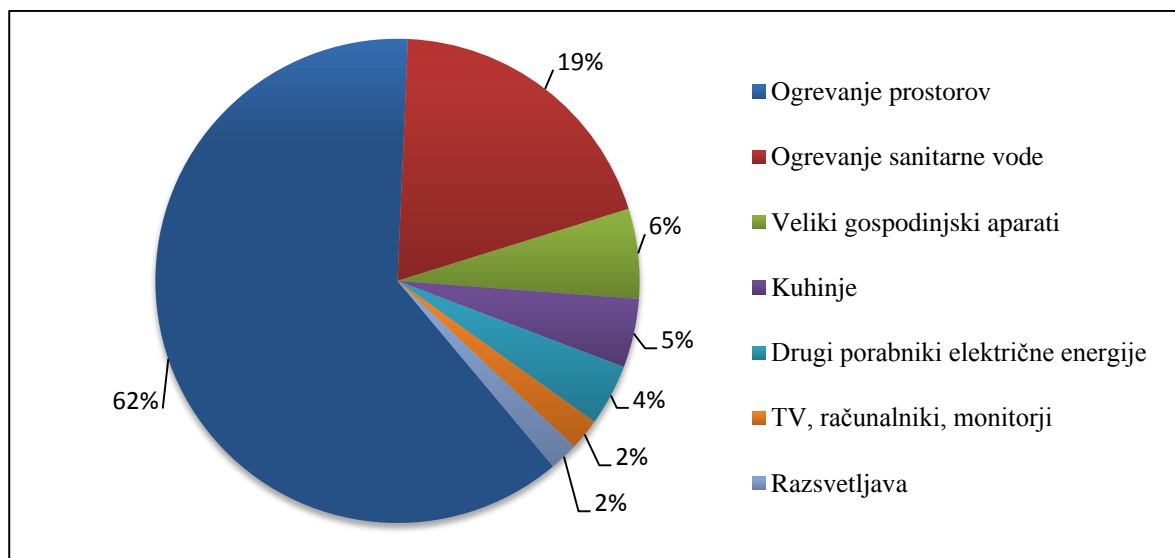
Deleži porabljene energije se razlikujejo tudi glede na uporabnost stavbe oziroma njeno namembnost. Predvsem se razlikujeta raba energije za posamezne sisteme v zasebnih in javnih stavbah.

Za izboljšanje učinkovitosti rabe energije v stavbah, tako stanovanjskih, kakor tudi nestanovanjskih, je pomembno, da pridobimo čim več podatkov o rabi energije ločeno za posamezne skupine porabnikov. Tako lahko temeljito preučimo količino porabljene energije in identificiramo področja, na katerih lahko z določenimi varčevalnimi ukrepi ali s posodobitvijo posameznih sistemov učinkovito zmanjšamo porabo energije.

2.1 Raba energije v gospodinjstvih

Vrednosti razčlenjene porabe energije v gospodinjstvih leta 2011 glede na posamezen namen sem povzel po podatkih Statističnega Urada Republike Slovenije [4].

Grafikon 1: Poraba energije po namenih v gospodinjstvih leta 2011 [4]



Daleč največ energije v gospodinjstvih, kar 61,8 %, porabimo za ogrevanje prostorov. Z izboljšanjem sistema ogrevanja oziroma s preprečevanjem izgub toplote lahko bistveno omejimo rabo energije v stavbah. Žal pa je v Sloveniji veliko stanovanjskih blokov in stanovanjskih hiš brez toplotne izolacije ali z nezadostno toplotno izolacijo zunanjega ovoja, kar gre predvsem na račun gradnje stanovanjskih objektov v času pred letom 1980, ko so veljali drugačni standardi izgradnje oziroma zahteve za toplotno izolacijo stavb. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je bilo namreč kar 70 % vseh stanovanj v Sloveniji zgrajenih pred letom 1980 [5].

Drugi največji delež porabljene energije v gospodinjstvih predstavlja ogrevanje sanitarne vode. Zajema 19,5 % celotne porabljene energije. Priprava tople vode v stanovanjskih blokih se izvaja predvsem lokalno, z električnimi grelci. Energetsko učinkovitejši način pa predstavlja centralna priprava tople vode. Z uporabo toplotnih črpalk, ki izkoriščajo toploto zraka, talne in površinske vode, zemlje, akumulirane sončne energije in drugih medijev, lahko privarčujemo do 2/3 električne energije. Nekoliko dražja investicija je namestitev sončnih sprejemnikov toplote. Površina 6–8 m² nameščenih sprejemnikov sončne energije in hranilnika toplote od 200 do 300 litrov zadostuje kar za 70 % ali več potreb po topli vodi za štiričlansko družino [6].

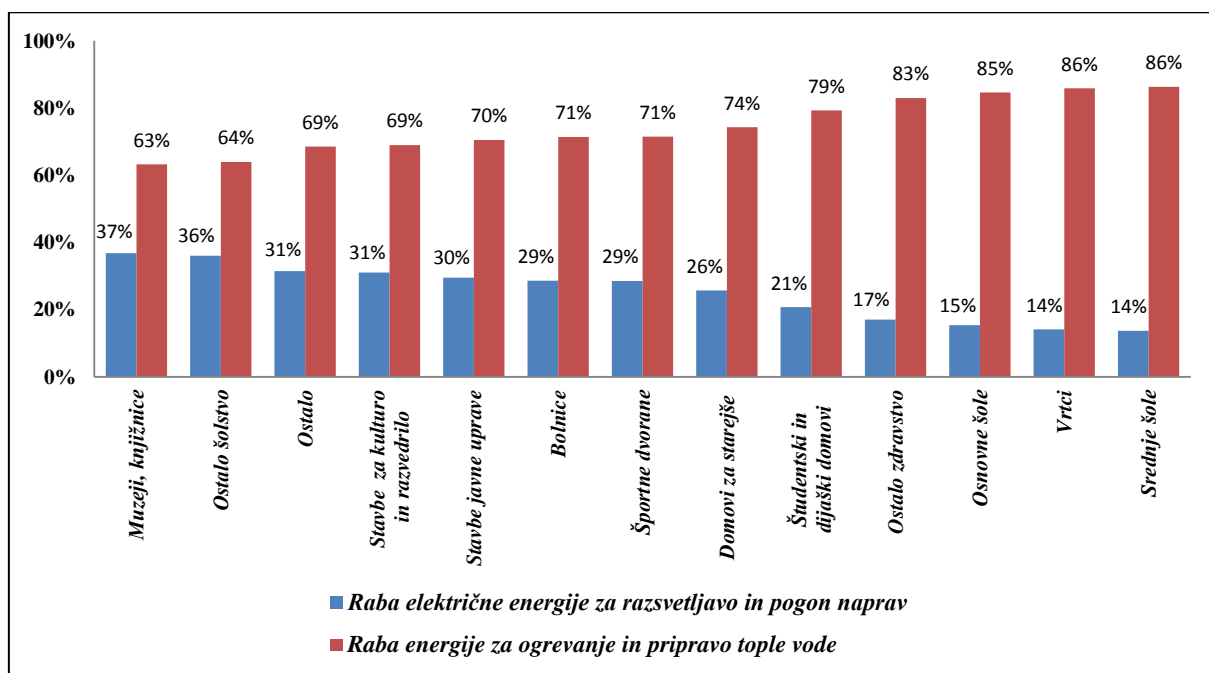
2.2 Raba energije v javnem sektorju

Inštitut »Jožef Štefan« – Center za energetska učinkovitost je izvedel analizo rabe energije v javnem sektorju, stroškov zanjo in vplivov na okolje [7]. Model rabe energije v javnem sektorju je bil razčlenjen glede na dejavnosti, ki se opravljajo v stavbah. Podrobnejši opisi so predstavljeni v preglednici 1.

Preglednica 1: Raba končne energije v javnem sektorju po vrstah stavb ter specifična raba končne energije na površino stavb [7]

Vrsta stavbe/Dejavnost	Raba električne energije za razsvetlavo in pogon naprav	Raba energije za ogrevanje in pripravo tople vode	Raba končne energije	Delež	Specifična raba končne energije
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(%)	(kWh/m ²)
Domovi za starejše	126	364	490	7 %	336
Študentski in dijaški domovi	34	130	164	2 %	169
Ostalo	34	74	108	2 %	195
Stavbe javne uprave	218	520	738	11 %	203
Stavbe za kulturo in razvedrilo	202	448	651	10 %	165
Muzeji, knjižnice	96	166	261	4 %	206
Vrtci	36	219	255	4 %	241
Osnovne šole	155	853	1008	15 %	142
Srednje šole	54	340	394	6 %	150
Ostalo šolstvo	207	368	574	9 %	243
Bolnice	326	813	1139	17 %	553
Ostalo zdravstvo	89	433	522	8 %	210
Športne dvorane	121	303	424	6 %	141
SKUPAJ (brez javne razsvetljave)	1698	5031	6728		

Grafikon 2: Raba energije za ogrevanje in pripravo tople vode ter za razsvetlavo in pogon naprav [7]



V zgornji preglednici 1 in na grafikonu 2 so prikazani podatki rabe energije v stavbah v javnem sektorju. Podatki so ločeni glede na rabo električne energije za razsvetljavo in pogon naprav ter rabo energije za ogrevanje in pripravo tople vode. V stavbah v kategoriji Ostalo šolstvo, kamor spada tudi stavba FGG v Ljubljani, znaša poraba energije za razsvetljavo in pogon naprav kar 37 % celotne porabljene energije, za ogrevanje in pripravo tople vode pa se porabi 64 % celotne porabljene energije. Večji delež porabljene energije za razsvetljavo in pogon naprav imajo le muzeji in knjižnice. Na podlagi tega lahko sklepamo, da lahko v takšnih stavbah velik del energije privarčujemo s posodobitvijo sistema razsvetljave, predvsem pa z uvedbo avtomatizacije le-te. To področje sem podrobneje obravnaval v poglavju 5.2.2. Če pogledamo specifično rabo končne energije, ugotovimo, da največ porabijo bolnišnice, kar 553 kWh/m^2 . Po specifični končni porabi ji sledijo domovi za starejše, vrtci, kategorija ostalo šolstvo (stavba FGG) pa je na četrtem mestu. Ostalo šolstvo porabi v povprečju 243 kWh/m^2 in predstavlja 7 % delež porabe vse energije v javnem sektorju. Zanimiva je tudi primerjava osnovnih šol, srednjih šol in vrtcev z ostalim šolstvom. Delež porabljene energije za razsvetljavo in pripravo tople vode je v ostalem šolstvu večji za kar 23 %.

3 ZAKONODAJA GLEDE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVB

Podlagi za implementiranje zakonodaje o energetske učinkovitosti stavb sta Direktiva 2002/91/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2002 o energetske učinkovitosti stavb (EPBD) [8] in prenovljena direktiva EPBD-r z dne 19. maja 2010. Slednja opredeljuje naslednje pomembne člene glede energetskega certificiranja stavb in povečevanja energetske učinkovitosti v stavbah:

- sprejetje metodologije za izračunavanje energetske učinkovitosti stavb,
- določitev minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti stavb,
- izračunavanje stroškovno optimalnih ravni minimalnih zahtev energetske učinkovitosti,
- uvajanje nič-energijskih stavb v novogradnjo,
- opredelitev pojma energetskih izkaznic, izdajanja in prikazovanja le-teh,
- pregled ogrevalnih sistemov,
- pregled klimatskih sistemov.

Področje Energetske izkaznice stavbe je v Sloveniji pravno opredeljeno z naslednjimi zakoni in pravilniki:

- Energetski zakon (uradno prečiščeno besedilo) (EZ-UPB2) [9] in Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-E) [10],
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES-2-2010) [11] in z njim povezana Tehnična smernica TSG-1-004:2010 [12],
- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [13] in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah le-tega [14],
- Pravilnik o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetskih izkaznic [15].

V nadaljevanju bom na kratko predstavil bistvene dele posameznih zakonov in pravilnikov, ki so neposredno povezani z energetske izkaznico stavbe.

3.1 Energetski zakon (EZ-UPB2)

Prečiščeno besedilo Energetskega zakona EZ-UPB2 obsega:

- Energetski zakon EZ in popravek Energetskega zakona - EZ (z dne 31. 1. 2000),
- Zakon o državni upravi - ZDU-1,
- Zakon o graditvi objektov - ZGO-1,
- Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona - EZ-A,
- Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona - EZ-B,
- popravek Zakona o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona - EZ-B.

»Ta zakon določa načela energetske politike, pravila za delovanje trga z energijo, načine in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb na področju energetike, načela zanesljive oskrbe in učinkovite rabe energije ter pogoje za obratovanje energetskih postrojenj, pogoje za opravljanje energetske dejavnosti, ureja izdajanje licenc in energetskih dovoljenj ter organe, ki opravljajo upravne naloge po tem zakonu.« [9]

9. poglavje zakona (Učinkovita raba in obnovljivi viri energije) zajema tudi energetske certificiranje stavb. Pomembnejše zahteve, povezane s tem poglavjem zakona in Zakonom o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-E), so naslednje:

- Lastnik stavbe ali njenega posameznega dela mora pri prodaji ali oddaji le-tega v najem kupcu oziroma najemniku najpozneje pred sklenitvijo pogodbe predložiti veljavno energetske izkaznice stavbe ali njenega posameznega dela.
- Pri prodaji in oddaji stavbe ali posameznega dela stavbe mora lastnik pri oglaševanju navesti razred energetske učinkovitosti stavbe ali posameznega dela stavbe iz energetske izkaznice.
- Namesto energetske izkaznice posameznega dela stavbe se lahko predloži energetska izkaznica za celotno stavbo.
- Energetske izkaznice izdelujejo neodvisni strokovnjaki iz 68. d člena tega zakona na zahtevo stranke.
- Energetska izkaznica stavbe mora vsebovati referenčne vrednosti, ki omogočajo primerjavo in oceno energetske učinkovitosti stavbe.

3.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, PURES-2 2010

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, PURES-2 2010 (v nadaljevanju Pravilnik PURES-2 2010) se uporablja pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji starih oziroma njenih posameznih delov, kjer se posega v najmanj 25 % površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo.

Gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev Pravilnika PURES-2 2010 in metodologije izračuna energijskih lastnosti stavbe določa obvezna Tehnična smernica za graditev, TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije (v nadaljevanju TSG4). Na podlagi Pravilnika PURES-2 2010 morajo biti izpolnjene tehnične zahteve o učinkoviti rabi energije v stavbah na področju:

- toplotne zaščite,
- ogrevanja,
- hlajenja,
- prezračevanja,
- priprave tople vode v stavbah,

- zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi,
- metodologije za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z EPBD-r o energetske učinkovitosti stavb.

Za doseganje energetske učinkovitosti stavb Pravilnik PURES-2 2010 v 7. členu določa naslednje količine, ki ne smejo biti presežene:

- koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe, določen z izrazom H'_T (W/m²K):

$$H'_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4}$$

f_0 faktor oblike (m⁻¹) je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano površino stavbe

T_L povprečna letna temperatura zunanjega zraka (°C)

z razmerje med površino transparentnega in netransparentnega dela stavbnega ovoja

- dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh) stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine A_u oziroma prostornine V_e stavbe

– za stanovanjske stavbe:

$$\frac{Q_{NH}}{A_u} \leq 45 + 60f_0 - 4,4T_L \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

– za nestanovanjske stavbe:

$$\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,32(45 + 60f_0 - 4,4T_L) \text{ (kWh/m}^3\text{)}$$

– za javne stavbe:

$$\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,29(45 + 60f_0 - 4,4T_L) \text{ (kWh/m}^3\text{)}$$

- dovoljen letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh) stavbe, preračunan na enoto hlajene površine stavbe A_u

– za stanovanjske stavbe:

$$\frac{Q_{NC}}{A_u} \leq 50 \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

- letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi Q_P (kWh), preračunana na enoto ogrevane površine stavbe A_u

– za stanovanjske stavbe

$$\frac{Q_P}{A_u} \leq 200 + 1,1(60f_0 - 4,4T_L) \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

- toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega udobja

Poleg zgoraj navedenih zahtev mora stavba za doseganje energetske učinkovitosti najmanj 25 % celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotoviti z uporabo obnovljivih virov energije v stavbi. V kolikor ta zahteva ni izpolnjena, mora biti delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode pridobljen na enega od naslednjih načinov:

- najmanj 25 % iz sončnega obsevanja,
- najmanj 30 % iz plinaste biomase,
- najmanj 50 % iz trdne biomase,
- najmanj 70 % iz geotermalne energije,
- najmanj 50 % iz toplote okolja,
- najmanj 50 % iz naprav SPTE z visokim izkoristkom v skladu s predpisom, ki ureja podpore električni energiji, proizvedeni v soproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom,
- je stavba najmanj 50 % oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja.

Prav tako je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh) stavbe iz 7. člena za najmanj 30 % nižja od mejne vrednosti. Energijsko učinkovitost enostanovanjske stavbe dosežemo, poleg upoštevanja 7. člena pravilnika, tudi z vgradnjo najmanj 6 m² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/m².

Zgoraj navedene zahteve se dokazujejo v elaboratu gradbene fizike za področje učinkovite rabe energije. Izdelani elaborat mora vsebovati vsaj:

- vhodne podatke,
- navedbo uporabljenih metod in uporabo privzetih vrednosti,
- izračune, iz katerih mora biti razvidno, da projektirane gradbene konstrukcije in stavba kot celota izpolnjujejo zahteve iz tega pravilnika,
- vmesne rezultate za elemente učinkovite rabe energije (toplotna zaščita, ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, priprava tople vode, razsvetljava, obnovljivi viri energije),
- potrebno letno primarno energijo za delovanje sistemov v stavbi,
- izpuste CO₂, ki nastanejo pri delovanju sistemov v stavbi,
- kazalnike letne rabe primarne energije in kazalnike izpustov CO₂.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES-2 2010 je vstopil v veljavo 1. julija 2010 in temelji na prenovljeni direktivi EPBD-r.

3.3 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb

»Ta pravilnik določa podrobnejšo vsebino in obliko energetskih izkaznic stavbe (v nadaljevanju energetska izkaznica), metodologijo za izdajo energetske izkaznice ter vsebino podatkov, način vodenja registra energetskih izkaznic in način prijave izdane energetske izkaznice za vpis v register.«
[13]

Pravilnik glede na vrsto stavbe oziroma namen njene uporabnosti loči dve vrsti energetskih izkaznic:

- računsko energetska izkaznica, ki se določi na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije (za novozgrajene in obstoječe stanovanjske stavbe),
- merjena energetska izkaznica, ki se določi na podlagi meritev rabe energije (za obstoječe nestanovanjske stavbe).

K energetske izkaznici (razen v primeru najema stavbe) je potrebno priložiti tudi priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti. Pravilnik navaja podajanje priporočil po naslednjih področjih:

- ukrepi za izboljšanje kakovosti ovoja,
- ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov,
- ukrepi za povečanje učinkovitosti izrabe obnovljivih virov energije,
- organizacijski ukrepi.

21. člen pravilnika povzema EPBD-r, ki določa, da bi morale biti javne stavbe zgled ostalim, tako da kažejo upoštevanje okoljskega in energetskega vidika s tem, da bi v slednjih morale biti energetske izkaznice nameščene na vidnem mestu. Na podlagi tega je v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb določeno, da morajo javne stavbe s celotno uporabno tlorisno površino nad 1000 m² namestiti energetske izkaznice na vidnem mestu.

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, ki je bil sprejet dne 28. novembra 2012, uvaja prenovljen prikaz energijskih kazalnikov za energetske izkaznice iz 5. člena. Energijski kazalniki za računsko energetske izkaznice so:

- letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_{NH}/A_k (kWh/m²),
- letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q/A_k (kWh/m²),
- letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_p/A_k (kWh/m²),
- letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m²).

Energijski kazalniki za merjeno energetska izkaznico so naslednji:

- letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m^2),
- letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m^2),
- letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_p/A_k (kWh/m^2),
- letne emisije CO_2 zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m^2).

6. člen pravilnika uvršča stavbe v razrede energetske učinkovitosti, opisane v preglednici 2.

