

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Andraž Rakušček

Energetska izkaznica - orodje za sanacijo stavbe

Diplomska naloga št.: 3063

Mentor:
prof. dr. Roko Žarnić

Somentor:
dr. Marjana Šijanec Zavrl

Ljubljana, 29. 5. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ANDRAŽ RAKUŠČEK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»ENERGETSKA IZKAZNICA – ORODJE ZA SANACIJO STAVBE«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 15. maj 2009

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 620.9:69.059:699.86(043.2)

Avtor: Andraž Rakušček

Mentor: dr. Roko Žarnić

Somentor: dr. Marjana Šijanec Zavrl

Naslov: Energetska izkaznica – orodje za sanacijo stavbe

Obseg in oprema: 100 strani, 51 preglednic, 14 grafov, 30 slik

Ključne besede: energetska izkaznica stavbe, učinkovita raba energije v stavbah, sanacija stavbe

Izvleček:

Energetska izkaznica stavbe je evropski inštrument promocije učinkovite rabe energije v stavbah. Izhaja iz zavedanja, da je za zmanjšanje človekovega vpliva na podnebje in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, potrebno zmanjšati porabo energije v stavbnem sektorju, energije, ki jo večinoma pridobivamo iz fosilnih goriv. Diplomsko delo obravnava energetska izkaznica stavbe v Sloveniji, kot jo predvidevajo trenutno veljavni predpisi. V prvem delu obravnava metodologijo izračuna energijskih kazalcev na primeru večstanovanjskega objekta v Ljubljani. S primerjavo izračunanih vrednosti z dejanskimi merjenimi, skuša najti vzroke za odstopanja in ponuja rešitve za izboljšave postopka. Nato obravnava problem ponovljivosti izračuna pri različnih izvajalcih, komentira raztros rezultatov in predlaga izboljšave. V drugem delu diplomske naloge na primeru starejše stavbe iz Ljubljane preučimo možne ukrepe za učinkovitejšo rabo energije v stavbi. Izvedena je stroškovna analiza in primerjava med različnimi sanacijskimi scenariji, ki jih podajamo v okviru v izkaznici obveznih predlogov izboljšav.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 620.9:69.059:699.86(043.2)

Author: Andraž Rakušek

Supervisor: dr. Roko Žarnić

Co – Supervisor : dr. Marjana Šijanec Zavrl

Title: Energy certificate – tool for building renovation

Notes: 100 pages, 51 tables, 14 graphs, 30 figures

Key words: energy performance certificate, energy use in buildings

Abstract:

Energy Performance Certificate for buildings is an European instrument for promotion of energy efficiency. Present work deals with the Energy Performance Certificate in Slovenia, as provided by current legislation. The first part deals with the methodology of calculation of energy indicators in the case of apartment building in Ljubljana. By comparing the calculated values with the measured ones the thesis tries to find the causes of deviations and offer solutions for improvement of certification protocol. Furthermore a comparison of results from different assessors is done, in terms of repeatability of the results, and some proposals for improvement are made. In the second part of the study possible improvement measures for more efficient energy use in buildings are investigated on the case of existing old apartment building. A simple life cycle cost analysis is performed and comparison between different renovation scenarios is done. It provides a proposal for the integration of the above recommendations in energy performance certificate of buildings.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojim mentorjema, dr. Marjani Šijanec Zavrl in prof. dr. Rokotu Žarniću, za strokovno vodenje in ustrezno motivacijo skozi univerzitetni študij, česar sad je pričujoče diplomsko delo.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	ENERGETSKA IZKAZNICA.....	3
2.1	Direktiva EU	3
2.2	Energetska izkaznica v Sloveniji	3
2.2.1	Nove stavbe	4
2.2.2	Javne stavbe	4
2.2.3	Obstoječe stavbe pri prodaji in najemu	4
2.3	Izkaznica na podlagi izmerjene rabe energije	5
2.4	Izkaznica na podlagi izračunane rabe energije	5
2.4.1	Predstavitev metodologije za izračun energijskih kazalcev	6
2.4.1.1	Opis računa	6
2.4.1.2	Izračun Q_{NH}.....	9
2.4.1.3	Izračun toplotnih izgub vgrajenih sistemov.....	11
2.4.1.4	Primarna energija in emisija CO₂	12
3	PRIMER 1: ANALIZA RAČUNSKEGA POSTOPKA – JAKOPIČEVA 19, LJUBLJANA.....	13
3.1	Izračun energijskih kazalcev stavbe (za energetska izkaznico).....	13
3.1.1	Uvod	13
3.1.2	Podatki stavbi	14
3.1.2.1	Klet	15
3.1.2.2	Mansarda.....	15
3.1.2.3	Lože	16
3.1.2.4	Okna in vrata	16
3.1.2.5	Ogrevanje	16
3.1.2.6	Hlajenje.....	17
3.1.2.7	Priprava tople vode.....	17
3.1.2.8	Mehansko prezračevanje in ovlaževanje	17
3.1.2.9	Razsvetljava	17
3.1.3	Določitev ogrevanih delov stavbe in določitev ogrevalnih con.....	17
3.1.4	Določitev geometrijskih karakteristik stavbe – ogrevane cone	17

3.1.5	Termo fizikalne lastnosti zunanjega ovoja stavbe	19
3.1.6	Račun $H_{tr,adj}$ - koeficienta toplotnih izgub zaradi transmisije	22
3.1.6.1	H_D – neposredne toplotne izgube	22
3.1.6.2	H_G – izgube skozi tla	24
3.1.6.3	H_U – izgube skozi neogrevane dele stavbe - klet.....	24
3.1.7	H_U – izgube skozi neogrevane dele stavbe – Loža	27
3.1.8	Račun $H_{ve,adj}$ koeficienta toplotnih izgub zaradi ventilacije.....	28
3.1.9	Račun notranjih pritokov Φ_{int}	29
3.1.10	Račun pritokov zaradi sončnega sevanja	30
3.1.11	Izračun toplotne kapacitete stavbe in τ_h	31
3.1.12	Izračun Q_{NH}	32
3.1.13	Priprava tople vode $Q_{f,w}$	32
3.1.13.1	Potrebna toplota/energija za pripravo tople vode	32
3.1.13.2	Toplotne izgube pri pripravi tople vode	33
3.1.13.3	Letna dovedena energija za pripravo tople vode $Q_{f,w}$	33
3.1.14	Izračun izgub zaradi ogrevalnih podsistemov – podsistem ogrevala	34
3.1.15	Podsistem razvod ogrevalnega sistema.....	37
3.1.15.1	Potrebna električna energija	37
3.1.15.2	Toplotne izgube razvodnega podsistema	41
3.1.16	Ogrevalni podsistem daljinskega ogrevanja	43
3.1.17	Dovedena energija za razsvetljavo $Q_{f,l}$	46
3.1.18	Dovedena pomožna energija za delovanje sistemov $Q_{f,aux}$	46
3.1.19	Dovedena energija za delovanje stavbe	46
3.1.20	Izračun emisij CO_2 in primarne energije.....	47
3.2	Energetska izkaznica stavbe.....	48
3.3	Primerjava z dejansko rabo toplote za ogrevanje	50
3.3.1	Zasnova sistema zajema podatkov	50
3.3.2	Dostop do podatkov	52
3.3.3	Merjene vrednosti za objekt Jakopičeva 19.....	52
3.3.4	Analiza primerjave	54
3.4	Primerjava rezultatov izračuna različnih izdelovalcev izkaznice	58

4	PRIMER 2: SANACIJA STAVBE – KOROŠKA 22, LJUBLJANA	61
4.1	Izračun energijskih kazalcev (za energetska izkaznico stavbe).....	61
4.1.1	Opis objekta	61
4.1.2	Toplotna izolacija	62
4.1.3	Zunanje stene.....	63
4.1.4	Okna.....	64
4.1.5	Vrata	65
4.1.6	Strop in streha	65
4.1.7	Tla proti terenu in kleti	66
4.1.8	Ogrevanje	67
4.1.9	Priprava tople vode.....	67
4.1.10	Mehansko prezračevanje, hlajenje in vlaženje	67
4.1.11	Razsvetljava	67
4.1.12	Določitev ogrevanih delov stavbe in ogrevalnih con.....	67
4.1.13	Predpostavke pri izračunu dovedene energije za ogrevanje stavbe	68
4.2	Energetska izkaznica stavbe.....	69
4.3	Ukrepi za učinkovitejšo rabo energije v stavbi in sanacija	71
4.3.1	Sanacija 1 – Minimalno.....	71
4.3.2	Sanacija 2 – Obnova fasade.....	72
4.3.3	Sanacija 3 – PTZURES	73
4.3.4	Sanacija 4 – PURES.....	75
4.3.5	Sanacija 5 – Maksimalno	78
4.3.6	Sanacija 6 – Izvedljiva 1 (ustreza pravilniku PURES)	79
4.3.7	Sanacija 7 – Izvedljiva 2 (ustreza razpisnim pogojem Eko sklada)	81
4.4	Primerjava sanacij	82
4.4.1	Primerjava potrebne energije za ogrevanje stavbe	83
4.4.2	Finančne spodbude Eko sklada, j.s.	84
4.4.3	Primerjava stroškov sanacije	85
5	ZAKLJUČEK	95

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Neto stanovanjske površine stanovanj v stavbi Jakopičeva 19	14
Preglednica 2: Površine oken in faktorji sončnega sevanja	30
Preglednica 3: Klimatski podatki	30
Preglednica 4: Pritoki zaradi sončnega sevanja	31
Preglednica 5: Izračun Q_{NH}	32
Preglednica 6: Dovedena energija za pripravo tople vode	34
Preglednica 7: Dovedena energija v ogrevala	36
Preglednica 8: Električna energija za črpalko razvodnega sistema	40
Preglednica 9: Razvodni podsistem	42
Preglednica 10: Toplotne izgube razvodnega podsistema	43
Preglednica 11: B_{DS} v odvisnosti od razreda toplotne izolacije toplotne podpostaje	44
Preglednica 12: D_{DS} v odvisnosti od vrste sistema daljinskega ogrevanja in projektne temperature na primarni strani.....	45
Preglednica 13: Toplotne izgube podpostaje in končna energija za ogrevanje $Q_{f,h}$	45
Preglednica 14: Energija za delovanje stavbe	47
Preglednica 15: Specifične emisije CO_2 za posamezne vire energije	47
Preglednica 16: Faktorji pretvorbe primarne energije	47
Preglednica 17: Energija po energentih, emisija CO_2 in primarna energija.....	48
Preglednica 18: Energijski kazalci	48
Preglednica 19: Iz načrtov odčitane in izračunane vrednosti posredovane s strani udeležencev delavnice ter njihovo odstopanje od povprečnih vrednosti	58
Preglednica 20: Tip oken	64
Preglednica 21: Površine oken	65
Preglednica 22: Predpostavke pri računu.....	69
Preglednica 23: Rezultati izračuna	69
Preglednica 24: Energijski kazalci	69
Preglednica 25: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 1)	71
Preglednica 26: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 1)	72
Preglednica 27: Energijski kazalci (sanacija 1)	72
Preglednica 28: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 2)	72

Preglednica 29: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 2)	72
Preglednica 30: Energijski kazalci (sanacija 2)	73
Preglednica 31: Zahteve PTZURES	73
Preglednica 32: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 3)	74
Preglednica 33: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 3)	74
Preglednica 34: Energijski kazalci (sanacija 3)	75
Preglednica 35: Zahteve PURES	76
Preglednica 36: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 4)	76
Preglednica 37: Skladnost s pravilnikom PURES (sanacija 4)	77
Preglednica 38: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 4)	78
Preglednica 39: Energijski kazalci (sanacija 4)	78
Preglednica 40: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 5)	78
Preglednica 41: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 5)	79
Preglednica 42: Energijski kazalci (sanacija 5)	79
Preglednica 43: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 6)	80
Preglednica 44: Skladnost s previlnikom PURES (sanacija 6)	80
Preglednica 45: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 6)	81
Preglednica 46: Energijski kazalci (sanacija 6)	81
Preglednica 47: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 7)	81
Preglednica 48: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 7)	82
Preglednica 49: Energijski kazalci (sanacija 7)	82
Preglednica 50: Prihranki sanacijskih scenarijev	83
Preglednica 51: Strošek izvedbe posameznega ukrepa	87

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Merjena raba energije za ogrevanje, Jakopičeva 19, leto 2006	53
Grafikon 2: Primerjava računske in merjene toplote	54
Grafikon 3: Odstopanje izračunanih indikatorjev po izvajalcih.....	59
Grafikon 4: Odstopanje izračunanih indikatorjev po indikatorjih	59
Grafikon 5: Energija za delovanje stavbe po energentih	84
Grafikon 6: Prihranki energije po energentih	84
Grafikon 7: Stroški sanacijskih scenarijev (tudi na m ² bruto stanovanjske površine).....	87
Grafikon 8: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, nespremenjene cene energentov	89
Grafikon 9: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov	90
Grafikon 10: Poraba energije po energentih, dodana nova sanacija 8	91
Grafikon 11: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov.....	91
Grafikon 12: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov, 25% nižja potrebna energija za ogrevanje.....	92
Grafikon 13: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov, 25% nižja potrebna energija za ogrevanje, upoštevamo dodano vrednost nepremičnine	93
Grafikon 14: Dinamika stroškov sanacije.....	94

KAZALO SLIK

Slika 1: Energijski tokovi	8
Slika 2: Jakopičeva 19, zahodna fasada	13
Slika 3: Tloris pritličja	15
Slika 4: Jakopičeva 19, vzhodna fasada.....	16
Slika 5: Z1 – zunanja stena (Klinker opeka)	19
Slika 6: Z2 – zunanja stena (Obdelana z ometom)	19
Slika 7: Z4 – Stena kleti.....	20
Slika 8: Z5 – Zunanja stena (Lahka stena v zadnji etaži)	20
Slika 9: Z5A – Zunanja stena (Prečna betonska stena v zadnji etaži)	20
Slika 10: Et-t4 – Loža – tla	20
Slika 11: P-t 1 – Tla proti kleti (stanovanjski prostori)	21
Slika 12: P-t 1 – Tla proti kleti (stopnišče, vetrolov).....	21
Slika 13: K-t7A – Shrambe, kolesarnice – klet (tla na terenu).....	21
Slika 14: S1 – Lahka streha - strop	21
Slika 15: S2 – Ravna streha	22
Slika 16: S3 – Ravna streha - Terasa	22
Slika 17: S2 – Ravna streha – nepohodna	22
Slika 18: Energetska izkaznica stavbe, Jakopičeva 19	49
Slika 19: Shema sistema za zajem in dostop do podatkov	51
Slika 20: ALMESS-ZE in GsmBox GPRS M-BUS	51
Slika 21: Zbiralnik impulzov MK Multisenzor	51
Slika 22: Zbiralnik impulzov IS-WZ	51
Slika 23: Merilnik CF 50	51
Slika 24: Primer prikaza odčitkov števecv za Jakopičevo 19, mesec februar 2006.....	52
Slika 25: Koroška 22, severna – dvoriščna stran	61
Slika 26: Tloris pritličja in prvega nadstropja	62
Slika 27: Dvoriščno lice stavbe z označenimi tipi oken	64
Slika 28: Ogrevalne cone stavbe	68
Slika 29: Energetska izkaznica stavbe, Koroška 22.....	70
Slika 30: Diskontiranje	88

1 UVOD

Podnebje se spreminja. Ozračje se segreva, led se topi in gladina morja je vse višja. Del vzrokov teh pojavov je tudi človek, predvsem z nenadzorovanim spuščanjem toplogrednih plinov v ozračje. Združeni narodi so s Kjotskim protokolom sprejeli obvezo za zmanjšanje teh izpustov. Evropska unija se je zavezala, da bo svojo emisijo plinov do leta 2012 zmanjšala za 8% glede na izhodiščno leto 1986. Ker gre 40% vse porabljene energije v Evropski uniji na račun stavb in ker stavbe dolgoročno vplivajo na energijsko bilanco regije, je temu sektorju znotraj EU namenjena posebna pozornost. Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/EC) je bila sprejeta leta 2002, ocenjeno je bilo, da lahko privarčujemo do 28% energije za delovanje stavb, kar pomeni 11% prihrankov skupne energije Evropske unije. Direktiva med drugimi določbami, s katerimi želi doseči te cilje, v svojem sedmem členu predpisuje nov pojem energetske izkaznice stavbe.

Slovenija je del sveta, del skupnega podnebja, ki se spreminja, zato je leta 2002 ratificirala Kjotski sporazum in s tem odločno stopila na pot omejevanja izpustov toplogrednih plinov. Slovenija je postala članica Evropske unije in tako prevzela odgovornost za uresničevanje skupne energetske politike. Ta odgovornost nam nalaga, da v svoj pravni red umestimo tudi direktivo o energetske učinkovitosti stavb, kar smo leta 2007 storili z novelo Energetskega zakona. V Energetskem zakonu je opredeljena tudi prej omenjena energetska izkaznica stavbe, ki se naj bi začela izdajati prvega januarja 2008 za nove stavbe in leto kasneje za obstoječe stavbe. Do danes ni bila izdana niti ena energetska izkaznica. Razlog za to je, da še nista bila sprejeta pravilnika, ki opredeljujeta izdajanje izkaznic in usposabljanje strokovnjakov, ki bi te izkaznice izdajali. Po sprejetju pravilnikov, bo potrebno izbrati izvajalce usposabljanj in izvesti usposabljanja. Predvidevamo, da bodo prve energetske izkaznice izdane v začetku leta 2010.

V pričajoči diplomski nalogi želimo predstaviti energetske izkaznice stavbe in njen vpliv na sanacijo stavbe. Oboje bomo storili tudi na konkretnih zgledih. Za ta namen smo si zbrali dve stavbi. Za prvi del naloge, namenjen predstavitvi izkaznice in obravnavanju perečih tem povezanih z njo, je bila uporabljena novejša stavba na Poljanah, za katero smo imeli na razpolago meritve dejanske rabe energije in izračune energijskih kazalcev različnih strokovnjakov. Prikazali bomo računsko metodologijo za izračun energijskih kazalcev za energetske izkaznice stavbe. Nato bomo izračunane vrednosti primerjali z dejanskimi in

ugotovili vzroke za morebitno odstopanje. Na koncu, pa bomo primerjali rezultate različnih izvajalcev izračuna za isto stavbo in komentirali vzroke razhajanj.

Glavnino naloge predstavlja drugi del, ki je namenjen obravnavanju energijske prenove stavbe, kar smo ponazorili na starejši stavbi za Bežigradom. Ena izmed poglavitnih vsebin izkaznice je zbir ukrepov, predlogov za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. Omejili se bomo na tiste dele prenove, ki sodijo na področje gradbeništva.

2 ENERGETSKA IZKAZNICA

2.1 Direktiva EU

Evropska unija je 16. decembra 2002 sprejela Direktivo EU o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/EC) (angl.: Directive on Energy Performance of Buildings, s kratico EPBD). Za prenos direktive EPBD v slovenski pravni red je zadolženo Ministrstvo za okolje in prostor. Namen direktive EPBD je pospešiti izboljšanje energetske učinkovitosti stavb ob upoštevanju klimatskih raznolikosti v EU, zahtev po bivalnem ugodju in stroškovne učinkovitosti.

Direktiva EPBD od držav članic EU zahteva:

- da predpišejo metodologijo računa celovitih energijskih lastnosti stavbe,
- da postavijo minimalne zahteve za energetske učinkovitost novih stavb,
- da predpišejo minimalne zahteve glede energetske lastnosti pri obsežnejši prenovi večjih obstoječih stavb,
- da predpišejo obvezno uporabo energetske izkaznice stavbe,
- da uvedejo redni pregled kotlov in naprav za klimatizacijo v stavbah ter v nadaljevanju tudi ocene ogrevalnih sistemov, pri katerih so kotli starejši od 15 let.

2.2 Energetska izkaznica v Sloveniji

Obvezno energetske certificiranje stavb je pri nas na podlagi direktive EPBD predpisala novela Energetskega zakona. Energetska izkaznica stavbe je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. Energetska izkaznica stavbe mora vsebovati referenčne vrednosti, kot so trenutni veljavni standardi in primerjalni podatki, ki omogočajo primerjavo in oceno energetske učinkovitosti stavbe. Energetske izkaznice morajo biti priložena priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti, razen v primeru novozgrajenih stavb in oddaje stavb v najem.

Za nove stavbe je pridobitev energetske izkaznice obvezna od 1. januarja 2008. Za javne stavbe, ki jih javnost pogosto obiskuje in so večje od 1000 m², je obvezna namestitev energetske izkaznice na vidnem mestu od 1. januarja 2008 dalje, vendar najkasneje do 31. decembra 2010. Za obstoječe stavbe in njihove dele je obvezno pred sklenitvijo kupoprodajne ali najemne pogodbe kupcu oz. najemniku predložiti energetske izkaznice stavbe. Obveznost za obstoječe stavbe ob njihovi prodaji ali najemu velja od 1. januarja 2009.

Zakon določa, da mora naročnik energetske izkaznice neodvisnemu strokovnjaku dati na voljo vse potrebne podatke ter projektno in tehnično dokumentacijo v skladu s predpisi o graditvi objektov in mu zaradi ogleda stavbe omogočiti vstop v prostore.

Veljavnost energetske izkaznice stavbe je omejena na 10 let, lastnik pa lahko predčasno zaprosi za izdajo nove izkaznice, če se energetska učinkovitost stavbe spremeni.

Najvišja cena energetske izkaznice bo določena s cenikom, ki ga predpiše vlada. Energetsko izkaznico izdelujejo neodvisni usposobljeni strokovnjaki z državno licenco, izdajajo pa organizacije s pooblastilom pristojnega ministrstva. Energetski zakon določa pravila za usposabljanje strokovnjakov in njihovo strokovno usposobljenost ter pogoje za izobraževalne organizacije, izvajalke usposabljanja.

2.2.1 Nove stavbe

Investitor novozgrajene stavbe mora energetsko izkaznico pridobiti pred vložitvijo zahteve za izdajo uporabnega dovoljenja. Energetska izkaznica je obvezna sestavina projekta izvedenih del. Energetska izkaznica novozgrajene stavbe mora izkazovati izpolnjevanje minimalnih zahtev za novogradnje. Zakon določa, da mora investitor kupcu oziroma najemniku predložiti izkaz o energetske učinkovitosti stavbe izdelan v okviru projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja, če se stavba ali njen del prodaja ali oddaja v najem še pred pridobitvijo uporabnega dovoljenja. Po pridobitvi uporabnega dovoljenja mora investitor kupcu oziroma najemniku predložiti energetsko izkaznico.

2.2.2 Javne stavbe

Obveznost javne namestitve energetske izkaznice velja za izbrane javne stavbe. Zakon jih je opredelil kot tiste stavbe, ki so v lasti države ali lokalnih skupnosti in jih uporabljajo državni organi ali organi lokalnih skupnosti, ki zagotavljajo javne storitve večjemu številu oseb in jih zato pogosto obiskujejo. Podrobnosti so prepuščene podzakonskemu aktu. Namestitev energetske izkaznice na vidno mesto je dolžnost upravljavca stavbe.

2.2.3 Obstoječe stavbe pri prodaji in najemu

Lastnik stavbe ali njenega posameznega dela mora po zakonu pri prodaji stavbe ali oddaji v najem kupcu ali najemniku predložiti veljavno energetsko izkaznico in sicer najkasneje pred sklenitvijo pogodbe. Namesto energetske izkaznice za posamezni del stavbe se lahko predloži izkaznica za celotno stavbo.

2.3 Izkaznica na podlagi izmerjene rabe energije

Pri obstoječih nestanovanjskih stavbah in še posebej pri javnih stavbah se zdi bolj primerno certificiranje na podlagi merjene rabe energije. Razlogov je več. Navadno gre za kompleksne stavbe, kjer bi povzetek stanja stavbe in naprav, potreben za izračun energijskih kazalcev in presojo možnih ukrepov za energijsko prenovo stavbe, zahteval veliko časa (in stroškov). Tak vložek je seveda utemeljen, kadar lahko pričakujemo izvedbo prenove stavbe. Po drugi strani se namembnost nestanovanjskih stavb in profil uporabe povečini tudi po izdaji energetske izkaznice ohranja, zato v nestanovanjskih in še posebej v javnih stavbah energetska izkaznica na podlagi dejanske rabe energije spodbuja spremljanje porabe energije v letih, ki sledijo, in na tak način vpliva na energetsko bolj ozaveščeno ravnanje uporabnika stavbe, omogoča pa tudi ugotavljanje tehničnih napak, ki se kažejo na rabi energije. Če gre za veliko stavbo, se vpliv individualnih posebnosti posameznih uporabnikov na rabo energije medsebojno izravna, tako da je mogoča primerjava energijskih indikatorjev med stavbami podobne namembnosti, kar je še posebej pomembno pri javnih stavbah.

2.4 Izkaznica na podlagi izračunane rabe energije

Pri novih stavbah bo energetska izkaznica izdelana na podlagi izračunanih indikatorjev rabe energije, vendar ne na podlagi projektiranega stanja, temveč na podlagi dejansko izvedenih del. Neodvisnemu strokovnjaku bo pri izračunu sicer v pomoč projekt izvedenih del, vendar bo moral vseeno preveriti skladnost navedb z dejanskim stanjem.

Pri obstoječih stanovanjskih stavbah v primeru prodaje je predvidena energetska izkaznica na podlagi računsko določenih energijskih indikatorjev pri standardni rabi stavbe. Prvi razlog za to je, da lahko na ta način mnogo bolj zanesljivo ocenimo pričakovane energijske prihranke zaradi predlaganih izboljšav, kar je obvezna priloga k energetske izkaznici. Drugi razlog je v tem, da je večina stanovanj pri nas v manjših stanovanjskih stavbah, kjer je vpliv bivalnih navad uporabnika in režima uporabe stavbe na izmerjeno rabo energije zelo velik. Izmerjeni energijski indikatorji v stanovanjskih stavbah so sicer zanimivi za trenutnega uporabnika, novemu lastniku pa ne bi povedali prav veliko. Pri najemu stanovanjske stavbe ali stanovanja bi bili za informacijo, ki je v korist najemniku, primerni tako računski kot merjeni podatki o rabi energije, vendar bi morebitna olajšava v obliki izkaznice z izmerjenimi podatki pomenila v primeru kasnejše prodaje stavbe potrebo po novi, računski izkaznici, kar predstavlja nepotrebno podvajanje.

Računski postopek za določitev rabe energije novih stavb je naveden v novem Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (v javni obravnavi, v nadaljevanju PEI), ki ga pripravlja Ministrstvo za okolje in prostor v sodelovanju z Gradbenim inštitutom ZRMK. Metodologija omogoča določitev potrebne toplote za ogrevanje stavbe in dovedene energije za delovanje stavbe, ki zajema dovedeno energijo ogrevalnega sistema, sistema za hlajenje in sistema za pripravo tople vode, dovedeno energijo sistema za prezračevanje, razsvetljava v stavbi in fotonapetostnega sistema.

2.4.1 Predstavitev metodologije za izračun energijskih kazalcev

Glede na predlagano metodologijo izdajanja energetskih izkaznic, bo v energetski izkaznici potrebno navesti, potrebno energijo za ogrevanje, skupno dovedeno energijo za delovanje stavbe in skupno emisijo CO₂, preračunano na uporabno površino stavbe. Metodologija, ki je predstavljena, obsega 165 strani, navedenih je več kot 400 enačb, poleg tega pa na različnih mestih vključuje različne mednarodne standarde. Med postopkom je potrebno privzeti določene vrednosti, ki so podane v pravilniku oziroma v navezujočem se standardu. Skupek teh odločitev prinese k odstopanju rezultatov računa med različnimi strokovnjaki pri obravnavi posameznega primera. Nabor vseh predpostavk in privzetih vrednosti v metodologiji ni podan. Obseg in zahtevnost računskih postopkov kliče po računalniškem programu, ki je v pripravi.

V tem poglavju bomo na kratko predstavili obravnavano metodologijo.

2.4.1.1 Opis računa

Skupna dovedena energija za delovanje stavbe je izražena kot vsota vseh energij, ki so potrebne za delovanje sistemov vgrajenih v stavbo:

$$Q_f = Q_{f,h,skupni} + Q_{f,c,skupni} + Q_{f,v} + Q_{f,st} + Q_{f,w} + Q_{f,l} + Q_{f,PV} + Q_{f,aux}$$

$Q_{f,h,skupni}$ - dovedena energija za ogrevanje

$Q_{f,c,skupni}$ - dovedena energija za hlajenje

$Q_{f,v}$ - dovedena energija za prezračevanje

$Q_{f,st}$ - dovedena energija za ovlaževanje

$Q_{f,w}$ - dovedena energija za pripravo tople vode

$Q_{f,l}$ - dovedena energija za razsvetljava

$Q_{f,PV}$ - dovedena energija fotonapetostnega sistema

$Q_{f,aux}$ - dovedena pomožna energija za delovanje sistemov

Dovedena pomožna energija za delovanje sistemov je mišljena kot npr. energija za delovanje ventilatorja radiatorskega konvektorja, električna energija za delovanje toplotne črpalke, za delovanje hidravlične črpalke razvodnega sistema ipd. Izračun te energije je podan pri posameznem poglavju v metodologiji pravilnika.

Določevanje ostalih posameznih členov zgornje enačbe poteka po podobnem postopku, ki ga bomo pokazali na primeru ogrevanja. Energija za ogrevanje se lahko dovede na dva načina s prezračevanjem ali pa z ogrevalnim sistemom, ki za prenos toplote uporablja vodo:

$$Q_{f,h,skupni} = Q_{h,f} + Q_{h^*,f}$$

$Q_{h,f}$ - dovedena energija za ogrevanje (vodni sistem)

$Q_{h^*,f}$ - dovedena energija za ogrevanje - HVAC sistem

Dovedena energija za ogrevanje, pa je odvisna od potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} in vseh toplotnih izgub in toplotnih pritokov ogrevalnega sistema:

$$Q_{h,f} = Q_{NH} - Q_{rhh} - Q_{rwh} + Q_{th}$$

$Q_{h,f}$ – dovedena energija za ogrevanje

Q_{NH} – potrebna toplota za ogrevanje, določena skladno s SIST EN 13790

Q_{rhh} – vrnjena toplotna energija ogrevalnega sistema (toplotna in električna)

Q_{rwh} – vrnjena toplotna energija sistema za toplo vodo (toplotna in električna) glede na potrebno toploto za ogrevanje

Q_{th} – skupne toplotne izgube ogrevalnega sistema.

Toplotne izgube se pojavijo zaradi neidealne oddaje toplote ogreval, zaradi izgub pri prenosu toplote z razvodnim sistemom, zaradi izgub hranilnika toplote in zaradi izgub generatorja toplote. Del teh izgub se na različne načine vrne nazaj v sistem ogrevanja, kar tudi upoštevamo pri računu.

$$Q_{th} = Q_{h,em,l} + Q_{h,d,l} + Q_{h,s,l} + Q_{h,g,l}$$

$Q_{h,em,l}$ - toplotne izgube zaradi neidealnega sistema oddaje toplote ogreval

$Q_{h,d,l}$ - toplotne izgube razvodnega sistema

$Q_{h,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja

$Q_{h,g,l}$ - toplotne izgube generatorja toplote za ogrevanje med delovanjem, v stanju obratovalne pripravljenosti in zaradi neidealne regulacije

$$Q_{rhh} = Q_{rhh,em} + Q_{rhh,d} + Q_{rhh,s} + Q_{rhh,g}$$

$Q_{rhh,em}$ – vrnjena toplota potrebne dodatne energije ogreval

$Q_{rhh,d}$ - vrnjena toplota razvodnega sistema za ogrevanje

$Q_{rhh,s}$ - vrnjena toplota hranilnika za ogrevanje

$Q_{rhh,g}$ – vrnjena toplota generatorja toplote za ogrevanje

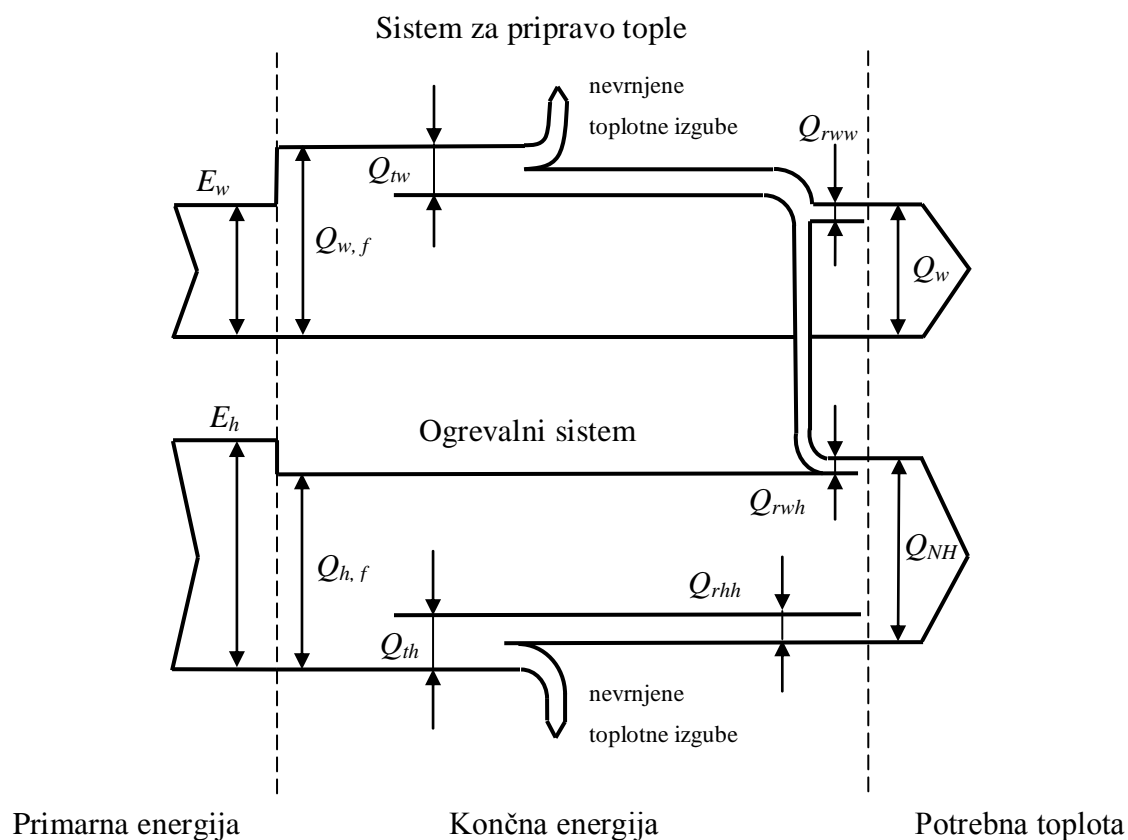
Pri pripravi tople vode, pride do izgub razvoda tople vode, hranilnika in generatorja, ki se lahko vrnejo v sistem ogrevanja, če so to izgube v ogrevanem prostoru.

$$Q_{rwh} = Q_{rwh,d} + Q_{rwh,s} + Q_{rwh,g}$$

$Q_{rwh,d}$ - vrnjena toplota razvodnega sistema za toplo vodo

$Q_{rwh,s}$ - vrnjena toplota hranilnika za toplo vodo

$Q_{rwh,g}$ – vrnjena toplota generatorja toplote za toplo vodo



Slika 1: Energijski tokovi

Na prejšnji sliki (slika 1) so prikazani energijski tokovi, ki smo jih opisali z enačbami. Postopek računa poteka v obratni smeri, kot energijski tokovi. Najprej moramo določiti potrebno energijo za ogrevanje Q_{NH} in potrebno energijo za pripravo tople vode Q_w , nato pa za vsak posamezni sistem izračunati toplotne izgube. V primeru, da se del toplotnih izgub vrne v ogrevan prostor, jih moramo z iteracijskim postopkom upoštevati kot notranje pritoke.

2.4.1.2 Izračun Q_{NH}

Q_{NH} se izračuna po računskem postopku opisanem v standardu SIST EN ISO 13790 - Toplotne značilnosti stavb – Računanje potrebne energije za gretje in hlajenje prostora. Standard je sestavljen iz glavnega dela in dodatkov. V glavnem delu je razložen postopek računa, v dodatkih pa so obravnavani posamezni posebni primeri, predlagane privzete vrednosti in podani konkretni primeri izračuna. Med take spadajo možnost aplikacije metode za obstoječe stavbe, račun stavb z več conami, dodatne izgube za posebne elemente ovoja stavbe, primer izračuna ipd.

Standard podaja sezonsko, mesečno in urno metodo za izračun potrebne energije z ogrevanje in hlajenje stavbe, s tem da so upoštevane vse toplotne izgube stavbe ter notranji in zunanji pritoki toplote.

V Sloveniji bo z novim pravilnikom predpisana mesečna računsko metoda, kjer se za vsako računsko obdobje (mesec) in vsako cono stavbe vrednoti spodnja enačba:

$$Q_{NH} = Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}$$

$Q_{H,ht}$ skupne toplotne izgube

$\eta_{H,gn}$ delež vrnjenih pritokov (odvisen od razmerja med pritoki in izgubami, ter od toplotne kapacitete stavbe)

$Q_{H,gn}$ skupni toplotni pritoki

Indeks H (heating) se nanaša na ogrevanje in ga bomo v nadaljevanju opustili.

Skupne toplotne izgube in sončni pritoki se izračunajo po spodnjih enačbah.

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

Q_{tr} toplotne izgube zaradi ventilacije

Q_{ve} toplotne izgube zaradi transmisije

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set} - \theta_e) \cdot t$$

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set} - \theta_e) \cdot t$$

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

Q_{int} notranji toplotni pritoki

Q_{sol} sončni toplotni pritoki

$$Q_{int} = \Phi_{int,mn} \cdot t$$

$$Q_{sol} = \Phi_{sol,mn} \cdot t$$

$H_{tr,adj}$ in $H_{ve,adj}$ so specifične transmisijske in ventilacijske toplotne izgube, ki jih bomo obravnavali v nadaljevanju.

$\theta_{int,set}$ in θ_e sta notranja in zunanja temperatura zraka.

t je časovno obdobje, ki je v našem primeru enako število ur v posameznem mesecu.

Sončni toplotni pritoki ($\Phi_{sol,mn}$) se preko klimatskih podatkov, površine, različnih faktorjev in lastnosti oken določijo za vsako smer neba posebej in se nato seštejejo.

Notranji toplotni pritoki¹ se upoštevajo kot vsota toplotnih tokov zaradi:

$$\Phi_{int,mn} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,WA} + \Phi_{int,HVAC} + \Phi_{int,Proc}$$

uporabnikov (Oc), naprav (A), rasvetljave (L), sistemov za pripravo tople vode in kanalizacije (WA), sistemov za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje (HVAC) in pritoke toplote zaradi procesov in blaga (Proc).

$H_{tr,adj}$ izračunamo na podlagi standarda SIST EN ISO 13789 - Toplotne značilnosti delov stavb - Specifične toplotne izgube zaradi prehoda toplote - Računska metoda, kjer je podan koeficient toplotnih izgub zaradi transmisije:

$$H_T = H_D + H_g + H_U$$

H_D predstavlja neposredne toplotne izgube iz ogrevanega dela stavbe v okolico

H_g predstavlja toplotne izgube skozi tla v okolico - ISO/DIS 13370

H_U predstavlja toplotne izgube iz ogrevanega dela stavbe skozi neogrevan del stavbe

Specifične neposredne transmisijske toplotne izgube so definirane kot vsota izgub zaradi homogenih delov ovoja stavbe, linijskih ter točkovnih toplotnih mostov:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

A_i površina elementa med ogrevanim delom stavbe in okolico

U_i toplotna prehodnost elementa

l_k dolžina linijskega toplotnega mostu

¹ V pravilniku je vsota toplotnih tokov $\Phi_{int,Oc}$, $\Phi_{int,A}$, $\Phi_{int,L}$ in $\Phi_{int,Proc}$ predpisana na vrednost 4 W/m^2 za stanovanjske in 6 W/m^2 za nestanovanjske stavbe na ogrevano površino stavbe

$\Phi_{int,WA}$ in $\Phi_{int,HVAC}$ lahko izračunamo šele, ko imamo znan Q_{NH} . To storimo tako, da najprej izračunamo Q_{NH} ob predpostavki, da sta $\Phi_{int,WA}$ in $\Phi_{int,HVAC}$ enak 0, nato pa v drugih iteracijah upoštevamo dejanska $\Phi_{int,WA}$ in $\Phi_{int,HVAC}$, ki ju dobimo kot vsoto vrnjenih izgub vseh sistemov ogrevanja (Q_{rth}) in sistema za pripravo tople vode (Q_{rwh}).

Ψ_k linijska toplotna prehodnost toplotnega mostu

χ_j točkovna toplotna prehodnost toplotnega mostu

$H_{ve,adj}$ so odvisne od stopnje izmenjave zraka.

Zgoraj so v grobem navedene vse enačbe, ki jih potrebujemo pri računu Q_{NH} . V naslednjem poglavju bomo na praktičnem zgledu podrobno prikazali postopek določitve Q_{NH} , ki sledi naslednjim korakom:

1. Določitev računske metode. V Sloveniji se uporablja mesečna računsko metoda.
2. Določitev meja ogrevanega prostora, oziroma con in neogrevanih prostorov.
3. Zbiranje klimatskih podatkov in določitev režimov uporabe (zunanja temperatura, gostota sončnega sevanja, trajanje ogrevalne sezone, notranja temperatura, stopnja prezračevanja ipd.).
4. Račun skupnih specifičnih izgub zaradi transmisije in prezračevanja.
5. Račun notranjih pritokov in pritokov zaradi sončnega sevanja.
6. Za vsako računsko obdobje, za vsako cono izračunamo potrebno energijo za ogrevanje Q_{NH} .
7. Izračun vrnjenih izgub v ogrevani prostor zaradi vgrajenih sistemov. Te izgube se prištejejo notranjim pritokom in postopek se ponovi od točke 5.

2.4.1.3 Izračun toplotnih izgub vgrajenih sistemov

Metodologija opisana v pravilniku podaja enačbe za izračun toplotnih izgub sistemov za ogrevanje. Te toplotne izgube se pojavijo zaradi neidealne oddaje toplote ogreval, izgub razvodnega sistema, izgub generatorja toplote in izgub hranilnika.

Toplotne izgube zaradi neidealne oddaje toplote ogreval so odvisne od vrste lokalne regulacije ogreval, vrste ogreval in višine prostora (vertikalni temperaturni profil). V preglednicah metodologije izberemo ustrezne vrednosti koeficientov in s pomočjo enačb izračunamo izgube. Te izgube se vrnejo v ogrevano cono kot notranji pritoki, kar kasneje upoštevamo pri iteracijah.

Toplotne izgube razvodnega podsistema se pojavijo zaradi prenosa toplote iz medija, ki je v ceveh, v okolico. Če so cevi nameščene v neogrevanem prostoru, se te izgube ne vrnejo, drugače pa se. Izgube so odvisne od dolžine cevi, toplotne izolacije cevi in temperaturne razlike med temperaturo medija in okolico.

Skozi ovoj in dimnik generatorja toplote se izgublja dodatna toplotna energija, ki jo lahko izračunamo s pomočjo enačb v metodologiji. Pri tem upoštevamo vrnjene izgube v primeru, da je generator nameščen v ogrevanem prostoru. Podobno velja za hranilnik toplote.

2.4.1.4 Primarna energija in emisija CO₂

Letno rabo primarne energije za delovanje stavbe Q_p določimo tako, da letno dovedeno energijo za delovanje stavbe Q_f , podano po posameznem energentu, pomnožimo s pripadajočim faktorjem pretvorbe. Faktor pretvorbe je podan v pravilniku (npr. za goriva je 1,0, za daljinsko ogrevanje pa 1,58).

Emisije CO₂, ki nastanejo pri delovanju stavb, določimo na podlagi podatkov za specifične emisije CO₂ za posamezne vire energije, tako da letno dovedeno energijo za delovanje stavbe, podano po posameznem viru energije, pomnožimo s pripadajočim podatkom za specifične emisije CO₂, ki so zbrane v preglednici pravilnika.

3 PRIMER 1: ANALIZA RAČUNSKEGA POSTOPKA – JAKOPIČEVA 19, LJUBLJANA

V nadaljevanju bomo na primeru pokazali praktično uporabnost in pomanjkljivosti prihajajoče energetske izkaznice. Za ta namen si bomo zamislili hipotetično situacijo, ko pride do prodaje enega izmed stanovanj v večstanovanjski stavbi in mora zaradi tega prodajalec priskrbeti energetska izkaznico. V tem primeru se stanovalci skupaj odločijo, da bodo naročili izdelavo energetske izkaznice za celotno stavbo.

Primer bomo izkoristili za prikaz celotnega računskega postopka po novi metodologiji, za izračun energijskih kazalcev za energetska izkaznica stavbe, nato bomo primerjali merjeno rabo energije z izračunano rabo na izkaznici in poizkusili ugotoviti, zakaj prihaja do razhajanj med temi vrednostmi.

3.1 Izračun energijskih kazalcev stavbe (za energetska izkaznica)

3.1.1 Uvod

Prikazali bomo izračun energijskih kazalcev za energetska izkaznica za stanovanjska stavba. Za ta izračun bomo uporabili metodologijo opisano v prejšnjem poglavju.

Stavba, ki jo bomo obravnavali, je objekt v Ljubljani, zgrajen v soseski Nove Poljane, na naslovu Jakopičeva 19.



Slika 2: Jakopičeva 19, zahodna fasada

3.1.2 Podatki stavbi

Podatke o stavbi smo zbrali na podlagi načrtov, intervjuja z upravnikom in z ogledom objekta. Obravnavana stavba je del večjega objekta (blok z 12 stopnišči), ki se polkrožno razprostira med Ulico ob Ljubljani in Povšetovo ulico v Ljubljani. Zajema eno stopnišče in na S in J meji na sosednji stopnišči. Zunanje dimenzije obravnavane stavbe so 12 m v širino in 12 m v dolžino. Stavba ima dve etaži kleti, kjer so prostori za shranjevanje in iz katerih je dostop do garaž. Poleg pritličja so stanovanja razporejena v štirih nadstropjih in dveh mansardah, tako da sta v vsakem nadstropju po dve stanovanji, edino v zadnji mansardi je samo eno stanovanje. V stavbi je tako 13 stanovanjskih enot. Zgrajena je bila leta 1995 in do sedaj ni bila prenovljena. Upravnik je Spl, d.d.

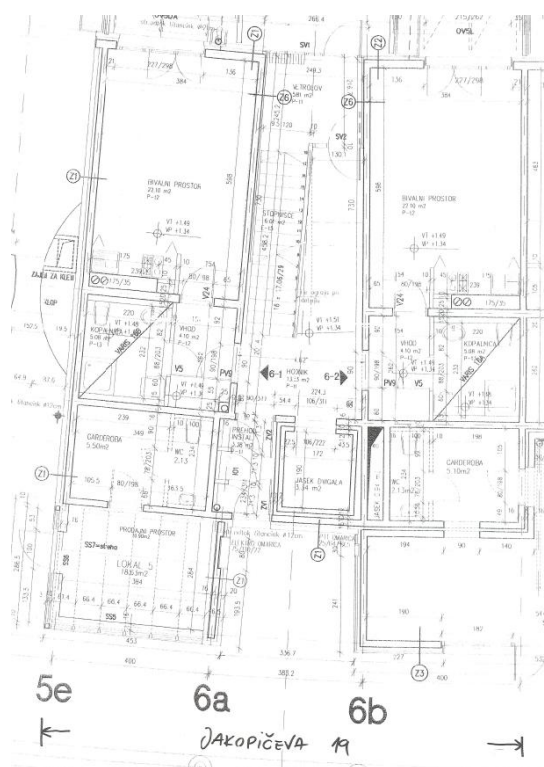
Objekt je orientiran z vzdolžno osjo v smeri S – J, tako da je dvoriščna stran obrnjena na zahod. Na sever in jug stavba meji na sosednji stavbi, Jakopičevo 21 in Jakopičevo 17.

Iz značilnega prereza nadstropja lahko vidimo, da je neogrevano stopniščno jedro na sredini prereza, na obeh straneh pa je vhod v po eno stanovanje. Stanovanja so si podobna. V spodnji preglednici (preglednica 1) so neto stanovanjske površine stanovanj. Izjema je stanovanje 13, ki je veliko večje od ostalih in s svojo površino sega čez sosednji objekt, Jakopičevo 17.

Med Jakopičevo 19 in Jakopičevo 21 je prehod, tako da del pritličja Jakopičeve 19 meji na ta prehod.

Preglednica 1: Neto stanovanjske površine stanovanj v stavbi Jakopičeva 19

Stanovanje	Površina [m ²]
1	31,15
2	31,19
3	39,59
4	38,99
5	39,53
6	39,11
7	39,55
8	39,07
9	39,63
10	38,94
11	31,23
12	39,03
13	99,27



Slika 3: Tloris prtljča

V prtljču stavbe sta na vzhodni strani dva lokala; pekarna in bar. Zgrajena sta ločeno od objekta, z dilatacijo, vendar se garderobi lokalov in stranišče za zaposlene nahajata v stavbi. V te pomožne prostore se pride skozi notranja vrata.

3.1.2.1 Klet

Klet stavbe je v dveh etažah. V obeh so razporejeni različni pomožni prostori: shrambe, kolesarnica, strojnica dvigala, ipd. Iz kleti je dostop do garaž. Obe etaži kleti sta neogrevani in mejita na neogrevano garažo, neogrevane prostore kleti sosednjih objektov, na ogrevane prostore sosednjih objektov in na zunanjo okolico (ta del kleti je vkopan).

3.1.2.2 Mansarda

Mansardi sta v dveh etažah, s tem da se prva mansarda po dimenzijah ne razlikuje od 4. nadstropja. Druga mansarda, to je zadnja etaža, se razprostira čez gabarit sosednjega objekta, Jakopičeva 17. Nad zadnjo mansardo je neogrevano podstrešje.

3.1.2.3 Lože

Na zahodni strani stavbe ima vsako stanovanje (razen dveh pritličnih in stanovanja v 2. mansardi) zagrajen balkon – ložo, v kateri je prostor za namestitev sedežne garniture, oziroma zelenja, privzamemo da so lože neogrevane.



Slika 4: Jakopičeva 19, vzhodna fasada

3.1.2.4 Okna in vrata

Stavba ima okna na vzhodni in zahodni fasadi, dimenzije oken smo vzeli iz načrtov. Na severni in južni fasadi ni oken.

Zunanja vrata so v pritličju (vetrolov) in v 2. mansardi (izhod na teraso).

3.1.2.5 Ogrevanje

Objekt se ogreva preko vročevodnega daljinskega ogrevanja. Toplotna postaja, ki je v prvi kleti sosednjega objekta, Jakopičeva 21, zagotavlja toploto tudi objektoma Jakopičeva 23 in 19.

Ogrevalni sistem je dvocevni radiatorski, pri čemer je generator toplote v kleti, iz katere potekajo dvižni vodi vertikalno skozi stanovanja.

Vsi radiatorji imajo vgrajene termostatske ventile, o ostali regulaciji sistema ni podatkov. Sistem ogrevanja je 90/70. Sistem je hidravlično uravnotežen.

3.1.2.6 Hlajenje

V stavbi ni vgrajenih aktivnih sistemov za hlajenje.

3.1.2.7 Priprava tople vode

Priprava tople vode se zagotavlja z električnimi stenskimi kotlički v vsakem stanovanju posebej.

3.1.2.8 Mehansko prezračevanje in ovlaževanje

V stavbi ni vgrajenega mehanskega prezračevanja ali sistema za ovlaževanje.

3.1.2.9 Razsvetljava

Nimamo podatkov o razsvetljavi.

3.1.3 Določitev ogrevanih delov stavbe in določitev ogrevalnih con

Pri odločanju o neogrevanih in ogrevanih delih stavbe smo prišli do zaključka, da je v stavbi ogrevanih vseh 13 stanovanj in stopnišče. Kleti in lože niso ogrevane.

Vseh 13 stanovanj in stopnišče tako predstavljajo eno ogrevalno cono, ki se ogreva z istim sistemom ogrevanja.

Toplota se v okolico prenaša neposredno skozi zunanje stene, vrata, okna in streho, ter posredno preko neogrevane kleti in lož.

3.1.4 Določitev geometrijskih karakteristik stavbe – ogrevane cone

Dimenzije stavbe so dobljene iz načrtov. Za določevanje dimenzij smo uporabili zunanji sistem določanja dimenzij. Dimenzije elementov zunanje ovojnice stavbe in dimenzije elementov med ogrevanimi in neogrevanimi prostori so navedene v nadaljevanju.