Preglednica 2: Razredi energetske učinkovitosti

Razred energetske učinkovitosti	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe
A1	od 0 do vključno 10 kWh/m ²
A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m ² ,
B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m ²
B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m ²
C	nad 35 do vključno 60 kWh/m ²
D	od 60 do vključno 105 kWh/m ²
E	od 105 do vključno 150 kWh/m ²
F	od 150 do vključno 210 kWh/m ²
G	od 210 do 300 in več kWh/m ²

Zakon za določitev razreda energetske učinkovitosti uporablja samo letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine. V drugem poglavju diplomske naloge sem predstavil statistične podatke o rabi energije v stavbah v Sloveniji. Res je, da se največ energije porabi za ogrevanje stavb, vendar se v določenih javnih stavbah veliko energije porabi tudi za razsvetljava in pogon električnih naprav. Stavba FGG spada v skupino stavb, kjer povprečna porabljena električna energija za razsvetljava in pogon naprav zajema kar 37 % delež celotne porabljene energije v stavbi. Zato menim, da bi bilo za določanje razredov energetske učinkovitosti smotno upoštevati tudi ostale porabnike energije v stavbah.

4 ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE NA PRIMERU STAVBE FGG

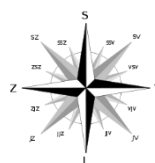
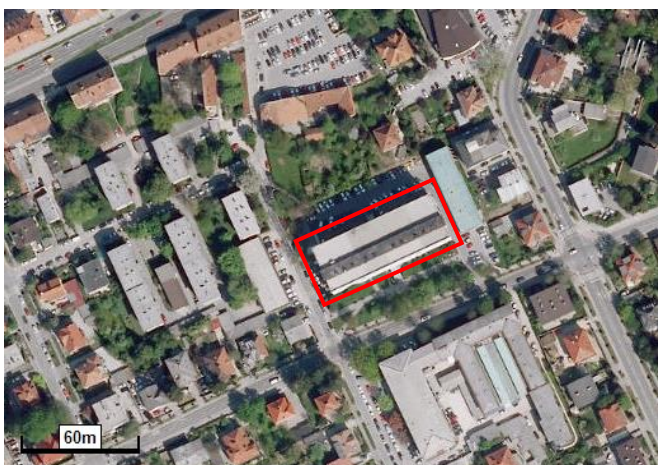
Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. Podaja najpomembnejše kazalce rabe energije v stavbi in razvršča stavbo v enega izmed razredov rabe energije. Osnovni namen energetske izkaznice je informiranje uporabnikov in najemnikov stavbe o energetske učinkovitosti le-te in posredno o pričakovanih stroških za energijo ter o morebitnih naložbah, potrebnih za posodobitev toplotnega ovoja stavbe in sistemov v njej. Je obvezna dokumentacija vsake stavbe, razen za izjeme, navedene v 68. b členu Energetskega zakona EZ-UPB2.

Na primeru stavbe FGG sem izdelal računsko in merjeno energetske izkaznico, čeprav za obstoječe stavbe zakonodaja predpisuje le merjeno. Računsko energetske izkaznico sem izdelal zaradi boljšega razumevanja same metodologije izračuna in primerjave dejanske rabe energije z izračunanimi vrednostmi ter za bolj jasn vpogled glede smiselnosti in učinkovitosti gradbenih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe.

4.1 Predstavitev stavbe FGG

Stavba Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, Jamova 2, leži na koordinatah GKX 100297, GKY 461301. Zgrajena je bila leta 1957. Sodi med nestanovanjske objekte, natančneje med stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo.

Stavba FGG ima pravilno pravokotno obliko in je v grobem sestavljena iz treh delov. Na južni strani stavbe se po celotni višini raztezajo prostori za kabinete, predavalnice so locirane na severni strani v zgornjih štirih nadstropjih, oba dela stavbe pa povezujejo hodniki s prostori za sanitarije, arhive in stopnišča (slika 3).



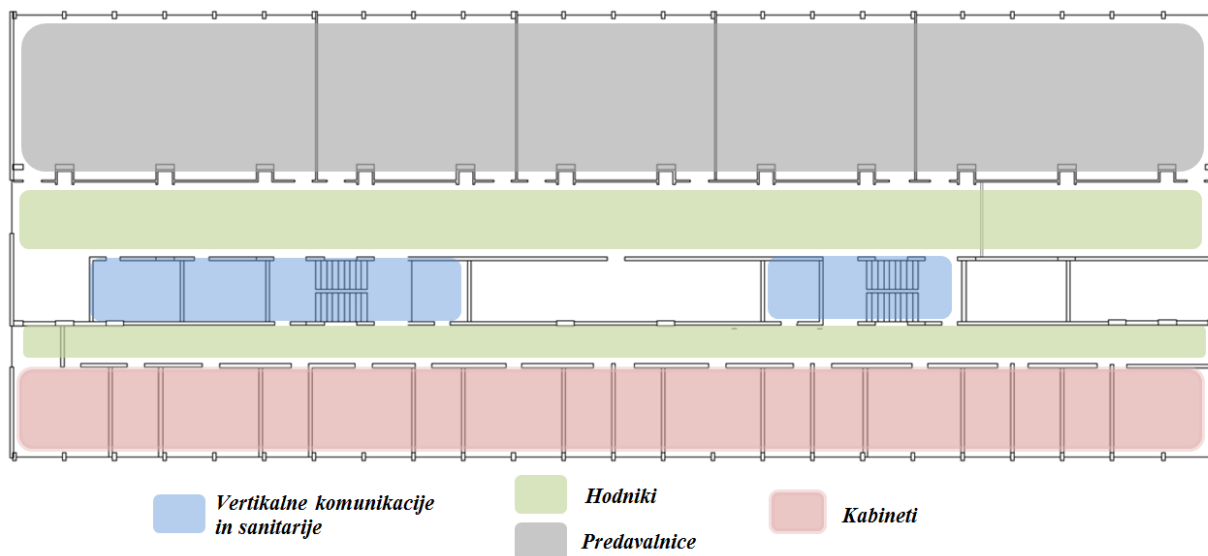
Slika 1: Lokacija stavbe FGG na Jamovi cesti v Ljubljani [16]



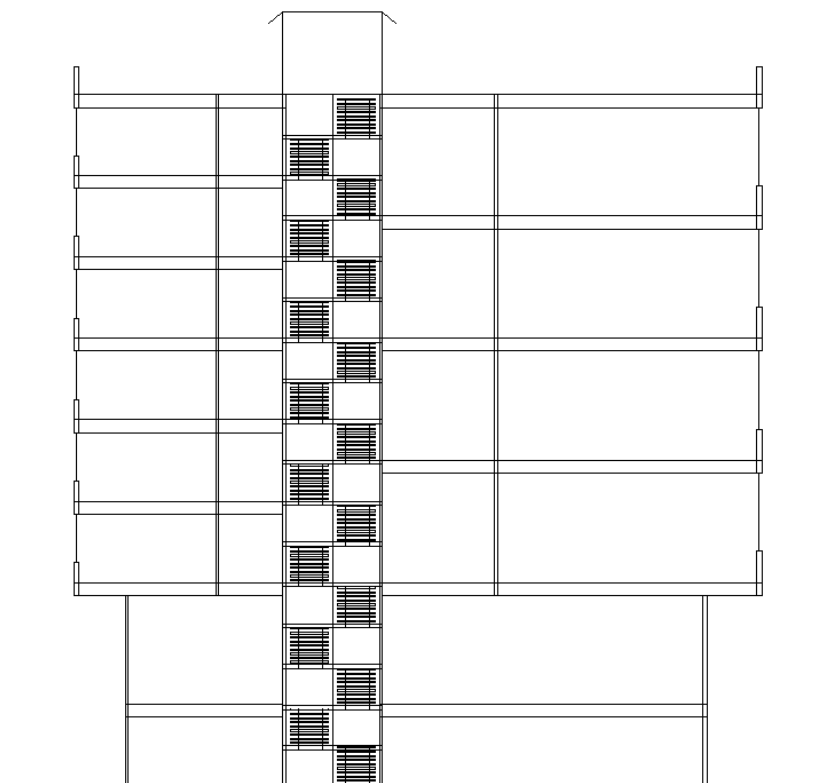
Slika 2: Fasada stavbe FGG (levo jugozahodna, desno severna fasada)

Pri obravnavi stavbe FGG sem posebej upošteval dve ločeni tlorisni dimenziji, saj se tloris stavbe poveča v nadstropjih. Za bruto tlorisno površino kleti in pritličja sem upošteval dimenzije 21,3 m x 64,4 m in 6,95 m v višino. Za preostali del stavbe (nadstropja) pa sem upošteval bruto tlorisne dimenzije 25,4 m x 67,7 m ter višino 18,2 m. V stavbi se razlikujejo tudi etažne višine. Celotno pritličje z avlo ima svetlo etažno višino 3,95 m. Enotno svetlo etažno višino ima tudi klet, in sicer 2,75 m. Preostali del stavbe je razdeljen na dva dela. Na severni strani stavbe s predavalnicami je svetla etažna višina 3,95 m, na južni strani stavbe je ta 2,75 m.

V nadaljevanju sem predstavil tloris tipičnega pritličja in prerez stavbe, neto površino in prostornino posameznih prostorov stavbe FGG (preglednici 3 in 4).



Slika 3: Tloris nadstropja stavbe FGG



Slika 4: Prečni prerez stavbe FGG

Preglednica 3: Površina in prostornina prostorov v pritličju

PRITLIČJE	Površina (m ²)	Neto višina (m)	Neto prostornina (m ³)
Avla	397,9	3,95	1571,5
Knjižnica	242	3,95	956
Kabineti	148,8	3,95	587,6
Soba za strežnik	36,7	3,95	145,1
Skladišče	42	3,95	165,8
Stopnišče	97,6	3,95	385,6
Skupni prostori	48,9	3,95	193
Dekanat	170,9	3,95	675
Referat	111	3,95	438,4
SKUPNA NETO POVRŠINA IN PROSTORNINA	1295,8 m²		5118 m³

Površino kleti sem pri izračunu končnih dimenzij upošteval enako kot površino pritličja, prostornino pa sem dobil kot zmnožek površine pritličja in neto višine kleti (2,75 m).

Preglednica 4: Površina in prostornina prostorov v tipičnem nadstropju

1. NADSTROPJE	Površina (m ²)	Neto višina (m)	Neto prostornina (m ³)
Učilnice + hodnik	702,1	3,95	2773,0
Laboratorij KMTal	256,3	3,95	1012,3
Arhiv	55,1	3,95	217,6
WC	27,5	3,95	108,4
Stopnišče	55,9	3,95	220,8
Kabineti + hodnik	470,3	2,75	1293,5
SKUPNA NETO POVRŠINA IN PROSTORNINA	Kabineti: 470,3 m² Ostali prostori: 1096,7 m²		Kabineti: 1293,5 m³ Ostali prostori: 4332,1 m³

Ostala nadstropja so zelo podobna prvemu, zato sem za izračun neto površin in prostornin ostalih treh prevzel dimenzije prvega.

Končne dimenzije stavbe FGG, uporabljene pri izračunu energetske izkaznice, so:

- kondicionirana prostornina $V_e = 40829 \text{ m}^3$
- neto ogrevana prostornina $V = 33770 \text{ m}^3$
- neto površina ali uporabna površina $A_u = 9800,5 \text{ m}^2$

4.2 Metodologija izračuna računske energetske izkaznice za stavbo FGG

Pri izračunu energetske izkaznice moramo upoštevati zahteve iz Pravilnika PURES-2 2010 in pripadajočo TSG4.

»Pravilnik o učinkoviti rabi energije določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb.« [11]

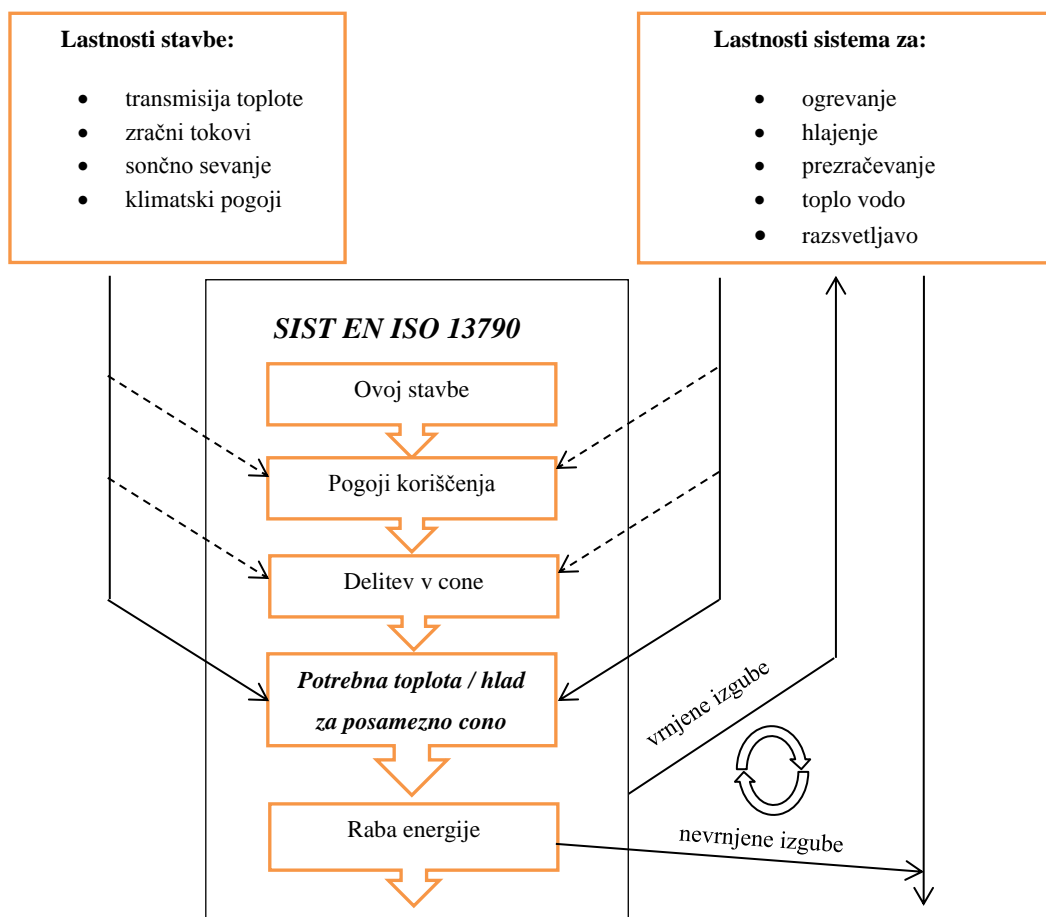
TSG4 predpisuje metodologijo izračuna energetske lastnosti stavbe ter podaja način izračuna:

- letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe in
- dovedene energije za delovanje stavbe za naslednje sisteme v stavbi:
 - za ogrevanje na tekoča in plinasta goriva ter biomaso,
 - toplotne črpalke,

- toplotno podpostajo daljinskega ogrevanja, kjer je nosilec toplote v sekundarnem sistemu voda,
- za pripravo tople vode na tekoča in plinasta goriva, električno energijo, biomaso ali s sprejemniki sončne energije,
- za hlajenje,
- za prezračevanje,
- za razsvetljavo.

4.2.1 Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in pripravo tople vode ter letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe

Za izračun letne porabe toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} in letni potrebni hlad za hlajenje stavbe Q_{NC} moramo slediti standardu SIST EN ISO 13790 in njegovim nacionalnim posebnostim, ki se razlikujejo med članicami Evropske Unije.



Slika 5: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri [12]

Shema ponazarja metodologijo izračuna potrebne energije za hlajenje in ogrevanje stavbe, ki jo opredeljuje standard SIST EN ISO 13790 [17]. Končni izračun je odvisen predvsem od izolativnih lastnosti ovoja stavbe in od geografske lokacije stavbe. Velik delež k porabi energije za ogrevanje in hlajenje doprinesejo tudi pogoji koriščenja, ki zajemajo potrebe in navade prisotnih oseb v stavbi (temperatura, na katero se prostor ogreva ali hladi, in intenziteta prezračevanja, s katerim se določen del toplote ali hladu izgubi, odvisno od metode in sistema prezračevanja).

Metodologija za izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} in potrebnega hladu za hlajenje stavbe Q_{NC} določa izračun letne dovedene energije bodisi za ogrevanje ali za hlajenje stavbe. Letna dovedena energija zajema tudi energijske izgube sistemov in morebitne povratke energije v sistem.

TSG4 predpisuje tudi izvedbo priprave tople vode centralno, t. j. s hranilnikom toplote (upoštevajoč standard SIST EN 15332 [18]), razen pri nesorazmernih stroških in le občasni uporabi se lahko topla voda pripravlja tudi lokalno. Pripravo tople vode lahko izvedemo s sprejemniki sončne energije, toplotnimi črpalkami za ogrevanje tople vode kot podsistemi ogrevalnega sistema, ali lokalno z uporabo električnih grelnikov, vendar pod določenimi pogoji - lokalna priprava tople vode z električnimi grelniki ni dovoljena, razen v nestanovanjskih stavbah, v katerih dela oziroma se zadržuje manj kot 10 uporabnikov ali je standardna poraba tople vode manjša od 65 l/dan. Električni grelniki ne smejo presegati moči 2,0 kW.

Podrobnosti o letni dovedeni energiji za delovanje stavbe so opredeljene v TSG4, v poglavju 9.3.

4.3 Program za izračun energetske izkaznice TOST

Za izračun energetske učinkovitosti stavbe FGG sem uporabil simulacijsko orodje TOST (Toplotni Odziv STavb), Program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG1-004:2010 [19]. Avtorja programa sta prof. dr. Aleš Krainer in Rudi Perdan. Program je izdelan v okolju Microsoft Excel, vendar njegova uporaba ne zahteva poznavanja tega orodja. Potrebne vhodne podatke za izračun vnašamo v posamezna polja preko delovnih listov (slika 6.).

Pri izračunu letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hladu za hlajenje uporablja program mesečno računsko metodo (predpisana v TSG4).

Program omogoča tudi upoštevanje vpliva prekinjenega ogrevanja, ki se lahko izvede za štiri značilna časovna podobdobja, in sicer za dan, noč, vikend in obdobje nezasedenosti. V izračun lahko vključimo tudi naslednje posebne elemente ovoja: steklenjaki, prezračevani in ogrevani elementi ovoja, netransparentni elementi s transparentno izolacijo ter zbiralno shranjevalne stene.

Stavbo lahko razdelimo na različne cone:

- 3 različne ogrevane cone nad nivojem terena in
- 5 različnih neogrevanih con nad nivojem terena,
- 1 ogrevano cono, ki sega oziroma se v celoti nahaja pod nivojem terena,
- 1 neogrevano cono, ki sega oziroma se v celoti nahaja pod nivojem terena,
- 1 (ogrevani coni) pridružen steklenjak.

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{int} (°C)	20,0	17,0	15,0	15,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{pc} (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov ϕ_i (W)	117606,	9801,	9801,	9801,

Slika 6: Primer delovnega lista v programu TOST (osnovni podatki)

4.4 Vhodni podatki za izdelavo računske energetske izkaznice stavbe

Pri izračunu energetske izkaznice je potrebno upoštevati naslednje glavne vhodne podatke, povzete po TSG4:

- meteorološki podatki,
- transmisijske in ventilacijske lastnosti,
- toplotni dobitki notranjih virov, lastnosti glede sončnega sevanja,
- opis stavbe in sistemov, koriščenje (uporaba),
- zahteva za toplotno ugodje (temperature, izmenjava zraka),
- podatki o sistemih za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljava, pripravo tople vode,
- podatki o conah,
- izgube energije, vrnjene in nevrnjene izgube,
- pretok zraka, temperatura zraka,
- regulacija.

4.4.1 Klimatski podatki

Geografska lokacija stavbe ima velik vpliv na končni izračun energijske bilance, saj pri izdelavi računске energetske izkaznice na podlagi klimatskih podatkov za določeno lokacijo izračunamo solarne pribitke ter potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje stavbe. Obravnavana stavba FGG se nahaja v Ljubljani, na Jamovi cesti 2. V preglednicah 5 in 6 so predstavljeni klimatski podatki, ki služijo kot vhodni podatki za izračun energetske izkaznice obravnavane stavbe FGG. V programu TOST so upoštevani ažurni klimatski podatki Ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije.