Višina etaže : 2,90 m

Površina ogrevanih prostorov – cone : 944,38 m²

Bruto volumen : 2738,69 m³

Zunanje stene:

Z1 - zunanja stena (klinker opeka)	365,19 m ²
Z2 - zunanja stena (obdelava z ometom)	84,33 m ²

Z4 - Stena kleti	350,90 m ²
vkopana	121,80 m ²
na stiku z ogrevanim	20,30 m ²
na stiku z neogrevanim	53,65 m ²
na stiku z okolico	155,15 m ²
Z5 - Zunanja stena (lahka stena v zadnji etaži)	18,20 m ²
Z5A - Zunanja stena (prečna betonska stena v zadnji etaži)	2,90 m ²

Strehe:

S1 - Lahka streha - strop	124,66 m ²
S2 - Ravna streha	17,50 m ²
S3 - Ravna streha - terasa	52,62 m ²
S4 - Ravna streha - nepohodna	48,23 m ²

Medetažne konstrukcije:

Et-t4 - Loža - tla	10,90 m ²
P-t 1 - Tla proti kleti (stanovanjski prostori)	94,00 m ²
P-t 1 - Tla proti kleti (stopnišče, vetrolov)	38,30 m ²
K-t7A - Shrambe, kolesarnice - klet (tla na terenu)	189,00 m ²

Okna in vrata:

Okna usmerjena na zahod	84,12 m ²
Okna usmerjena na vzhod	33,70 m ²
Vrata (vetrolov, izhod na pohodno teraso)	14,62 m ²
Vrata iz kleti v garažo	5,20 m ²

Loža:

Zunanja stena lože	119,63 m ²
Streha lože – S4	10,90 m ²
Tla lože – Et-t4	10,90 m ²
Stena med ogrevanim in ložo – Z2	65,40 m ²
Stena med ogrevanim in ložo – Z1	7,27 m ²

Vrata med ogrevanim in ložo	22,50 m ²
Zastekljeni del med ložo in stopniščem	6,33 m ²

Klet:

Površina Klet 1	189,00 m ²
Obseg Klet 1	72,00 m
Površina Klet 2	119,75 m ²
Obseg Klet 2	57,00 m ²

3.1.5 Termo fizikalne lastnosti zunanjega ovoja stavbe

Objekt ima izvedeno toplotno izolacijo na vseh elementih zunanjega ovoja stavbe. Debelina in vrsta toplotne izolacije se spreminja od elementa do elementa, vendar toplotna izolacija nikjer ne presega 8 cm, kar je bila običajna praksa v času gradnje objekta. Podatki o izolaciji in sklopih so prikazani na spodnjih slikah elementov zunanjega ovoja stavbe (slike iz Excela), kjer je tudi že izračunana toplotna prehodnost.

Za vsa zunanja vrata in okna smo privzeli $U_{\text{vrat}} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $U_{\text{oken}} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Stopnišče je osvetljeno preko lož, zasteklitev ima $U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z1 - zunanja stena (Klinker opeka)		toplotna prehodnost U		0,420	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti					
notranji omet	0,020	0,810	0,125		
AB stena	0,160	2,040	0,025		
kamena volna	0,080	0,041	0,078		
paropropustna sintetična folija			1,951		
klinker opeka	0,120	0,760	0,158		
zunanj upor toplotne prestopnosti					
			0,043		

Slika 5: Z1 – zunanja stena (Klinker opeka)

Z2 - zunanja stena (Obdelava z ometom)		toplotna prehodnost U		0,550	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti					
notranji omet	0,020	0,810	0,125		
AB stena	0,160	2,040	0,025		
lesna volna	0,008	0,140	0,054		
kamena volna	0,060	0,041	1,463		
zunanj apneni omet	0,025	0,850	0,029		
zunanj upor toplotne prestopnosti					
			0,043		

Slika 6: Z2 – zunanja stena (Obdelana z ometom)

Z4 - Stena kleti		toplotna prehodnost U		0,828	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,125		
notranji omet	0,020	0,810	0,025		
AB stena	0,160	2,040	0,078		
lesna volna	0,008	0,140	0,054		
kamena volna	0,035	0,041	0,854		
zunanj apneni omet	0,025	0,850	0,029		
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 7: Z4 – Stena kleti

Z5 - Zunanja stena (Lahka stena v zadnji etaži)		toplotna prehodnost U		0,246	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,125		
gips-kartonasta plošča 3 cm	0,030	0,210	0,143		
PE folija 0,015 cm	0,000	203,000	0,000		
kamena volna 15 cm	0,150	0,040	3,750		
prezračevani zračni sloj 4 cm					
Al sinusoidno oblikovana pločevina					
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 8: Z5 – Zunanja stena (Lahka stena v zadnji etaži)

Z5A - Zunanja stena (Prečna betonska stena v zadnji etaži)		toplotna prehodnost U		0,445	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,125		
AB stena	0,160	2,040	0,078		
kamena volna	0,080	0,040	2,000		
prezračevani zračni sloj 4 cm					
Al sinusoidno oblikovana pločevina					
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 9: Z5A – Zunanja stena (Prečna betonska stena v zadnji etaži)

Et-t4 - Loggia - tla		toplotna prehodnost U		1,063	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,170		
protidrsne keramične ploščice	0,008	1,28	0,006		
cement-akrilnato lepilo	0,005	0,70	0,007		
betonski estrih	0,052	1,40	0,037		
pe folija	0,000	0,19	0,001		
ekstrudiran polistiren	0,030	0,04	0,732		
hidoizolacija	0,005	0,19	0,026		
ab plošča	0,180	2,04	0,088		
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 10: Et-t4 – Loža – tla

P-t 1 - Tla proti kleti (stanovanjski prostori)		toplotna prehodnost U		0,473	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,170		
parket	0,022	0,21	0,105		
izravnalna masa in lepilo	0,003	0,70	0,004		
betonski estrih	0,055	1,40	0,039		
pe folija	0,000	0,19	0,001		
ekstrudiran polistiren	0,060	0,04	1,463		
pe ekspanzirana folija	0,010	0,05	0,200		
AB plošča	0,180	2,04	0,088		
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 11: P-t 1 – Tla proti kleti (stanovanjski prostori)

P-t 1 - Tla proti kleti (stopnišče, vetrolov)		toplotna prehodnost U		0,439	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,170		
umetni kamen	0,030	3,500	0,009		
cement - akrilatno lepilo	0,005	0,700	0,007		
betonski estrih MB 20	0,065	1,400	0,046		
pe folija	0,000	0,190	0,001		
ekstrudiran polistiren	0,060	0,035	1,714		
pe ekspanzirana folija 2x	0,010	0,050	0,200		
AB plošča	0,180	2,040	0,088		
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 12: P-t 1 – Tla proti kleti (stopnišče, vetrolov)

K-t7A - Shrambe, kolesarnice - klet (tla na terenu)		toplotna prehodnost U		2,335	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,170		
betonski estrih MB 20	0,060	1,400	0,043		
hidroizolacija	0,005	0,190	0,026		
podložni beton MB 10	0,100	1,400	0,071		
komprimiran gramizni tampom	0,200	1,700	0,118		
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,000		

Slika 13: K-t7A – Shrambe, kolesarnice – klet (tla na terenu)

S1 - Lahka streha - strop		toplotna prehodnost U		0,237	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,100		
gips - kartonaste plošče	0,015	0,21	0,071		
PE folija	0,000	0,19	0,001		
kamena volna	0,160	0,04	4,000		
zračni sloj (prezračevan)	0,060				
lesen, impregniciran opaž					
strešna lepenka št. 120					
titan - cink pločevina 0.70 mm					
zunanj upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 14: S1 – Lahka streha - strop

S2 - Ravna streha		toplotna prehodnost U		0,378	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,100		
AB plošča	0,180	2,040	0,088		
naklonski beton	0,040	1,510	0,026		
hidoizolacija	0,009	0,190	0,047		
ekstrudiran polistiren	0,080	0,035	2,286		
betonski estrih MB 20	0,055	1,400	0,039		
cement-akrilnato lepilo	0,005	0,700	0,007		
protidrsne keramične ploščice	0,010	1,280	0,008		
zunanji upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 15: S2 – Ravna streha

S3 - Ravna streha - Terasa		toplotna prehodnost U		0,381	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,100		
AB plošča	0,180	2,040	0,088		
naklonski beton	0,030	1,510	0,020		
hidroizolacija	0,009	0,190	0,047		
ekstrudiran polistiren	0,080	0,035	2,286		
PES filc 150g/m ²					
pran prodec fi 4- 8 mm	0,040	1,700	0,024		
kulir - betonske plošče	0,040	2,040	0,020		
zunanji upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 16: S3 – Ravna streha - Terasa

S4 - Ravna streha - nepohodna		toplotna prehodnost U		0,485	W/m ² K
	d [m]	λ [W/mK]	R _λ [m ² K/W]		
notranji upor toplotne prestopnosti			0,100		
ab plošča	0,180	2,040	0,088		
naklonski beton	0,040	1,510	0,026		
hidoizolacija	0,010	0,190	0,053		
ekstrudiran polistiren	0,060	0,035	1,714		
PES filc 150g/m ²					
pran prodec fi 16- 32 mm	0,060	1,700	0,035		
zunanji upor toplotne prestopnosti			0,043		

Slika 17: S2 – Ravna streha – nepohodna

3.1.6 Račun $H_{tr,adj}$ - koeficienta toplotnih izgub zaradi transmisije

Da bi izračunali vrednost koeficienta toplotnih izgub zaradi transmisije smo najprej izračunali neposredne toplotne izgube, toplotne izgube skozi tla in skozi neogrevane dele

3.1.6.1 H_D – neposredne toplotne izgube

Koeficient neposrednih transmisijskih toplotnih izgub je definiran kot vsota izgub zaradi homogenih delov ovojja stavbe in linijskih ter točkovnih toplotnih mostov:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

A_i površina elementa med ogrevanih delom stavbe in okolico

- U_i toplotna prehodnost elementa
 l_k dolžina linijskega toplotnega mostu
 Ψ_k linijska toplotna prehodnost toplotnega mostu
 χ_j točkovna toplotna prehodnost toplotnega mostu

Za naš primer tako velja:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

$$H_D = 498,44 \text{ W/K} + 64,79 \text{ W/K}$$

$$\mathbf{H_D = 563,23 \text{ W/K}}$$

Izračun posameznih delov enačbe za H_D je prikazan spodaj.

del $\sum_i A_i U_i$ – homogeni deli ovoja

Del ovoja stavbe	Površina A [m ²]	Toplotna prehodnost U [W/m ² K]	A·U [W/K]
S1 - Lahka streha - strop	124,66	0,24	29,57
S2 - Ravna streha	17,50	0,38	6,61
S3 - Ravna streha - Terasa	52,62	0,38	20,02
S4 - Ravna streha - nepohodna	48,23	0,49	23,41
Z1 - Zunanja stena (klinker opeka)	365,19	0,42	153,39
Z2 - Zunanja stena (obdelava z ometom)	84,33	0,55	46,39
Z5A - Zunanja stena (betonska stena v zadnji etaži)	2,90	0,45	1,29
Z5 - Zunanja stena (lahka stena v zadnji etaži)	18,20	0,25	4,48
Okna na vzhod	33,70	1,50	50,55
Okna na zahod	84,12	1,50	126,18
Vrata na vzhod	2,60	2,50	6,49
Vrata na zahod	12,02	2,50	30,05
skupaj $\sum_i A_i U_i$			498,44

del $\sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$ – toplotni mostovi

Vpliv toplotnih mostov smo upoštevali na poenostavljen način kot dodatno specifično toplotno izgubo 0,06 W/m²K za celoten ovoj stavbe.

$$TM (\sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j) = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1079,78 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{TM = 64,79 \text{ W/K}}$$

3.1.6.2 H_G – izgube skozi tla

V našem primeru imamo izgube skozi tla posredno preko kleti, ki je delno vkopana. Klet bomo obravnavali pri izgubah skozi neogrevane prostore v nadaljevanju.

3.1.6.3 H_U – izgube skozi neogrevane dele stavbe - klet

V naši stavbi imamo izgube skozi neogrevane prostore, to so lože in klet. Izgube določimo po spodnji enačbi:

$$H_U = H_{iu} \cdot b$$

$$b = H_{ue} / (H_{iu} + H_{ue})$$

H_{iu} neposredni koeficient prenosa toplote med ogrevanim delom stavbe in neogrevanim (pri našem primeru med stanovanjem, stopniščem in ložo, ter med pritličjem in kletjo)

H_{ue} koeficient prenosa toplote med neogrevanim delom stavbe in okolico (med kletjo in okolico, ter med ložo in okolico)

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue} \qquad H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu}$$

$H_{T,ue}$ oz. $H_{T,iu}$ transmisijski del izgub

$H_{V,ue}$ oz. $H_{V,iu}$ ventilacijski del izgub, v našem primeru se ga izračuna kot

$$H_{V,ue} \text{ oz. } H_{V,iu} = 0.33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot V \cdot n$$

V volumen obravnavanega prostora

n stopnja izmenjave zraka med prostorom in okolico

Najprej smo obravnavali izgube skozi klet.

Da bi izračunali H_{ue} , ki predstavlja toplotne izgube med kletjo in okolico, smo morali, ker je klet vkopana določiti izgube skozi zemljino. Postopek najdemo v standardu ISO/DIS 13370.

Podatki za izračun:

debelina zidu (Z4 - Stena kleti): $w = 0,25$ m

toplotna prevodnost zemljine: $\lambda = 2$ W/mK

talna konstrukcija (K-t7A - Shrambe, kolesarnice - klet): $U_{TLA} = 2,335$ W/m²K

globina vkopane stene (upošteva se povprečna višina vkopanega dela): $z = 4,70$ m

obseg (P) = 42,00 m

površina (A) = 189,00 m²

Najprej smo določili B':

$$B' = 2 \cdot A / P$$

A površina obravnavane konstrukcije

P obseg okoli obravnavane konstrukcije

$$B' = 2 \cdot 189 \text{ m}^2 / 42,00 \text{ m}$$

$$B' = 9,00 \text{ m}$$

Nato smo izračunali d_t po spodnji enačbi:

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se})$$

w debelina zidu

λ toplotna prevodnost zemljine (izberemo 2 W/mK)

R_{si}, R_{se} zunanji in notranji upor toplotne prestopnosti

R_f toplotni upor talne konstrukcije

$$d_t = 0,25 \text{ m} + 2 \text{ W/mK} \cdot (0,17 + 1/2,335) \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$d_t = 1,10 \text{ m}$$

Ker je $(d_t + 0,5 \cdot z) < B'$ smo izračunali toplotno prehodnost talne konstrukcije po enačbi:

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0,5 \cdot z} + 1\right)$$

$$U_{bf} = 0,302 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

Postopek smo ponovili za stene:

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se})$$

$$d_w = 2,33 \text{ m}$$

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot z} \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$

$$U_{bw} = 0,328 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

Skupne transmisijske izgube iz neogrevane kleti v okolico:

Del ovoja kleti	Površina A [m ²]	Toplotna prehodnost U [W/m ² K]	A·U [W/K]
Z4 - Stena kleti – vkopana – klet 1	46,40	0,33	15,20
Z4 - Stena kleti – vkopana – klet 2	75,40	0,33	24,71
Z4 - Stena kleti – stik z garažo – klet 1	88,45	0,83	73,21
Z4 - Stena kleti – stik z garažo – klet 2	66,70	0,83	55,20
Vrata	5,20	2,50	13,00
K-t7A - Shrambe, kolesarnice – klet 1 (tla na terenu)	69,25	0,30	20,91
K-t7A - Shrambe, kolesarnice – klet 2 (tla na terenu)	119,75	0,30	36,13
skupaj $\sum_i A_i U_i$			238,36

Skupne transmisijske izgube iz neogrevane kleti v okolico so enake:

$$H_{T,ue} = 238,36 \text{ W/K}$$

Ventilacijske izgube iz neogrevane kleti v okolico pa so enake:

$$H_{V,ue} = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot V \cdot n$$

$$V = \text{volumen kleti} = 895,38 \text{ m}^3$$

$$n = \text{stopnja izmenjave zraka} = \text{vzamemo } 2,0$$

tako je:

$$H_{V,ue} = 596,92 \text{ W/K}$$

in

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,eu}$$

$$H_{ue} = 835,29 \text{ W/K}$$

Podobno smo izračunali tudi H_{iu} pri čemer smo upoštevali, da je med kletjo in ogrevanim prostorom izmenjava zraka $n = 0,5$.

Pri transmisijem koeficientu smo upoštevali medetažno konstrukcijo med stanovanjem in kletjo ter medetažno konstrukcijo med stopniščem in kletjo in izgube skozi vrata.

Stik med kletjo in ogrevanim prostorom	Površina A [m ²]	Toplotna prehodnost U [W/m ² K]	A·U [W/K]
P-t 1 - Tla proti kleti (stanovanjski prostori)	94,00	0,473	44,47
P-t 1 - Tla proti kleti (stopnišče, vetrolov)	38,30	0,439	16,81
Vrata	2,60	2,50	6,50
skupaj $\Sigma_i A_i U_i$			67,77

Skupne transmisijske izgube iz ogrevanega dela stavbe v klet so enake:

$$H_{T,iu} = 67,77 \text{ W/K}$$

Ventilacijske izgube iz ogrevanega dela v neogrevano klet:

$$H_{V,iu} = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot V \cdot n$$

$$V = \text{volumen kleti} = 895,38 \text{ m}^3$$

$$n = \text{stopnja izmenjave zraka} = \text{vzamemo } 0,5$$

tako je:

$$H_{V,iu} = 149,23 \text{ W/K}$$

in

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu}$$

$$H_{iu} = 217,07 \text{ W/K}$$

Sedaj lahko določimo H_U (izgube skozi klet):

$$H_{U, KLET} = 53,80 \text{ W/K}$$

3.1.7 H_U – izgube skozi neogrevane dele stavbe – Loža

Kot pri računu toplotnih izgub skozi klet, smo tudi tukaj izračunali najprej toplotne izgube iz neogrevanega dela stavbe (lože) v okolico, nato pa še iz ogrevanega dela stavbe v neogrevan del.

Naša stavba ima lože v petih nadstropjih. Izgube skozi zunanjo steno lože so izračunane v spodnji tabeli.

Izgube skozi ovoj lož	Površina A [m ²]	Toplotna prehodnost U [W/m ² K]	A·U [W/K]
Zunanja stena lože	119,63	3,30	394,76
Et-t4 - Loža - tla	10,90	1,06	11,59
S4 - Ravna streha - nepohodna	10,90	0,49	5,29
skupaj $\Sigma_i A_i U_i$			411,64

Skupne transmisijske izgube iz vseh lož v okolico so enake:

$$H_{T,ue} = 411,64 \text{ W/K}$$

Ventilacijske izgube iz lož v okolico pa so enake:

$$H_{V,ue} = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot V \cdot n$$

$$V = \text{volumen lož} = 158,05 \text{ m}^3$$

$$n = \text{stopnja izmenjave zraka} = \text{vzamemo } 0,5$$

tako je:

$$H_{V,ue} = 26,34 \text{ W/K}$$

in

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,eu}$$

$$H_{ue} = 437,98 \text{ W/K}$$

Sedaj smo izračunali še H_{iu} , s tem da smo pri transmisijem koeficientu upoštevali izgube skozi vrata v ložo, skozi steno med ložo in notranjimi prostori in skozi zastekljeni del med stopniščem in ložo.

Stik med ložo in ogrevanim prostorom	Površina A [m ²]	Toplotna prehodnost U [W/m ² K]	A·U [W/K]
Z1 - zunanja stena (Klinker opeka)	65,40	0,55	35,98
Z2 - zunanja stena (Obdelava z ometom)	7,27	0,42	3,05
Vrata	22,50	2,50	56,25
Steklo na stopnišče	6,33	3,30	20,89
skupaj $\Sigma_i A_i U_i$			116,17

Skupne transmisijske izgube iz ogrevanega dela stavbe v klet so enake:

$$H_{T,iu} = 116,17 \text{ W/K}$$

Ventilacijske izgube iz ogrevanega dela v neogrevano klet:

$$H_{v,iu} = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot V \cdot n$$

$$V = \text{volumen lož} = 158,05 \text{ m}^3$$

$$n = \text{stopnja izmenjave zraka} = \text{vzamemo } 0,5$$

tako je:

$$H_{V,iu} = 26,34 \text{ W/K}$$

in

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu}$$

$$H_{iu} = 142,51 \text{ W/K}$$

Tako smo določili H_U (izgube skozi lože):

$$H_{U, LO\check{Z}E} = 87,65 \text{ W/K}$$

In potem smo določili skupne specifične izgube skozi neogrevane prostore H_U :

$$H_U = H_{U, LO\check{Z}E} + H_{U, KLET}$$

$$H_U = 141,45 \text{ W/K}$$

in skupne specifične transmisivne toplotne izgube $H_{tr,adj}$

$$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_U$$

$$H_{tr,adj} = 704,68 \text{ W/K}$$

3.1.8 Račun $H_{ve,adj}$ koeficienta toplotnih izgub zaradi ventilacije

Koeficient toplotnih izgub zaradi ventilacije smo izračunali s pomočjo naslednje enačbe:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V}$$

V zgornji enačbi nastopa \dot{V} , ki je enak:

$$\dot{V} = V \cdot n$$

V neto volumen obravnavane stavbe, ki se ga lahko izračuna po poenostavljenem računu kot:

$$V = 0,8 \cdot V_e \text{ (bruto volumen)}$$

n stopnja izmenjave zraka med okolico in ogrevanim delom stavbe:

$$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_a \cdot c_a = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K}$$

Izračunali smo H_V , ki znaša

$$H_{ve,adj} = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot 0,5 \text{ h}^{-1} \cdot 0,8 \cdot 2738,69 \text{ m}^3$$

$$H_{ve,adj} = 356,16 \text{ W/K}$$

Skupni koeficient izgub je:

$$H_I = H_{ve,adj} + H_{tr,adj}$$

$$H_I = 704,68 \text{ W/K} + 356,16 \text{ W/K}$$

$$H_I = 1069,84 \text{ W/K}$$

3.1.9 Račun notranjih pritokov Φ_{int}

Prispevek notranjih virov zaradi uporabnikov, naprav, razsvetljave, procesov in blaga je po predlogu pravilnika PEI enak 4 W/m^2 .

Ostali del notranjih virov je odvisen od vrnjenih izgub sistema za ogrevanje in pripravo tople vode, ki ga bomo upoštevali v nadaljevanju z iteracijskim postopkom.

Računamo na A_u – uporabna površina stavbe, ki jo določimo po poenostavljenem postopku:

$$A_u = 0,32 \cdot V_e$$

v našem primeru to znaša:

$$A_u = 876,38 \text{ m}^2$$

Tako so skupni notranji pritoki za posamezen mesec enaki:

$$Q_{int} = \Phi_{int} \cdot t$$

$$Q_{int} = 4 \text{ W/m}^2 \cdot 876,38 \text{ m}^2 \cdot t$$

$$Q_{int} = 3,51 \text{ kW} \cdot t \text{ (število ur posameznega meseca)}$$

3.1.10 Račun pritokov zaradi sončnega sevanja

Splošna enačba za izračun pritokov zaradi sončnega sevanja je:

$$Q_{sol} = I_s \cdot F_s \cdot F_c \cdot F_f \cdot g \cdot A_s$$

- I_s sončno sevanje (klimatski podatki)
- F_s faktor zasenčenosti
- F_c faktor vpliva prosojnih zaves
- F_f faktor okenskega okvirja
- g faktor prepustnosti sončnega sevanja
- A_s površina oken

Potreben je izračun za vsako stran neba posebej. V spodnji preglednici so navedene vrednosti potrebne za izračun zgornje enačbe.

Preglednica 2: Površine oken in faktorji sončnega sevanja

Smer	površina	F_s	F_c	F_f	g
Okna – vzhod	33,70 m ²	0,81	1,00	0,70	0,60
Okna – zahod	84,12 m ²	1,00	1,00	0,70	0,60

V preglednici so zbrani klimatski podatki za lokacijo obravnavane stavbe (povprečna mesečna zunanja temperatura zraka in povprečna količina dnevnega sončnega sevanja v Wh/m²)

Preglednica 3: Klimatski podatki

KLIMATSKI PODATKI

Wh/m2	°C	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
Januar	-1	257	264	466	943	1401	1220	673	281
Februar	1	410	436	803	1474	2134	1941	1206	540
Marec	6	634	805	1344	1912	2334	2196	1611	898
April	9	1027	1364	1948	2282	2329	2351	2041	1427
Maj	14	1200	1698	2301	2386	2129	2320	2250	1693
Junij	18	1417	1841	2322	2288	2026	2363	2451	1948
Julij	20	1270	1738	2359	2425	2154	2493	2541	1928
Avgust	19	1040	1471	2149	2448	2413	2570	2330	1606
September	15	787	974	1514	2058	2400	2276	1743	1080
Oktober	10	526	585	907	1420	1821	1595	1040	599
November	4	324	340	532	896	1126	913	542	336
December	0	226	232	394	748	997	804	433	230

povprečna **9,58**

LJUBLJANA	3300	27.september - 15.maj	231
------------------	-------------	------------------------------	------------

Če izračunamo enačbo na prejšnji strani po vseh straneh neba za vse mesece, dobimo v zadnjem stolpcu spodnje preglednice skupne mesečne toplotne pritoke zaradi sončnega sevanja (v kWh).

Preglednica 4: Pritoki zaradi sončnega sevanja

kWh	S*dni*ef	SV*dni*ef	V*dni*ef	JV*dni*ef	J*dni*ef	JZ*dni*ef	Z*dni*ef	SZ*dni*ef	skupaj
Januar	0	0	204	0	0	0	737	0	942
Februar	0	0	318	0	0	0	1193	0	1511
Marec	0	0	590	0	0	0	1764	0	2354
April	0	0	827	0	0	0	2163	0	2990
Maj	0	0	489	0	0	0	1192	0	1681
Junij	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julij	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avgust	0	0	0	0	0	0	0	0	0
September	0	0	86	0	0	0	246	0	332
Oktober	0	0	398	0	0	0	1139	0	1537
November	0	0	226	0	0	0	574	0	800
December	0	0	173	0	0	0	474	0	647

3.1.11 Izračun toplotne kapacitete stavbe in τ_h

Toplotno kapaciteto stavbe izračunamo s poenostavljeno metodo:

$$C_m = 50 \cdot V_e \text{ (Wh/K)}$$

$$C_m = 492,96 \text{ MJ/K}$$

Upoštevamo:

$$a_{0,H} = 1,0$$

$$\tau_{0,H} = 15,0$$

ter za časovno konstanto:

$$\tau_h = \frac{C_m / 3.6}{H_{L,H}}$$

C_m toplotna kapaciteta stavbe

$H_{L,H}$ koeficient toplotnih izgub (ventilacija in transmisija)

tako je:

$$a_H = a_{0,H} + \frac{\tau_H}{\tau_{0,H}}$$

$$a_H = 9,53$$

sedaj lahko iz enačbe:

$$\eta_{G,H} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H - 1}}$$

in

enačbe:

$$\gamma_H = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,H}}$$

izračunamo izkoristek toplotnih pritokov $\eta_{G,H}$ za vsak posamezni mesec in nato še potrebno energijo za ogrevanje stavbe Q_{NH} .

3.1.12 Izračun Q_{NH}

V spodnji preglednici je narejen izračun potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} , ki se jo izračuna po enačbi:

$$Q_{NH} = Q_{ht} - \eta_{gn} \cdot Q_{gn}$$

Preglednica 5: Izračun Q_{NH}

mesec	ŠT. dni	Zunanja temp [°C]	Toplotne izgube [kWh]	Notranji pritoki [kWh]	Sončni pritoki [kWh]	Skupni pritoki [kWh]	gama	izkoristek	Q_{NH} [kWh]
Januar	31	-1,0	16.715	2.608	890	3.498	0,21	1,00	13.217
Februar	28	1,0	13.660	2.356	1.429	3.785	0,28	1,00	9.875
Marec	31	6,0	11.143	2.608	2.226	4.834	0,43	1,00	6.310
April	30	9,0	8.473	2.524	2.828	5.352	0,63	1,00	3.146
Maj	15	14,0	2.311	1.262	1.590	2.852	1,23	0,79	66
Junij	0	18,0	0	0	0	0	0,00	1,00	0
Julij	0	20,0	0	0	0	0	0,00	1,00	0
Avgust	0	19,0	0	0	0	0	0,00	1,00	0
September	4	15,0	514	337	314	651	1,27	0,77	12
Oktober	31	10,0	7.960	2.608	1.453	4.062	0,51	1,00	3.901
November	30	4,0	12.325	2.524	757	3.281	0,27	1,00	9.044
December	31	0,0	15.919	2.608	612	3.220	0,20	1,00	12.699
sezona	231	9,58	89.019	19.435	12.099	31.534	0,42	0,96	58.271
Q_{NH}/A_u									66,49

3.1.13 Priprava tople vode $Q_{f,w}$

Priprava tople vode se zagotavlja s stenskimi plinskimi kotlički v vsakem stanovanju.

3.1.13.1 Potrebna toplota/energija za pripravo tople vode

Potrebna energija za pripravo tople vode se izračuna po spodnji enačbi:

$$Q_w = \frac{q_w}{365} \cdot d_{w,M} \cdot A_{u,s \tan} \quad [\text{kWh}]$$

Q_w – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh]

q_w – specifična letna raba energije za toplo vodo na iztočnem mestu [kWh/(m²a)]

privzete vrednosti: enostanovanjska hiša: $q_w = 12 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

večstanovanjska hiša: $q_w = 16 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

$d_{w,M}$ – število dni zagotavljanja tople vode v določenem mesecu [d]

$A_{u,stan}$ površina stanovanja (neto površina) = A_u [m^2]

Ko vstavimo vse parametre v enačbo dobimo:

$$Q_w = 38,42 \text{ kWh} \cdot \text{št.dni} \quad [\text{kWh}]$$

3.1.13.2 Toplotne izgube pri pripravi tople vode

Ker imamo opraviti s stenskimi plinskimi kotlički so edine toplotne izgube, ki se pojavijo, toplotne izgube hranilnika, ki jih računamo po naslednji enačbi:

$$Q_{w,s,l} = \frac{55 - \theta_i}{50} \cdot d_{w,M} \cdot q_{w,s,l}$$

$Q_{w,s,l}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh]

θ_i - temperatura okolice hranilnika [$^{\circ}\text{C}$] = 20°C

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d]

$q_{w,s,l}$ - dnevne toplotne izgube hranilnika v stanju obratovalne pripravljenosti [kWh]. Podatek proizvajalca ali po spodnji enačbi:

Privzete vrednosti:

$$q_{w,s,l} = 2,0 + 0,033 \cdot V^{1,1} \quad [\text{kWh}]$$

V – nazivni volumen hranilnika [l]

Izberemo $V = 100 \text{ l}$

$$q_{w,s,l} = 7,23 \text{ kWh}$$

Vstavimo vse v zgornjo enačbo in dobimo celotne izgube sistema za pripravo tople vode:

$$Q_{w,s,l} = (55-20)/50 \cdot 7,23 \cdot \text{št.dni}$$

$$Q_{w,s,l} = 5,06 \cdot \text{št.dni} \quad [\text{kWh}]$$

Če je hranilnik nameščen v ogrevanem prostoru (coni) je toplotna izguba hranilnika enaka vrnjeni toploti za ogrevanje.

3.1.13.3 Letna dovedena energija za pripravo tople vode $Q_{f,w}$

Letna dovedena energija za pripravo tople vode je, za naš primer, enaka vsoti potrebne energije za pripravo tople vode in toplotnih izgub:

$$Q_{f,w} = Q_w + Q_{w,s,l}$$

Rezultati² so zbrani v spodnji preglednici.

Preglednica 6: Dovedena energija za pripravo tople vode

mesec	Q_w [kWh]	$Q_{w,s,l}$ [kWh]	$Q_{f,w}$ [kWh]
Januar	1.191	157	1.348
Februar	1.076	142	1.217
Marec	1.191	157	1.348
April	1.152	152	1.304
Maj	576	76	652
Junij	0	0	0
Julij	0	0	0
Avgust	0	0	0
September	154	20	174
Oktober	1.191	157	1.348
November	1.152	152	1.304
December	1.191	157	1.348
sezona	8.874	1.169	10.043

3.1.14 Izračun izgub zaradi ogrevalnih podsistemov – podsistem ogrevala

Sedaj se bomo posvetili izgubam, ki nastanejo pri prenosu toplote iz razvodnega sistema v ogrevala. Ogrevala lahko zaradi svoje postavitve, oblike in načina delovanja prispevajo k toplotnim izgubam:

$$Q_{h,in,em} = Q_{h,out,em} - k \cdot W_{e,em} + Q_{h,em} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{h,out,em}$ – potrebna toplotna oddaja ogreval, ki je enaka potrebni toploti za ogrevanje Q_{NH} [kWh]

k – delež vračljive potrebne električne energije [-]

$W_{e,em}$ – dodatna potrebna električna energija (npr. zaradi pogona ventilatorja pri ventilatorskem konvektorju) [kWh]

$Q_{h,em}$ – dodatne toplotne izgube podsistema ogrevala [kWh]

² Toplotne izgube sistema za pripravo tople vode se vrnejo kot notranji toplotni pritoki pri računu Q_{NH} in jih bomo upoštevali pri iteracijah sistema za ogrevanje.

V zgornji enačbi upoštevamo, da je

$$Q_{h,out,em} = Q_{NH}$$

in ker so v objektu nameščeni samo radiatorji je

$$W_{e,em} = 0$$

Toplotne izgube izračunamo po enačbi:

$$Q_{h,em} = \left(\frac{f_{int} \cdot f_r}{\eta_{h,em}} - 1 \right) \cdot Q_{NH} \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{h,em} - \text{dodatne toplotne izgube ogreval} \quad [\text{kWh}]$$

$$f_{int} - \text{faktor zaradi prekinjenega delovanja} \quad [-]$$

$$\text{neprekinjeno delovanje: } f_{int} = 1,00$$

$$\text{prekinjeno delovanje: } f_{int} = 0,97$$

f_r – faktor vpliva sevanja – samo pri ogrevanju prostorov z $h > 4$ m, ker je pri našem primeru višina prostora $h \leq 4$ m: $f_r = 1$

$\eta_{h,em}$ – skupni faktor učinkovitosti prenosa toplote, ki se ga izračuna po spodnji enačbi:

$$\eta_{h,em} = \frac{1}{\left[4 - \eta_Z + \eta_R + \eta_N \right]} \quad [-]$$

η_Z – faktor učinkovitosti zaradi vpliva vertikalnega temperaturnega profila

η_R – faktor učinkovitosti zaradi vpliva regulacije temperature prostora

η_N – faktor učinkovitosti zaradi vpliva namestitve ogrevala – specifične izgube skozi zunanje površine

Naprej pri enačbi upoštevamo:

$$f_{int} - \text{faktor zaradi prekinjenega delovanja} \quad [-]$$

$$\text{neprekinjeno delovanje: } f_{int} = 1$$

f_r – faktor vpliva sevanja

$$\text{višina prostora } h \leq 4 \text{ m: } f_r = 1$$

Da bi določili skupni faktor učinkovitosti prenosa toplote iz tabele 2 (PEI, Priloga 5) (prostostoječa ogrevala) izberemo:

Izbrali smo sistem ogrevanja 70/90 in ogrevala ob zunanji steni, normalna okna:

$$\eta_Z = \frac{\eta_{Z1} + \eta_{Z2}}{2}$$

$$\eta_Z = (0,88 + 0,95)/2 = 0,92$$

Naprej izberemo:

$$\eta_R = 0,93 \text{ (P-regulator, proporcionalno področje 2 K)} \text{ in } \eta_N = 1,0$$

tako dobimo:

$$\eta_{h,em} = 0,87$$

Sedaj lahko izračunamo toplotne izgube podsistema ogreval:

$$Q_{h,em} = \left(\frac{f_{int} \cdot f_r}{\eta_{h,em}} - 1 \right) \cdot Q_{NH}$$

$$Q_{h,em} = 0,116 \cdot Q_{NH}$$

Te izgube so vrnjene nazaj v Q_{NH} , kot notranji toplotni pritoki in jih moramo upoštevati pri končni energiji. To storimo tako, da jih z iteracijskim postopkom prištejemo notranjim virom.

Energija, ki jo more prejeti podsistem ogreval je tako enaka:

$$Q_{h,in,em} = 1,116 \cdot Q_{NH}$$

Za naš primer so vrednosti zbrane v spodnji preglednici³.

Preglednica 7: Dovedena energija v ogrevala

mesec	Q_{NH} [kWh]	$Q_{h,in,em}$ [kWh]	$Q_{h,em}$ [kWh]
Januar	11.707	13.060	1.352
Februar	8.853	9.875	1.022
Marec	5.659	6.312	654
April	2.836	3.163	328
Maj	65	73	8
Junij	0	0	0
Julij	0	0	0
Avgust	0	0	0
September	12	14	1
Oktober	3.502	3.906	404
November	8.107	9.044	936
December	11.384	12.699	1.315
sezona	52.125	58.146	6.020

³ V razpredelnici smo ponovno navedli Q_{NH} , ki so se sedaj zaradi vrnjenih toplotnih izgub ogreval in sistema za pripravo tople vode ustrezno zmanjšale. (Glej: Preglednica 5)

3.1.15 Podsystem razvod ogrevalnega sistema

3.1.15.1 Potrebna električna energija

$$W_{h,d,e} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,e}$$

$W_{h,d,e}$ – potrebna električna energija [kWh]

$W_{h,d,hydr}$ – potrebna hidravlična energija [kWh]

$e_{h,d,e}$ – faktor rabe električne energije črpalke [-]

Zgornja enačba nam podaja potrebno električno energijo za delovanje razvodnega podsistema. Ker ne poznamo števila ur obratovanja in letne obremenitve podsistema, bomo v nadaljevanju uporabili spodnjo enačbo:

$$\beta_{h,d,M} = \frac{Q_{h,in,em}}{\dot{Q}_N \cdot t_{h,M}}$$

$Q_{h,in,em}$ - potrebna dovedena toplota v ogrevala, izračunana v prejšnjem poglavju,

$t_{h,M}$ – mesečne obratovalne ure, upoštevamo neprekinjeno obratovanje ($T_{not} = konst. = 20^{\circ}C$), tako da je število mesečnih obratovalnih ur enako:

$$t_{h,M} = \text{št.dni} \cdot 24 \text{ h}$$

\dot{Q}_N – standardna potrebna toplotna moč za ogrevanje (cone) – moč ogreval, skladno s SIST

EN 12831 ali z drugimi enakovrednimi, v stroki priznanimi računskimi metodami [kW]

Ker nimamo podatka o vgrajeni moči ogreval, bomo predpostavili, da je moč vgrajenih ogreval za 30% večja od potrebne toplote za ogrevanje v najbolj obremenjenem mesecu (Januar); iz tega sledi:

$$\dot{Q}_N = 26,22 \text{ kW}$$

Tako smo dobili $\beta_{h,d,M}$, ki se spreminja za vsak mesec.

Potrebna hidravlična energija se določi z enačbo:

$$W_{h,d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_{h,d,M} \cdot t_{h,M} \cdot f_{sch} \cdot f_{abgl}$$

kjer pomeni:

f_{sch} – korekcijski faktor za hidravlično omrežje [-]

za dvocevni sistem: $f_{sch} = 1$

za enocevni sistem: $f_{sch} = 8.6 \cdot \bar{m} + 0.7$

\bar{m} – delež masnega pretoka skozi ogrevalo

f_{abgl} – korekcijski faktor za hidravlično uravnoteženje [-]

za hidravlično uravnotežene sisteme: 1

za hidravlično neuravnotežene sisteme: 1.1

P_{hydr} – hidravlična moč v načrtovani obratovalni točki [W] izračunamo z enačbo:

$$P_{hydr} = 0.2778 \cdot \Delta p \cdot \dot{V}$$

Δp – tlačni padec [kPa]

\dot{V} – volumski pretok ogrevnega medija [m³/h]

Volumski pretok izračunamo po spodnji enačbi:

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_N}{1,15 \cdot \Delta\theta_{HK}}$$

kjer je,

$\Delta\theta_{HK}$ – temperaturna razlika pri standardnem temperaturnem režimu ogrevalnega sistema [°C]

$$\Delta\theta_{HK} = \theta_{va} - \theta_{ra} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_{HK} = 90 - 70$$

$$\Delta\theta_{HK} = 20 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Tako lahko določimo pretok \dot{V} , ki je:

$$\dot{V} = 26,22 \text{ kW}/20 \text{ } ^{\circ}\text{C}/1,15$$

$$\dot{V} = 1,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlačni padec Δp izračunamo po spodnji enačbi:

$$\Delta p = 0.13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FBH} + \Delta p_{WE} \quad [\text{kPa}]$$

$$L_{max} = 2 \cdot \left(L + \frac{B}{2} + n_G \cdot h_G + l_c \right)$$

L – dolžina cone (stavbe) [m]

B – širina cone (stavbe) [m]

n_G – število ogrevanih etaž v coni (delu stavbe) [-]

h_G – povprečna višina etaže v coni (delu stavbe) [m]

l_c : $l_c = 10$ za dvocevni sistem

$l_c = L+B$ za enocevni sistem

Δp_{FBH} – dodatek pri ploskovnem ogrevanju, če ni proizvajalčevega podatka je 25 kPa
vključno z ventili in razvodom (kPa)

Δp_{WE} – tlačni padec generatorja toplote:	standardni kotel:	1 kPa
	stenski kotel:	20 kPa
	kondenzacijski kotel:	20 kPa

s tem da upoštevamo:

$$L = 12 \text{ m}$$

$$B = 12 \text{ m}$$

$$n_G = 7$$

$$h_G = 2,90 \text{ m}$$

$$l_c = 10 \text{ za dvocevni sistem}$$

$\Delta p_{FBH} = 0$ dodatek pri ploskovnem ogrevanju, če ni proizvajalčevega podatka je 25 kPa
vključno z ventili in razvodom (kPa)

Δp_{WE} – tlačni padec generatorja toplote: standardni kotel: 1 kPa

$$\Delta p = 13,56 \text{ kPa}$$

In tako hidravlična moč:

$$P_{hydr} = 0,2778 \cdot \Delta p \cdot \dot{V}$$

$$P_{hydr} = 4,29 \text{ W}$$

Faktor rabe električne energije črpalke $e_{h,d,e}$ določimo po spodnji enačbi:

$$e_{h,d,e} = f_e \cdot \left(C_{P1} + \frac{C_{P2}}{\beta_{h,d,M}} \right)$$

kjer je,

$$\text{neznana črpalka: } f_e = \left[1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr}} \right)^{0,5} \right] \cdot b$$

$$b = 1 - \text{nova stavba}$$

$$b = 2 - \text{obstoječa stavba}$$

pri P_{hydr} v W.

$$\text{znana črpalka: } f_e = \frac{P_{pump}}{P_{hydr}}$$

C_{P1}, C_{P2} – regulacija črpalke:	C_{P1}	C_{P2}
ni regulacije:	0,25	0,75
$\Delta p_{konst.}$:	0,75	0,25

$$\Delta p_{var}: \quad 0,90 \quad 0,10$$

upoštevamo:

- neznana črpalka $f_c = 16,15$
- $C_{PI} = 0,25$
- $C_{PI} = 0,75$

Faktor rabe je za vsak mesec drugačen.

Izračunane vrednosti za naš primer so zbrane v spodnji preglednici.

Preglednica 8: Električna energija za črpalko razvodnega sistema

mesec	$\beta_{h,d,M}$	Wh,d,hydr [kWh]	$e_{h,d,e}$	Wh,d,e [kWh]	0.25 * Wh,d,e [kWh]
Januar	0,676	2,2	21,95	47	12
Februar	0,560	1,6	25,65	41	10
Marec	0,324	1,0	41,47	43	11
April	0,168	0,5	76,32	40	10
Maj	0,008	0,0	1577,10	19	5
Junij	0,000	0,0	0,00	0	0
Julij	0,000	0,0	0,00	0	0
Avgust	0,000	0,0	0,00	0	0
September	0,005	0,0	2245,10	5	1
Oktober	0,200	0,6	64,53	41	10
November	0,479	1,5	29,32	43	11
December	0,651	2,1	22,64	47	12
sezona	0,26	10		327	82

Pri obravnavanju vračljive in vrnjene električne energije črpalke moramo upoštevati, da je naša črpalka v kleti, ki je neogrevana zato vrnjena energija v okoliški zrak ne predstavlja notranjih pritokov. Se pa nekaj električne energije kot toplota vrne v ogrevni medij, kar lahko izračunamo s spodnjo enačbo in bomo upoštevali v nadaljevanju:

$$Q_{h,d,rhh,aux,d} = 0.25 \cdot W_{h,d,e} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{h,d,rhh,aux,d}$ - vrnjena električna energija v ogrevni medij [kWh]

$W_{h,d,e}$ – potrebna električna energija [kWh]

3.1.15.2 Toplotne izgube razvodnega podsistema

Toplotne izgube razvoda se delijo na vrnjene (v ogrevanem prostoru) in nevrnjene (v neogrevanem prostoru).

Najprej določimo dolžine razvodnega sistema. Ker nimamo natančnih podatkov o dolžini razvodnega sistema si pomagamo s poenostavljenim postopkom.

Dvižni vodi so v stanovanjih in niso izolirani. Toplotna postaja je v neogrevanem prostoru.

Cevi so v notranjem zidu:

Horizontalni razvod

$$L_V = 2 \cdot L + 0.0325 \cdot L \cdot B + 6 \text{ [m]}$$

$$L_V = 2 \cdot 12 \text{ m} + 0.0325 \cdot 12 \text{ m} \cdot 12 \text{ m} + 6$$

$$L_V = 34,68 \text{ m}$$

Dvižni vodi

$$L_S = 0.025 \cdot L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G \text{ [m]}$$

$$L_S = 0,025 \cdot 12 \text{ m} \cdot 12 \text{ m} \cdot 2,90 \text{ m} \cdot 7$$

$$L_S = 73,08 \text{ m}$$

Priključni vodi

$$L_A = 0.55 \cdot L \cdot B \cdot n_G \text{ [m]}$$

$$L_A = 554,4 \text{ m}$$

Cevi v neogrevanih prostorih so izolirane.

Iz tabele 21 (PEI, Priloga 5, stran 47) izberemo toplotne prevodnosti na dolžino U' .

$$U' = 0,200 \text{ W/mK (horizontalni)}$$

$$U' = 2,000 \text{ W/mK (dvižni)}$$

$$U' = 2,000 \text{ W/mK (razdelilni)}$$

Toplotne izgube lahko računamo po sledeči enačbi:

$$Q_{h,d} = \frac{\sum_i \dot{q}_{h,d,i} \cdot L_i \cdot t_h}{1000},$$

kjer poznamo L_i za posamezen odsek, t_h so ure v posameznem mesecu,

ostane nam še:

$$\dot{q}_{h,d,i} \beta_{h,d,i} = U'_i \cdot \theta_m \beta_{h,d,i} - \theta_{a,i}$$

θ_m - povprečna temperatura ogrevnega medija pri delni obremenitvi β_i [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_{a,i}$ - temperatura okolice v i -ti coni, kjer so nameščene cevi razreda V, S ali A [$^{\circ}\text{C}$]

poznamo U_i' in temperaturo prostora v katerem se nahajajo cevi. Za klet predpostavimo temperaturo neogrevanega prostora, to je 13°C .

Povprečna temperatura ogrevnega medija pri spremenljivi temperaturi:

$$\theta_m \beta_i = \Delta\theta_a \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

β_i – povprečna obremenitev i -tega podsistema

n – eksponent ogrevala: radiator: $n = 1,33$

$$\Delta\theta_a = \frac{\theta_{va} + \theta_{ra}}{2} - \theta_i = (90^{\circ}\text{C} + 70^{\circ}\text{C})/2 - 20^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_m = 60^{\circ}\text{C} \cdot (\beta_{h,d,M})^{1,33} + 20^{\circ}\text{C}$$

Sedaj lahko izračunamo toplotne izgube ($Q_{h,d,U}$) razvodnega sistema v kleti. Rezultati so v spodnji tabeli:

Preglednica 9: Razvodni podsistem

mesec	$\beta_{h,d,M}$	$W_{h,d,hydr}$ [kWh]	$e_{h,d,e}$	$W_{h,d,e}$ [kWh]	0.25 * $W_{h,d,e}$ [kWh]	θ_m	V: $Q_{h,d,U}$ [kWh]	S: $Q_{h,d}$ [kWh]	A: $Q_{h,d}$ [kWh]	$Q_{h,in,d}$ [kWh]
Januar	0,669	2,1	22,13	47	12	55,19	218	3.280	29.026	45.571
Februar	0,560	1,6	25,65	41	10	47,78	162	2.339	20.698	33.063
Marec	0,324	1,0	41,47	43	11	33,38	105	1.247	11.037	18.691
April	0,168	0,5	76,32	40	10	25,58	63	503	4.451	8.170
Maj	0,008	0,0	1577,10	19	5	20,09	18	4	37	127
Junij	0,000	0,0	0,00	0	0	20,00	0	0	0	0
Julij	0,000	0,0	0,00	0	0	20,00	0	0	0	0
Avgust	0,000	0,0	0,00	0	0	20,00	0	0	0	0
September	0,005	0,0	2245,10	5	1	20,06	5	1	6	24
Oktober	0,200	0,6	64,53	41	10	27,07	73	659	5.829	10.456
November	0,479	1,5	29,32	43	11	42,55	148	2.034	17.999	29.213
December	0,651	2,1	22,64	47	12	53,90	211	3.160	27.966	44.024
sezona	0,26	10		327	82	32,13	1.001	13.225	117.050	189.340

Če primerjamo toplotne izgube priključnih vodov (117,050 kWh) s potrebno energijo za ogrevanje (52,125 kWh), vidimo, da je le – ta dvakrat večja. Te toplotne izgube se vrnejo nazaj kot notranji pritoki, vendar iteracijski postopek ni možen, ker so prevelike.

Predvidevamo, da je v metodologiji napaka, zato bomo v nadaljevanju upoštevali, da so vse toplotne izgube razvodnega podsistema, ki se v celoti vrnejo v ogrevani del stavbe enake nič.

Sedaj lahko izračunamo potrebno toploto vneseno v razvodni sistem. Smiselno uporabimo spodnjo enačbo, kjer poznamo:

$$Q_{h,in,d} = Q_{h,in,em} + Q_{h,d} - Q_{d,rhh} \quad [kWh]$$

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem vnesena toplota [kWh]

$Q_{h,in,em}$ - v ogrevala vnesena toplota [kWh] – iz prejšnjega poglavja

$Q_{h,d}$ - toplotne izgube razvodnega sistema – v neogrevanem prostoru ($Q_{h,d,U}$)

$Q_{d,rhh}$ - v razvodni sistem vrnjena toplota [kWh] – 25% potrebne električne energije za delovanje razvodnega sistema

Preglednica 10: Toplotne izgube razvodnega podsistema

mesec	$\beta_{h,d,M}$	$W_{h,d,hydr}$ [kWh]	$e_{h,d,e}$	$W_{h,d,e}$ [kWh]	$0.25 \cdot W_{h,d,e}$ [kWh]	θ_m	V: $Q_{h,d,U}$ [kWh]	S: $Q_{h,d}$ [kWh]	A: $Q_{h,d}$ [kWh]	$Q_{h,in,d}$ [kWh]
Januar	0,669	2,1	22,13	47	12	55,19	218	0	0	13.265
Februar	0,560	1,6	25,65	41	10	47,78	162	0	0	10.027
Marec	0,324	1,0	41,47	43	11	33,38	105	0	0	6.407
April	0,168	0,5	76,32	40	10	25,58	63	0	0	3.216
Maj	0,008	0,0	1577,10	19	5	20,09	18	0	0	86
Junij	0,000	0,0	0,00	0	0	20,00	0	0	0	0
Julij	0,000	0,0	0,00	0	0	20,00	0	0	0	0
Avgust	0,000	0,0	0,00	0	0	20,00	0	0	0	0
September	0,005	0,0	2245,10	5	1	20,06	5	0	0	17
Oktober	0,200	0,6	64,53	41	10	27,07	73	0	0	3.968
November	0,479	1,5	29,32	43	11	42,55	148	0	0	9.181
December	0,651	2,1	22,64	47	12	53,90	211	0	0	12.898
sezona	0,26	10		327	82	32,13	1.001	0	0	59.065

3.1.16 Ogrevalni podsistem daljinskega ogrevanja

Obravnavana stavba ima zagotovljeno ogrevanje z daljinskim ogrevanjem. Pri računu dovedene energije za delovanje stavbe, nam metodologija omogoča izračun dodatnih toplotnih izgub toplotne podpostaje.