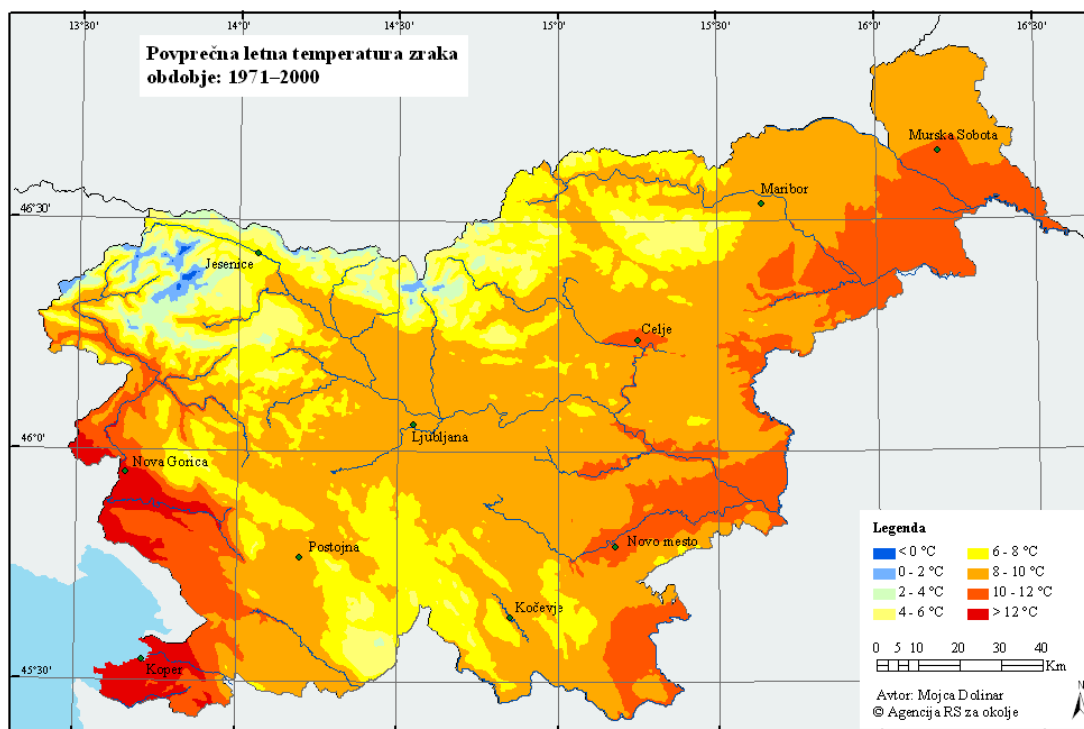
Preglednica 5: Povprečne mesečne temperature, število ogrevanih dni, globalno sončno sevanje za lokacijo stavbe FGG

MESEC	POVPREČNA TEMP. (°C)	GLOBALNO SONČNO SEVANJE PO ORIENTACIJAH (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizontalno	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	102	28	52	156	75	31
Februar	1,0	174	41	80	215	121	28
Marec	6,0	307	70	149	260	179	31
April	9,0	437	110	210	251	220	30
Maj	14,0	546	133	256	237	251	15
Junij	18,0	569	153	250	218	264	0
Julij	20,0	610	141	263	240	283	0
Avgust	19,0	528	116	239	269	260	0
September	15,0	362	84	163	259	188	3
Oktober	10,0	213	58	101	203	116	31
November	4,0	106	34	57	121	58	30
December	1,0	77	25	43	111	48	31
Ogrevalna sezona	5,1	1719	443	836	1460	960	230

Preglednica 6: Klimatski podatki za lokacijo stavbe FGG

Klimatski podatki za lokacijo stavbe FGG	
Temperturni primanjkljaj (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,7
Letna sončna energija (Wh/m ²)	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	230
Začetek ogrevalne sezone (dan)	270
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Na sliki 7 so za boljšo predstavo vpliva lokacije na končne rezultate računske energetske izkaznice prikazane povprečne letne temperature zraka za obdobje 1971–2000.



Slika 7: Povprečna letna temperatura zraka za obdobje 1971–2000 [20]

4.4.2 Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode v stavbi FGG

Učinkovitosti posameznih sistemov v stavbi FGG sem določil na podlagi priporočenih vrednosti v Uporabniškem priročniku računalniškega programa TOST [21]. Priporočene vrednosti se uporabljajo v primeru, kadar točne lastnosti vgrajenih naprav niso znane. Vhodni podatki za učinkovitost sistemov so predstavljeni v preglednici 7.

Preglednica 7: Koeficienti za izračun učinkovitosti sistemov v stavbi FGG

Sistem	Generacija	Distribucija	Emisija
Ogrevanje (daljinska toplota s kogeneracijo)	0,90	0,80	0,80
Hlajenje (električna energija)	3,50	0,95	0,80
Topla voda (daljinska toplota s kogeneracijo)	0,90	0,80	1

4.4.3 Projektna temperatura ogrevanja in hlajenja ter računska podobdobja

Za projektno temperaturo ogrevanja v stavbi FGG sem upošteval 20 °C, za projektno temperaturo hlajenja pa 26 °C. Pri določitvi računskih podobdobj sem upošteval, da se objekt ogreva od ponedeljka do sobote, t. j. 15 ur na dan (od 6. do 21. ure). V času neobratovanja ogrevalnega sistema

(med tednom) sem določil minimalno temperaturo v stavbi 17 °C in s tem približno ponazoril dejanske pogoje v stavbi fakultete, kjer v celoti ni možno uravnati temperature v prostorih, saj na vseh radiatorjih niso nameščeni termostatski ventili. Celotno ogrevanje lahko nadzorujemo le z izklopom le-tega. Kot dodatno računsko podobdobje sem upošteval vikende (30 ur na teden), z minimalno temperaturo ogrevanja v stavbi 15 °C.

4.4.4 Notranji toplotni viri

»Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi« [12].

Vrednosti notranjih toplotnih virov za stavbo FGG sem določil po standardu SIST EN ISO 13790. Izbral sem naslednje priporočene vrednosti za stavbe, namenjene izobraževanju:

- oddajanje toplote naprav v času zasedenosti stavbe: 5 W/m²,
- oddajanje toplote uporabnikov stavbe: 7 W/m²,
- notranji toplotni viri v obdobju, ko se stavba ne uporablja (noč in vikend): 1 W/m².

Vhodne podatke za program TOST sem pripravil tako, da sem priporočene vrednosti iz standarda pomnožil z uporabno površino stavbe FGG A_u . Vrednosti povprečnih dobitkov notranjih virov Φ_i za vsako obravnavano računsko podobdobje:

- notranji viri v času zasedenosti prostorov: $\Phi_i = 117606$ W,
- notranji viri v času nezasedenosti prostorov (noč in vikend): $\Phi_i = 9800,5$ W.

4.4.5 Površina transparentnega ovoja stavbe

V preglednicah od 8 do 11 so prikazane dimenzije transparentnega ovoja celotne stavbe FGG, ločene glede na orientacijo, saj v nadaljnjem postopku računamo solarne pribitke, ki so odvisni od lege oken glede na smer neba.

Preglednica 8: Dimenzije transparentnega ovoja vzhodne fasade

VZHODNA FASADA	Dolžina (m)	Višina (m)	Št. oken	Št. etaž	Površina oken (m ²)
Veliki hodnik	3,8	3,65	1	4	55,5
Mali hodnik (kabineti)	2	2,6	1	6	31,2
Kabineti	4	3,65	1	1	14,6
Klet	3,8	2,6	1	1	9,8
Klet	2	2,2	1	1	4,4
SKUPNA POVRŠINA TRANSPARENTNEGA OVOJA VZDODNE FASADE:					115,5 m²

Preglednica 9: Dimenzije transparentnega ovoja zahodne fasade

ZAHODNA FASADA	Dolžina (m)	Višina (m)	Št. oken	Št. etaž	Površina oken (m ²)
Veliki hodnik	3,8	3,65	1	4	55,5
Mali hodnik (kabineti)	2	2,6	1	6	31,2
Knjižnica	4	3,65	1	1	14,6
Klet	3,8	2,6	1	1	9,8
Klet	2	2,2	1	1	4,4
SKUPNA POVRŠINA TRANSPARENTNEGA OVOJA ZAHODNE FASADE:					115,5 m²

Preglednica 10: Dimenzije transparentnega ovoja južne fasade

JUŽNA FASADA	Dolžina (m)	Višina (m)	Št. oken	Št. etaž	Površina oken (m ²)
Kabineti	1,3	1,7	22	6	291,72
Kabineti	2,1	2,1	2	6	52,92
Avla	5,2	3,65	3	1	56,94
Pisarne	5,2	3,65	8	1	151,84
Klet	1	2	55	1	110
SKUPNA POVRŠINA TRANSPARENTNEGA OVOJA JUŽNE FASADE:					663,4 m²

Preglednica 11: Dimenzije transparentnega ovoja severne fasade

SEVERNA FASADA	Dolžina (m)	Višina (m)	Št. oken	Št. etaž	Površina oken (m ²)
Učilnice	2,6	3,2	24	4	798,72
Knjižnica	5,2	3,65	4	1	75,92
KGI	5,2	3,65	4	1	75,92
Avla	5,2	3,65	3	1	56,94
Klet	1	2	55	1	110
SKUPNA POVRŠINA TRANSPARENTNEGA OVOJA SEVERNE FASADE:					1117,5 m²

4.4.6 Gradbeno fizikalne lastnosti transparentnega ovoja stavbe

V stavbi FGG so vgrajeni trije različni tipi oken:

- PVC okna na južni fasadi ter na hodnikih na južni strani stavbe,
- »novejša« aluminijasta okna na severni fasadi, v pritličju in kleti ter
- »starejša« aluminijasta okna na vzhodni in zahodni fasadi.

Vhodni podatki za PVC okna z dvojno zasteklitvijo in nizko emisijskim premazom:

- toplotna prehodnost okna (steklo in okvirji) $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$,

- faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla $g_{gl,w} = 0,58$,
- faktor okvirja $F_F = 0,7$.

Vhodni podatki za »novejša« aluminijasta okna z dvojno zasteklitvijo in nizko emisijskim premazom:

- toplotna prehodnost okna (steklo in okvirji) $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla $g_{gl,w} = 0,58$,
- faktor okvirja $F_F = 0,7$.

Vhodni podatki za »starejša« aluminijasta okna z navadno dvojno zasteklitvijo:

- toplotna prehodnost okna (steklo in okvirji) $U_w = 3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla $g_{gl,w} = 0,76$,
- faktor okvirja $F_F = 0,7$.

TSG4 v poglavju 3.1.3 predpisuje maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti zasteklitve $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Zahteve ne izpolnjujejo »starejša« aluminijasta okna na vzhodni in zahodni fasadi. Določene so tudi maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti oken (steklo in okvir) z vrednostjo $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ za okna z lesenimi okvirji in okvirji iz umetne mase, oziroma $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ za okna s kovinskimi okvirji. Tudi te zahteve »starejša« aluminijasta okna na zahodni in vzhodni fasadi ne izpolnjujejo.

Prav tako TSG4 v poglavju 3.2.2 predpisuje zaščito pred sončnim obsevanjem zastekljenih površin, večjih od $0,5 \text{ m}^2$ in orientiranih od severovzhoda do severozahoda. Podana je omejitev z maksimalnim dovoljenim faktorjem prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla in senčila v vrednosti $g < 0,5$. Določimo ga po naslednji formuli:

$$g = g_{gl,w} * g_s$$

$g_{gl,w}$ faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla

g_s faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila

V stavbi FGG so nameščena zunanja senčila na južni, vzhodni in zahodni fasadi. Podatka o faktorju prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila g_s za zunanja senčila nisem pridobil. Vrednosti faktorja se gibljejo med 0,25 in 0,5 [22]. Če izberem najmanj ugoden faktor $g_s = 0,5$ in ga pomnožim s faktorjem $g_{gl,w} = 0,76$ (za »starejšega« aluminijastega okna), dobim rezultat $g = 0,38$, kar je manj od maksimalne dovoljene vrednosti 0,5. Pogoj je torej izpolnjen za vsa okna, saj imajo ostala nameščena okna v stavbi FGG manjšo prepustnost zasteklitve za sončno sevanje.

4.4.7 Konstrukcijski sklopi stavbe FGG

Stavba FGG je sestavljena iz različnih vertikalnih konstrukcijskih sklopov. Severna stran fasade je sestavljena predvsem iz transparentnega dela, pod katerim se nahaja parapet iz PVC-ja, ki ima kot polnilo mineralno volno. Ostalo površino severne fasade pa predstavlja neizolirani armirani beton (v nadaljevanju AB). Konstrukcijski sklop zahodne in vzhodne fasade je sestavljen iz plinobetonskih zidakov, pokritih z betonskimi fasadnimi paneli. Južna fasada ima tri različne konstrukcijske sklope, in sicer plinobetonske zidake z betonskimi fasadnimi paneli, PVC-parapet s polnilom iz mineralne volne ter goli armirani beton. Med pritličjem in prvim nadstropjem poteka skozi celoten obod stavbe AB venec, višine 45 cm. Medetažne konstrukcije in streha so izvedene kot montažni nosilci, debeline 40 cm, t. i. »super 40 strop«, s polnilom iz opeke. Konstrukcijski sklopi v stavbi FGG so podrobneje opisani v preglednicah od 12 do 15.

Preglednica 12: Konstrukcijski sklop 1 (KS1)

SLOJI (KS1):	d (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,130
PVC obloga	0,5	0,115	0,043
Mineralna volna	3,0	0,034	0,882
PVC obloga	0,5	0,115	0,043
$R_{S,e}$			0,040
Toplotni upor	$R = 1,138 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,879 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Preglednica 13: Konstrukcijski sklop 2 (KS2)

SLOJI (KS2):	d (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,130
Omet	1,0	0,870	0,011
Plinobeton	20,0	0,350	0,571
Betonski fasadni paneli	5,0	1,2	0,041
$R_{S,e}$			0,040
Toplotni upor	$R = 0,793 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 1,261 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Preglednica 14: Konstrukcijski sklop 3 – streha (KS4)

SLOJI (KS3):	d (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,100
Omet	1,0	0,990	0,010
Super 40 strop	40,0	0,610	0,656
Tlačna plošča	5,0	2,040	0,025
Lahka opeka	6,0	0,580	0,103
Izravnalni beton	7,0	1,160	0,060
Toplotna izolacija	1,0	0,041	0,244
Estrih	3,0	1,160	0,026
Bitumenski trak	1,0	0,190	0,053
Gramoz	3,0	0,810	0,037
Betonske plošče	3,0	2,040	0,015
$R_{S,e}$			0,040
Toplotni upor	$R = 1,369 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Preglednica 15: Konstrukcijski sklop 4 – tla na terenu (KS4)

SLOJI (KS4):	d (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,170
Naravni kamen	2	0,870	0,023
Betonski estrih	5	0,350	0,143
Toplotna izolacija	1	0,041	0,244
Hidro izolacija	0,4	0,190	0,021
AB plošča	15	2,040	0,074
Prodno nasutje	30	0,810	0,370
Toplotni upor	$R = 1,045 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,957 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Preglednica 16: Površine oken in konstrukcijskih sklopov ovoja stavbe ter toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov

OVOJ STAVBE	Okna (m ²)	KS1 (m ²)	KS2 (m ²)	KS3 (m ²)
Severna fasada	1117,5	338,1	/	/
Južna fasada	663,4	185,5	764,4	/
Zahodna fasada	115,5	/	496,4	/
Vzhodna fasada	115,5	/	496,4	/
Streha	/	/	/	1722,2
Delež glede na celoten ovoj brez oken in strehe	/	22,9%	77,1%	/
<i>U</i> (W/m ² K):		0,879	1,261	
<i>U_{sk}</i> (povprečje toplotnih prehodnosti <i>U</i> za KS1 in KS2) = 1,173 W/m²K				

Program TOST dopušča vnos toplotne prehodnosti zunanje stene za en sam konstrukcijski sklop, zato sem posamezne konstrukcijske sklope razdelil na deleže glede na celoten ovoj in določil povprečno toplotno prehodnost sklopov, ki je navedena v preglednici 16 kot *U_{sk}*.

TSG4 navaja maksimalne dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov *U_{max}*. V preglednici 17 so predstavljene primerjave med dejanskimi (*U*) in maksimalnimi dovoljenimi (*U_{max}*) toplotnimi prehodnostmi za konstrukcijske sklope glede na pozicijo v ovoju stavbe.

Preglednica 17: Primerjava toplotnih prehodnosti uporabljenih konstrukcijskih sklopov z *U_{max}*

Konstrukcijski sklopi, ki omejujejo ogrevane prostore	<i>U_{max}</i> (W/m ² K)	<i>U</i> (W/m ² K)
Zunanje stene	0,28	0,879 1,261
Strop proti neogrevanem prostoru	0,20	0,730
Tla na terenu	0,35	0,85

4.4.8 Toplotni mostovi na zunanjem ovoju stavbe FGG

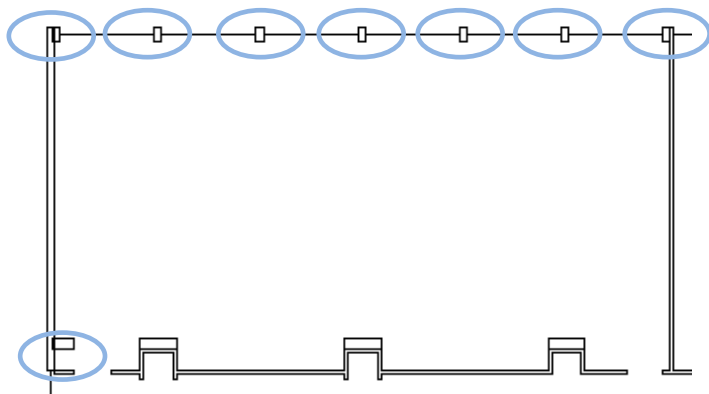
Toplotni mostovi se na stavbi FGG pojavljajo na naslednjih območjih:

- toplotno neizolirani AB stebri,
- križanje medetažne konstrukcije in zunanje stene,
- križanje strešne konstrukcije in zunanje stene.

TSG4 v poglavju 3.1.2 predpisuje upoštevanje toplotnih mostov v izračunu potrebne toplote za ogrevanje.

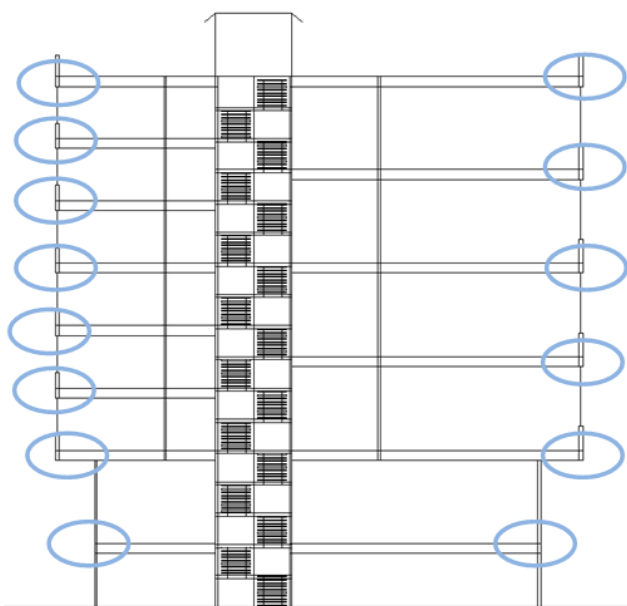
Toplotne mostove sem v izračunu računske energetske izkaznice upošteval po poenostavljeni metodi, ki je zajeta v standardu SIST EN ISO 14683 [23]. Izračun na podlagi omenjenega standarda dovoljuje tudi TSG4.

Na sliki 8 je prikazan primer vertikalnih linijskih toplotnih mostov na območju predavalnice v prvem nadstropju v obliki neizoliranega AB stebra. Označeni so z modro barvo. Pojavljajo se po celotnem tlorisu stavbe FGG.



Slika 8: Tloris predavalnice v 1. nadstropju, pozicija vertikalnih toplotnih mostov (neizolirani AB steber)

Na prečnem prerezu stavbe FGG (slika 9) je z modro barvo označena pozicija toplotnih linijskih mostov na območju križanja medetažne konstrukcije z zunanjo steno in križanja strešne konstrukcije z zunanjo steno.



Slika 9: Prečni prerez stavbe FGG, pozicija horizontalnih toplotnih mostov

Preglednica 18: Linijski toplotni mostovi na stavbi FGG

Lokacija toplotnega mostu	Dolžina (m)	Ψ_e (W/mK)
Neizolirani AB steber	1180,7	0,9
Križanje medetažne konstrukcije in zunanje stene	1063,1	0,55
Križanje strešne konstrukcije in zunanje stene	186	0,35

Preglednica 18 prikazuje dolžine posameznih tipov toplotnih mostov in pripadajoče zunanje linijske toplotne prehodnosti Ψ_e , ki sem jih povzel po standardu SIST EN ISO 14683. V izračunu energetske izkaznice sem manjše toplotne mostove zanemaril, ker predvidevam, da bistveno ne vplivajo na končni izračun.

4.4.9 Toplotna kapaciteta konstrukcije stavbe FGG

TSG4 določa sodelujočo toplotno kapaciteto stavbe za izračun izkoristka toplotnih dobitkov v stavbi po standardu SIST EN ISO 13790 ali pa po poenostavljenem izrazu, opisanem v TSG4 v poglavju 9.2.7.

»Med lahke stavbe spadajo lesene stavbe, montažne stavbe, stavbe brez bistvenih masivnih elementov v notranjosti, masivne stavbe z visečimi stropi in pretežno lahkimi predelnimi stenami. Med težke stavbe uvrščamo stavbe z masivnimi gradbenimi elementi, stavbe z velikim delom zunanjih in notranjih masivnih gradbenih elementov, s plavajočim estrihom in brez visečega stropa.« [12]

Stavba FGG vsebuje precej masivnih elementov (medetažna konstrukcija, armirano betonska nosilna konstrukcija), vendar ima stavba visok odstotek zasteklitve in lahke predelne stene. Zato sem se odločil, da stavbo uvrstim v vmesno kategorijo med lahke in težke stavbe.

Vhodni podatek za toplotno kapaciteto $C = 1617,09$ MJ/K.

4.4.10 Prezračevanje

»Za izračun potrebne toplote za kondicioniranje stavbe se upošteva urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim, računana na neto ogrevano prostornino stavbe.« [12]

Zahteve po izmenjavi zraka v stavbah predpisuje Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [24].

Nekaj pomembnih zahtev iz 8. člena pravilnika je sledečih:

- Najmanjši potrebni vtok zunanjega zraka je $15 \text{ m}^3/\text{h}$ na osebo v prostorih, kjer kajenje ni dovoljeno, brez upoštevanja drugih virov onesnaževanja notranjega zraka in pri učinkovitosti prezračevanja.

- V času prisotnosti ljudi v prostorih stavbe, ki so namenjeni za delo in bivanje ljudi, je treba dosežati volumsko izmenjavo zraka (n) vsaj $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$.
- V času odsotnosti ljudi v prostorih stavbe, ki so namenjeni za delo in bivanje ljudi, je treba zagotoviti in vzdrževati izmenjavo zraka najmanj $n = 0,2 \text{ h}^{-1}$ za odstranitev emisij stavbe in preprečitev drugih škodljivosti (npr. pojav kondenzacije).

Če bi upoštevali zahteve pravilnika, bi morali na primer v veliki predavalnici s prostornino 616 m^3 ob upoštevanju zasedenosti s 100-imi študenti zagotoviti dotok 1500 m^3 svežega zraka vsako uro, kar pomeni izmenjavo zraka $n = 2,4 \text{ h}^{-1}$. Ob majhni koncentraciji ljudi v prostoru pa bi morali zagotoviti urno izmenjavo zraka vsaj $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Okna se v predavalnicah odpirajo predvsem za kratek čas, v premoru med predavanji, ko pa so predavalnice prazne, so okna praviloma zaprta. Na hodnikih fakultete ni možnosti odpiranja oken. Možnost naravnega prezračevanja je tudi na južni strani stavbe, kjer se nahajajo kabineti. Glede na to, da je edini način dovajanja svežega zraka v prostore stavbe le z odpiranjem oken, sem kot vhodni podatek za povprečno urno izmenjavo zraka ocenil vrednost $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$.

4.4.11 Razsvetljava

Razsvetljava v prostorih je v TSG4 omejena z gostoto moči svetilk (W/m^2). Omejitev v stavbah za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo je gostota svetilk $13 \text{ W}/\text{m}^2$.

Za vhodne podatke sem izračunal gostoto moči svetilk glede na rabo prostorov in nato izračunal povprečno gostoto svetilk za celotno uporabno površino stavbe FGG (preglednica 19).

Preglednica 19: Gostota svetilk za posamezne tipe prostorov

PROSTOR	Neto površina (m^2)	Delež površine prostorov glede na celotno uporabno površino (%)	Gostota moči svetilk (W/m^2)
Učilnice	2659,10	27,1	16,80
Hodniki (severna stran)	962,50	9,8	2,32
Hodniki (južna stran)	1093,10	11,1	3,52
Kabineti, pisarne, ostali prostori	4842,18	49,5	5,25
Knjižnica	242,35	2,5	10,2
POVPREČNA GOSTOTA MOČI SVETILK: $8,02 \text{ W}/\text{m}^2$			

4.4.12 Priprava tople vode

Metoda za izračun priprave tople vode temelji na priporočenih vrednostih specifične letne rabe energije za toplo vodo na iztočnem mestu q_w glede na referenčno površino učilnic $A_{referenčni}$ (TSG4, poglavje 9.9). Pri izračunu porabljene energije za pripravo tople vode sem uporabil priporočene vrednosti za šole brez tušev glede na referenčno površino učilnic, ki znaša 2870 m^2 .

4.5 Računska energetska izkaznica stavbe FGG

4.5.1 Rezultati računske energetske izkaznice stavbe FGG

Prikazani podatki v preglednici 20 predstavljajo izračunane količine s pomočjo programa TOST na podlagi vhodnih podatkov, podanih v poglavju 4.4.

Preglednica 20: Energetski kazalniki in koeficient transmisijских izgub H_T' stavbe FGG na podlagi izračuna s programom TOST

Koeficient transmisijских izgub H_T' in energetska kazalniki	Izračunane vrednosti	Maksimalna dovoljena vrednost (PURES-2 2010)
Koeficient transmisijских toplotnih izgub H_T' ($\text{W/m}^2\text{K}$)	1,27	0,59
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	1713956	/
Letna raba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q_p/V_e (kWh/m^3)	41,98	/
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	686857	309423
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane površine Q_{NH}/A_k (kWh/m^2)	70,08	/
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m^3)	16,82	7,58
Končna energija za ogrevanje $Q_{h,f}$ (kWh)	1087981	/
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	51341	/
Končni potrebni hlad za hlajenje $Q_{e,f}$ (kWh)	18483	
Letna potrebna toplota za toplo vodo Q_w (kWh)	141491	/
Končna energija za pripravo tople vode $Q_{w,f}$ (kWh)	186768	/
Potrebna energija za razsvetljavo $Q_{f,l}$ (kWh)	157200	/
Letni izpust CO_2 (kg)	536724	/
Letni izpust CO_2 na enoto kondicionirane prostornine CO_2/V_e (kg/m^3)	13,14	/

Stavba FGG na podlagi izračunanih energetskih kazalnikov in koeficienta transmisijских toplotnih izgub H_T' ni energetsko učinkovita. Stavba ne izpolnjuje nobene od zgoraj navedenih zahtevanih mejnih vrednosti iz Pravilnika PURES-2 2010, saj koeficient transmisijских toplotnih izgub H_T' presega mejno vrednost za 115 %. Največje odstopanje, kar 122 % presežek mejnih vrednosti, nastopi pri letni potrebni toploti za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e . Stavba izpolnjuje le zahtevo 16. člena (obnovljivi viri energije), ker je več kot 50 % oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja. Veliki razhodi med izračunanimi in zahtevanimi vrednostmi nastopijo zato, ker so zunanje stene brez toplotne izolacije, na strehi pa je le 1 cm toplotne izolacije. Toplotno izolirani so samo parapeti pod okni, in sicer le s 3 cm mineralne volne. Pomemben razlog za odstopanja so tudi linijski toplotni mostovi, ki jih je kar 2429,8 m.

V prilogi A.1 je priložena računška energetska izkaznica stavbe FGG, katere vsebina je povzeta po Pravilniku o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb v prilogi 1 z naslovom Računska energetska izkaznica [25].

4.5.2 Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe FGG

Obravnaval sem šest ukrepov za zmanjšanje toplotne prehodnosti skozi zunanje stene, streho, tla na terenu in transparentne površine. Ukrepi izpolnjujejo zahteve TSG4 glede toplotne prehodnosti obravnavanih elementov stavbe.

Ukrep 1 »fasada«: namestitev toplotne izolacije na zunanje stene (preglednica 21), in sicer sem dodal 14 cm toplotne izolacije v obliki kamene volne.

Preglednica 21: Konstrukcijski sklop KS2* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS2)

SLOJI (KS2*):	d (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,130
Omet	1,0	0,870	0,011
Plinobeton	20,0	0,350	0,571
Polietilenska folija	0,03	0,190	$1,579 \cdot 10^{-3}$
Kamena volna	14	0,036	3,888
Omet	2,0	0,81	0,025
$R_{S,e}$			0,040
Toplotni upor	$R = 4,667 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,214 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Ukrep 2 »parapet«: dodatna izolacija parapetov pod okni (preglednica 22) na severni in južni fasadi. Dodal sem 10 cm mineralne volne na obstoječe 3 cm.

Preglednica 22: Konstrukcijski sklop KS1* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS1)

SLOJI (KS1*):	<i>d</i> (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,130
PVC obloga	0,5	0,115	0,043
Mineralna volna	13	0,034	3,824
PVC obloga	0,5	0,115	0,043
$R_{S,e}$			0,040
Toplotni upor	$R = 4,080 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,245 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Ukrep 3 »streha«: toplotna izolacija obstoječe strešne konstrukcije (preglednica 23). Dodal sem 20 cm debel sloj toplotne izolacije v obliki plošč iz ekstrudiranega polistirena.

Preglednica 23: Konstrukcijski sklop KS3* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS3)

SLOJI (KS3*):	<i>d</i> (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,100
Omet	1,0	0,990	0,010
Super 40 strop	40,0	0,610	0,656
Tlačna plošča	5,0	2,040	0,025
Lahka opeka	6,0	0,580	0,103
Izravnalni beton	7,0	1,160	0,060
FRAGMAT XPS 300 GI	20	0,036	5,555
Estrih	3,0	1,160	0,026
Bitumenski trak	1,0	0,190	0,053
Gramoz	3,0	0,810	0,037
Betonske plošče	3,0	2,040	0,015
$R_{S,e}$			0,040
Toplotni upor	$R = 6,680 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,149 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Ukrep 4 »tla«: toplotna izolacija obstoječih tal na terenu (preglednica 21). Dodal sem 8 cm debel sloj toplotne izolacije v obliki plošč iz ekstrudiranega polistirena.

Preglednica 24: Konstrukcijski sklop KS4* (dodana toplotna izolacija na konstrukcijski sklop KS4)

SLOJI (KS4*):	d (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)
$R_{S,i}$			0,170
Naravni kamen	2	0,870	0,023
Betonski estrih	5	0,350	0,143
FRAGMAT XPS 300 GI	8,0	0,036	2,222
Hidroizolacija	0,4	0,190	0,021
AB plošča	15	2,040	0,074
Prodno nasutje	30	0,810	0,370
Toplotni upor	$R = 3,023 \text{ m}^2\text{K/W}$		
Toplotna prehodnost	$U = 0,331 \text{ W/m}^2\text{K}$		

Ukrep 5 »okna«: zamenjava vseh obstoječih oken. Namestitev oken z okvirjem iz aluminija in s troslojno zasteklitvijo z naslednjimi lastnostmi:

- toplotna prehodnost okna $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- toplotna prehodnost zasteklitve $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- faktor prepustnosti sončnega sevanja $g = 0,51$,
- koeficient okvirja $F_F = 0,7$.

Zgoraj navedeni ukrep je dejansko nesmiseln, saj so obstoječa okna na južni in severni fasadi v skladu s TSG4. Na južni strani objekta, kjer se nahajajo kabineti, je razmerje med transparentnim in netransparentnim ovojem stavbe bistveno manjše kot na severni strani. Vgradnja oken s troslojno zasteklitvijo bi zato precej vplivala na osvetljenost prostora z dnevno svetlobo. Obravnaval sem ga le zato, da ugotovim, kako lahko takšen ukrep doprinese k zmanjšanju porabe toplotne energije za ogrevanje stavbe.

Ukrep 6 »toplotni mostovi«: saniranje linijskih toplotnih mostov na stavbi, opisanih v poglavju 4.4.8

Skupen vpliv ukrepov »kombinacija«: združil sem zgoraj navedene ukrepe, razen ukrepa številka 5, ki zajema zamenjavo vseh obstoječih oken. Zamenjal sem le »starejša« aluminijasta okna s površino $140,2 \text{ m}^2$ na vzhodni in zahodni fasadi. Nove gradbeno fizikalne lastnosti zamenjanih oken:

- toplotna prehodnost okna $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- faktor prepustnosti sončnega sevanja $g = 0,58$,
- koeficient okvirja $F_F = 0,7$.

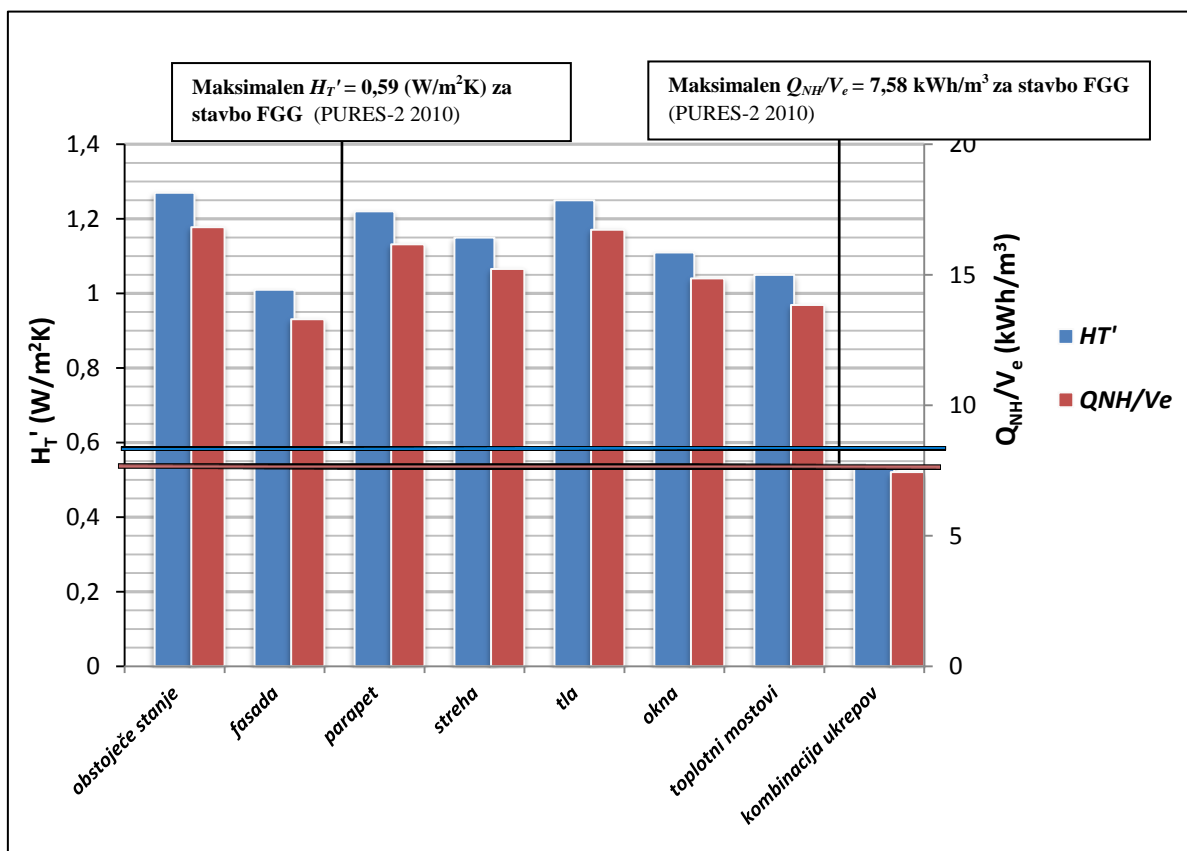
Posamezne predlagane ukrepe in kombinacijo le-teh sem primerjal z obstoječim stanjem stavbe FGG. Na tak način lahko ovrednotimo doprinos vsakega posameznega ukrepa za izboljšanje energetske

učinkovitosti obravnavane stavbe. V preglednici 25 so prikazane izračunane vrednosti za koeficient transmissijskih toplotnih izgub H_T' in letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e za obstoječe stanje in za vsak ukrep posebej. Za večjo preglednost sem v primerjavo rezultatov vključil samo zgoraj omenjena izraza.

Preglednica 25: H_T' in Q_{NH}/V_e za obstoječe stanje stavbe FGG in za posamezne predlagane ukrepe

Obravnavani primeri	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	H_T' (W/m ² K)
obstoječe stanje	16,82	1,27
fasada	13,20	1,00
parapet	16,17	1,22
streha	15,08	1,14
tla	16,73	1,25
okna	14,86	1,11
toplotni mostovi	13,84	1,05
kombinacija ukrepov	7,44	0,54

Grafikon 3: H_T' in Q_{NH}/V_e za obstoječe stanje stavbe FGG in za posamezne predlagane ukrepe



Od posameznih ukrepov najbolj izstopa ukrep »fasada«, ki predlaga sanacijo fasade na južni, zahodni in vzhodni fasadi. Q_{NH}/V_e se zmanjša glede na obstoječe stanje za 21,5 %. Sledi ukrep »toplotni mostovi«, ki zmanjša Q_{NH}/V_e za kar 17,7 %. Takšen rezultat ponazarja tudi zahtevo v TSG4, kjer je v

poglavju 3.1.2 (Toplotni mostovi) navedeno, da se je toplotnim mostovom z linijsko upornostjo $\Psi_e > 0,2$ potrebno izogniti s popravki načrtovanih detajlov v skladu z zadnjim stanjem gradbene tehnike. Ukrep »okna« doprinese 11,6 % zmanjšanje Q_{NH}/V_e , vendar je nesmiseln, kot je že opisano v predstavitvi ukrepov. 11,6 % znižanje letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine velja pripisati tudi velikemu deležu transparentnega dela zunanjih sten, ki znaša kar 44 %. Zadnji izmed bolj ugodnih ukrepov je ukrep »streha«, ki predstavlja 10,3 % znižanje Q_{NH}/V_e . Sledi ukrep »parapeti« z znižanjem Q_{NH}/V_e za 3,9 %. Presenetljivo malo doprinese ukrep dodatnega izoliranja tal na terenu, ukrep »tla«, in sicer znižanje Q_{NH}/V_e za 0,6 %.

S »kombinacijo ukrepov« (toplotno izolirane zunanje stene, streha, tla na terenu in zamenjava »starejših« aluminijastih oken na vzhodni in zahodni fasadi) dosežemo zmanjšanje Q_{NH}/V_e za 55,7 % oziroma na $7,44 \text{ kWh/m}^3$ in s tem stavba FGG izpolnjuje omejitev iz Pravilnika PURES-2 2010, ki za obravnavano stavbo znaša $Q_{NH}/V_e < 7,58 \text{ kWh/m}^3$.

Na grafikonu 3 je predstavljen tudi koeficient H_T' , ki se z zmanjšanjem toplotne prehodnosti toplotnega ovoja znižuje podobno kot Q_{NH}/V_e . Največje znižanje H_T' , za 57,5 %, glede na obstoječe stanje stavbe dosežemo s »kombinacijo ukrepov«.

Problem zadostitve zahtevam iz Pravilnika PURES-2 2010 nastopi zaradi velike površine zasteklitve severne fasade obravnavane stavbe in naravnega prezračevanja, kjer se pojavljajo precejšnje izgube. Zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v stavbi bi lahko dosegli tudi z manjšo izmenjavo zraka, vendar takšen ukrep ni realen, saj bi z njim znatno poslabšali udobje in delovne razmere v prostorih stavbe. Tudi dejanska izvedba tega ukrepa bi bila na obstoječi stavbi težko izvedljiva.

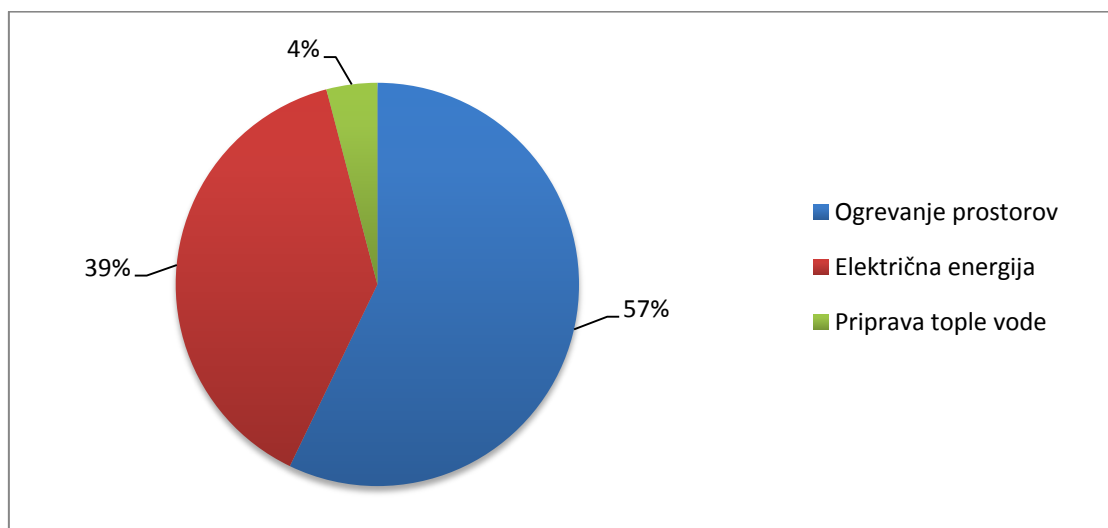
4.6 Merjena energetska izkaznica stavbe FGG

Na podlagi odčitanih vrednosti s števecem za porabljeno toplotno (ogrevanje prostorov, priprava tople vode) in električno energijo v stavbi FGG sem predstavil podatke v preglednici 26 in na grafikonu 4. Podatke o porabljeni energiji mi je posredovala gospa Urška Prusnik, zaposlena na fakulteti FGG.