Toplotne izgube toplotne podpostaje so določene z enačbo:

$$Q_{h,DO,l} = H_{DS} \cdot \theta_{DS} - \theta_i \cdot \frac{d_M}{365} \quad [kWh]$$

$Q_{h,DO,l}$ - toplotne izgube podpostaje [kWh]

H_{DS} - faktor [-]

θ_{DS} - povprečna temperatura [$^{\circ}\text{C}$]

θ_i - temperatura prostora, v katerem se nahaja podpostaja, v našem primeru 13°C

d_M - mesečno število dni obratovanja toplotne podpostaje [d]

$$H_{DS} = B_{DS} \cdot \dot{Q}_{DO}^{1.3} \quad [\text{kWh}/(\text{K}\cdot\text{a})]$$

H_{DS} - faktor [-]

B_{DS} - faktor [-], izberemo iz spodnje tabele

\dot{Q}_{DO} - nazivna toplotna moč toplotne podpostaje [kW]

Preglednica 11: B_{DS} v odvisnosti od razreda toplotne izolacije toplotne podpostaje

	Razred toplotne izolacije komponent toplotne podpostaje po OSISAT EN ISO 12241			
izolacija primarne strani	4	3	2	1
izolacija sekundarne strani	5	4	3	2
toplovod	3,5	4,0	4,4	4
vročevod	3,1	3,5	3,9	4,3
nizkotlačni parovod	2,8	3,2	3,5	3,9
visokotlačni parovod	2,6	3,0	3,3	3,7

Izberemo $B_{DS} = 3,1$

Nazivna toplotna moč podpostaje je 380,570 W. Ta podpostaja zagotavlja toploto za ogrevanje tudi sosednjima stavbama. Da bi ocenili nazivno moč podpostaje, ki odpade na našo stavbo, si bomo pomagali s približnim računom in razdelili nazivno moč podpostaje med ostale stavbe glede na ogrevano uporabno površino. S primerjavo ogrevanih uporabnih površin ugotovimo, da na obravnavano stavbo odpade 0,26 nazivne moči podpostaje za ogrevanje in to je:

$$\dot{Q}_{DO} = 97,37 \text{ kW}$$

Povprečna temperatur medija:

$$\theta_{DS} = D_{DS} \cdot \theta_{\text{prim,DS}} + 1 - D_{DS} \cdot \theta_{\text{sek,DS}} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

θ_{DS} - povprečna temperatura [$^{\circ}\text{C}$]

D_{DS} - faktor [-], izberemo iz spodnje tabele

$\theta_{\text{prim,DS}}$ - povprečna temperatura na primarni strani [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_{\text{sek,DS}}$ - povprečna temperatura na sekundarni strani (povprečna temperatura ogrevalnega sistema [$^{\circ}\text{C}$])

Preglednica 12: D_{DS} v odvisnosti od vrste sistema daljinskega ogrevanja in projektne temperature na primarni strani

vrsta toplotne postaje	projektna temp. medija na primarni strani $\theta_{\text{P,DS}}$ [$^{\circ}\text{C}$]	D_{DS} -
toplovod	105	0,6
vročevod	150	0,4
nizkotlačni parovod	110	0,5
visokotlačni parovod	180	0,4

Tako lahko izračunamo izgube toplotne postaje in posledično tudi potrebno energijo za delovanje podpostaje dovedeno z gorivom (vročevod), $Q_{\text{h,in,g}}$, ki je enaka dovedeni energiji za ogrevanje $Q_{\text{h,f}}$ (vodni sistemi) in ker v stavbi ne vgrajenih drugih ogrevalnih sistemov tudi skupni dovedeni energiji za ogrevanje $Q_{\text{f,h}}$.

Preglednica 13: Toplotne izgube podpostaje in končna energija za ogrevanje $Q_{\text{f,h}}$

mesec	$Q_{\text{h,out,g}}$ [kWh]	$\beta_{\text{h,d,M}}$	θ_{m}	θ_{sec}	θ_{DS}	$Q_{\text{h,DO,I}}$ [kWh]	$Q_{\text{h,in,DO}}$ [kWh]	$Q_{\text{f,h}}$ [kWh]
Januar	13.265	0,680	55,9	55,9	93,56	8.156	21.421	21.421
Februar	10.027	0,569	48,3	48,3	89,01	6.951	16.978	16.978
Marec	6.407	0,328	33,6	33,6	80,19	6.803	13.209	13.209
April	3.216	0,170	25,7	25,7	75,42	6.116	9.332	9.332
Maj	86	0,009	20,1	20,1	72,07	2.894	2.980	2.980
Junij	0	0,000	20,0	20,0	72,00	0	0	0
Julij	0	0,000	20,0	20,0	72,00	0	0	0
Avgust	0	0,000	20,0	20,0	72,00	0	0	0
September	17	0,007	20,1	20,1	72,05	771	788	788
Oktober	3.968	0,203	27,2	27,2	76,33	6.412	10.380	10.380
November	9.181	0,486	43,0	43,0	85,80	7.133	16.314	16.314
December	12.898	0,661	54,6	54,6	92,77	8.076	20.975	20.975
sezona	59.065					53.312	112.377	112.377

3.1.17 Dovedena energija za razsvetljavo $Q_{f,l}$

Po predlogu PEI se lahko letno dovedeno energijo za razsvetljavo določi tako, da skupno vgrajeno moč fiksnih svetil pomnožimo s 1500 obratovalnimi urami letno, pri čemer lahko uporabimo naslednje privzete vrednosti:

- za pretežno uporabo svetil na žarilno nitko 10 W/m^2
- za pretežno uporabo sijalk 2 W/m^2

Pri tem se upošteva, da je potrebna dodatna energija sistema za razsvetljavo $Q_{l,aux}$ v stanovanjskih stavbah enaka nič.

Da bi izračunali dovedeno energijo za razsvetljavo moramo vedeti koliko stanovalcev je vgradilo varčne sijalke. Tega podatka nimamo, zato bomo predpostavili, da je polovica uporabnikov vgradila varčne sijalke. Ob tej predpostavki lahko izračunamo energijo za razsvetljavo, ki znaša:

$$Q_{f,l} = 7887 \text{ kWh}$$

Kar predstavlja 657 kWh na mesec.

3.1.18 Dovedena pomožna energija za delovanje sistemov $Q_{f,aux}$

To je v našem primeru električna energija, ki je potrebna za delovanje razvodnega sistema. To energijo smo že izračunali (glej: Preglednica 8, $W_{h,d,e}$).

3.1.19 Dovedena energija za delovanje stavbe

Sedaj lahko po spodnji enačbi določimo skupno dovedeno energijo za delovanje stavbe.

$$Q_f = Q_{f,h,skupni} + Q_{f,c,skupni} + Q_{f,v} + Q_{f,st} + Q_{f,w} + Q_{f,l} + Q_{f,PV} + Q_{f,aux} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{f,h,skupni}$ - dovedena energija za ogrevanje [kWh] (poglavje 3.1.16)

$Q_{f,c,skupni}$ - dovedena energija za hlajenje [kWh] (ni vgrajenega sistema za hlajenje)

$Q_{f,v}$ - dovedena energija za prezračevanje [kWh] (ni vgrajenega sistema za prezračevanje)

$Q_{f,st}$ - dovedena energija za ovlaževanje [kWh] (ni vgrajenega sistema za prezračevanje)

$Q_{f,w}$ - dovedena energija za pripravo tople vode [kWh] (poglavje 3.1.13)

$Q_{f,l}$ - dovedena energija za razsvetljavo [kWh] (poglavje 3.1.17)

$Q_{f,PV}$ - dovedena energija fotonapetostnega sistema [kWh] (ni vgrajenega fotonapetostnega sistema)

$Q_{f,aux}$ - dovedena pomožna energija za delovanje sistemov [kWh] (poglavje 3.1.18)

V spodnji razpredelnici so zbrane vse energije, navedene v zgornji enačbi.

Preglednica 14: Energija za delovanje stavbe

mesec	Q_f [kWh]	$Q_{f,h,skupni}$ [kWh]	$Q_{f,c,skupni}$ [kWh]	$Q_{f,V}$ [kWh]	$Q_{f,st}$ [kWh]	$Q_{f,w}$ [kWh]	$Q_{f,l}$ [kWh]	$Q_{f,PV}$ [kWh]	$Q_{f,aux}$ [kWh]
Januar	23.474	21.421	0	0	0	1.348	657	0	47
Februar	18.894	16.978	0	0	0	1.217	657	0	41
Marec	15.257	13.209	0	0	0	1.348	657	0	43
April	11.333	9.332	0	0	0	1.304	657	0	40
Maj	4.308	2.980	0	0	0	652	657	0	19
Junij	657	0	0	0	0	0	657	0	0
Julij	657	0	0	0	0	0	657	0	0
Avgust	657	0	0	0	0	0	657	0	0
September	1.625	788	0	0	0	174	657	0	5
Oktober	12.427	10.380	0	0	0	1.348	657	0	41
November	18.319	16.314	0	0	0	1.304	657	0	43
December	23.027	20.975	0	0	0	1.348	657	0	47
sezona	130.635	112.377	0	0	0	10.043	7.887	0	327

3.1.20 Izračun emisij CO₂ in primarne energije

Za izračun emisij CO₂ in primerne energije uporabimo naslednje podatke:

Preglednica 15: Specifične emisije CO₂ za posamezne vire energije

Daljinsko ogrevanje	0,33 kg/kWh
Električna energija	0,56 kg/kWh
Zemeljski plin	0,20 kg/kWh

Preglednica 16: Faktorji pretvorbe primarne energije

Daljinsko ogrevanje	1,58 kg/kWh
Električna energija	2,15 kg/kWh
Zemeljski plin	1,00 kg/kWh

Ob upoštevanju zgornjih podatkov, lahko izračunamo emisijo CO₂ in primarno energijo, rezultati so podani v preglednici na naslednji strani, kjer so podane tudi končne energije, razvrščene glede na energent.

Preglednica 17: Energija po energentih, emisija CO₂ in primarna energija

mesec	Q _{DH} [kWh]	Q _{ELKO} [kWh]	Q _{elek} [kWh]	Q _{plin} [kWh]	CO ₂ [kg]	Q _{prim} [kWh]
Januar	21.421	0	705	1.348	7.733	36.709
Februar	16.978	0	699	1.217	6.237	29.544
Marec	13.209	0	700	1.348	5.021	23.724
April	9.332	0	697	1.304	3.731	17.547
Maj	2.980	0	676	652	1.492	6.813
Junij	0	0	657	0	368	1.413
Julij	0	0	657	0	368	1.413
Avgust	0	0	657	0	368	1.413
September	788	0	662	174	666	2.844
Oktober	10.380	0	699	1.348	4.086	19.250
November	16.314	0	701	1.304	6.037	28.586
December	20.975	0	704	1.348	7.586	36.002
sezona	112.377	0	8.214	10.043	43.693	205.260

3.2 Energetska izkaznica stavbe

Po predlogu pravilnika o metodologiji izdelave energetske izkaznice, je za stanovanjske stavbe potrebno v izkaznici navesti:

- letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto ogrevane prostornine in na enoto uporabne površine stavbe; Q_{NH}/V_e (kWh/m³a) in Q_{NH}/A_u (kWh/m²a),
- letno dovedeno energijo za delovanje stavbe na enoto ogrevane prostornine in na enoto uporabne površine stavbe stavbe; Q_f/V_e (kWh/m³a) in Q_f/A_u (kWh/m²a),
- letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto ogrevane prostornine stavbe V_e , (kg/m³a) in ne enoto uporabne površine stavbe A_u , (kg/m²a),

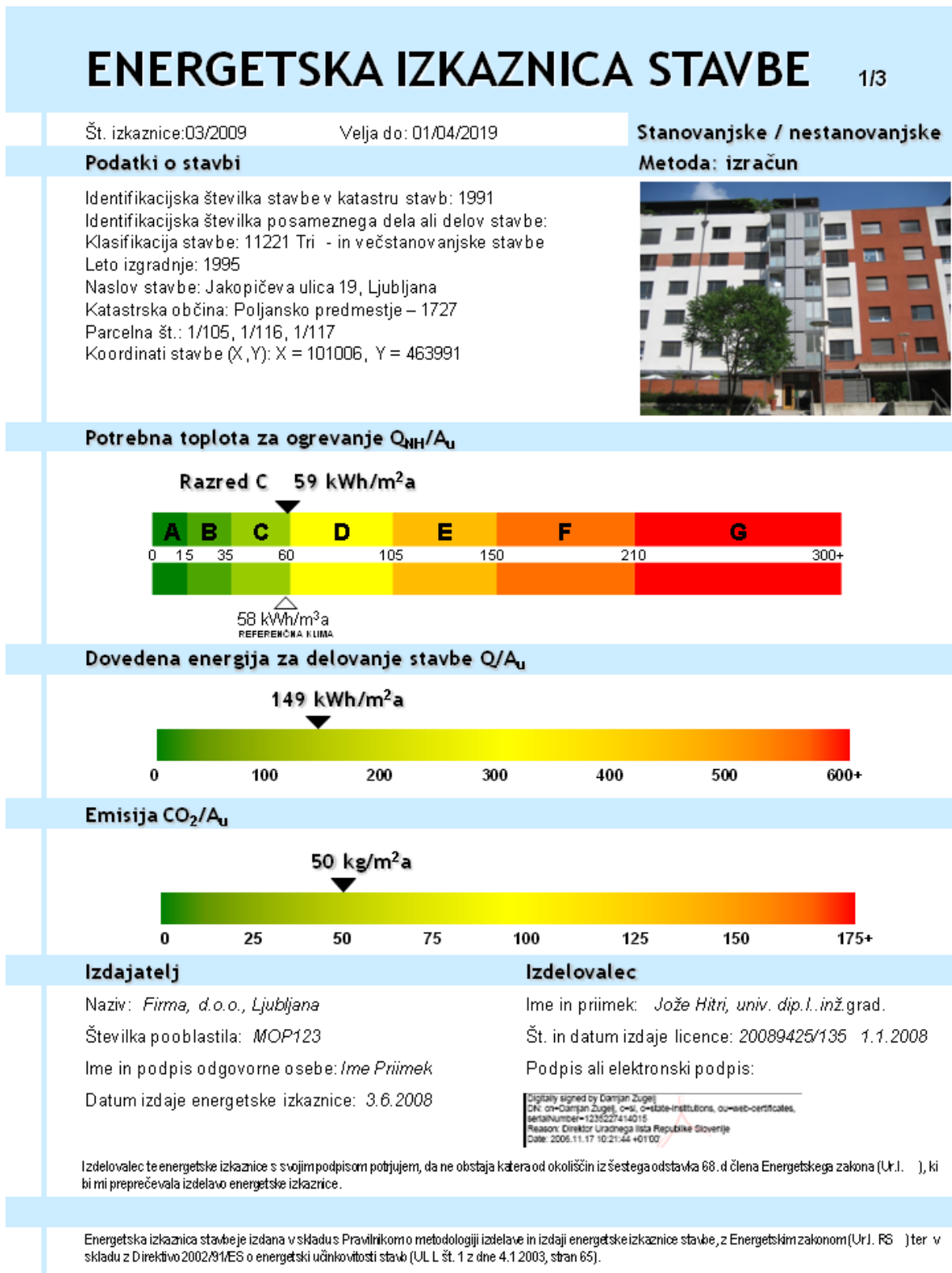
V spodnji preglednici so navedeni zgoraj naštetih kazalci.

Preglednica 18: Energijski kazalci

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO ₂ /V _e	CO ₂ /A _u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
19,0	59	47,7	149	16,0	50

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe Q_{NH}/A_u izračunana na referenčni lokaciji pa znaša 58 kWh/m²a.

Na podlagi energijskih kazalcev se obravnavana stavba uvršča v energijski razred C.



Slika 18: Energetska izkaznica stavbe, Jakopičeva 19

3.3 Primerjava z dejansko rabo toplote za ogrevanje

Na objektu Jakopičeva 19 kot tudi na sosednjih objektih Jakopičeva 21 in Jakopičeva 17 se od leta 2004 merijo (Mestna občina Ljubljana) in preko spletne strani tudi spremljajo parametri rabe energije v stavbah. Za vzpostavitev spremljanja rabe energije je uporabljen informacijski paket GEMA podjetja Genera Lynx.

3.3.1 Zasnova sistema zajema podatkov

V vsakem stanovanju so najmanj 3 števeci (ogrevanje, topla in mrzla voda). Podatke s števecv zajemajo zbiralniki impulzov tipa MK Multisensor. Zaradi topologije napeljave vode, imajo nekatera stanovanja še dodatna števca porabe tople in hladne vode z zbiralnikom impulzov tipa IS-WZ.

Zbiralniki impulzov so povezani v M-BUS omrežje na centralno enoto ALMESS-ZE preko katere je možen dostop do posameznih zbiralnikov impulzov preko RS-232C kanala po M-BUS komunikaciji.

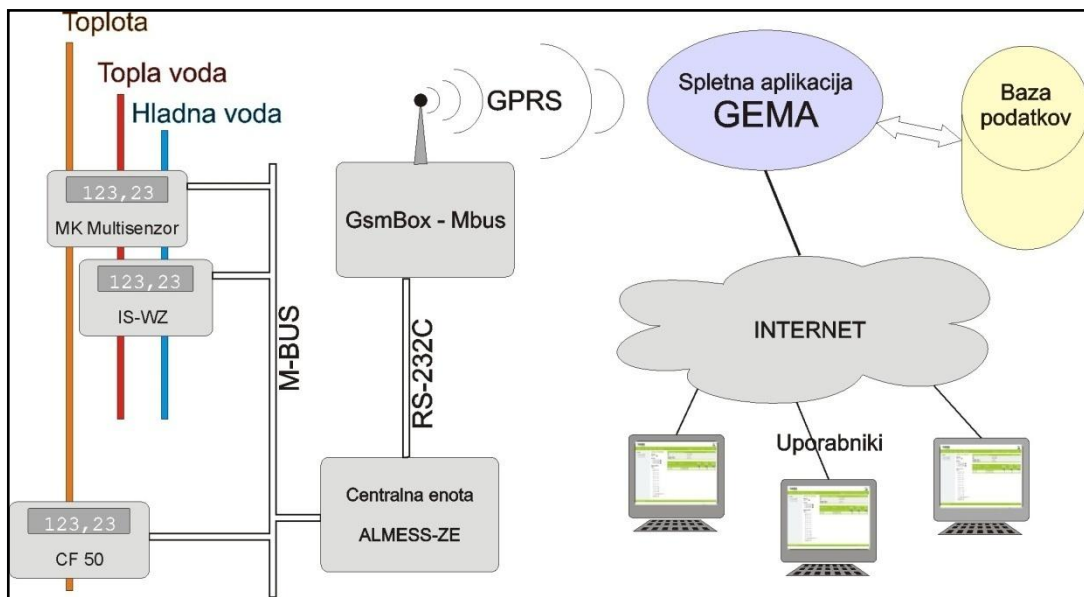
V toplotni podpostaji je vgrajen tudi merilnik Schlumberger CF50 z impulznim izhodom, ki meri celotno porabo toplote.

Podatke o porabi z zbiralnikov impulzov bere naprava za zbiranje in prenos podatkov GsmBox-GPRS.

Naprava je preko RS-232C kanala povezana s centralno enoto ALMESS-ZE in s pomočjo M-BUS komunikacije dostopa do posameznih zbiralnikov impulzov.

GsmBox-GPRS zbira podatke o stanju števecv v urnih, dnevni ali mesečnih intervalih, ki se lahko določijo različno po posameznih števcih.

Tako zbrane podatke naprava posreduje preko GPRS omrežja spletni aplikaciji za zajem in pripravo podatkov Egida. Podatki števecv se shranjujejo v bazo, istočasno pa se tudi izračunavajo podatki o porabi v urnem intervalu.



Slika 19: Shema sistema za zajem in dostop do podatkov



Slika 20: ALMESS-ZE in GsmBox GPRS M-BUS



Slika 21: Zbiralnik impulzov MK Multisenzor



Slika 22: Zbiralnik impulzov IS-WZ



Slika 23: Merilnik CF 50

3.3.2 Dostop do podatkov

Do podatkov lahko dostopamo s pomočjo spletnega brskalnika preko internetne povezave do spletne aplikacije GEMA. Lahko spremljamo trenutne podatke ali pa podatke preteklih obdobj. Podatki so prikazani po posameznem objektu in stanovanjih za vse števec v okviru stanovanja.

Mesečni poročilo: februar 2006													08.11.2006 15:10	
Merilno mesto													Mesečni odjem	
													14.919,000 kWh	
													1.491,000 kWh	
													1.247,000 kWh	
													1.209,000 kWh	
													1.300,000 kWh	
													872,000 kWh	
													1.012,000 kWh	
													1.090,000 kWh	
													807,000 kWh	
													621,000 kWh	
													959,000 kWh	
													774,000 kWh	
													1.020,000 kWh	
													2.514,000 kWh	
Skupaj													14.919,000 kWh	
Dan	119 st.01 og [kWh]	119 st.02 og [kWh]	119 st.03 og [kWh]	119 st.04 og [kWh]	119 st.05 og [kWh]	119 st.06 og [kWh]	119 st.07 og [kWh]	119 st.08 og [kWh]	119 st.09 og [kWh]	119 st.10 og [kWh]	119 st.11 og [kWh]	119 st.12 og [kWh]	119 st.13 og [kWh]	Skupaj [kWh]
1	54,000	41,000	48,000	45,000	31,000	31,000	42,000	30,000	21,000	38,000	27,000	40,000	88,999	536,999
2	59,000	48,000	51,000	45,000	34,000	45,000	49,000	34,000	23,000	39,000	30,000	42,000	89,001	588,001
3	58,000	48,000	49,000	51,000	35,000	48,000	46,000	30,000	23,000	39,000	31,000	41,000	91,000	590,000
4	69,000	56,000	53,000	59,000	37,000	52,000	34,000	33,000	27,000	41,000	35,000	43,000	137,000	674,000
5	79,000	44,000	53,000	57,000	39,000	43,000	51,000	36,000	25,000	41,000	34,000	49,000	126,000	677,000
6	70,999	51,000	54,998	62,498	41,498	47,498	48,499	36,000	28,500	45,000	37,500	47,498	124,500	695,999
7	71,001	51,000	55,002	62,502	41,502	47,502	48,501	36,000	28,500	45,000	37,500	47,502	124,500	696,010
8	58,000	46,000	45,000	55,000	35,000	34,000	37,000	33,000	24,000	37,000	31,000	47,000	117,000	599,000
9	66,000	39,000	43,000	47,000	29,000	32,000	36,000	29,000	22,000	33,000	26,000	35,000	76,000	503,000
10	57,000	48,000	44,000	46,000	31,000	41,000	40,000	29,000	23,000	33,000	29,000	36,000	89,000	546,000
11	53,000	56,000	44,000	50,000	33,000	40,000	31,000	25,000	22,000	31,000	28,000	39,000	84,000	536,000
12	58,000	60,000	48,000	45,000	34,000	35,000	38,000	33,000	25,000	37,000	31,000	43,000	47,000	534,000
13	57,000	56,000	45,000	45,000	33,000	37,000	38,000	34,000	23,000	36,000	30,000	37,000	85,000	554,000
14	55,000	50,000	51,000	51,000	33,000	34,000	40,000	33,000	23,000	37,000	29,000	38,000	73,000	547,000
15	54,000	46,000	51,000	43,000	31,000	39,000	38,000	31,000	23,000	35,000	29,000	41,000	79,000	540,000
16	45,000	41,000	37,000	34,000	27,000	28,000	29,000	23,000	20,000	30,000	24,000	7,000	63,000	408,000
17	42,000	36,000	35,000	33,000	24,000	29,000	25,000	20,000	18,000	25,000	21,000	11,000	88,000	407,000
18	45,000	37,000	33,000	35,000	26,000	33,000	31,000	21,000	19,000	28,000	22,000	37,000	83,000	449,000
19	40,000	33,000	29,000	32,000	23,000	23,000	27,000	18,000	16,000	25,000	19,000	29,000	60,000	374,000
20	36,000	32,000	33,000	35,000	25,000	26,000	35,000	20,000	18,000	29,000	21,000	29,000	77,000	416,000
21	40,000	31,000	33,000	33,000	24,000	30,000	36,000	24,000	17,000	23,000	20,000	29,000	57,000	397,000
22	43,000	34,000	36,000	41,000	25,000	30,000	28,000	23,000	19,000	25,000	21,000	29,000	65,000	419,000
23	46,000	38,000	41,000	47,000	29,000	29,498	39,000	25,500	20,498	28,999	24,998	32,498	97,500	499,493
24	49,000	45,000	43,000	52,000	28,000	29,502	39,000	25,500	20,502	29,001	25,002	32,502	97,500	515,507
25	50,000	45,000	34,000	55,000	30,000	39,000	39,000	28,000	22,000	33,000	27,000	37,000	111,000	550,000
26	42,998	43,999	39,499	51,000	30,000	34,999	49,500	32,498	23,498	39,499	28,500	40,500	96,000	552,492
27	43,002	44,001	39,501	51,000	30,000	35,001	49,500	32,502	23,502	39,501	28,500	40,500	96,000	552,508
28	60,000	47,000	43,000	37,000	33,000	39,000	46,000	32,000	24,998	37,999	29,333	40,332	92,666	562,329

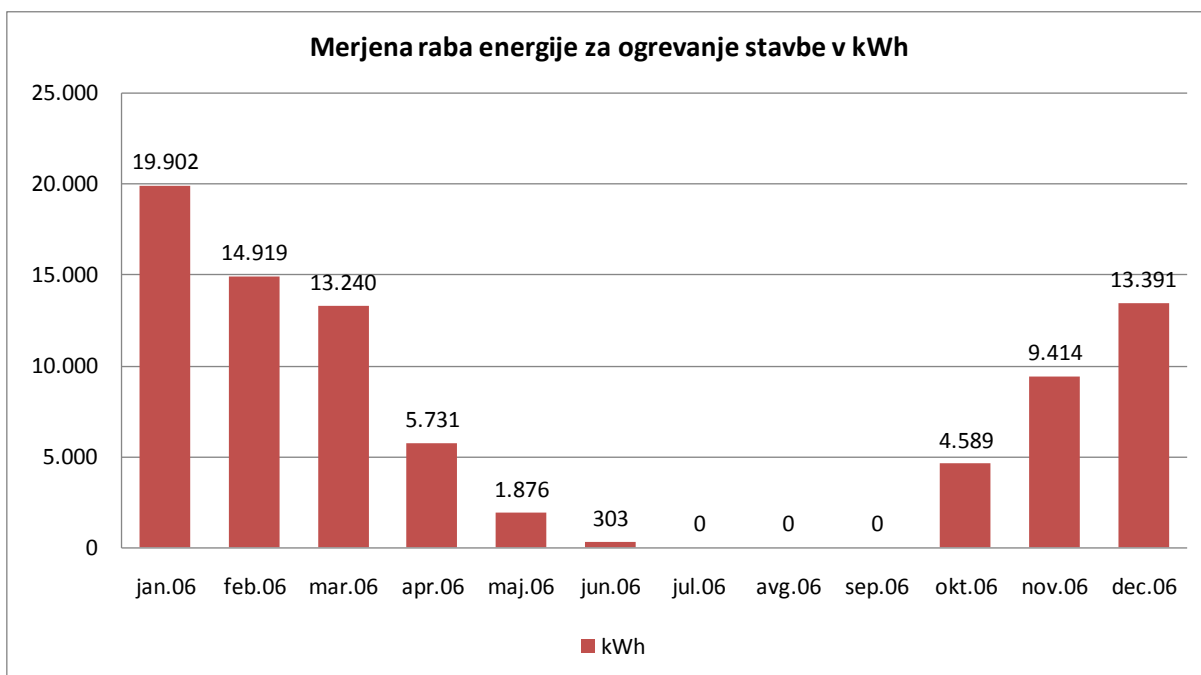
Slika 24: Primer prikaza odčitkov števecov za Jakopičevo 19, mesec februar 2006

Porabe so razdeljene na porabo toplote in porabo hladne in tople vode. Lahko spremljamo porabo v različnih terminih (urno, dnevno, mesečno in letno).

Orodja imajo možnost prikaza podatkov tudi v obliki različnih grafov.

3.3.3 Merjene vrednosti za objekt Jakopičeva 19

Spremljanje rabe energije za objekt Jakopičeva 19 je pokazala, da se števeci občasno pokvarijo. Okvaro števca lahko zaznamo, ko opazimo neverodostojen mesečni odčitek za posamezno stanovanje. Odčitek je lahko nič, izstopajoče visoka vrednost ali pa negativna vrednost. Za namene naše študije smo potrebovali mesečne odčitke vseh stanovanj za celotno leto in edino leto, ko ni prišlo do okvare števecov je leto 2006.



Grafikon 1: Merjena raba energije za ogrevanje, Jakopičeva 19, leto 2006

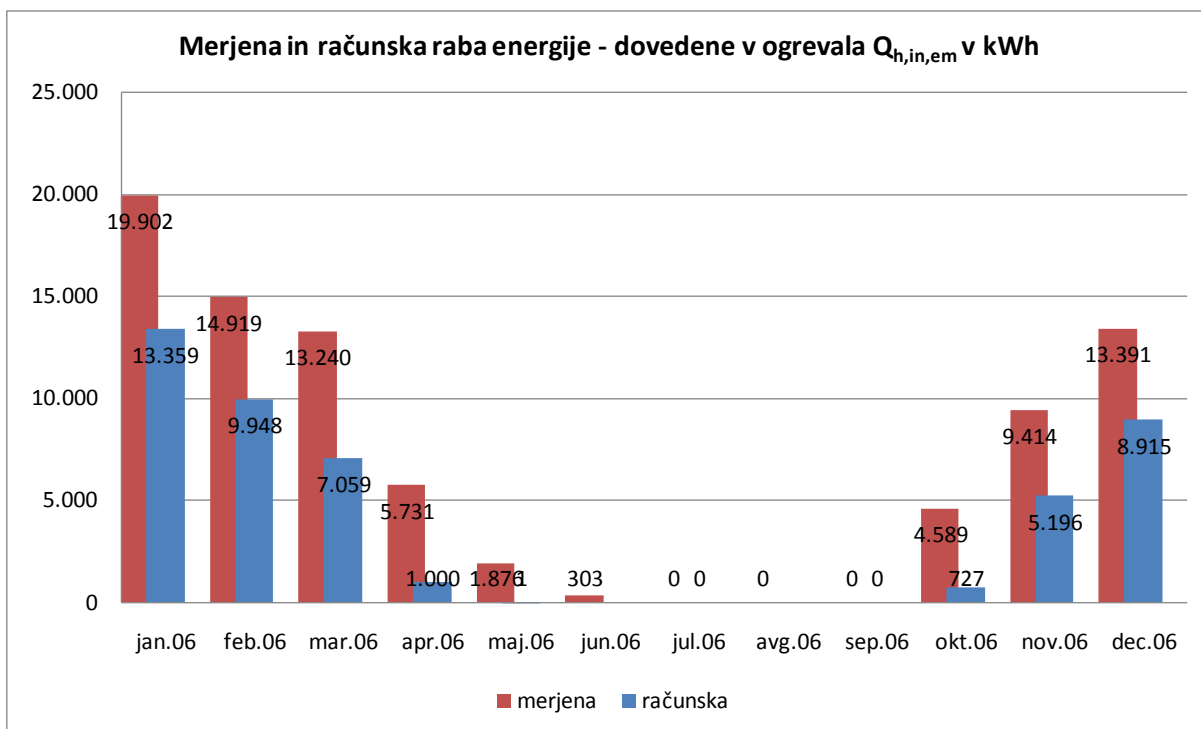
Želimo primerjati to merjeno energijo za ogrevanje z računsko, vendar se pojavi vprašanje s katero računsko. Položaj merilnika v shemi energijskih tokov stavbe nam določa vrsto merjene energije. Merilnik je postavljen v omarico pred vhodom v stanovanje. Torej meri toploto, ki jo iz vertikalnega razvodnega sistema pripeljemo v razvodni sistem stanovanja. Ker je celotni razvodni sistem stanovanja v ogrevanem prostoru, se izgube tega sistema koristno vrnejo kot notranji pritoki in jih lahko štejemo kot izgube ogreval. Tukaj naredimo manjšo napako saj je emisivnost ogreval večja in s tem so te izgube manjše, kot pa je emisivnost cevi razvodnega sistema. Tako smo ugotovili, da lahko merjene vrednosti primerjamo z v ogrevala dovedeno toploto za ogrevanje stavbe (glej Preglednica 7).

Primerjali bomo enaki veličini, ki pa nastopata ob različnih robnih pogojih. Prvi robni pogoji so vezani na klimatske podatke; dolžina ogrevalne sezone, količina sončne energije zaradi sončnega sevanja in zunanja temperatura zraka. Drugi robni pogoji pa so vezani na režim uporabe. To so notranja temperatura zraka, stopnja prezračevanja in notranji pritoki. Režim uporabe je vezan na obnašanje stanovalcev in nam ni poznan, lahko pa določimo klimatske robne pogoje in jih upoštevamo v izračunu.

Na Agencijo Republike Slovenije za Okolje smo naslovili prošnjo za potrebne klimatskih podatkih. Poslali so nam klimatske podatke za leto 2006:

- konec ogrevalne sezone 05/06: 6. maj 2006
- začetek ogrevalne sezone 06/07: 10. oktober 2006
- povprečna mesečna temperatura zraka v Ljubljani v letu 2006
- vsoto mesečnega globalnega sevanja (na horizontalno površino)

S pomočjo teh podatkov smo lahko izračunali toploto dovedeno v ogrevala in na spodnjem grafu sta prikazani njeni računski in merjeni vrednosti za leto 2006.



Grafikon 2: Primerjava računski in merjene toplote

3.3.4 Analiza primerjave

Primerjava merjene rabe in računski rabe nam kaže pri vseh mesecih večjo merjeno rabo.

Razlogi za odstopanja med merjeno in računski vrednostjo potrebne toplote za ogrevanje so lahko:

- napaka zaradi računski metodologije (npr.: časovni korak, upoštevanje dinamične komponente)
- izvedba toplotno izolacijskega ovoja stavbe ni v skladu z načrti na podlagi katerih je narejen računski model
- računski model se razlikuje od dejanskega stanja (razdelitev na ogrevane in neogrevane dele stavbe, razdelitev na cone, poenostavitve, upoštevanje senčenja, ipd.)
- režim uporabe je drugačen od privzetega

- klimatski podatki so drugačni od dejanskih

Klimatski podatki so vezani na meteorološke postaje in se nato računsko določijo za posamezno lokacijo. Naši podatki so bili izmerjeni na postaji Bežigrad, medtem ko se stavba nahaja na Poljanah ob reki Ljubljanici. Brez večje napake lahko predpostavimo, da povprečne mesečne temperature zraka in vsote energije sončnega sevanja bistveno ne odstopajo med tema dvema lokacijama. Zavedati pa se moramo, da vrednosti niso enake, ter da bistveno odstopajo od klimatskih podatkov, ki so podlaga za izračun energetske izkaznice, saj predstavljajo povprečne vrednosti več let.

V okviru študije (Mestna občina Ljubljana) je bila narejena kontrola toplotnoizolacijskega s termovizijsko kamero, ki ni pokazala bistvenih odstopanj ali napak pri izvedbi toplotne zaščite objekta, v obsegu, ki bi lahko vplival na tako velika odstopanja pri rabi energije za ogrevanje.

Navedeni so bili naslednji možni vzroki za tako odstopanje:

- v bivalnih navadah stanovalcev, ki ne uporabljajo lokalne regulacije temperature v prostorih z nastavljanjem termostatskih ventilov na radiatorjih ampak temperaturo regulirajo z odpiranjem oken,
- uporabniki bolj zračijo stanovanja zaradi manjše prostornine stanovanja, kjer je zrak bolj onesnažen z vonjavami zaradi kuhanja, kajenja in podobno,
- večjih ventilacijskih izgub zaradi oblike stanovanja, ki sega čez cel objekt,
- zaradi napak na delovanju toplotnih števecov zaradi hidravličnega neuravnoveženja ogrevalnih zank oziroma neupoštevanja zagotovitve minimalnega pretoka ogrevalnega medija skozi merilnik pretoka pri toplotnem števcu. Vodomerni del toplotnega števca mora namreč imeti zagotovljen minimalni dovoljeni pretok medija, da zadosti pogoju dovoljenega odstopanja oziroma dovoljene napake odčitka. Ta pretok pa je mogoče zagotoviti s pravilnim nastavljanjem pretokov v posameznih ogrevalnih krogih oziroma s hidravličnim uravnoveženjem sistema.

Glede na rezultate omenjene študije lahko zaključimo, da so bili ovrženi razlogi, ki bi nakazovali na slabo izvedbo toplotnoizolacijskega ovoja stavbe, ter da so glavni razlogi obnašanje stanovalcev (pregrevanje in zračenje stanovanj), ne izključujejo pa možnosti napake pri merjenju.

Energetske izkaznice, ki je predvsem orodje promocije učinkovite rabe energije v stavbi naj nebi bila podlaga za izračun dejanske rabe energije. Promocijska vrednost izkaznic izhaja iz

primerljivosti energijskih indikatorjev med različnimi, vendar po namembnosti podobnimi stavbami. Ker primerjamo stavbe, moramo iz izračuna izključiti vse spremenljivke, ki se nanašajo na način uporabe stavbe. Temu sklopu spremenljivk pravimo tudi režimi uporabe. Spremenljivke izključimo tako, da jim predpišemo privzete vrednosti. Privzete vrednosti, pa se praviloma razlikujejo od dejanskega stanja. Privzeta vrednost za notranjo temperaturo zraka je 20 °C s tem, da so običajno temperature notranjega zraka višje. Na tak način pridelamo prvo zavedno napako pri izračunu, ki je razlog za odstopanje med računsko in merjeno rabo energije tudi pri našem zgledu.

Računska metodologija za izračun potrebne energije za delovanje stavbe je skupek enačb, privzetih vrednosti in inženirskih odločitev. Privzete vrednosti, poleg že opisanih, nastopajo v metodologiji tudi zaradi poenostavitve računskega postopka. Ko je bilo ugotovljeno, da neka spremenljivka malo vpliva na končni rezultat in je njen izračun zamuden ali je njen vpliv na rezultat manjši kot je možna napaka pri njenem izračunu ali je ni mogoče izračunati, tedaj je smotrno taki spremenljivki predpisati neko privzeto vrednost. Privzete vrednosti zaradi poenostavitev ne odražajo dejanskega stanja in zato tudi te prispevajo k odstopanju računskih vrednosti od dejanskega stanja.

Metodologija sama po sebi skuša odražati dejansko fizikalno dogajanje v naravi. Zaradi kompleksnosti tega dogajanja so tudi tukaj narejene določene poenostavitve. Najočitnejša poenostavitev se nanaša na časovni korak. Medtem, ko se v naravi spremembe dogajajo vsak trenutek, je v predlagani metodologiji časovni korak mesec. Razlika v časovnem koraku pripelje do napake, ki je najbolj očitna pri izračunu potrebne energije za hlajenje. Mesečna metoda ne omogoča izračuna energije za hlajenje, saj je v večjem delu Slovenije povprečna mesečna temperatura vedno nižja od želene notranje temperature 24 °C. Vežano na časovni korak je tudi pojav dinamičnega odziva stavbe. Stavba ima, zaradi toplotne kapacitete vgrajenih materialov, sposobnost ohranjanja zbrane toplote, ki jo lahko uporabimo za zmanjšanje potreb po energiji. Računsko upoštevanje teh faznih zamikov je močno poenostavljeno s časovno konstanto, kar je obrazloženo v poglavju o metodologiji. Omenimo še, da metodologija temelji na diskretni porazdelitvi mas in razmejevanju stavbe na ogrevalne cone. Toplotni tok se v naravi prenaša iz elementa na element zvezno in z diskretno porazdelitvijo mas ne moremo primerno opisati tega pojava, npr.: toplotne izgube cevi vgrajene v zunanjo steno stavbe.

Zadnji dejavnik pri izračunu energijskih kazalcev za energetska izkaznica stavbe je izdelovalec energetske izkaznice, ki sprejema inženirske odločitve. Na podlagi načrtov, metodologije, privzetih vrednosti in svojih odločitev izdelovalec izkaznice izdelava računski model, ki znotraj prej navedenih omejitev, po njegovi presoji najbolj odraža toplotne tokove obravnavane stavbe. Vsako dodatno odstopanje od dejanskega stanja bo na koncu pripeljalo do napake pri izračunani potrebni energiji za delovanje stavbe. V poglavju, ki sledi smo prikazali vpliv izdelovalca energetske izkaznice na končni rezultat.

Za razliko od energetske izkaznice, pa se velikokrat pripeti, da nas zanima točna potrebna energija za delovanje stavbe. Ta je velikokrat podlaga za odločanje med različnimi načrtovanimi izvedbami v fazi snovanja stavbe. Investitorji vedno pogosteje obravnavajo načrtovano stavbo glede na njeno celotno življenjsko dobo, kjer pa stroški energije za delovanje stavbe predstavljajo pomemben dejavnik, česar se najbolj zavedajo končni kupci. Ocena posamezne investicije v učinkovito rabo energije mora temeljiti na verodostojnih podatkih o potrebni energiji. Na enostavno vprašanje, koliko bo stalo ogrevanje, pa je zelo težko odgovoriti, če nimamo pravih orodij za izračun. Zaradi vseh omejitev metodologije za izračun energetske izkaznice so rezultati predstavljeni v njej samo približne vrednosti in neprimerni za analizo stroškov energije v celotnem življenjskem ciklusu stavbe. Natančnejša analiza mora vsebovati vsaj:

- dinamični vpliv zunanjih pogojev in uporabnika stavbe
- upoštevanje vpliva toplotne kapacitete vgrajenih materialov
- natančno simulacijo vgrajenih naprav in sistemov
- uro kot največji časovni korak

Pri tem, da se pri taki analizi ne moremo zateči k uporabi privzetih vrednosti in takim poenostavitvam, ki bi povečale napako na končni rezultat.

Vsi navedeni vzroki vplivajo na odstopanje računskih vrednosti od dejanskih. Pri izračunu energijskih kazalcev stavbe za energetska izkaznica, zaradi narave izkaznice, ni potrebe po računu dejanske rabe energije, vendar tudi ni razlogov, da se ne bi temu čim bolj približali. Primerljivost izkaznic zahteva določitev nekaterih robnih pogojev, predvsem režima uporabe in klimatskih podatkov, ki bodo ostali glavni razlog za odstopanje od dejanske rabe. Računski postopki in predpisane vrednosti, pa bi se v bodoče lahko razvili do stopnje, da njihova uporaba generira čim manjše odstopanje od dejanskih vrednosti. Poleg tega pa bo veliko pozornost potrebno posvetiti izdelovalcem energetske izkaznice.

3.4 Primerjava rezultatov izračuna različnih izdelovalcev izkaznice

V prejšnjem poglavju smo prišli do sklepa, da lahko dva izdelovalca energetske izkaznice prideta do dveh različnih rezultatov. Zato smo v sklopu pilotnega izobraževanja za izvajalce energetske izkaznice (projekt EIE Budi) organizirali poizkusno izdelovanje energetske izkaznice. Na povabilo k sodelovanju pri testiranju metode za izračun kazalcev v energetske izkaznici stavbe se je odzvalo devet udeležencev pilotnega izobraževanja izvajalcev energetskega certificiranja stavb, ki so nam posredovali obdelan primer stavbe Jakopičeva 19. Predvsem nas je zanimal zajem osnovnih geometrijskih podatkov o stavbi, kjer smo pričakovali največja odstopanja. To smo storili tako, da smo vsakemu izvajalcu predali arhitektonske načrte stavbe, toplotno fizikalne lastnosti ovoja stavbe, opisne podatke o sistemu ogrevanja ipd. Poleg tega so prejeli Excelovo preglednico z vsemi potrebnimi enačbami za izračun energijskih kazalcev. S tem smo se iz primerjave izločili možnost napak pri samem računskem postopku.

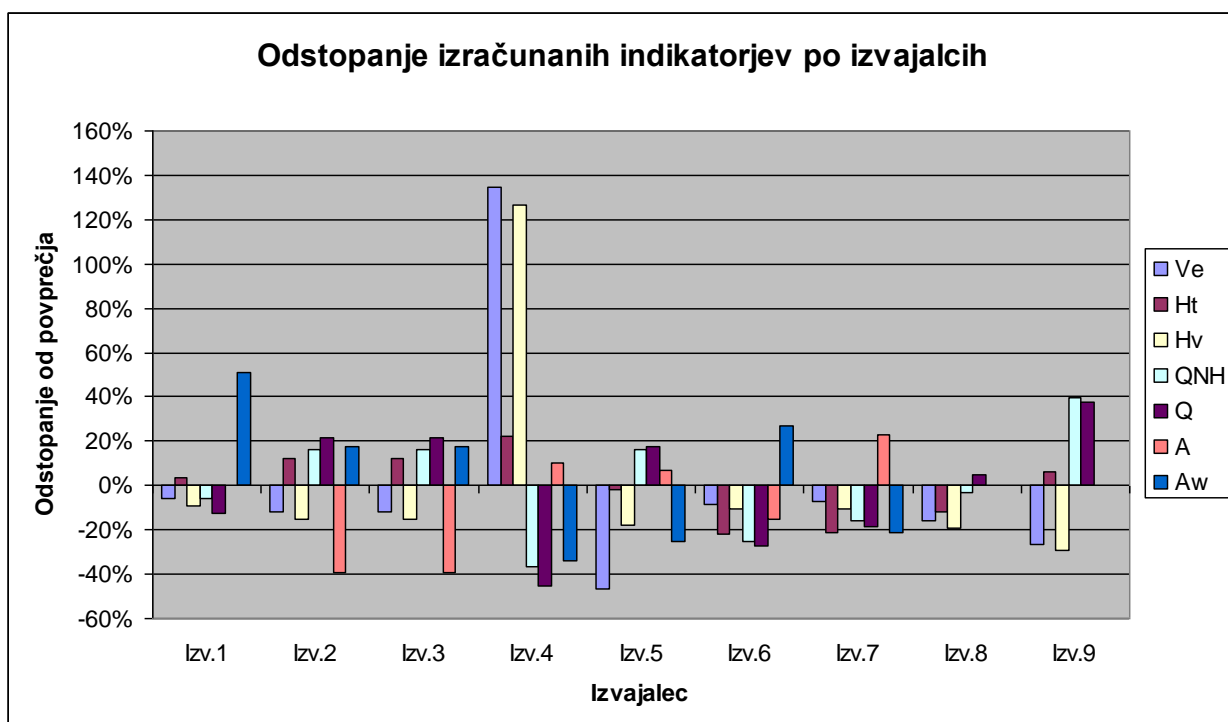
Vsak izvajalec nam je poslal izpolnjeno Excel preglednico, nekateri pa so poslali tudi fotokopije pomožnih načrtov.

Rezultati izračuna so zbrani v spodnji preglednici in grafično prikazani na obeh diagramih.

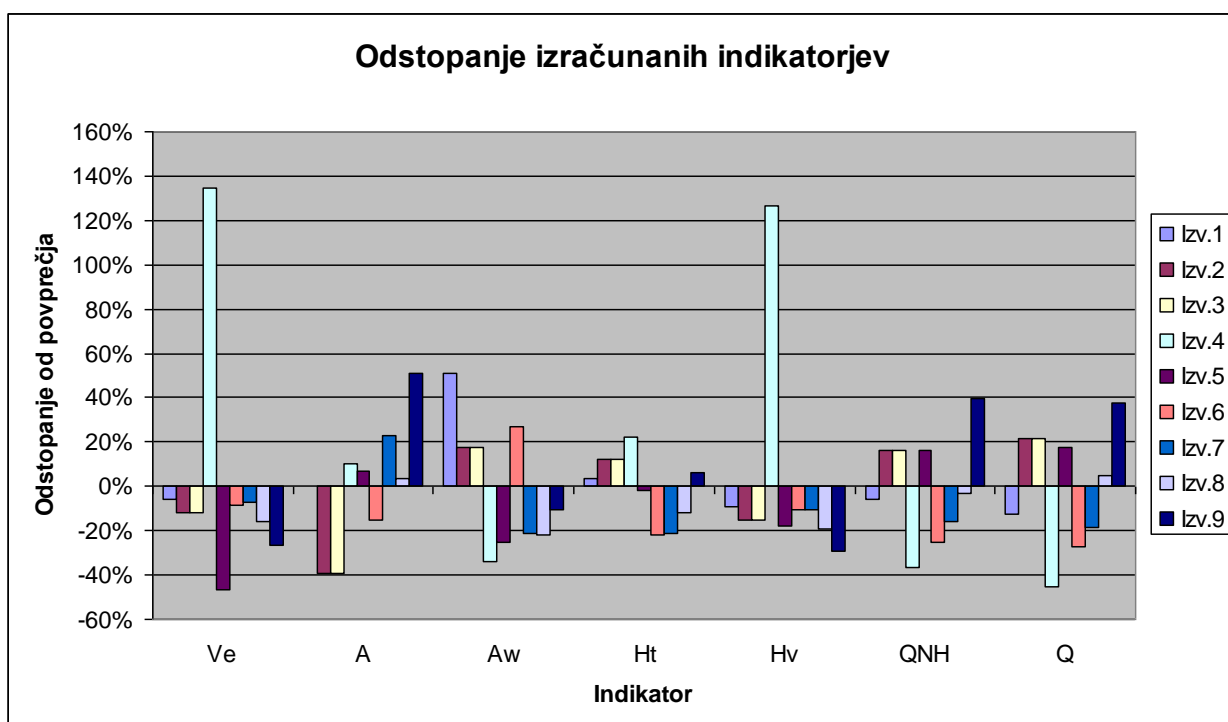
Preglednica 19: Iz načrtov odčitane in izračunane vrednosti posredovane s strani udeležencev delavnice ter njihovo odstopanje od povprečnih vrednosti

	V_e [m ³]		A [m ²]		A_w [m ²]		H_T [W/K]		H_V [W/K]		Q_{NH} [kWh/m ²]		Q [kWh/m ²]	
Izv.1	2956	-5,7%	1151	0,1%	246	51,2%	918	3,5%	390	-9,0%	68	-6,2%	109	-12,7%
Izv.2	2761	-12,0%	698	-39,3%	191	17,4%	998	12,5%	364	-15,1%	84	15,9%	152	21,7%
Izv.3	2761	-12,0%	698	-39,3%	191	17,4%	998	12,5%	365	-14,9%	84	15,9%	152	21,7%
Izv.4	7355	134,6%	1269	10,3%	107	-34,2%	1082	22,0%	971	126,5%	46	-36,5%	68	-45,6%
Izv.5	1670	-46,7%	1226	6,6%	122	-25,0%	869	-2,0%	352	-17,9%	84	15,9%	147	17,7%
Izv.6	2879	-8,2%	976	-15,1%	206	26,6%	694	-21,7%	383	-10,7%	54	-25,5%	91	-27,1%
Izv.7	2914	-7,1%	1410	22,6%	128	-21,3%	700	-21,1%	384	-10,4%	61	-15,8%	102	-18,3%
Izv.8	2632	-16,1%	1190	3,5%	127	-21,9%	781	-11,9%	347	-19,1%	70	-3,1%	131	4,9%
Izv.9	2294	-26,8%	1733	50,7%	146	-10,2%	942	6,2%	303	-29,3%	101	39,4%	172	37,7%
povp	3136		1150		163		887		429		72		125	

- V_e - bruto volumen stavbe
- A - površina zunanjega ovoja stavbe
- A_w - skupna površina oken
- H_T - koeficient transmissijskih izgub
- H_V - koeficient ventilacijskih
- Q_{NH} - potrebna toplota za ogrevanje
- Q_f - letna dovedena energija za delovanje stavbe



Grafikon 3: Odstopanje izračunanih indikatorjev po izvajalcih



Grafikon 4: Odstopanje izračunanih indikatorjev po indikatorjih

Iz rezultatov lahko sklepamo na velik raztros vhodnih geometrijskih podatkov, kar posledično pripelje do velikih odstopanj pri končnem rezultatu (83%). Za nadaljnjo analizo vzrokov bi potrebovali najmanj izpolnjeno prvo stran Excelove predloge (list »koeficienti H_T «), ki je bila izpolnjena le pri dveh udeležencih. Iz razgovorov z nekaterimi sodelujočimi ugotavljamo, da je bilo največ dvomov glede razmejitve stavbe na ogrevan in neogrevan del, glede načina obravnavanja kleti, zastekljenih lož in poslovnih prostorov.