Preglednica 26: Poraba toplotne in električne energije v stavbi FGG na podlagi odčitavanja merilnikov porabe

Vrsta porabnika	Obdobje merjenja	Poraba energije (kWh)
Električna energija	(01.01.2012–31.12.2012)	697.442
Ogrevanje prostorov	(28.09.2011–21.05.2012)	1.027.720
Priprava tople vode	(18.08.2011–21.08.2013)	73.270

Grafikon 4: Poraba toplotne in električne energije v stavbi FGG na podlagi odčitavanja merilnikov porabe



4.6.1 Izračun specifičnih emisij CO₂ za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG

Sestavni del merjene energetske izkaznice so tudi specifične emisije CO₂. Na podlagi pridobljenih podatkov o porabljeni električni energiji v stavbi FGG sem s pomočjo preglednice 27 izračunal letni izpust plina CO₂, ki nastane kot posledica porabljene električne energije v stavbi. TSG4 navaja, da preglednico 27 uporabljamo samo v primeru, ko dobavitelj energije ne poda emisij za svoj vir energenta oziroma energije. Ker je obravnavana stavba priključena na sistem daljinske toplote, sem količino letnega izpusta CO₂ zaradi ogrevanja stavbe in priprave tople vode izračunal na podlagi podatkov, pridobljenih na spletnih straneh proizvajalca toplotne energije, podjetja Termoelektrarna Toplarna Ljubljana, d. o. o. [26]. Uporabil sem zadnji ažurirani podatek iz leta 2010 o nastalih emisijah plina CO₂ v kilogramih na energijsko enoto (kWh) zaradi proizvodnje toplotne energije. Količina izpuščenega CO₂ znaša 0,348 kg/kWh.

Preglednica 27: Specifične emisije CO₂ za posamezne vrste energentov [12]

Energent	Na neto kuriva	Na energijsko enoto (kg/kWh)
Zemeljski plin	1,9 kg/Sm ³	0,2
Utekočinjeni naftni plin	2,9 kg/kg	0,215
Ekstra lahko kurilno olje	2,6 kg/l	0,265
Lahko kurilno olje	3,2 kg/l	0,28
Daljinska toplota	0,33 kg/kWh	0,33
Električna energija	0,53 kg/kWh	0,53
Rjavi premog (domači)	1,5 kg/kg	0,32
Rjavi premog (tuji)	1,88 kg/kg	0,4
Lignit domači	1,0 kg/kg	0,33

Specifične emisije CO₂ sem izračunal tako, da sem dejanske porabljene količine posameznih energentov pomnožil s pripadajočo količino izpusta CO₂ na energijsko enoto kWh. Rezultati so predstavljeni v preglednici 28.

Preglednica 28: Specifične emisije CO₂ za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG

Vrsta porabnika	Obdobje merjenja	Izpust CO ₂ (kg/kWh)
Električna energija	(01.01.2012–31.12.2012)	369644
Ogrevanje	(28.09.2011–21.05.2012)	357647
Priprava tople vode	(18.08.2011–21.08.2013)	25498

4.6.2 Izračun letne primarne energije za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG

TSG4 v dodatkih (Poglavje 11) navaja način izračuna letne primarne energije za posamezne vrste energentov. Na podlagi preglednice 29 sem z zmnožkom dejanske porabe energije glede na energent in pripadajočim faktorjem pretvorbe izračunal potrebno primarno energijo. Rezultati so predstavljeni v preglednici 30.

Preglednica 29: Faktorji pretvorbe za izračun letne primarne energije za posamezne vrste energentov [12]

Energent	Faktor pretvorbe
Kurilno olje	1,1
Plin	1,1
Premog	1,1
Lesna biomasa	0,1
Električna energija	2,5
Daljinsko ogrevanje brez kogeneracije	1,2
Daljinsko ogrevanje s kogeneracijo	1,0

Preglednica 30: Primarna energija za merjeno energetska izkaznico stavbe FGG

Vrsta porabnika	Obdobje merjenja	Primarna energija (kWh)
Električna energija	(01.01.2012–31.12.2012)	1743605
Ogrevanje	(28.09.2011–21.05.2012)	1027720
Priprava tople vode	(18.08.2011–21.08.2013)	73270

4.6.3 Energetski kazalniki merjene energetske izkaznice stavbe FGG

V preglednici 31 so predstavljeni vsi zahtevani podatki za merjeno energetska izkaznico. V prilogi A.2 je merjena energetska izkaznica stavbe FGG, katere vsebina je povzeta po Pravilniku o spremembah in

dopolnitvah Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb v prilogi 2 z naslovom Merjena energetska izkaznica. [27].

Preglednica 31: Energetski kazalniki za merjeno izkaznico stavbe FGG

Energetski kazalniki za merjeno energetska izkaznico	Pridobljeni podatki
Letna raba primarne energije za delovanje stavbe Q_p (kWh)	2844595
Letna raba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q_p/V_e (kWh/m ³)	69,67
Končna energija za ogrevanje $Q_{h,f}$ (kWh)	1027720
Končna energija za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine $Q_{h,f}/V_e$ (kWh/m ³)	25,17
Končna energija za pripravo tople vode $Q_{w,f}$ (kWh)	73270
Električna energija (kWh)	697442
Letni izpust CO ₂ (kg)	752789
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine CO_2 / V_e (kg/m ³)	18,43

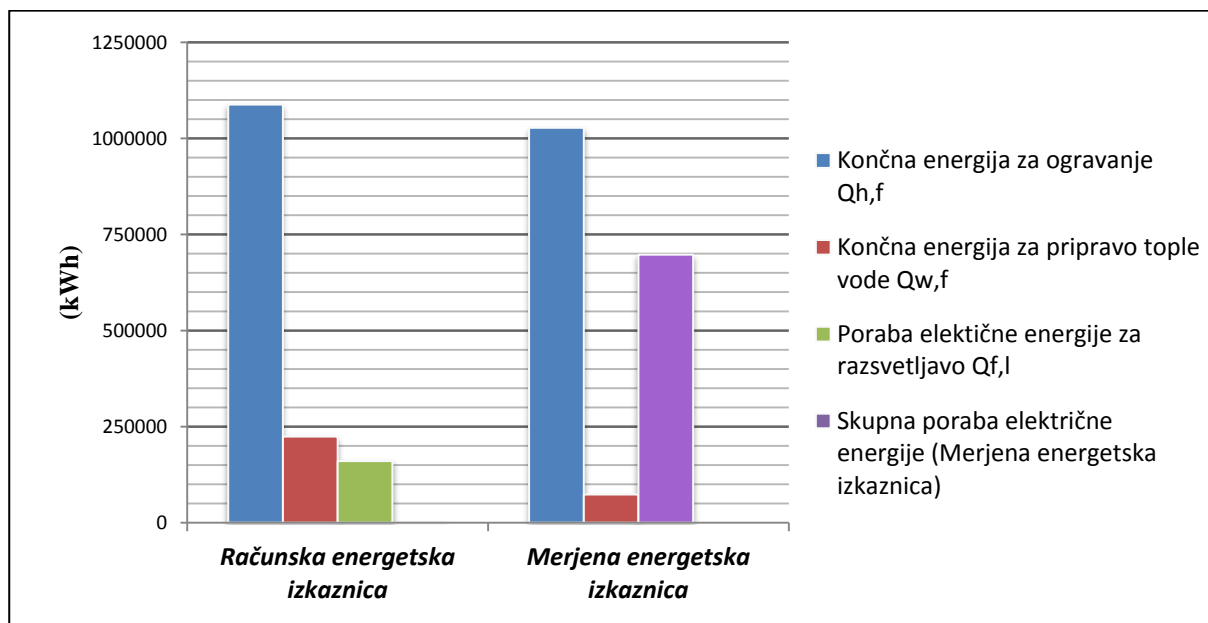
4.7 Primerjava računske in merjene energetske izkaznice

Primerjavo rezultatov merjene in računske energetske izkaznice sem naredil na podlagi končne potrebne energije za delovanje sistemov v stavbi FGG. Končna energija za ogrevanje stavbe $Q_{h,f}$ je pri računski energetska izkaznici večja za 5,9 % od dejanskega stanja, kar je zelo dober približek izračuna. Menim, da je do odstopanja prišlo, ker metoda pri računski energetska izkaznici zajema povprečne klimatske podatke za obdobje 15 let in ker se lahko pojavijo manjše dejanske urne izmenjave zraka v stavbi, kot je bilo predpostavljeno v izračunu. Dodaten razlog je tudi uporaba standardnih pogojev rabe stavbe (vhodni podatek za izračun energetskih kazalnikov), ki pa nujno ne odražajo dejanskega stanja. Odstopanja pri porabi končne energije za pripravo tople vode v stavbi FGG, $Q_{h,f}$, nastopijo, ker metoda za izračun le-te temelji na priporočenih vrednostih, opisanih v poglavju 4.4.12 in tudi dejstvo, da večina sanitarij v stavbi nima tople vode. Očitno je, da je poraba vode v stavbi FGG manjša, kot je predvidevano v izračunu. V računski energetska izkaznici je namreč končna energija za pripravo tople vode večja za 155 % kot pri merjeni energetska izkaznici. Izračunana poraba električne energije za razsvetljavo $Q_{f,l}$ predstavlja 22,5 % celotne izmerjene porabe električne energije v stavbi. Rezultat je pričakovan, saj je v stavbi veliko tehnične opreme, v tretjem nadstropju stavbe pa obratuje tudi restavracija. Primerjava rezultatov računske in merjene energetske izkaznice je predstavljena v preglednici 32 in grafikonu 5.

Preglednica 32: Primerjava računске in merjene energetske izkaznice

Energetski kazalniki	Računska energetska izkaznica	Merjena energetska izkaznica	Odstopanje računске energetske izkaznice od merjene
Letna raba primarne energije za delovanje stavbe Q_p (kWh)	1713956	2844595	-1130639 kWh (- 39,7 %)
Letna raba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q_p/V_e (kWh/m ³)	41,98	69,67	-27,69 kWh/m ³ (-39,7 %)
Končna energija za ogrevanje $Q_{h,f}$ (kWh)	1087981	1027720	60261 kWh (5,9 %)
Končna energija za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine $Q_{h,f}/V_e$ (kWh/m ³)	26,65	25,17	1,48 kWh/m ³ (5,9%)
Končna energija za pripravo tople vode $Q_{w,f}$ (kWh)	186768	73270	113498 kWh (155%)
Električna energija (kWh)	/	697442	/
Dovedena energija za razsvetljavo $Q_{f,l}$ (kWh)	157200	/	/
Letni izpust CO ₂ (kg)	536724	752789	-216065 kg (-28,7%)
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine CO_2 / V_e (kg/m ³)	13,14	18,43	-5,29 kg/m ³ (-28,7%)

Grafikon 5: Primerjava energetskega kazalnika računске in merjene energetske izkaznice



5 DODATNI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE FGG

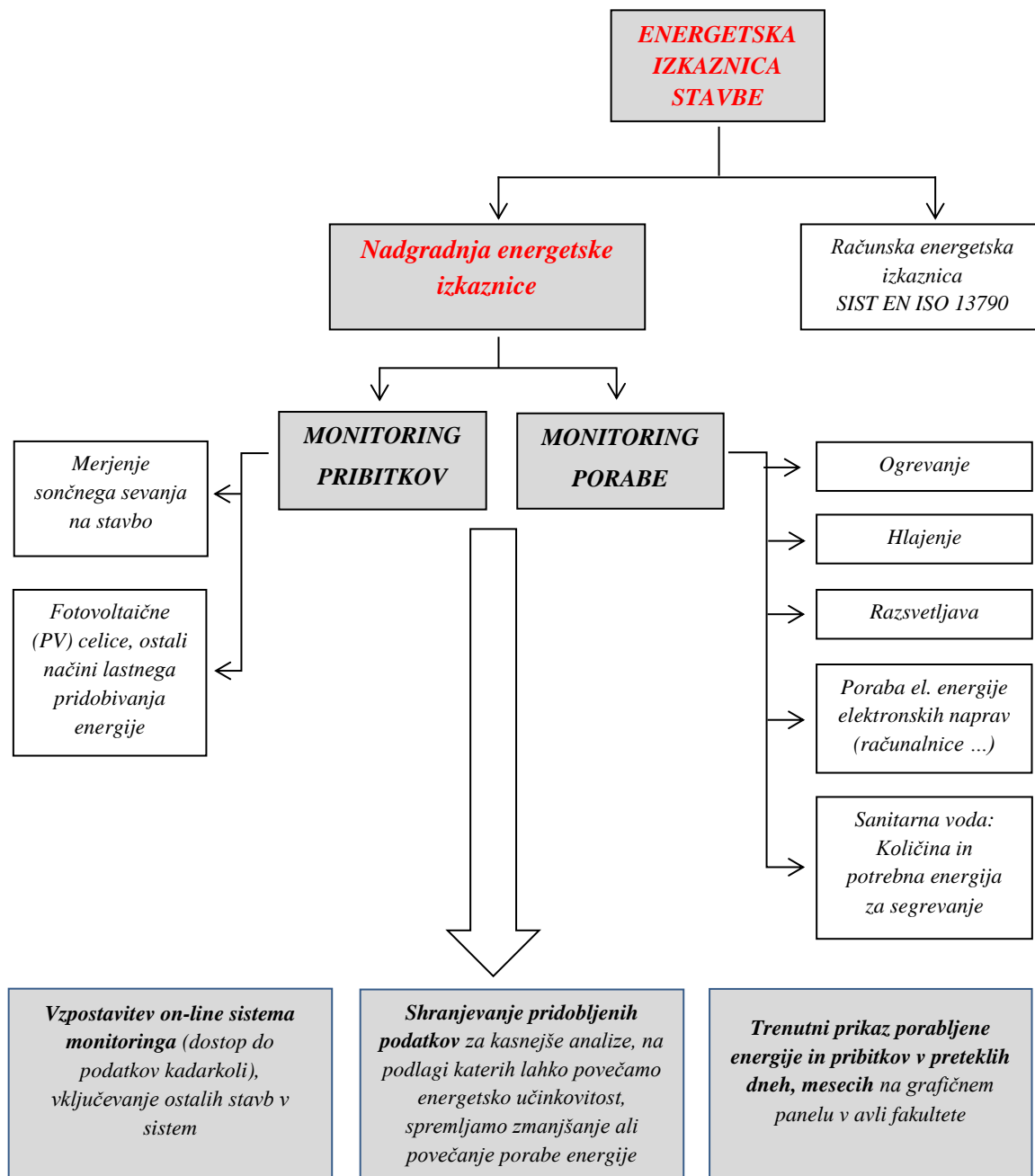
V nadaljevanju diplomskega dela sem predstavil nekaj zamisli za nadgradnjo energetske izkaznice, ki obsega monitoring porabljene in proizvedene energije, porabljene sanitarne vode ter prikaz in shranjevanje izmerjenih podatkov. Predstavil sem tudi predlog avtomatizacije sistema ogrevanja in razsvetljave v stavbi FGG.

Nadgradnja energetske izkaznice bi predstavljala dejansko porabo energije v stavbi in bi se spreminjala v realnem času. S pomočjo monitoringa se podatki o rabi energije tudi shranjujejo, zato jih lahko analiziramo ali posredujemo za poljubno časovno obdobje (npr. letna osvežitev podatkov o porabljeni energiji za potrebe energetske izkaznice). Obstoječa predpisana merjena energetska izkaznica zajema le letno porabo energije in s tem onemogoča podroben vpogled v delovanje sistemov v stavbi. Predlagana nadgradnja energetske izkaznice bi posredovala dinamične podatke o rabi energije in ne le fiksnih, ki jih predpisuje energetska izkaznica v zakonodaji.

5.1 Zasnova za monitoring porabe in proizvodnje energije ter porabe sanitarne vode v stavbi FGG

Monitoring porabljene in proizvedene energije je sistematičen način pridobivanja, analiziranja in shranjevanja podatkov, pridobljenih s pomočjo pametnih števecov za merjenje električne in toplotne energije. Izvajanje ukrepov za zmanjšanje porabe energije na podlagi analize pridobljenih podatkov in posredovanja dejanske porabe energije uporabnikom stavbe (motivacija za varčevanje) je ključnega pomena za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. Učinkovitost monitoringa povečamo, če med seboj ločimo posamezne skupine porabnikov (računalnike in ostale električne naprave, razsvetljavo, klimatske naprave, ogrevalne sisteme, sisteme za pripravo tople vode in ostale večje porabnike v stavbi). Le tako lahko iz pridobljenih podatkov razberemo, kje nastopi neracionalna raba energije, in skušamo težave odpraviti bodisi z nadgradnjo posameznega sistema za delovanje stavbe ali s spodbujanjem uporabnikov stavbe k spremembi vedenjskih navad.

Z nazornim monitoringom in nadzorovanjem porabljene energije v nestanovanjskih stavbah lahko prihranimo od 10 pa vse do 40 % energije [28]. Poleg tega omogočata zbiranje in analiza izmerjenih podatkov o energetske delovanju stavbe odkritje prej neznanih lastnosti, korelacij, trendov in odvisnosti, ki vplivajo na učinkovito rabo energije v stavbi. Podatki, ki jih pridobimo z dolgotrajnejšim monitoringom, lahko pomagajo pri razumevanju rabe energije v stavbi skozi njen celoten življenjski cikel. V spodnji shemi (slika 10) je predstavljen koncept merjenja porabljene in pridobljene energije v stavbi ter porabe sanitarne vode.



Slika 10: Shematski prikaz monitoringa energije

5.1.1 Predstavitev KNX standarda

Nivo udobja v stanovanjskih in nestanovanjskih stavbah se z razvojem tehnologije povečuje. Prav tako je vse bolj prisotna potreba po učinkoviti rabi energije. Doseganje visokega nivoja udobja v stavbah in zniževanje porabe energije lahko obenem dosežemo z avtomatizacijo prezračevanja, razsvetljava, senčenja, ogrevanja, hlajenja ter z merjenjem porabljene energije za delovanje teh sistemov. Za to je potrebna večja količina električne napeljave za povezavo senzorjev, aktuatorjev in merilnih enot s centralno enoto, ki skrbi za merjenje in upravljanje celotnega sistema.

Leta 1999 so se s težnjo po boljšem in jasnejšem opredeljevanju energetske učinkovitih sistemov v združenje Konnex povezale naslednje organizacije:

- EIBA (European Installation Bus Association),
- EHSA (European Home System Association) in
- BCI (BatiBUD Club international).

Na podlagi skupnega sodelovanja je nastal nov standard na področju avtomatizacije stavb, t. i. »KNX«, z namenom povezave posameznih sistemov v stavbi, ki so bili pred uvedbo le-tega ločeni. Sistem povezave KNX omogoča prej ločenim sistemom, da medsebojno komunicirajo, prednost sistema pa je tudi preprost nadzor iz enega mesta. Standard je bil zasnovan na temelju več kot 20-letnih izkušenj na področju avtomatizacije sistemov v stavbah. KNX standard je registriran kot mednarodni standard (ISO/IEC14543-3 [29]) in Evropski standard (CEN EN 13321-1 [30] in CEN EN 13321-2 [31]). Več kot 100 podjetij po vsem svetu je povezanih v KNX Association [32] z več kot 7000 certificiranih skupin produktov.