Da bi analizirali tudi te odločitve in razjasnili pogoste dileme, bi potrebovali vpogled v njihov potek izračuna (pomožni Excel listi ali fotokopije poteka računa, izvlečki iz načrtov ipd. ...), kar pa presega okvirje te diplomske naloge.

To poglavje lahko zaključimo z ugotovitvijo, da račun energijskih kazalcev za energetska izkaznica stavbe, na podlagi predlagane metodologije lahko privede do različnih rezultatov. V izogib takim odstopanjem bi bilo potrebno, poleg predlagane metodologije, podati priročnik za izdelovalce energijskih izkaznic v katerem bi lahko predlagali primerne postopke za pripravo podatkov za izračun, napotke pri odločanju o neogrevanih/ogrevanih prostorih, delitev na cone ipd.

4 PRIMER 2: SANACIJA STAVBE – KOROŠKA 22, LJUBLJANA

Sanacija stavbe je primeren trenutek za izvedbo ukrepov, s katerimi lahko izboljšamo energijsko učinkovitost stavbe. Predlogi ukrepov bodo sestavni del energetske izkaznice in jo tako na nek način posredno vključujejo v proces sanacije stavbe. V nadaljevanju bomo predstavili stavbo, ki se bo zaradi dotrajanosti fasade v kratkem prenavljala. Ob predpostavki, da se bo v tem obdobju prodalo ali najelo eno stanovanje, bo stavba potrebovala energetska izkaznico. Energetska izkaznica preko svojih predlogov ukrepov pripomore k ozaveščanju stanovalce in tako vpliva na posamezne odločitve pri sanaciji.

Najprej bomo izračunali energijske kazalce za energetska izkaznica stavbe, nato pa pregledali možne ukrepe energijske učinkovitosti stavbe, kot del celotne prenove stavbe.

4.1 Izračun energijskih kazalcev (za energetska izkaznica stavbe)



Slika 25: Koroška 22, severna – dvoriščna stran

4.1.1 Opis objekta

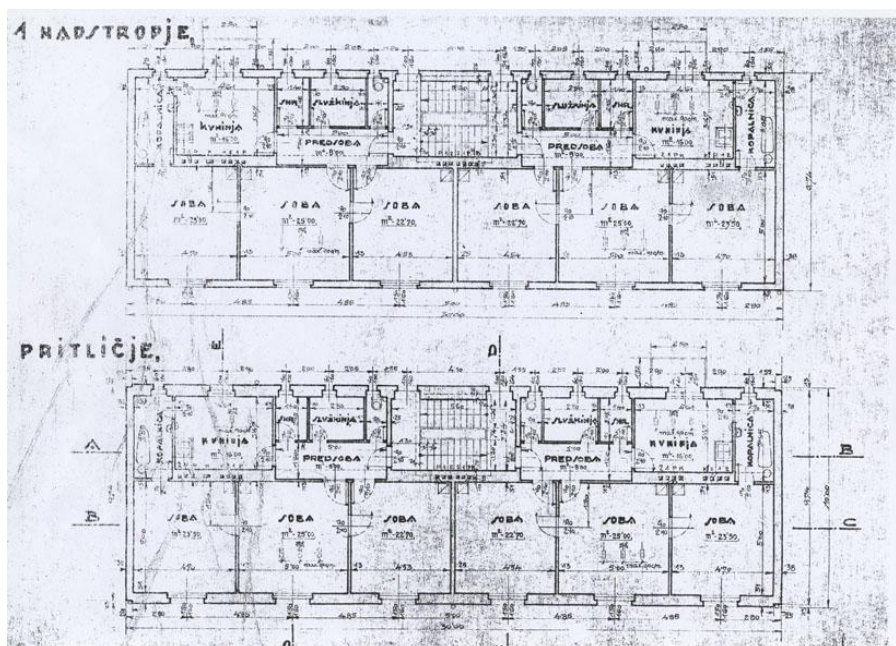
Stavba je bila zgrajena okoli leta 1938 s sredstvi fonda Slovenskih železnic. Objekt meri v dolžino 30 m in širino 10 m, ima pritličje in tri nadstropja. Orientiran je z vzdolžno osjo v smeri V – Z tako, da je dvoriščna stran obrnjena na sever. Nadstropja so zamaknjena tako, da so vsa stanovanja medetažna.

Klet je dimenzije enega stanovanja, nato je stanovanje št. 1 v višini med kletjo in pritličjem, nato je stanovanje št. 2 v višini med pritličjem in 1. nadstropjem in tako naprej. Stanovanja so enakih dimenzij.

V sredini stavbe je stopnišče, ki je neogrevano. Tukaj se tudi nahajajo cevi, ki potekajo iz skupnega generatorja toplote (za nekatera stanovanja) do posameznih stanovanj, ki pa so toplotno izolirane.

Medetažne konstrukcije so leseni stropi, razen med stanovanjem št. 2 in kletjo, tukaj je izvedena AB plošča. Talna konstrukcija je izvedena kot AB plošča.

Podstrešje je neogrevano in prezračevano, na podstrešju imajo stanovalci shrambe in sušilnico, ki ima okno vedno odprto. Klet je neogrevana, razdeljena, deloma z montažnimi stenami, deloma z zidanimi stenami na več manjših enot za shranjevanje stvari. V enem izmed prostorov je toplotna postaja.



Slika 26: Tloris pritličja in prvega nadstropja

4.1.2 Toplotna izolacija

Objekt nima dodatne toplotne izolacije. Zunanji zid je do višine 6.7 m nad terenom debel 58 cm (polna opeka z ometom), nad to višino pa 45 cm. Streha je sestavljena iz hidroizolacije, asfalta, verjetno iz betona in AB nosilcev.

Toplota se iz ogrevalnih con prenaša neposredno skozi zid, strop in okna ter preko neogrevanega prostora stopnišča, podstrešja in kleti.

4.1.3 Zunanje stene

Stavba ima zunanje stene dveh različnih debelin, 51 cm in 38 cm.

Iz načrtov lahko povzamemo, da je celotna površina sten enaka:

stena 51: 409,63 m²

stena 38: 480,16 m²

Stena 38

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
zunanji omet	5 cm	0,81 W/mK
zid – polna opeka 38	38 cm	1,10 W/mK
notranji omet	2 cm	0,81 W/mK

Ob upoštevanju zunanjega in notranjega upora toplotne prestopnosti:

zunanji upor toplotne prestopnosti (R_i)	0,040 m ² K/W
notranji upor toplotne prestopnosti (R_e)	0,125 m ² K/W

lahko izračunamo toplotno prehodnost Stene 38:

$$U = 1/R = \text{sum} (d/\lambda + R_i + R_e)$$

$$U_{\text{STENA 38}} = 1,675 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Podobno določimo toplotno prehodnost Stene 51:

Stena 51

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
zunanji omet	5 cm	0,81 W/mK
zid – polna opeka 38	51 cm	1,10 W/mK
notranji omet	2 cm	0,81 W/mK

$$U_{\text{STENA 51}} = 1,398 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Poleg tega je na meji med ogrevanim in neogrevanim delom stavbe še ena stena – stena med stopniščem in kletjo ter neogrevanim podstrešjem.

Stena stopnišča

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
zunanji omet	5 cm	0,81 W/mK
opeka 20	20 cm	1,10 W/mK
notranji omet	2 cm	0,81 W/mK

$$U_{\text{STENA STOPNIŠČA}} = 1,626 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.1.4 Okna

Dimenzije oken so razvidne iz načrtov. Nekateri stanovalci so zamenjali okna, (ni mogoče določiti točnega časa menjave oken), ostali imajo okna še iz časov izgradnje stanovanja. Na vzhodni in zahodni fasadi ni oken. Pri pregledu stavbe smo ugotovili, da so nekatera okna na podstrešju razbita. V spodnji tabeli so zbrani tipi oken glede na čas vgradnje.

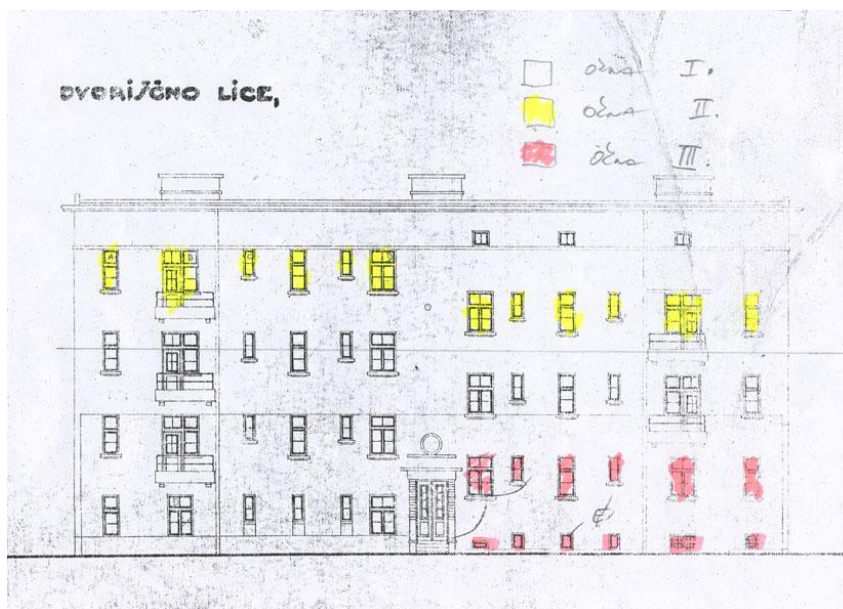
Preglednica 20: Tip oken

stanovanje	tip oken
klet	III
1	I
2	III
3	I
4	I
5	I
6	II
7	II
podstrešje	I

I – prvotna okna

II – okna zamenjana pred več kot 15 letih

III – okna zamenjana v zadnjih 15 letih



Slika 27: Dvoriščno lice stavbe z označenimi tipi oken

Glede na tip okna, lahko predpostavimo sledeče toplotno – fizikalne lastnosti oken:

	U
tip okna I	2,20 W/m ² K
tip okna II	1,70 W/m ² K
tip okna III	1,50 W/m ² K

Okna so samo na severni in južni fasadi, iz načrtov povzamemo naslednje površine oken:

Preglednica 21: Površine oken

m ²	Sever	Jug
tip okna I	25,48	28,80
tip okna II	14,56	14,40
tip okna III	8,08	7,20

4.1.5 Vrata

Na meji ogrevalnih con imamo vhodna vrata stanovanj višine 2,2 m in širine 0,8 m, vhodna vrata stavbe so višine 3 m in širine 1,4 m. Vrata, ki vodijo v klet in podstrešje pa so višine 2,2 m in širine 0,8 m. Trije stanovalci so zamenjali vhodna vrata z novimi.

Za vsa stara vrata vzamemo $U_{VRATA} = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, za nova vrata pa $U_{VRATA} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.1.6 Strop in streha

Ogrevani del stavbe navzgor meji na neogrevano podstrešje, ki pa je prezračevano, ker smo pri pregledu stavbe opazili, da so nekatera okna podstrešja poškodovana.

Konstrukcija je izvedena kot lesen strop, tako da aktivno toplotno zaščito predstavljajo lesene deske in vmesna mivka (lesene nosilce pri računu zanemarimo).

Predpostavimo sledečo sestavo:

Strop proti podstrešju

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
lesene deske	2,5 cm	0,14 W/mK
mivka	25 cm	0,58 W/mK
lesene deske	2,5 cm	0,14 W/mK

in dobimo:

$$U_{STROP} = 1,049 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Streha

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
hidroizolacija	1,0 cm	0,19 W/mK
naklonski beton	4 cm	1,40 W/mK
AB plošča	18 cm	2,04 W/mK

in dobimo:

$$U_{\text{STREHA}} = 2,990 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.1.7 Tla proti terenu in kleti

Po ogledu stavbe in razgovora s stanovalci je bilo ugotovljeno, da sta medetažni konstrukciji nad kletjo in talna konstrukcija pod stanovanjem št. 1 izvedena kot armiranobetonska plošča.

Točne sestave brez destruktivnih metod ne moremo ugotoviti, zato predpostavimo sledečo:

Tla na terenu – stopnišče in klet

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
keramične ploščice	0,8 cm	1,28
cement – akrilnato lepilo	0,5 cm	0,70
betonski estrih	5 cm	1,40
hidroizolacija	0,5 cm	0,19
ab plošča	20 cm	2,04

$$U_{\text{Tla NA TERENU}} = 3,351 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (zunanji upor toplotne prestopnosti (} R_i = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W)}$$

Tla na terenu - stanovanje

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
leseni parket	2,2 cm	0,21
cement – akrilnato lepilo	0,5 cm	0,70
betonski estrih	5 cm	1,40
hidroizolacija	0,5 cm	0,19
ab plošča	20 cm	2,04

$$U_{\text{Tla STANOVANJA}} = 2,519 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (zunanji upor toplotne prestopnosti (} R_i = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W)}$$

Medetažna konstrukcija nad kletjo. V stanovanju, ki je nad kletjo so pred leti obnovili pod in pri tem dodali 5 cm toplotne izolacije (varianata 2).

Sloj	debelina (d)	toplotna prevodnost (λ)
leseni parket	2,2 cm	0,21
cement – akrilnato lepilo	0,5 cm	0,70
betonski estrih	5 cm	1,40

<i>ekstrudiran polistiren (var 2)</i>	<i>5 cm</i>	0,04
hidroizolacija	0,5 cm	0,19
ab plošča	20 cm	2,04

$$U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 1} = 2,288 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 2} = 0,593 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.1.8 Ogrevanje

Objekt je ima samostojno mešano ogrevanje; nekateri stanovalci ogrevajo svoja stanovanja na plinske kotličke, drugi pa so priključeni na centralni sistem, ki deluje na daljinsko ogrevanje. Klet in podstrešje sta neogrevana.

Skupni (za štiri stanovanja) ogrevalni sistem predstavlja toplotna postaja v kleti iz katere se dvizni vodi dvigujejo skozi stopnišče. Razdelilni sistem je dvocevni. Stanovanja imajo radiatorsko ogrevanje, na katera je polovica stanovalcev vgradila termostatske ventile, ni podatkov o regulaciji sistema. Sistem ogrevanja je 70/90.

4.1.9 Priprava tople vode

Priprava tople vode se zagotavlja s stenskimi plinskimi kotlički v vsakem stanovanju posebej.

4.1.10 Mehansko prezračevanje, hlajenje in vlaženje

V stavbi ni mehanskega prezračevanja, hlajenja in vlaženja.

4.1.11 Razsvetljava

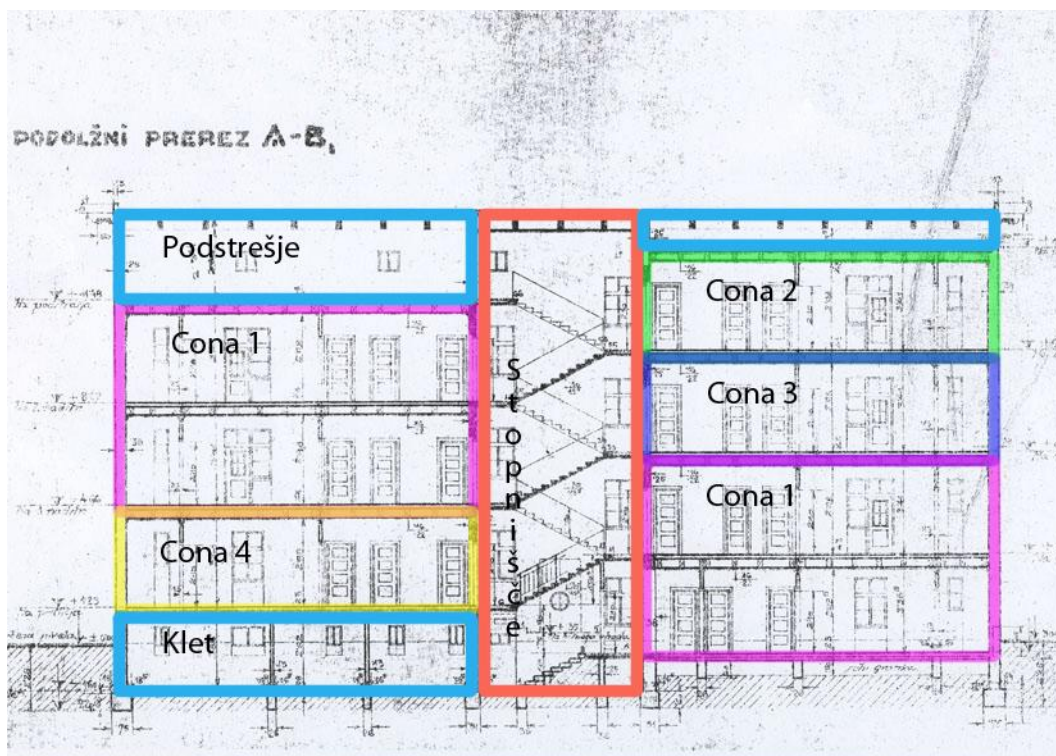
Nimamo podatkov o razsvetljavi.

4.1.12 Določitev ogrevanih delov stavbe in ogrevalnih con

V stavbi je ogrevanih vseh 7 stanovanj. Stopnišče, klet in podstrešje niso ogrevani.

Stavbo razdelimo na ogrevalne cone glede na sisteme ogrevanja. Največja je ogrevalna cona 1, v kateri so stanovanja 1, 3, 4, 6 (stanovanja številčimo od spodaj navzgor glede na etažno višino), ki so priključena na sistem daljinskega ogrevanja. Ostala stanovanja imajo lastne sisteme ogrevanja preko stenskih kotličkov. Stopnišče vzamemo kot neogrevano cono, podstrešje in klet pa kot neogrevana prostora.

Na spodnji sliki je prikazana meja med posameznimi conami.



Slika 28: Ogrevalne cone stavbe

Toplotni tok se iz con v okolico prenaša neposredno skozi zunanje stene, okna, streho in tlemi, ter posredno preko neogrevanega stopnišča (neogrevana cona), kleti in podstrešja (neogrevani prostori). V spodnji preglednici so navedene geometrijske lastnosti con in neogrevanih prostorov, ki so potrebne za nadaljnji izračun.

	Cona 1	Cona 2	Cona 3	Cona 4	Stopnišče
Višina – h [m]	3,36	3,36	3,36	3,36	16,80
Površina – A_{up} [m ²]	560	140	140	140	22
Bruto volumen – V_e [m ³]	1881,60	470,40	470,40	470,40	369,60

	Klet	Podstrešje – nizko	Podstrešje – visoko
Višina – h [m]	2,95	1,40	2,95
Površina – A_{up} [m ²]	140	140	140
Neto volumen – V [m ³]	413	196	413

Pri določitvi geometrijskih lastnosti con so bile uporabljene zunanje dimenzije.

4.1.13 Predpostavke pri izračunu dovedene energije za ogrevanje stavbe

Pri računu smo upoštevali nekatere vrednosti, ki niso jasno razvidne iz dosedanjega opisa stavbe in njenih lastnosti.

Preglednica 22: Predpostavke pri računu

Veličina	Oznaka	Vrednost
Stopnja izmenjave zraka med cono in okolico	n_{cz}	0,7
Stopnja izmenjave zraka med cono in stopniščem	n_{cs}	0,0
Stopnja izmenjave zraka med cono in podstrešjem	n_{cp}	0,0
Stopnja izmenjave zraka med cono in kletjo	n_{ck}	0,0
Stopnja izmenjave zraka med stopniščem in okolico	n_{sz}	0,7
Stopnja izmenjave zraka med podstrešjem in okolico	n_{pz}	1,0
Stopnja izmenjave zraka med kletjo in okolico	n_{kz}	0,7
Vpliv toplotnih mostov	T_M	0,06 W/m ² K na celotni ovoj stavbe
Toplotna kapaciteta	C_m	50·V _e W/hK
Vgrajena moč ogreval	\dot{Q}_N	30% več od Q _{NH} (Januar)

4.2 Energetska izkaznica stavbe

V skladu z računsko metodologijo prikazano v prejšnjem poglavju smo izračunali energijske kazalce za energetska izkaznico stavbe.

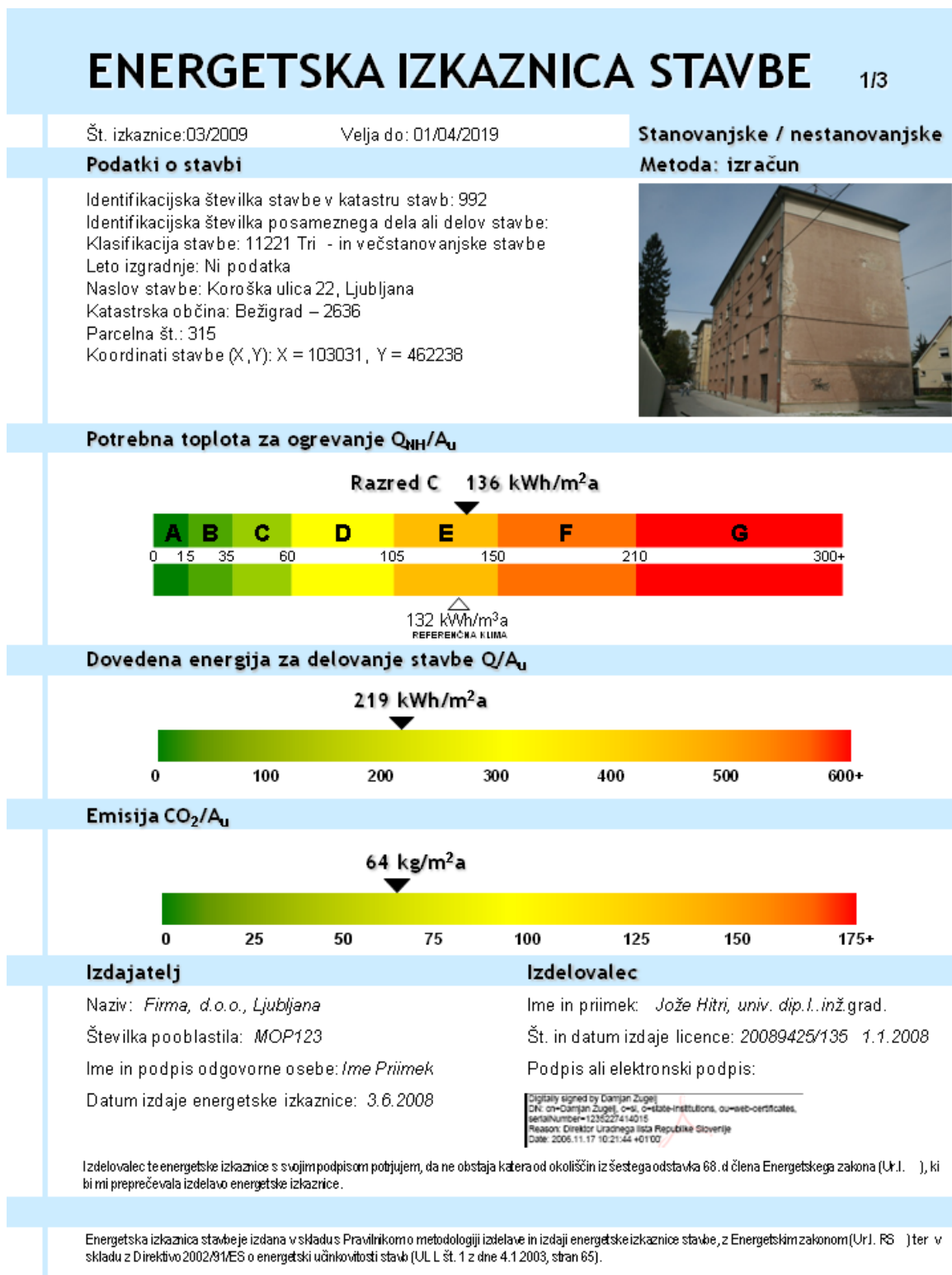
Preglednica 23: Rezultati izračuna

Q _{NH}	158.470 kWh
Q _{plin}	98.674 kWh
Q _{DH}	146.068 kWh
Q _{elek}	10.978 kWh
Q _{f,h}	229.396 kWh
Q _f	255.720 kWh
CO ₂	74.085 kg

Preglednica 24: Energijski kazalci

Q _{NH} /V _e	Q _{NH} /A _u	Q _f /V _e	Q _f /A _u	CO ₂ /V _e	CO ₂ /A _u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
43,5	136	70,2	219	20,3	64

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe Q_{NH}/A_u izračunana na referenčni lokaciji pa znaša 132 kWh/m²a.



Slika 29: Energetska izkaznica stavbe, Koroška 22

4.3 Ukrepi za učinkovitejšo rabo energije v stavbi in sanacija

Pravilnik o energetske izkaznici določa, da je k energetske izkaznici za obstoječo stavbo razen v primeru najema stavbe potrebno priložiti priporočila za stroškovno učinkovite ukrepe za povečanje energetske učinkovitosti. Priporočila je treba podati v obliki generičnih priporočenih ukrepov za obravnavano vrsto stavbe v skladu s pravili stroke in stanjem tehnike. V prilogi pravilnika pa so navedeni nekateri ukrepi. Kako se ugotovi, kateri ukrepi so stroškovno učinkoviti pravilnik ne določa.

V prejšnjem poglavju smo videli, da stavba dosega visoko potrebno energijo za ogrevanje. Poleg tega je fasada stavbe funkcionalno dotrajana in primerna za sanacijo. Zaradi gradnje Bežigrajskega stadiona v neposredni bližini je investitor gradnje stanovalcem obljubil obnovo fasade. Ob izdaji energetske izkaznice smo predlagali različne ukrepe na ovoju stavbe, ki smo jih združili v sanacijske scenarije. Nekateri sanacijski scenariji so bili oblikovani v sodelovanju s stanovalci in so potencialno izvedljivi, drugi pa nam zgolj služijo za primerjavo in so bolj akademske narave.

Pri primerjavah učinkov posameznega sanacijskega programa smo za izhodišče vzeli obstoječe stanje. Vsaka nadaljnja sanacija vsebuje prejšnje in tako predstavlja določeno nadgradnjo. Od najnižjih proti najvišjim. Na koncu smo predstavili dve optimalni sanaciji z vidika izvedljivosti, nato pa smo vse sanacije med seboj primerjali s stroškovnega vidika.

4.3.1 Sanacija 1 – Minimalno

Prvi program sanacije vsebuje tesnjenje oken in vrat ter vgradnjo termostatskih ventilov na ogrevala v vseh stanovanjih. Predstavlja dva sorazmerno poceni ukrepa, ki ju lahko naredijo stanovalci sami.