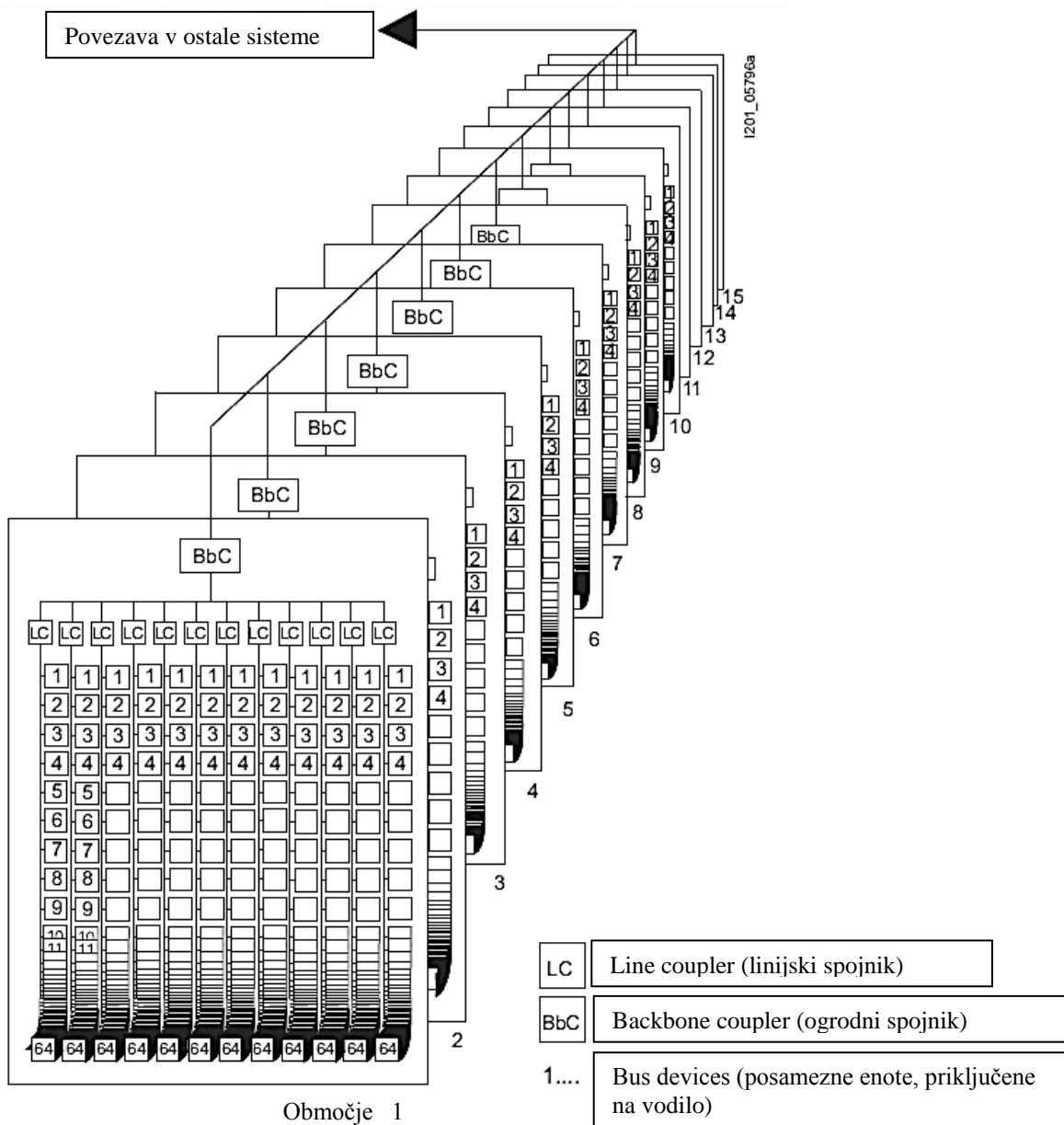
Prenos podatkov v KNX sistemu poteka na naslednje načine:

- preko standardnega električnega kabla,
- preko radijskih valov,
- z oklopljenim vodnikom s parom prepletenih paric,
- preko IP/Ethernet protokola.

V sistemu KNX ločimo naslednje module:

- vhodne enote (stikala, senzorji, merilniki energije ...) in
- izhodne enote ali akuatorji (ugašanje, prižiganje luči, zapiranje ventilov ...).

Komunikacija med enotami poteka preko fizičnega vodila ali preko radijskih valov. Posamezne enote so med seboj povezane v linijo. Eno linijo predstavlja do 64 vhodnih in izhodnih enot ter napajalnik. Linije se povezujejo v območja, eno območje pa tvori do 12 linij. Najvišja hierarhična stopnja je področje, ki medsebojno povezuje kar 15 območij. V KNX sistemu je lahko vgrajenih tudi do 14000 enot, kar zadošča tudi za najzahtevnejše objekte (hotele, poslovne zgradbe, javne ustanove ...). V KNX sistemu ima vsaka enota svoj naslov, preko katerega sprejema in oddaja impulze. Enote znotraj sistema morajo biti programirane za delovanje, kar pomeni, da mora biti v njihov spomin shranjena aplikacija, ki se izvede s programiranjem že ob vgradnji sistema [33].



Slika 11: Hierarhija KNX sistema [34]

5.1.2 Načini zajemanja podatkov o porabljeni in proizvedeni energiji ter porabljeni sanitarni vodi v stavbi FGG

V stavbah se nahajajo različni sistemi, ki zagotavljajo optimalne bivalne pogoje. Najpomembnejši med njimi so sistemi za ogrevanje prostorov, hlajenje prostorov, razsvetlavo, pripravo tople vode in prezračevanje. Za njihovo delovanje je nujno potrebno dovajati energijo. Če želimo doseči učinkovito rabo energije v stavbi, moramo vedeti, koliko energije porabijo posamezni sistemi, saj lahko le na ta način, z različnimi ukrepi, izboljšamo energetska bilanca stavbe.

V nadaljevanju bom opisal načine zajemanja podatkov o porabljeni energiji v stavbi FGG glede na posameznega porabnika. Osredotočil se bom na koncept t. i. »pametnega merjenjaka«, izvedenega s

sistemi povezave KNX [35]. Izraz »pametno merjenje« se nanaša na uporabo pametnih merilnikov, ki omogočajo večjo transparentnost pri prikazu porabljene energije. Prednosti takšnega načina merjenja so:

- odkrivanje vzorcev rabe energije v celotni stavbi z namenom znižanja energetskih konic in boljšo porazdelitvijo rabe energije,
- plačevanje porabljene energije na mesečni ravni (v prihodnosti obvezna metoda obračunavanja za vse članice EU, zahtevana v Direktivi 2010/31 EU o energetske učinkovitosti stavb),
- prepoznavanje napak v delovanju sistemov (na primer počena vodovodna cev),
- informiranje najemnikov stavbe ali posameznih odjemnih delov o porabi energije,
- priprava računov za porabljeno energijo za kratka obdobja v primeru zamenjave najemnikov stavbe oziroma delov stavbe,
- pridobitev celovite energetske bilance kot podlage za izdelavo merjene energetske izkaznice.

V nadaljevanju sem predstavil posamezne elemente za merjenje porabljene energije, ki so kompatibilni s sistemom KNX. Obstajata dve možnosti povezave pametnih merilnikov z nadzornim sistemom:

- preko standardnega KNX vodila (dvojna prepletena izolirana žica) ali
- preko radijskih valov na podlagi standarda M-BUS (Meter-BUS).

Porabljeno energijo za obratovanje sistemov v stavbi FGG lahko razdelimo na:

- sisteme, ki za delovanje uporabljajo električno energijo (razsvetljava, računalniki in ostale elektronske naprave, klimatske naprave) in
- sisteme, ki za delovanje uporabljajo dovedeno toploto (ogrevanje prostorov in priprava tople vode).

5.1.2.1 Merjenje porabe električne energije

Za monitoring rabe električne energije uporabimo digitalne merilnike, ki merijo porabljeno električno energijo. Smiselno je uporabiti več merilnikov za različne skupine porabnikov. Na sliki 12 je prikazan primer enofaznega digitalnega merilnika električne energije, ki meri porabljeno in pridobljeno energijo, če imamo v stavbi nameščene sisteme za pridobivanje energije iz obnovljivih virov.



Slika 12: Merilnik porabe električne energije Siemens 7KT PAC1500 [36]

5.1.2.2 Merjenje porabe toplotne energije

Obravnavana stavba FGG je priključena na omrežje daljinskega toplotnega ogrevanja. Za merjenje porabljene toplotne energije za ogrevanje prostorov in ogrevanje sanitarne tople vode uporabljamo merilnik toplotne energije. Naprava je sestavljena iz para temperaturnih zaznaval, merilnika pretoka in računske enote. Merjenje poteka tako, da se izvaja stalno merjenje pretoka ogrevalnega medija in temperaturne razlike na dovodnem in povratnem vodu. Za končne rezultate skrbi računska enota, ki na podlagi izmerjenih parametrov izračuna porabljeno toplotno energijo.

Merilnike lahko namestimo na posamezne razvode ogrevalnega sistema za posamezne skupine prostorov (npr. predavalnice, kabineti, knjižnica, hodniki) z namenom razčlenitve porabe toplotne energije za ogrevanje stavbe. Takšen pristop nam omogoči boljše predstavo o dejanski rabi toplotne energije in lažje posredovanje k izboljšanju energetske učinkovitosti.

Merilnik na sliki 13 omogoča merjenje toplotne energije v razponu pretoka ogrevalnega medija od 0,6 m³/h do 60 m³/h. Izmerjene podatke pošilja v sistem za monitoring energije.



Slika 13: Merilnik toplotne energije Siemens UH50 [37]

5.1.2.3 Merjenje porabe sanitarne vode

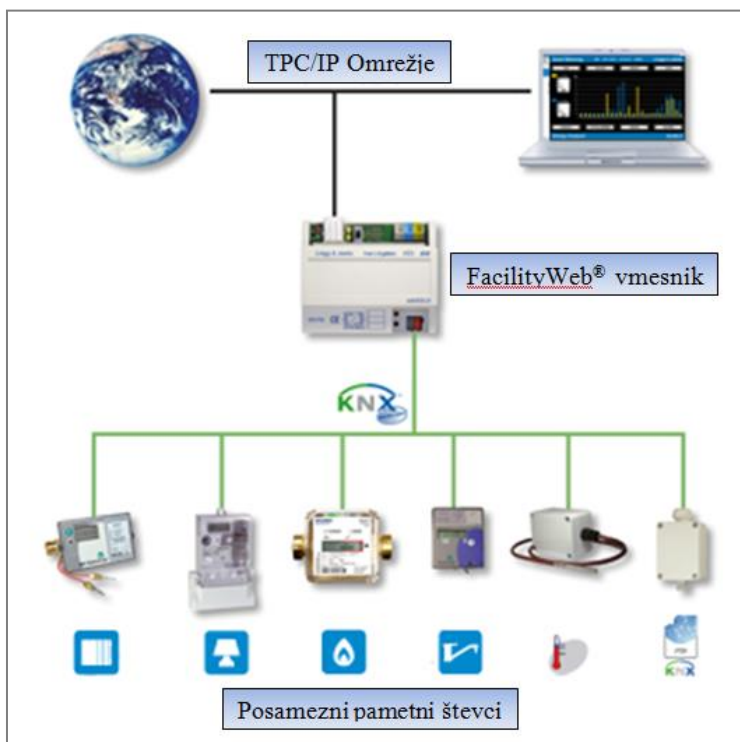
Količino porabljene sanitarne vode merimo z merilnikom pretoka vode. Na sliki 14 je predstavljen primer pretočnega števca in enote za beleženje izmerjenih podatkov, ki se posredujejo v sistem za monitoring energije.



Slika 14: Pretočni števec in enota za merjenje porabe vode KNX-IMPZ-WZ-M (podjetje Arcus-eds) [38]

5.1.3 Primer povezovanja pametnih merilnikov v sistem monitoringa

Z namestitvijo pametnih merilnikov smo korak bližje k celovitemu nadzoru nad vso porabljeno energijo v stavbi. Potrebujemo le še enoto, ki poveže vse elemente in nam omogoči pregled celotne porabljene energije za delovanje posameznih sistemov v stavbi. Enostavna rešitev je produkt »FacilityWeb®« podjetja Lingg&Janke [39], ki je bil razvit s pomočjo KNX Association in njihovih sodelavcev. »FacilityWeb®« je registrirana blagovna znamka, ki ponuja visoko učinkovite funkcije za monitoring, vizualizacijo in kontroliranje porabe različnih energijskih virov preko internetnega ali lokalnega omrežja. »FacilityWeb®« lahko združi posamezne merilnike, osnovane na KNX vodilu, in jih preko FTP protokola spremeni v spletni strežnik, sposoben merjenja, vizualizacije in nadzorovanja porabe energije v realnem času. Slika 15 ponazarja delovanje celotnega sistema.



Slika 15: Sistem »FacilityWeb®« podjetja Ling&Janke [39]

5.1.4 Primer monitoringa porabe in proizvodnje energije v stavbah ter porabe sanitarne vode

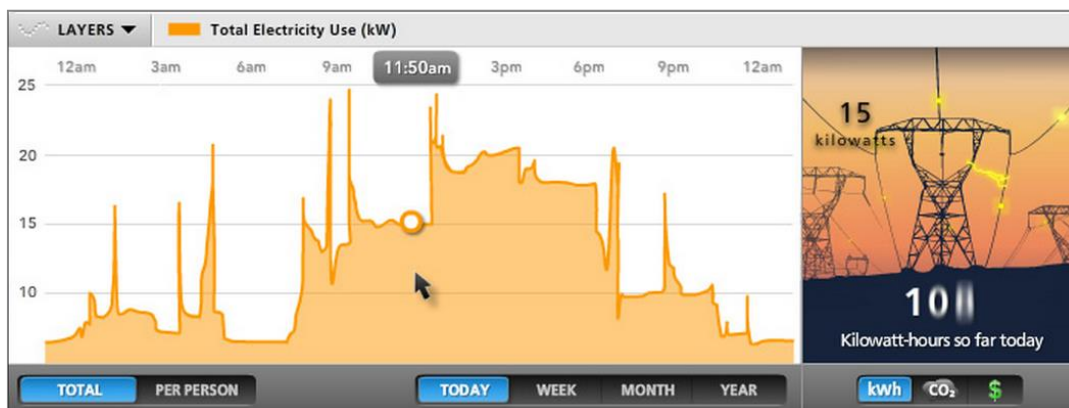
Podjetje Lucid, ustanovljeno leta 2004, je inovativno podjetje na področju izdelave programske opreme, ki prikazuje informacije o porabi energije v stavbah v realnem času [40]. Produkta »Building Dashboard™ Network« in »Building Dashboard™ Kiosk« omogočata uporabnikom stavbe prikaz, primerjavo in izmenjavo podatkov med uporabniki omenjenih produktov o porabljeni energiji za delovanje posameznih sistemov v stavbi in porabi tekoče vode iz vodovodnega omrežja.

Lastnosti produktov »Building Dashboard™ Kiosk« in »Building Dashboard™ Network« so naslednje:

- povezovanje programske opreme podjetja Lucid s strojno opremo za monitoring in avtomatizacijo stavb neodvisno od proizvajalca le-te (Siemens, Cisco ...),
- avtomatizirano pridobivanje podatkov v realnem času preko spleta,
- celovito spremljanje porabljene in pridobljene energije v stavbi,
- omogočanje lokalne, regionalne in mednarodne primerjave podatkov o energetske učinkovitosti med stavbami znotraj sistema »Building Dashboard™«,
- uporabniki lahko dostopajo do podatkov vseh javnih stavb, vključenih v sistem,
- upravljavci in uporabniki stavbe imajo možnost prenosa shranjenih izmerjenih podatkov za nadaljnje analize in primerjave,
- individualiziranje sistema za potrebe posameznih tipov stavb,

- uporaba zaslona na dotik za prikazovanje informacij o porabljeni energiji in vodi v stavbi (za produkt »Building Dashboard™ Kiosk«).

Slike od 16 do 18 prikazujejo način predstavitve porabe energije v stavbi produktov »Building Dashboard™ Network« in »Building Dashboard™ Kiosk«.



Slika 16: Prikaz rabe električne energije skozi dan [40]



Slika 17: Prikaz razčlenjene porabe energije [40]



Slika 18: Grafični prikaz primerjave električne energije v dveh različnih stavbah [40]

5.2 Avtomatizacija ogrevanja in razsvetljave v stavbi FGG

V velikem številu današnjih stavb se za uravnavanje parametrov notranjega okolja še vedno uporablja ročna regulacija, ki ne omogoča zadostne fleksibilnosti kontrole stavbnega ovoja in kontrole ostalih vgrajenih naprav. Za doseg bolj udobnega notranjega okolja in večje energetske učinkovitosti stavbnega ovoja je smiselna uvedba primerne nivoja avtomatske regulacije [41]. Cilji takšnega

samodejnega uravnavanja sistemov so zagotavljanje ugodnega bivalnega in delovnega okolja, zmanjšanje rabe energije ter posledično povečanje prihrankov.

Avtomatizacija sistemov zajema naslednja področja, ki so neločljivo povezana in jih je potrebno obravnavati celostno [42]:

- Regulacija vizualnega okolja: nadzor osvetljenosti (naravna in umetna osvetljenost).
- Regulacija toplotnega okolja: nadzor temperature (solarni pribitki, pasivno hlajenje, aktivno ogrevanje/hlajenje).
- Regulacija vohalnega okolja: nadzor kakovosti zraka (prezračevanje, koncentracija plina CO₂).

Za avtomatizacijo sistemov potrebujemo dve osnovni enoti, in sicer vhodno enoto (senzor) in izhodno enoto (aktuator). V nadaljevanju bom predstavil najpomembnejše senzorje, na podlagi katerih upravljamo sisteme v stavbi.

Senzorje uporabljamo posredno za zagotavljanje ugodnih razmer v delovnem oziroma bivalnem prostoru, za preprečevanje zdravstvenih težav oseb in za varčevanje z energijo. Senzorji služijo tudi za pridobivanje ustreznih podatkov, ki so nato posredovani sistemu za energetska upravljanje stavbe kot vhodni podatki. Izhodni podatki predstavljajo ukaze, posredovane posameznim sistemom (npr. zaprtje ventila na ogrevalnem telesu). Znotraj stavb uporabljamo naslednje senzorje:

- Senzor za merjenje temperature in relativne vlage v prostoru, zunaj stavbe in v dovedenem zraku v stavbo. S pomočjo teh podatkov lahko upravljamo naprave, katerih funkcija je vzdrževanje optimalne temperature in relativne vlažnosti v prostoru. S takšnim načinom ogrevanja ali hlajenja lahko prihranimo od 15 % do 50 % energije, odvisno od nastavitv in geografske lokacije [43].
- Senzor za določanje zasedenosti prostora je na voljo v dveh izvedbah, in sicer infrardeči ali ultrasonični. Senzorji zaznavajo prisotnost ljudi v prostoru, ne pa tudi točnega števila oseb. Uporabljajo se predvsem za samodejno ugašanje luči ter za uravnavanje ogrevanja ali hlajenja. Primerni prostori za namestitev teh senzorjev so sobe za sestanke, hodniki, sanitarije, pisarne ali drugi prostori, kjer zadrževanje ljudi ni pogosto.
- Senzor za zaznavanje količine dnevne svetlobe. Takšni senzorji vklopijo in po potrebi regulirajo umetno razsvetljavo. Prihranki energije pri apliciranju teh senzorjev variirajo od 0 % do 89 % [44]. Nizki prihranki energije so pogosto posledica slabega nadzornega sistema in ravnanja oseb (ročno upravljanje senčil, kar posledično povzroči manjši dotok naravne svetlobe v prostor). Na prihranke vpliva tudi orientacija zasteklitve in postavitve oken (strešna, stenska).
- Senzor za merjenje vsebnosti plina CO₂ v prostoru. Vgradnja senzorja v sistem nam omogoča optimizacijo mehanskega in avtomatiziranega naravnega prezračevanja glede na zasedenost

prostora. Tako vedno zagotavljamo optimalno kakovost zraka ter preprečitev nepotrebne rabe energije za prezračevanje ob manjši zasedenosti prostora. Na takšen način lahko prihranimo od 6 % do 22 % energije, odvisno od vzorca zasedenosti, tipa stavbe in geografske lokacije [43].

5.2.1 Avtomatizacija ogrevanja v predavalnicah in računalniških učilnicah stavbe FGG

Stavba FGG je priklopljena na sistem daljinskega ogrevanja. Končna grelna telesa so radiatorji, nameščeni ob zunanjih stenah prostorov pod okenskimi odprtini. Uravnavanje temperature v posameznem prostoru je možno tam, kjer so nameščeni termostatski ventili.

Predstavljam bom rešitev avtomatizacije ogrevanja proizvajalca Siemens [45]. Sistem obsega možnost uravnavanja temperature posameznih prostorov na podlagi radijsko vodenih ventilov, nameščenih na radiatorje, in krmilne enote za uravnavanje želene temperature v prostoru.

Brezžični nadzorni sistem temperature v prostoru lahko nadzoruje največ 6 aktuatorjev (radijsko vodenih ventilov), ki so razdeljeni v največ 2 temperaturni coni. Nadzorna enota vsebuje tudi senzor za merjenje temperature v prostoru. Razlika med želeno in izmerjeno temperaturo se izenačuje z odpiranjem in zapiranjem ventilov na grelnem telesu. Komunikacija med ventili in nadzorno enoto poteka preko radijskih signalov na frekvenci 868 MHz. Nadzorni sistem omogoča ročno določitev šestih časovnih obdobij z določenim ogrevalnim načinom, kar omogoča veliko mero fleksibilnosti upravljanja ogrevanja in posledično tudi večje prihranke.

Brezžični nadzorni sistem je učinkovit način, kako privarčevati pri porabi energije. Je enostaven za uporabo, neinvaziven za nameščanje, saj ne zahteva posegov v inštalacijo, in je stroškovno prijazen.



Slika 19: Brežični sistem reguliranja temperature v prostoru, sestavljen iz mehanskega radijsko vodenelega ventila SSA955 in nadzorne enote QAW912 proizvajalca Siemens [46]

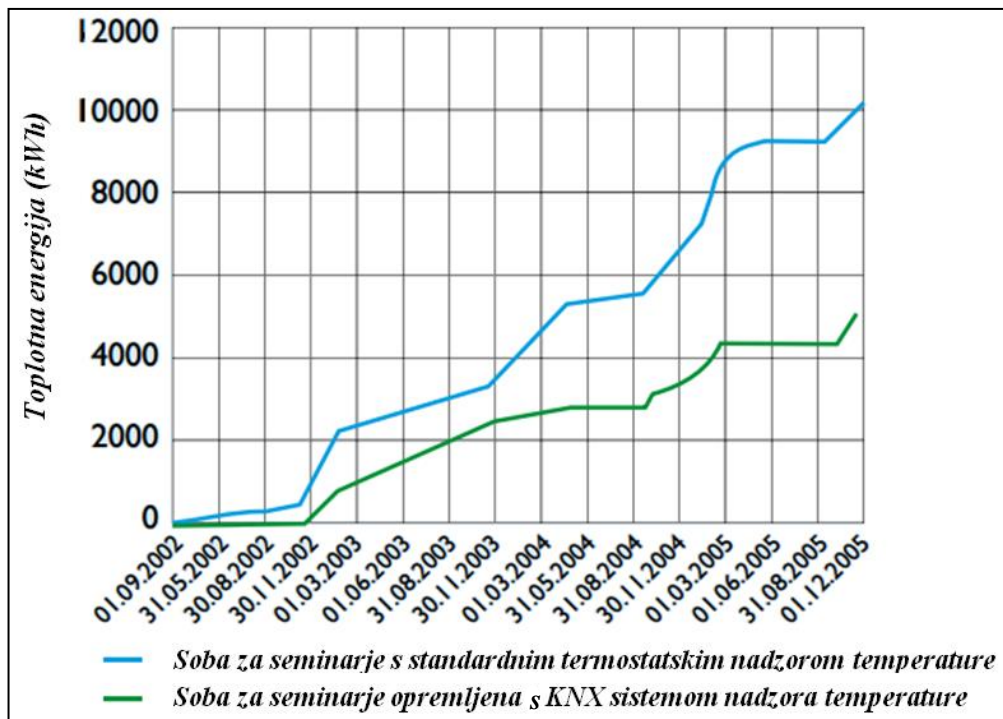
5.2.1.1 Primer prihranka energije na podlagi avtomatizacije ogrevanja

Na univerzi Bremen v Nemčiji so pod mentorstvom profesorja Manfreda Mevenkampa izvedli študijo, v kateri so med drugim preučili možnosti prihranka toplotne energije z avtomatizacijo ogrevanja z uporabo KNX sistema [47]. Za izvedbo študije so izbrali dve identični učilnici. Eden izmed eksperimentalnih prostorov je bil opremljen s standardnimi termostatskimi ventili, drugi prostor pa s KNX sistemom avtomatizacije, ki je vseboval naslednje elemente:

- stikala, ki zaznavajo odprtje okna,
- ventile na radiatorjih,
- sistem nadziranja temperature v prostoru,
- merilnik toplotne energije z M-BUS vmesnikom in M-BUS/KNX prehodom.

Zabeleženi podatki o porabljeni toplotni energiji so pokrivali časovno obdobje od začetka leta 2002 do konca leta 2005. Za povečanje energetske učinkovitosti je bila v prostoru, opremljenim s KNX sistemom, upoštevana zasedenost prostora na podlagi urnika (prekinitev ogrevanja v času nezasedenosti) in prekinitev ogrevanja v primeru odprtja okna. Spodnji diagram prikazuje porabljeno toplotno energijo v času izvajanja eksperimenta.

Grafikon 6: Primerjava porabljene toplotne energije v prostoru s KNX sistemom in v sobi brez KNX sistema [47]



Za ogrevanje prostora, opremljenega s KNX sistemom nadzora ogrevanja, je bilo potrebno dovesti približno 50 % toplotne energije manj kot v primeru, ko so bili v prostoru nameščeni le termostatski ventili na radiatorjih. Takšne ventile je mogoče upravljati le ročno. Z zmanjšanjem porabe toplotne energije je nivo udobja v prostoru ostal enak.

5.2.2 Avtomatizacija razsvetljave v predavalnicah in računalniških učilnicah stavbe FGG

V stavbi FGG se vse luči (posamezne in vezane v skupine) prižigajo in ugašajo ročno. V predavalnicah in računalnicah so razporejene vzdolžno v treh vrstah, kot je razvidno iz slike 20. Visok odstotek zasteklitve na severni strani stavbe, kjer se nahajajo omenjeni prostori, omogoča, da z naravno svetlobo učinkovito osvetlimo prostor. Ker pa naravni pogoji osvetlitve niso vedno zadostni (oblačno vreme, letni čas in določeni deli dneva), smo zato primorani za normalne delovne pogoje uporabiti tudi umetno razsvetljavo. Glede na to, da se intenzivnost naravne svetlobe z globino prostora zmanjšuje, bi bilo smiselno moč sijalk v vsaki koloni posebej prilagoditi glede na dejanske potrebe osvetlitve. To lahko zagotovimo z uporabo sistema za uravnavanje osvetljenosti prostora glede na dnevno svetlobo in dodatno potrebno umetno razsvetljavo. Iz lastnih izkušenj lahko povem, da v stavbi velikokrat gorijo luči v povsem praznih predavalnicah. Smiselno bi bilo, da umetno razsvetljavo uravnavamo s pomočjo senzorjev gibanja, ki zaznavajo prisotnost ljudi v prostoru. Za izvedbo sistema avtomatizacije upravljanja razsvetljave predlagam t. i. »DALI/KNX« sistem.



Slika 20: Predavalnica v prvem nadstropju stavbe FGG

»DALI« (Digital Adressable Lightning Interface) je akronim za digitalni naslovljivi vmesnik za razsvetljavo, ki za komunikacijo uporablja dvosmerno izmenjavo podatkov v skladu s standardom IEC 60929 [48]. Lahko sprejema ukaze za ugašanje, prižiganje in zatemnjevanje luči, prav tako pa lahko pošilja informacije o napakah v delovanju sistema. Uporaba prehoda DALI/KNX N141/02, proizvajalca podjetja Siemens [49], omogoča komuniciranje do 64 DALI naprav preko KNX sistema. Naprava omogoča tudi, da se luči prižigajo, ugašajo ali zatemnjujejo individualno ali v skupini. Sistem bi tako v predavalnicah in računalniških učilnicah stavbe FGG opravljal dve osnovni funkciji:

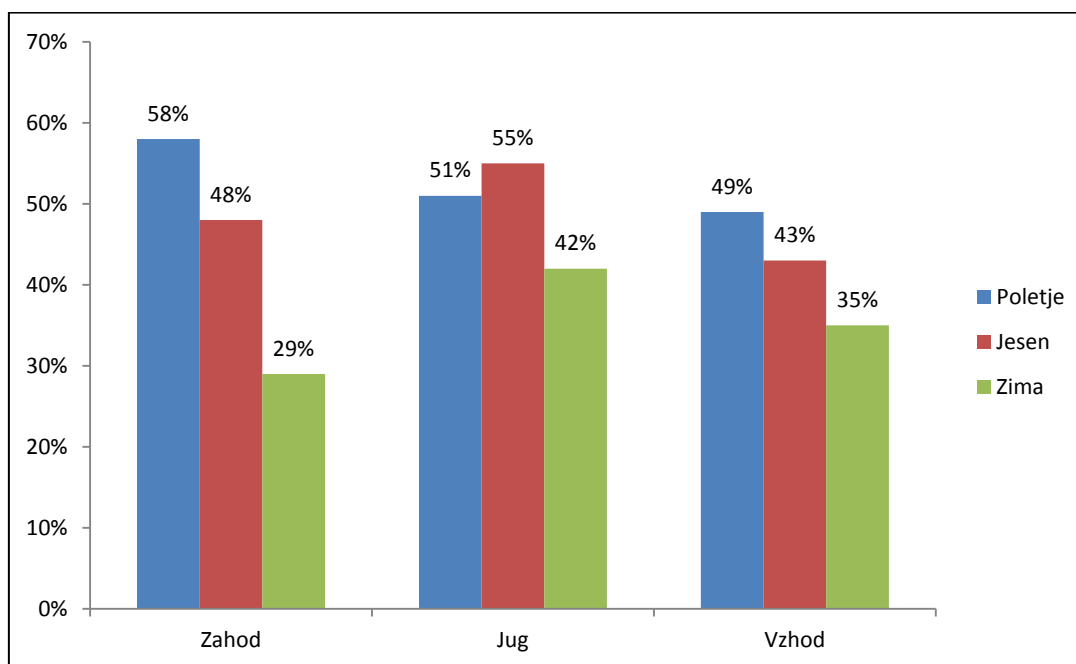
- prižiganje in ugašanje luči glede na prisotnost ljudi v prostoru,
- uravnavanje osvetljenosti prostora glede na naravno dnevno svetlobo in dodatno potrebno umetno svetlobo (»daylight harvesting«).

Zgoraj navedeni funkciji zagotovimo z uporabo senzorja za prisotnost oseb v prostoru in senzorja za merjenje osvetljenosti prostora. Za vsak prostor posebej bi uporabil tri senzorje za merjenje osvetljenosti prostora (za vsako vzdolžno vrsto luči po en senzor) in senzor za zaznavanje prisotnosti oseb v prostoru. Na ta način lahko učinkovito zmanjšamo moč delovanja skupine luči ob okenskih površinah, medtem ko ostali dve skupini luči delujeta z večjo močjo, ki je prav tako odvisna od zunanjih vremenskih pogojev.

5.2.2.1 Primer prihranka energije na podlagi avtomatizacije razsvetljave

Energijski center v Wisconsinu je izvedel študijo o zmanjšanju rabe energije z uporabo metode »Daylight harvesting« [50]. Študija je potekala v paroma identičnih prostorih na zahodni, vzhodni in južni strani stavbe. Umetna razsvetljava je bila vklopljena med 7.00 in 18.00 uro (simulacija pogojev v pisarnah in učilnicah). Kontrolni prostor je uporabljal standardni način osvetlitve, testni prostor pa »Daylight harvesting« metodo osvetlitve. Grafikon 7 prikazuje prihranke električne energije glede na letni čas in orientacijo prostora v stavbi.

Grafikon 7: Prihranki električne energije na podlagi »daylight harvesting« metode osvetlitve [50]



Skupni povprečni prihranki električne energije so znašali 46 %. Najvišji prihranek, 58 %, je bil izmerjen na zahodno orientiranem prostoru v poletnem letnem času. Najnižji prihranki nastopijo pozimi, in sicer zaradi krajših dni, kar posledično zmanjša učinkovitost preučevane metode. Glede na orientacijo opazovanih prostorov opazimo največje prihranke na južno orientiranih prostorih, kjer v prostor prodre več svetlobe in je zato uporaba umetne razsvetljave manj intenzivna.

6 ZAKLJUČEK

Evropska Unija skuša z uvedbo energetske izkaznice stavbe kot enim izmed ukrepov doseči učinkovitejšo rabo energije in s tem posledično zmanjšati energetske odvisnosti in izpust emisij toplogrednega plina CO₂. Namen energetske izkaznice je seznanjenje lastnika oziroma najemnika stavbe o višini pričakovanih stroškov za delovanje posameznih sistemov v stavbi. Pomemben sestavni del energetske izkaznice za obstoječe stavbe predstavljajo tudi priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti. Na ta način lastnik stavbe pridobi strokovno mnenje o morebitni sanaciji toplotnega ovoja stavbe, zamenjavi ali nadgradnji sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode.

Na primeru stavbe FGG sem izdelal računsko in merjeno energetske izkaznico. Zaradi obstoječega toplotnega ovoja stavbe z visoko toplotno prehodnostjo stavba ne izpolnjuje pogojev za doseganje energetske učinkovitosti, ki jih predpisuje Pravilnik PURES-2 2010, izpolnjuje pa pogoj o rabi najmanj 50 % energije za ogrevanje in hlajenje, pridobljene iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja. V nadaljevanju dela sem z obravnavanjem posameznih ukrepov spremljal odziv stavbe na porabo energije. S kombiniranjem ukrepov (toplotna izolacija zunanjih sten, strešne konstrukcije, odprava toplotnih mostov, zamenjava starejših oken na vzhodni in zahodni fasadi) sem uspel zmanjšati porabo do te mere, da stavba zadošča zahtevanim vrednostim, ki jih določa pravilnik. Problematične so predvsem toplotne izgube zaradi velikega deleža zasteklitve zunanjega ovoja stavbe. Pri primerjavi izračunanih (računska energetska izkaznica) in izmerjenih vrednosti (merjena energetska izkaznica) ni prišlo do bistvenih odstopanj, razen pri potrebni energiji za pripravo tople vode. V stavbi se za ta namen porabi veliko manj energije kot za tak tip stavbe predvideva Tehnična smernica TSG4.

Za doseganje večje energetske učinkovitosti stavbe sem poleg stroškovno smiselnih gradbenih ukrepov predlagal nadgradnjo energetske izkaznice s pomočjo monitoringa porabljene in pridobljene energije v stavbi ter količine porabljene sanitarne vode. Nadgradnja energetske izkaznice bi posredovala dinamične podatke o rabi energije. Letna porabljena energija, ki jo predpisuje obstoječa energetska izkaznica, je le fiksni končni podatek z veljavnostjo 10 let (Energetski zakon), ki onemogoča natančen vpogled v delovanje sistemov v stavbi. Z uvedbo pametnih merilnikov električne energije ter merilnikov energije, potrebne za ogrevanje in pripravo tople vode, bi vzpostavil sistem, ki bi v realnem času prikazoval porabo energije in shranjeval podatke za kasnejšo obdelavo in analizo. Šele na podlagi izmerjenih in točno razčlenjenih informacij o količini porabljene energije lahko točneje določimo posege v sisteme delovanja stavbe, hkrati pa bi s sistemom monitoringa vplivali na večjo ozaveščenost uporabnikov in upraviteljev stavbe o pomembnosti večje energetske učinkovitosti stavb, potrebi po varčevanju z energijo ter pomenu rabe obnovljivih virov energije. Podatki, pridobljeni z monitoringom energije, bi služili tudi kot podatki za merjeno energetske izkaznico.

Za dodatno racionalizacijo rabe energije sem podal še predloga avtomatizacije razsvetljave in ogrevanja, ki po izmerjenih podatkih predstavljata več kot 60 % celotne porabljene energije v stavbi. Z avtomatizacijo sistemov bi eliminirali po nepotrebnem porabljeno energijo in bili energetsko še učinkovitejši.

VIRI

- [1] Report from the Commission to the European Parliament and the Council. Financial support for energy efficiency in buildings. 2013.
http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/doc/report_financing_ee_buildings_com_2013_225_en.pdf (Pridobljeno 20. 4. 2013.)
- [2] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev).
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF> (Pridobljeno 9. 3. 2013.)
- [3] Geografija Slovenije. 2013.
http://sl.wikipedia.org/wiki/Geografija_Slovenije (Pridobljeno 10. 3. 2013.)
- [4] Poraba energije in goriv v gospodinjstvih, Slovenija, 2010 – končni podatki.
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4051 (Pridobljeno 10. 3. 2013.)
- [5] Stanovanja po letu zgraditve po občinah Slovenije, 2010. Statistični urad RS, Stanovanjski sklad.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=349&lang_id=302 (Pridobljeno 29. 3. 2013.)
- [6] Rotnik, K., Praznik, M. 2012. Priprava tople sanitarne vode. Zbirka informativnih listov "Za učinkovito rabo energije 1/16: 1–8.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-16.PDF> (Pridobljeno 29. 3. 2013.)
- [7] Česen, M., Urbančič, A., Lah, P. 2012. Raba energije v javnem sektorju, stroški zanjo in vplivi na okolje.
http://www.stat.si/StatisticniDnevi/Docs/Radenci%202012/prispevki/Cesen_RabaEnergijskeEmisijeStroskiJS-Prispevek_v2.pdf (Pridobljeno 10. 3. 2013.)
- [8] Direktiva 2002/91/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2002 o energetski učinkovitosti stavb. Ur. l. EU, št. 12/Zv.2.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:02:32002L0091:SL:PDF> (Pridobljeno 9. 3. 2013.)
- [9] Energetski zakon (uradno prečiščeno besedilo) (EZ-UPB2). Ur. l. RS, št. 27/2007: 3549.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=79243> (Pridobljeno 19. 3. 2013.)
- [10] Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-E). Ur.l. RS, št. 10/2012.
http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis_ZAKO6327.html (Pridobljeno 19. 3. 2013.)
- [11] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Ur. l. RS, št. 52/2010: 7840.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)

- [12] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 20. 3. 2013.)
- [13] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Ur. l. RS, št. 77/2009: 10310.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200977&stevilka=3362> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)
- [14] Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Ur. l. RS, št. 93/2012: 9514.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200977&stevilka=3362> (Pridobljeno 20. 3. 2010.)
- [15] Pravilnik o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetskih izkaznic. Ur.l. RS, št. 6/2010.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=20106&stevilka=204> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)
- [16] Atlas okolja. Ljubljana. 2013. ARSO.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 20. 5. 2013.)
- [17] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.
- [18] SIST EN 15332:2008. Kotli za gretje – Energetsko ocenjevanje hranilnikov tople vode. ogrevanje in hlajenje prostorov.
- [19] Krainer, A., Predan, R. Računalniški program (TOST) za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkovitosti rabe energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010. Ljubljana, UL FGG.
- [20] Dolinar, M. Povprečna letna temperatura zraka za obdobje 1971–2000. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2013.
<http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/karte/karta4013.html> (Pridobljeno 15. 5. 2013.)
- [21] Krainer, A., Predan, R. Računalniški program TOST Uporabniški priročnik. Ljubljana, UL FGG. 2013.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/programi/TOSTNavodila%20ZOE%202012.pdf> (Pridobljeno 30. 3. 2013.)
- [22] Hajdinak, R. 2009. Gradimo s steklom.
http://www.reflex.si/si/files/default/knjiga-gradimo-s-steklom/006_Tehnicne_Informacije_SLO_web.pdf_stran_244 (Pridobljeno 20. 5. 2013.)

- [23] SIST EN ISO 14683:2000. Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti.
- [24] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur. l. RS, št. 42/2001:4139.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2013> (Pridobljeno 29. 3. 2013.)
- [25] Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Priloga 1: Računska energetska izkaznica. Ur. l. RS, št. 93/2012: 9514.
http://www.uradni-list.si/files/RS_-2012-093-03613-OB~P001-0000.PDF#!/pdf (Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [26] Emisije CO₂. 2013. TE-TOL, d.o.o., Ljubljana.
http://www.te-tol.si/index.php?sv_path=2456,3122 (Pridobljeno 10. 5. 2013.)
- [27] Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Priloga 2: Merjena energetska izkaznica. Ur. l. RS, št. 93/2012: 9514.
http://www.uradni-list.si/files/RS_-2012-093-03613-OB~P002-0000.PDF#!/pdf (Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [28] Ammar, A., Ploennigs, J., Menzel, K, Cahill, B. 2010. Multi dimensional building performance data management for continuous commissioning. *Advanced Engineering Informatics* 24, 4: 466–475.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034610000510> (Pridobljeno 25. 3. 2013.)
- [29] ISO/IEC TR 14543-3:2000. Information technology - Home electronic system (HES) architecture - Part 3: Communication layers and initiation.
- [30] CEN EN 13321-1:2013. Odprta izmenjava podatkov v avtomatizaciji stavb in izvršnih elementov ter pri upravljanju stavb – Elektronski sistem za stanovanja in stavbe – 1. del: Zahteve za proizvode in sisteme.
- [31] CEN EN 13321-2:2013. Odprta izmenjava podatkov v avtomatizaciji stavb in izvršnih elementov ter pri upravljanju stavb – Elektronski sistem za stanovanja in stavbe – 2.del: KNXnet/IP Komunikacija.
- [32] What is KNX?. 2013. KNX Association.
<http://www.knx.org/knx/what-is-knx/> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)
- [33] EIB/KKNX. 2013. KomfortKlik d.o.o.
http://www.comfortclick.com/PDF/EIB_KNX_ComfortClick.pdf (Pridobljeno 25. 3. 2013.)
- [34] GAMMA Building Control. Product Catalog ET G1. 2013. Siemens.
http://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/GAMMA-Building-Control-Product-Catalog-ET-G1---2013_A6V10390104_hq-en.pdf (Pridobljeno 10. 5. 2013.)

- [35] Smart metering with KNX. 2013. KNX Association.
http://www.knx.org/fileadmin/downloads/09%20-%20Various/02%20-%20Flyer/KNX%20Smart%20Metering_Screen%20DE-EN.pdf (Pridobljeno 19. 4. 2013.)
- [36] 7KT/7KM PAC measuring devices. 2013. Siemens.
http://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/manual/04_pi_7KT7KMPACMeasuringDevices_EN_2887.pdf (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [37] Ultrasonic heat and cooling energy meters. 2013. Siemens.
http://www.ifs-store.com/pdf/pdf-siemens/Ultrasonic-heat-and-cooling-energy-meters-UH50--A6V10388515_hq-en-1.pdf (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [38] KNX-IMPZ-WZ-M Water Meter. 2013. Arcus-eds.
http://www.arcus-eds.de/uploads/media/5300_e2_WZ-M.pdf (Pridobljeno 7. 5. 2013.)
- [39] KNX Smart metering. Divisional and cross-vendor. 2013. Lingg-Janke.
http://www.lingg-janke.de/en/assets/files/Flyer/KNX%20Smart%20Metering_EN/FacilityWeb_Smart-Metering_EN.pdf (Pridobljeno 8. 5. 2013.)
- [40] Lucid building dashboard. 2013.
<http://www.luciddesigngroup.com/network/features.php> (Pridobljeno 20. 5. 2013.)
- [41] Košir, M. 2011. Regulacija notranjega okolja z uravnavanjem stavbnega ovoja. AR, Arhitektura, raziskave 2011/1: 19–28.
http://www.fa.uni-lj.si/filelib/9_ar/2011/ar_2011_1_02_kosir.pdf (Pridobljeno 31. 5. 2013.)
- [42] Košir, M., Krainer, A., Kristl, Ž. 2011. Integral control system of indoor environment in continuously occupied spaces. Automation in construction 21: 199–209.
<http://www.sciencedirect.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/science/article/pii/S0926580511001166> (Pridobljeno 31. 5. 2013.)
- [43] Hatley, D.D., Meador, R. J., Katipamula, S., et al. 2005. Energy Management and Control System. Desired Capabilities and Functionality. Washington ZDA, Pacific Northwest National Laboratory: 46 str.
http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-15074.pdf (Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [44] Acker, B., Van Den Wymelenberg, K. 2009. Measurement and Verification of Daylighting Photocontrols. Technical Report No. 20090205-01. Integrated Design Lab: 41 str.
- [45] Roth, K. W., Westphalen, D., Feng, M. Y., et al. 2005. Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics. Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential. Cambridge, Massachusetts, ZDA, TIAX LCC: 413 str.
http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.tiaxllc.com/ContentPages/42428345.pdf (Pridobljeno 17. 3. 2013.)

[46] Synco™ living Product Announcement. 2013. Siemens.

[https://www.swe.siemens.com/greece/internet/en/pss/IC/buildingtechnologies/Documents/Synco%20living%20KIT91%20\(36E126BCen\).pdf](https://www.swe.siemens.com/greece/internet/en/pss/IC/buildingtechnologies/Documents/Synco%20living%20KIT91%20(36E126BCen).pdf) (Pridobljeno 3. 5. 2013.)

[47] Energy Efficiency with KNX. 2013. KNX Association.

http://www.knx.org/fileadmin/downloads/09%20-%20Various/02%20-%20Flyer/English/KNXEEnew_EN_Screen.pdf (Pridobljeno 21. 4. 2013.)

[48] SIST EN 60929:2006. Izmenično napajane elektronske predstikalne naprave za cevaste fluorescenčne svetilke – Tehnične zahteve.

[49] 07 B0 KNX / DALI Gateway 981C0B. 2013. Siemens.

http://cache.automation.siemens.com/dnl/jE/jEzNzY2OQAA_43392169_DL/981C0B_apb_en_2010-09-27.pdf (Pridobljeno 3. 5. 2013.)

[50] Energy Savings from Daylighting. A Controlled Experiment. 2005 Energy Center of Wisconsin: 33. str.

<http://www.ecw.org/prod/233-1.pdf> (Pridobljeno 10. 5. 2013.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE FGG	A1
A.1: Računska energetska izkaznica stavbe FGG	A1
A.2: Merjena energetska izkaznica stavbe FGG	A3
PRILOGA B: REZULTATI IZRAČUNOV PROGRAMA TOST	B1
B.1: Izpis izračuna za »obstoječe stanje«	B1
B.2: Izpis izračuna za ukrep »fasada«	B2
B.3: Izpis izračuna za ukrep »parapet«	B3
B.4: Izpis izračuna za ukrep »streha«	B4
B.5: Izpis izračuna za ukrep »tla«	B5
B.6: Izpis izračuna za ukrep »okna«	B6
B.7: Izpis izračuna za ukrep »toplotni mostovi«	B7
B.8: Izpis izračuna za »kombinacija ukrepov«	B8

PRILOGA A: ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE FGG**A.1: Računska energetska izkaznica stavbe FGG****ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE****Podatki o stavbi**

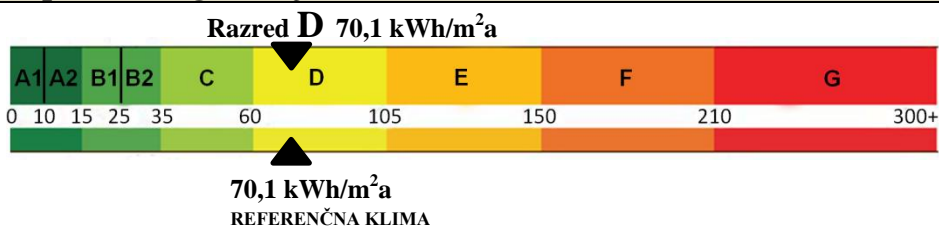
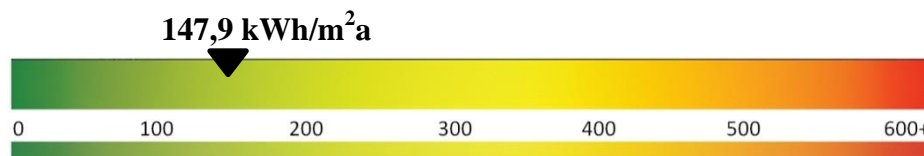
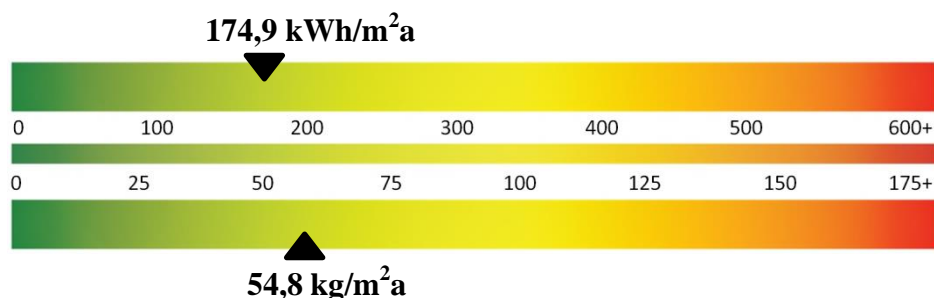
Št. Izkaznica: Velja do:

Vrsta izkaznice: RAČUNSKA

Vrsta stavbe: NESTANOVANJSKA

Identifikacijska oznaka stavbe,
posameznega dela ali delov stavbe:Klasifikacija stavbe: *1263 Stavbe za izobraževanje in
znanstveno-raziskovalno delo*Leto izgradnje: *1957*Naslov stavbe: *Jamova cesta 2*Katastrska občina: *1723 Ljubljana Vič*

Parcelna št.:

Koordinati stavbe (X,Y): *(100300, 461285)***Potrebna toplota za ogrevanje****Dovedena energija za delovanje stavbe****Primarna energija in Emisije CO₂****Izdajatelj**Izdajatelj d. o. o. (št. pooblastila)
Ime in podpis odgovorne osebe:
Opcija elektronski podpis:
Datum izdaje:**Izvajalec**Ime in priimek (št. pooblastila)
Ime in podpis:
Opcija elektronski podpis:
Datum izdaje:

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št. izkaznica: Velja do:

Vrsta izkaznice: RAČUNSKA

Vrsta stavbe: NESTANOVANJSKA

Podatki o velikosti stavbe

Kondicionirana površina stavbe A_e (m^2)	9800,5
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m^3)	40829
Celotna zunanja površina stavbe A (m^2)	7703,6
Oblikovni faktor $f_0=A/V_e$ (m^{-1})	0,19

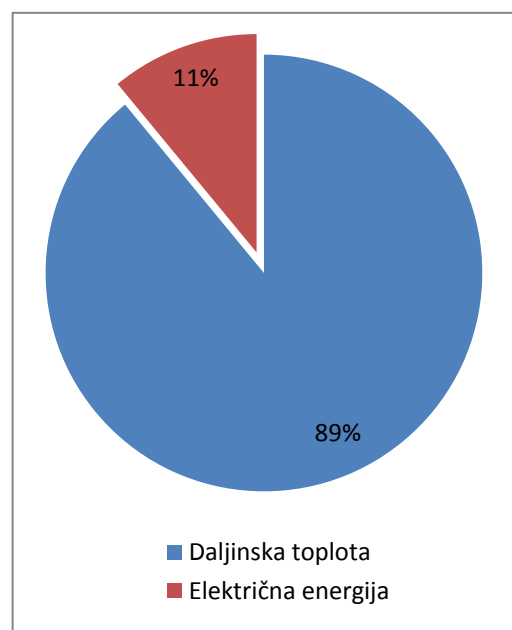
Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj TP	3300
Projektna temperatura (gretje) T_{eph}	-13

Dovedena energija za delovanje stavbe

Dovedena energija za delovanje stavbe	Dovedena energija	
	kWh/a	kWh/m ² a
Gretje $Q_{f,h}$	1087981	111,0
Hlajenje $Q_{f,c}$	18483	1,9
Prezračevanje $Q_{f,v}$	0	0
Ovlaževanje $Q_{f,st}$	0	0
Priprava tople vode $Q_{f,w}$	186768	19,1
Razsvetljava $Q_{f,l}$	157200	16,0
Električna energija $Q_{f,aux}$	/	/
Skupaj dovedena energija za delovanje stavbe	1450432	148,0

Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih (kWh/a)



Obnovljiva energija, porabljena na stavbi (kWh/a)	0
Primarna energija za delovanje stavbe (kWh/a)	1713956
Emisije CO ₂ (kg/a)	536724

A.2: Merjena energetska izkaznica stavbe FGG**ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE****Podatki o stavbi**

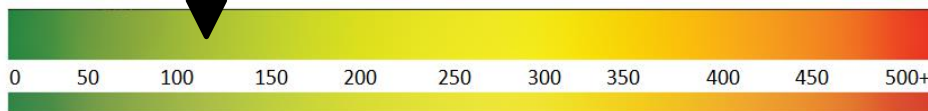
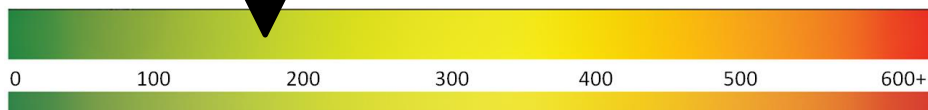
Št. izkaznice: Velja do:

Vrsta izkaznice: MERJENA

Vrsta stavbe: NESTANOVANJSKA

Identifikacijska oznaka stavbe,
posameznega dela ali delov stavbe:Klasifikacija stavbe: *1263 Stavbe za izobraževanje in
znanstveno-raziskovalno delo*Leto izgradnje: *1957*Naslov stavbe: *Jamova cesta 2*Katastrska občina: *1723 Ljubljana Vič*

Parcelna št.:

Koordinati stavbe (X,Y): *(100300, 461285)***Dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto****112,3 kWh/m²a****Dovedena energija za delovanje stavbe****183,5 kWh/m²a****Primarna energija in Emisije CO₂****290,3 kWh/m²a****76,8 kg/m²a****Izdajatelj**

Izdajatelj d. o. o (št. pooblastila)

Ime in podpis odgovorne osebe:

Opcija elektronski podpis:

Datum izdaje

Izvajalec

Ime in priimek (št. pooblastila)

Ime in podpis:

Opcija elektronski podpis:

Datum izdaje:

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št. izkaznice: Velja do:

Vrsta izkaznice: MERJENA

Vrsta stavbe: NESTANOVANJSKA

Podatki o velikosti stavbe

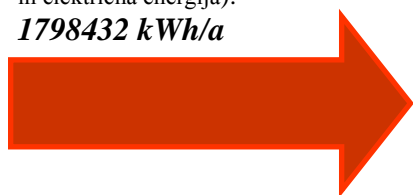
Kondicionirana površina stavbe A_e (m²) 9800,54

Energent	Enote	Količina porabljenega energenta	Dovedena energija kWh/m ²	Primarna energija kWh/m ²	Emisije CO ₂ kg/m ²
ELKO	L	/	/	/	/
UNP	m ³	/	/	/	/
Zemeljski plin	m ³	/	/	/	/
Daljinska toplota	kWh	1100990	112,3	112,3	39,1
Lesna biomasa	Kg	/	/	/	/
Premog	Kg	/	/	/	/
Elektrika	kWh	697442	71,2	178	37,7
Skupaj		1798432	183,5	290,3	76,8

Obnovljivi viri energije na stavbi za delovanje stavbe: **0 kWh/a**

Obnovljivi viri energije dovedeno: **0 kWh/a**

Končna energija (daljinska toplota in električna energija): **1798432 kWh/a**



Odvedena toplota iz stavbe: **0 kWh/a**

Odvedena elektrika iz stavbe: **0 kWh/a**

Dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto, ki se porablja za:

pripravo tople vode ⊗
ogrevanje ⊗

Električna energija vključuje energijo za:

ogrevanje
toplo vodo
prezračevanje
razsvetljavo ⊗
hlajenje ⊗
drugo

PRILOGA B: REZULTATI IZRAČUNOV PROGRAMA TOST

V prilogi B so prikazani izpisi končnih rezultatov iz programa TOST. Priloga vsebuje izpise za »obstoječe stanje« stavbe FGG, za vsak posamezen predlagan ukrep in za združitev ukrepov.

B.1: Izpis izračuna za »obstoječe stanje«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	1,173	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,957	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,730	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 1,27 W/m ² K	H _T ' _{max} = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.713.956 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 686.857 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 51.341 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	(Q _{NH} /A _u) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = 70,08 kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = 16,82 kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = kWh/m ³ a

B.2: Izpis izračuna za ukrep »fasada«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	0,366	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,957	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,730	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 1,00 W/m ² K	H _T ' _{max} = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.488.627 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 538.940 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 61.308 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	(Q _{NH} /A _u) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = 54,99 kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = 13,20 kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = kWh/m ³ a

B.3: Izpis izračuna za ukrep »parapet«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	1,028	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,957	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,730	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 1,22 W/m ² K	H _T ' _{max} = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.673.109 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 660.148 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 52.963 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	Q _{NH/A_u} = kWh/m ² a	(Q _{NH/A_u}) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH/V_e} = kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	Q _{NH/A_u} = 67,36 kWh/m ² a	-
	Q _{NH/V_e} = 16,17 kWh/m ³ a	(Q _{NH/V_e}) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	Q _{NH/A_u} = kWh/m ² a	-
	Q _{NH/V_e} = kWh/m ³ a	(Q _{NH/V_e}) _{max} = kWh/m ³ a

B.4: Izpis izračuna za ukrep »streha«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	1,173	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,957	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,149	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 1,14 W/m ² K	H _T ' _{max} = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.605.215 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 615.680 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 55.788 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	(Q _{NH} /A _u) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = 62,82 kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = 15,08 kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = kWh/m ³ a

B.5: Izpis izračuna za ukrep »tla«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U_i (W/m ² K)	U_{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	1,173	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,331	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,730	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	$U_{elementa}$ (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	$H_T' = 1,25$ W/m ² K	$H_{Tmax}' = 0,59$ W/m ² K
Letna raba primarne energije	$Q_p = 1.709.258$ kWh	$Q_{pmax} = -$ kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH} = 683.006$ kWh	$Q_{NHmax} = 309.423$ kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	$Q_{NC} = 52.899$ kWh	$Q_{NCmax} = -$ kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	$Q_{NH}/A_u =$ kWh/m ² a	$(Q_{NH}/A_u)_{max} =$ kWh/m ² a
	$Q_{NH}/V_e =$ kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	$Q_{NH}/A_u = 69,69$ kWh/m ² a	-
	$Q_{NH}/V_e = 16,73$ kWh/m ³ a	$(Q_{NH}/V_e)_{max} = 7,58$ kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	$Q_{NH}/A_u =$ kWh/m ² a	-
	$Q_{NH}/V_e =$ kWh/m ³ a	$(Q_{NH}/V_e)_{max} =$ kWh/m ³ a

B.6: Izpis izračuna za ukrep »okna«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	1,173	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,957	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,730	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,000	0,51
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,000	0,51
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	1,000	0,51
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,000	0,51
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	1,000	0,51
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,000	0,51

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 1,11 W/m ² K	H _T ' _{max} = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.588.720 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 606.913 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 52.891 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	(Q _{NH} /A _u) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	Q _{NH} /A _u = 61,93 kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = 14,86 kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	Q _{NH} /A _u = kWh/m ² a	-
	Q _{NH} /V _e = kWh/m ³ a	(Q _{NH} /V _e) _{max} = kWh/m ³ a

B.7: Izpis izračuna za ukrep »toplotni mostovi«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	1,173	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,957	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,730	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	3,600	0,76
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 1,05 W/m ² K	H _{Tmax} ' = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.528.469 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 565.222 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 59.322 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1– stanovanjska stavba	Q _{NH/A_u} = kWh/m ² a	(Q _{NH/A_u}) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH/V_e} = kWh/m ³ a	-
2– nestanovanjska stavba	Q _{NH/A_u} = 57,67 kWh/m ² a	-
	Q _{NH/V_e} = 13,84 kWh/m ³ a	(Q _{NH/V_e}) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 – javne stavbe	Q _{NH/A_u} = kWh/m ² a	-
	Q _{NH/V_e} = kWh/m ³ a	(Q _{NH/V_e}) _{max} = kWh/m ³ a

B.8: Izpis izračuna za »kombinacija ukrepov«

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	2588,90	0,221	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	1389,00	0,331	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 1.OC	Horiz	1722,00	0,149	0,200
PROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	663,42	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Sever	1117,50	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	70,10	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	45,40	1,300	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	70,10	1,600	0,58
Zunanje okno 1.OC	Zahod	45,40	1,300	0,58

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe	H _T ' = 0,54 W/m ² K	H _T ' _{max} = 0,59 W/m ² K
Letna raba primarne energije	Q _p = 1.139.368 kWh	Q _{pmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q _{NH} = 303.802 kWh	Q _{NHmax} = 309.423 kWh
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q _{NC} = 87.086 kWh	Q _{NCmax} = - kWh
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Največja dovoljena
1- stanovanjska stavba	Q _{NH/A_u} = kWh/m ² a	(Q _{NH/A_u}) _{max} = kWh/m ² a
	Q _{NH/V_e} = kWh/m ³ a	-
2- nestanovanjska stavba	Q _{NH/A_u} = 31,00 kWh/m ² a	-
	Q _{NH/V_e} = 7,44 kWh/m ³ a	(Q _{NH/V_e}) _{max} = 7,58 kWh/m ³ a
3 - javne stavbe	Q _{NH/A_u} = kWh/m ² a	-
	Q _{NH/V_e} = kWh/m ³ a	(Q _{NH/V_e}) _{max} = kWh/m ³ a