S tem bi se zmanjšale toplotne izgube zaradi ventilacije in toplotne izgube povezane z neučinkovito regulacijo ogrevalnega sistema.

Preglednica 25: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 1)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Tesnjenje oken in vrat	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$

Preglednica 26: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 1)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	148.469 kWh	6%	10.001 kWh
Q_{plin}	91.765 kWh	7%	6.909 kWh
Q_{DH}	136.289 kWh	7%	9.779 kWh
Q_{elek}	10.953 kWh	0%	24 kWh
$Q_{f,h}$	212.707 kWh	7%	16.689 kWh
Q_f	239.007 kWh	7%	16.713 kWh
CO_2	69.462 kg	6%	4.623 kg

Preglednica 27: Energijski kazalci (sanacija 1)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
40,7	127	65,6	205	19,1	60

4.3.2 Sanacija 2 – Obnova fasade

Pri drugem programu sanacije se poleg ukrepov pri programu sanacije 1 doda še ukrep: vgradnja toplotne izolacije fasade debeline 5 cm.

Preglednica 28: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 2)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Tesnjenje oken in vrat	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$
Obnova fasade in vgradnja 5 cm toplotne izolacije	$U_{STENA\ 51} = 1,398\ W/m^2K \rightarrow 0,484\ W/m^2K$ $U_{STENA\ 38} = 1,675\ W/m^2K \rightarrow 0,513\ W/m^2K$

Preglednica 29: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 2)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	83.672 kWh	47%	74.798 kWh
Q_{plin}	58.170 kWh	41%	40.504 kWh
Q_{DH}	89.857 kWh	38%	56.211 kWh
Q_{elek}	10.789 kWh	2%	188 kWh
$Q_{f,h}$	132.681 kWh	42%	96.714 kWh

Q_f	158.817 kWh	38%	96.903 kWh
CO_2	47.329 kg	36%	26.756 kg

Preglednica 30: Energijski kazalci (sanacija 2)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
23,0	72	43,6	136	13,0	41

4.3.3 Sanacija 3 – PTZURES

Program sanacije 3, poleg programa sanacije 1, predvideva obnovo toplotnega ovoja stavbe tako, da se zadosti zahtevam Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (PTZURES):

- največja dovoljena toplotna prehodnost posameznih konstrukcij stavbe (PTZURES, 10. člen in priloga 1, tabela 1)
- največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje preračunana na enoto uporabne površine, Q_{NH}/A_u (PTZURES, 6. člen)
- največji dovoljeni koeficient specifičnih transmissijskih izgub stavbe H_T' (PTZURES, 10. člen)
- največja dovoljena toplotna prehodnost oken (PTZURES, 12. člen)

Za našo stavbo to pomeni:

Preglednica 31: Zahteve PTZURES

Zahteva	
U_{max} – zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,60 W/m ² K
U_{max} – pod na terenu	0,45 W/m ² K
U_{max} – strop proti neogrevanem podstrešju	0,35 W/m ² K
U_{max} – strop nad neogrevano kletjo	0,50 W/m ² K
U_{max} – ravna streha	0,25 W/m ² K
Q_{NH}/A_u	63 kWh/m ² a
H_T'	0,634 W/m ² K
U_{max} – okna	1,80 W/m ² K

Da bi zadostili tem zahtevam smo predlagali naslednje ukrepe:

- vgradnja 5 cm toplotne izolacije na zunanjih stenah
- vgradnja 6 cm toplotne izolacije na strop proti kleti
- vgradnja 7 cm toplotne izolacije na tla stanovanj na terenu
- vgradnja 8 cm na tla neogrevanega podstrešja
- vgradnja 14 cm izolacije v streho stopnišča
- menjava najstarejših oken s takimi, ki imajo $U_{\max} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Preglednica 32: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 3)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Tesnjenje oken in vrat	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5 \text{ h}^{-1}$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7 \text{ h}^{-1}$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$
Obnova fasade in vgradnja 5 cm toplotne izolacije	$U_{STENA 51} = 1,398 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,484 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{STENA 38} = 1,675 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,513 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 6 cm toplotne izolacije na strop kleti	$U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 1} = 2,288 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,486 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 2} = 0,593 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,314 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 7 cm toplotne izolacije na tla stanovanj na terenu	$U_{TLA \text{ STANOVANJA}} = 2,519 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,437 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 8 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	$U_{STROP} = 1,049 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,321 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 14 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	$U_{STREHA} = 2,990 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,243 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava najstarejših oken s takimi, ki imajo $U_{\max} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{OKNA} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ob upoštevanju vseh izboljšav lahko izračunamo H_T' , ki je enak $0,587 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar je manj od predpisane vrednosti $0,634 \text{ W/m}^2\text{K}$ in Q_{NH}/A_u je enak $56 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar je manj od $63 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Preglednica 33: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 3)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	65.227 kWh	59%	93.243 kWh
Q_{plin}	47.075 kWh	52%	51.599 kWh
Q_{DH}	78.163 kWh	46%	67.904 kWh
Q_{elek}	10.724 kWh	2%	254 kWh
$Q_{f,h}$	109.892 kWh	52%	119.503 kWh
Q_f	135.962 kWh	47%	119.757 kWh
CO_2	41.214 kg	44%	32.870 kg

Preglednica 34: Energijski kazalci (sanacija 3)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
17,9	56	37,3	117	11,3	35

4.3.4 Sanacija 4 – PURES

Opomba: Med izdelavo te diplomske naloge je prišlo do sprejetja novega pravilnika PURES. Metodologija, ki bo podlaga za izračun energijskih kazalcev za energetska izkaznica stavbe je povzeta po predlogu pravilnika PURES, ki sta ga tri leta skupaj pripravljali Fakulteta za strojništvo in Gradbeni inštitut ZRMK. Preko poletja 2008 pa je bil pripravljen alternativni predlog pravilnika in septembra tudi sprejet in objavljen v uradnem listu RS (93. Uradni list RS, št. 93/2008 z dne 30.09.2008). Novi pravilnik ne spreminja metodologije izračuna energijskih kazalcev za energetska izkaznica, saj o njen niti ne govori, ker pa morajo biti na energetska izkaznici jasno izražene največje dovoljene vrednosti, ki so navedene v aktualnem pravilniku, bomo ta primer sanacije prilagodili mejnim zahtevam novega pravilnika. Sanacija 4 je prilagojena novemu Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). Zahteve novega pravilnika predstavljajo nadgradnjo PTZURES v smislu nižanja največjih dovoljenih vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcij, potrebne energije za ogrevanje, koeficienta specifičnih transmisij toplinskih izgub stavbe, toplotnih prehodnosti vgrajenega stavbnega pohištva. Poleg tega uvaja nov kriterij; dovoljeno letno dovedeno energijo za delovanje stavbe, Q_f . Zahteve PURES, ki se nanašajo na obravnavano stavbo so predstavljene v spodnji preglednici.

Pravilnik PURES v tretjem odstavku 1. člena pove, da se pri prenovah, pravilnik smiselno uporablja za dele stavbe, ki se prenavljajo. Pri našem primeru se prenavlja samo zunanji ovoj stavbe, torej moramo zadostiti kriterijem v 7. členu. Pri tem velja poudariti, da je v tretjem odstavku tega člena (kriterij za največje ventilacijske izgube) verjetno napaka, saj je nemogoče zadostiti kriteriju pravilnika brez vgradnje sistema za prezračevanje z minimalno rekuperacijo zraka 71%. V obravnavani stavbi nismo predvideli vgradnje prezračevalnega sistema, zato ne bomo preverjali skladnosti stavbe s tem kriterijem.

Preglednica 35: Zahteve PURES

Zahteva	
U_{\max} – zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28 W/m ² K
U_{\max} – pod na terenu	0,30 W/m ² K
U_{\max} – strop proti neogrevanem podstrešju	0,20 W/m ² K
U_{\max} – strop nad neogrevano kletjo	0,28 W/m ² K
U_{\max} – ravna streha	0,20 W/m ² K
U_{\max} – okna	1,30 W/m ² K
U_{\max} – vrata	1,80 W/m ² K
Transmisijske toplotne izgube, FI(VH), na enoto grete prostornine stavbe, V(e)	6,49 W/m ³
Povprečna toplotna prehodnost stavbe, U_m	0,438 W/m ² K
Vgradnja termostatskih ventilov	obvezna

Da bi zadostili tem zahtevam smo predlagali naslednje ukrepe:

- vgradnja 11 cm toplotne izolacije na zunanjih stenah
- vgradnja 12 cm toplotne izolacije na strop proti kleti
- vgradnja 5 cm toplotne izolacije na tla stanovanj na terenu, kjer še ni izolacije
- vgradnja 15 cm na tla neogrevanega podstrešja
- vgradnja 18 cm izolacije v streho stopnišča
- vgradnja 14 cm izolacije na steno stopnišča proti kleti in neogrevanem podstrešju
- menjava vseh oken starejših od 5 let s takimi, ki imajo $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- menjava vhodnih vrat s takimi, ki imajo $U_{\max} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Preglednica 36: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 4)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Tesnjenje oken in vrat	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5 \text{ h}^{-1}$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7 \text{ h}^{-1}$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$
Obnova fasade in vgradnja 11 cm toplotne izolacije	$U_{\text{STENA } 51} = 1,398 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,271 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{STENA } 38} = 1,675 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 12 cm toplotne izolacije na strop kleti	$U_{\text{TILA PROTI KLETI } 1} = 2,288 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,272 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{TILA PROTI KLETI } 2} = 0,593 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,199 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 5 cm toplotne izolacije na tla stanovanj na terenu	$U_{\text{TILA STANOVANJA}} = 2,519 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	$U_{\text{STROP}} = 1,049 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vgradnja 18 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	$U_{\text{STREHA}} = 2,990 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na steno stopnišča proti neogrevani kleti in podstrešju	$U_{\text{STENA STOPNIŠČA}} = 1,626 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava vhodnih vrat z novimi	$U_{\text{VRATA}} = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zamenjava vseh oken starejših od 5 let s takimi, ki imajo $U_{\text{max}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{OKNA}} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{OKNA}} = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Preglednica 37: Skladnost s pravilnikom PURES (sanacija 4)

Ukrep	Zahteva	Skladnost elementov ovoja stavbe z zahtevami PURES
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	15. člen, 9 odstavek: vgradnja termostatskih ventilov	da
Obnova fasade in vgradnja 11 cm toplotne izolacije	7. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{STENA 51}} = 0,271 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{STENA 38}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 12 cm toplotne izolacije na strop kleti	7. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{TLA PROTI KLETI 1}} = 0,272 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{TLA PROTI KLETI 2}} = 0,199 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 5 cm toplotne izolacije na tla stanovanj na terenu	7. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{TLA STANOVANJA}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	7. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{STROP}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 18 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	7. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{STREHA}} = 0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na steno stopnišča proti neogrevani kleti in podstrešju	7. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{STENA STOPNIŠČA}} = 0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava vhodnih vrat z novimi	11. člen, 2 odstavek, $U_{\text{max}} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{VRATA}} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zamenjava vseh oken starejših od 5 let s takimi, ki imajo $U_{\text{max}} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$	11. člen, 1 odstavek, $U_{\text{max}} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{OKNA}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmisijske toplotne izgube, $FI(\text{VH})$, na enoto grete prostornine stavbe, $V(\text{e})$	7. člen, 2 odstavek, $FI(\text{VH})_{\text{max}} = 6,49 \text{ W/m}^3$	$FI(\text{VH})_{\text{rač}} = 5,67 \text{ W/m}^3$
Povprečna toplotna prehodnost stavbe, U_{m}	7. člen, 5 odstavek, $U_{\text{m,max}} = 0,438 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{m,rač}} = 0,373 \text{ W/m}^2\text{K}$

Iz prejšnje preglednice je razvidno, da predlagana prenova ovoja stavbe ustreza kriterijem pravilnika PURES.

Preglednica 38: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 4)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	44.424 kWh	72%	114.046 kWh
Q_{plin}	36.160 kWh	63%	62.514 kWh
Q_{DH}	63.123 kWh	57%	82.944 kWh
Q_{elek}	10.624 kWh	3%	354 kWh
$Q_{f,h}$	83.937 kWh	63%	145.458 kWh
Q_f	109.907 kWh	57%	145.812 kWh
CO_2	34.012 kg	54%	40.073 kg

Preglednica 39: Energijski kazalci (sanacija 4)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
12,2	38	30,2	94	9,3	29

4.3.5 Sanacija 5 – Maksimalno

Skupina ukrepov zbranih v spodnji tabeli predstavlja prenavo, ki je usmerjena v največjo energijsko učinkovitost stavbe in ne upošteva načel izvedljivosti. Služila nam bo kot orientacijska vrednost, za primerjavo optimalnih sanacij.

Preglednica 40: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 5)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Nova okna in vrata	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5 \text{ h}^{-1}$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7 \text{ h}^{-1}$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$
Obnova fasade in vgradnja 20 cm toplotne izolacije	$U_{STENA 51} = 1,398 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{STENA 38} = 1,675 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 20 cm toplotne izolacije na strop kleti	$U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 1} = 2,288 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,171 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 2} = 0,593 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,139 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 8 cm toplotne izolacije na tla stanovanj in stopnišča na terenu	$U_{TLA \text{ STANOVANJA}} = 2,519 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,391 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 25 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	$U_{STROP} = 1,049 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,130 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 25 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	$U_{STREHA} = 2,990 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na steno stopnišča proti neogrevani kleti in podstrešju	$U_{\text{STENA STOPNIŠČA}} = 1.626 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,223 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava vhodnih vrat z novimi	$U_{\text{VRATA}} = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava vseh oken s takimi, ki imajo $U_{\text{max}} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{OKNA}} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{OKNA}} = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{OKNA}} = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Preglednica 41: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 5)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	33.567 kWh	79%	124.904 kWh
Q_{plin}	30.549 kWh	69%	68.125 kWh
Q_{DH}	55.422 kWh	62%	90.645 kWh
Q_{elek}	10.572 kWh	4%	406 kWh
$Q_{\text{f,h}}$	70.625 kWh	69%	158.770 kWh
Q_{f}	96.544 kWh	62%	159.176 kWh
CO_2	30.320 kg	59%	43.765 kg

Preglednica 42: Energijski kazalci (sanacija 5)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_{f}/V_e	Q_{f}/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
9,2	29	26,5	83	8,3	26

4.3.6 Sanacija 6 – Izvedljiva 1 (ustreza pravilniku PURES)

Ob ogledu objekta, razgovora s stanovalci in ob upoštevanju danih možnosti smo predlagali sledeče ukrepe prenove:

- vgradnja 15 cm izolacije zunanje stene
- vgradnja 20 cm izolacije na strop kleti
- vgradnja 20 cm izolacije na tla neogrevanega podstrešja
- vgradnja 25 cm izolacije na streho stopnišča
- vgradnja 15 cm izolacije na steno stopnišča proti kleti in podstrešju
- menjava vhodnih vrat

Preglednica 43: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 6)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Tesnjenje oken in vrat	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5 \text{ h}^{-1}$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7 \text{ h}^{-1}$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$
Obnova fasade in vgradnja 15 cm toplotne izolacije	$U_{STENA 51} = 1,398 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,210 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{STENA 38} = 1,675 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,215 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 20 cm toplotne izolacije na strop kleti	$U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 1} = 2,288 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,171 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 2} = 0,593 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,139 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 20 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	$U_{STROP} = 1,049 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,157 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 25 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	$U_{STREHA} = 2,990 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na steno stopnišča proti neogrevani kleti in podstrešju	$U_{STENA \text{ STOPNIŠČA}} = 1,626 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 0,223 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava vhodnih vrat z novimi	$U_{VRATA} = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Preglednica 44: Skladnost s previlnikom PURES (sanacija 6)

Ukrep	Zahteva	Skladnost elementov ovoja stavbe z zahtevami PURES
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	15. člen, 9 odstavek: vgradnja termostatskih ventilov	da
Obnova fasade in vgradnja 15 cm toplotne izolacije	7. člen, 1 odstavek, $U_{max} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{STENA 51} = 0,210 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{STENA 38} = 0,215 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 20 cm toplotne izolacije na strop kleti	7. člen, 1 odstavek, $U_{max} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 1} = 0,171 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{TLA \text{ PROTI KLETI } 2} = 0,139 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 20 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	7. člen, 1 odstavek, $U_{max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{STROP} = 0,157 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 25 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	7. člen, 1 odstavek, $U_{max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{STREHA} = 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na steno stopnišča proti neogrevani kleti in podstrešju	7. člen, 1 odstavek, $U_{max} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{STENA \text{ STOPNIŠČA}} = 0,223 \text{ W/m}^2\text{K}$
Menjava vhodnih vrat z novimi	11. člen, 2 odstavek, $U_{max} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{VRATA} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmisijske toplotne izgube, FI(VH), na enoto grete prostornine stavbe, V(e)	7. člen, 2 odstavek, $FI(VH)_{max} = 6,49 \text{ W/m}^3$	$FI(VH)_{rač} = 5,59 \text{ W/m}^3$

Povprečna toplotna prehodnost stavbe, U_m	7. člen, 5 odstavek, $U_{m,max} = 0,438 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{m,rač} = 0,367 \text{ W/m}^2\text{K}$
---	---	---

Iz preglednice 43 je razvidno, da predlagana prenova ovoja stavbe ustreza kriterijem pravilnika PURES. Ob upoštevanju vseh izboljšav lahko preverimo tudi ustreznost s prejšnjim predlogom pravilnika. Izračunamo H_T' , ki je enak $0,377 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar je manj od predpisane vrednosti $0,428 \text{ W/m}^2\text{K}$, Q_{NH}/V_e je enaka $12,0 \text{ kWh/m}^3\text{a}$, kar je manj od $14,5 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ in Q_f/V_e je enaka $29,9 \text{ kWh/m}^3\text{a}$, kar je manj od predpisane vrednosti $34,9 \text{ kWh/m}^3\text{a}$.

Preglednica 45: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 6)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	43.663 kWh	72%	114.808 kWh
Q_{plin}	34.041 kWh	66%	64.633 kWh
Q_{DH}	64.505 kWh	56%	81.563 kWh
Q_{elek}	10.607 kWh	3%	371 kWh
$Q_{f,h}$	83.200 kWh	64%	146.196 kWh
Q_f	109.153 kWh	57%	146.566 kWh
CO_2	34.035 kg	54%	40.050 kg

Preglednica 46: Energijski kazalci (sanacija 6)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
$\text{kWh/m}^3\text{a}$	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	$\text{kWh/m}^3\text{a}$	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	$\text{kg/m}^3\text{a}$	$\text{kWh/m}^2\text{a}$
12,0	37	29,9	94	9,3	29

4.3.7 Sanacija 7 – Izvedljiva 2 (ustreza razpisnim pogojem Eko sklada)

Za razliko od prejšnje sanacije, kjer zaradi vezanosti tega ukrepa na odločitev posameznega lastnika, nismo predvideli menjave oken, smo tukaj predpostavili, da bi zadostili razpisnim pogojem Eko sklada še menjavo vseh oken, ki so starejša od 5 let s takimi, ki imajo $U_{max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Preglednica 47: Vsebina sanacijskega programa (sanacija 7)

Ukrep	Sprememba vhodnih podatkov
Tesnjenje oken in vrat	$n_{cz} = n_{sz} = n_{kz} = 0,7 \rightarrow 0,5 \text{ h}^{-1}$ in $n_{pz} = 1,0 \rightarrow 0,7 \text{ h}^{-1}$
Vgradnja termostatskih ventilov na ogrevala	$\eta_r = 0,91 \rightarrow 0,93$

Obnova fasade in vgradnja 15 cm toplotne izolacije	$U_{STENA\ 51} = 1,398\ W/m^2K \rightarrow 0,210\ W/m^2K$ $U_{STENA\ 38} = 1,675\ W/m^2K \rightarrow 0,215\ W/m^2K$
Vgradnja 20 cm toplotne izolacije na strop kleti	$U_{TLA\ PROTI\ KLETI\ 1} = 2,288\ W/m^2K \rightarrow 0,171\ W/m^2K$ $U_{TLA\ PROTI\ KLETI\ 2} = 0,593\ W/m^2K \rightarrow 0,139\ W/m^2K$
Vgradnja 25 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	$U_{STROP} = 1,049\ W/m^2K \rightarrow 0,141\ W/m^2K$
Vgradnja 25 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	$U_{STREHA} = 2,990\ W/m^2K \rightarrow 0,141\ W/m^2K$
Vgradnja 15 cm toplotne izolacije na steno stopnišča proti neogrevani kleti in podstrešju	$U_{STENA\ STOPNIŠČA} = 1,626\ W/m^2K \rightarrow 0,223\ W/m^2K$
Menjava vhodnih vrat z novimi	$U_{VRATA} = 2,40\ W/m^2K \rightarrow 1,40\ W/m^2K$
Menjava vseh oken starejših od 5 let s takimi, ki imajo $U_{max} = 1,30\ W/m^2K$	$U_{OKNA} = 2,20\ W/m^2K \rightarrow 1,30\ W/m^2K$ $U_{OKNA} = 1,70\ W/m^2K \rightarrow 1,30\ W/m^2K$

Preglednica 48: Rezultati izračuna in doseženi prihranki (sanacija 7)

Energija	Rezultat izračuna	Prihranek (rel.)	Prihranek (abs.)
Q_{NH}	39.301 kWh	75%	119.169 kWh
Q_{plin}	32.577 kWh	67%	66.098 kWh
Q_{DH}	60.528 kWh	59%	85.539 kWh
Q_{elek}	10.592 kWh	4%	386 kWh
$Q_{f,h}$	77.759 kWh	66%	151.637 kWh
Q_f	103.697 kWh	59%	152.022 kWh
CO_2	32.421 kg	56%	41.663 kg

Preglednica 49: Energijski kazalci (sanacija 7)

Q_{NH}/V_e	Q_{NH}/A_u	Q_f/V_e	Q_f/A_u	CO_2/V_e	CO_2/A_u
kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kWh/m ³ a	kWh/m ² a	kg/m ³ a	kWh/m ² a
10,8	34	28,5	89	8,9	28

4.4 Primerjava sanacij

Med seboj smo primerjali različne scenarije sanacij. Najprej smo si pogledali učinek posameznega nabora ukrepov na potrebno energijo za delovanje stavbe nato pa s cenovnim ovrednotenjem ukrepov primerjali stroške sanacij in njihovo ekonomsko upravičenost.

4.4.1 Primerjava potrebne energije za ogrevanje stavbe

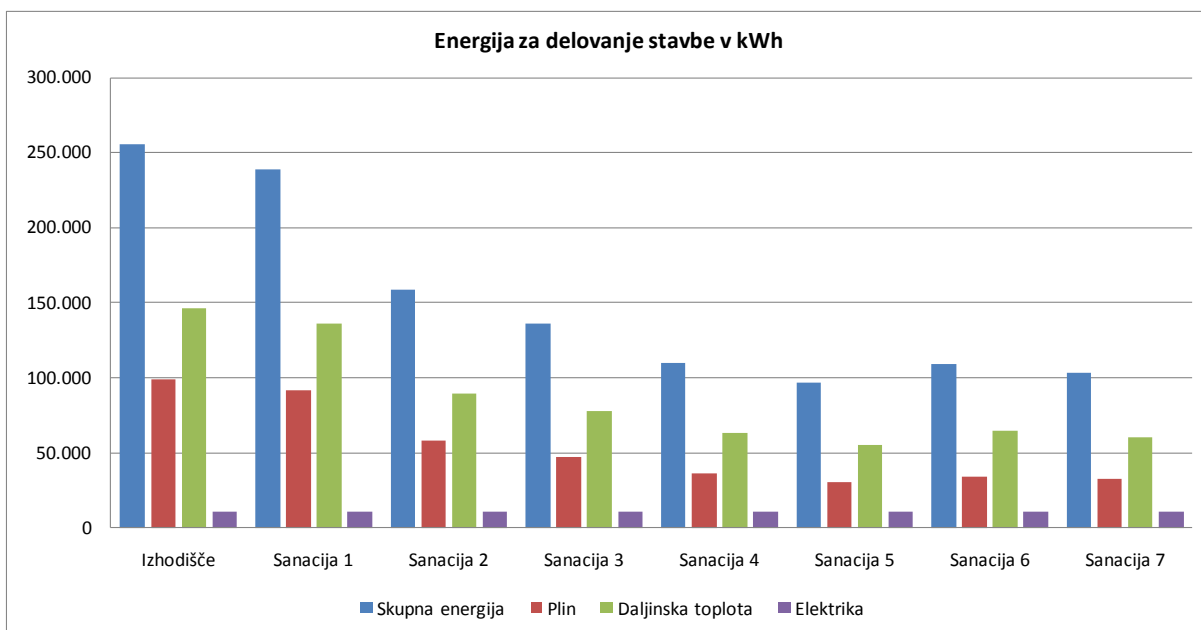
V spodnji preglednici so zbrane vrednosti energijskih kazalcev za posamezno sanacijo ter njihovo relativno odstopanje od izhodišča. Opazimo lahko, da se prihranki s stopnjo sanacije povečujejo in da dosežejo največjo vrednost pri sanaciji 5. Poleg tega so prihranki večji pri potrebni toploti za ogrevanje stavbe kot pa pri končni energiji za ogrevanje ali delovanje stavbe. Razlog za to je v tem, da je večina ukrepov usmerjena k izboljšanju toplotno fizikalni lastnosti ovoja stavbe in ne k zvišanju energijske učinkovitosti vgrajenih sistemov. Pri sanaciji 1, pa lahko nasprotno, ugotovimo da izboljšava ogrevalnega sistema (termostatski ventili) prinese do večjih relativnih prihrankov ogrevalnih sistemov.

Preglednica 50: Prihranki sanacijskih scenarijev

Kazalec	Izhodišče	Sanacija 1		Sanacija 2		Sanacija 3	
Q_f (kWh)	255.720	239.007	-7%	158.817	-38%	135.962	-47%
Q_f/A_{up} (kWh/m ² a)	219	205	-7%	136	-38%	117	-47%
Q_f/V_e (kWh/m ³ a)	70,2	65,6	-7%	43,6	-38%	37,3	-47%
$Q_{f,h}$ (kWh)	229.396	212.707	-7%	132.681	-42%	109.892	-52%
Q_{NH} (kWh)	158.470	148.469	-6%	83.672	-47%	65.227	-59%
Q_{NH}/A_{up} (kWh/m ² a)	136	127	-6%	72	-47%	56	-59%

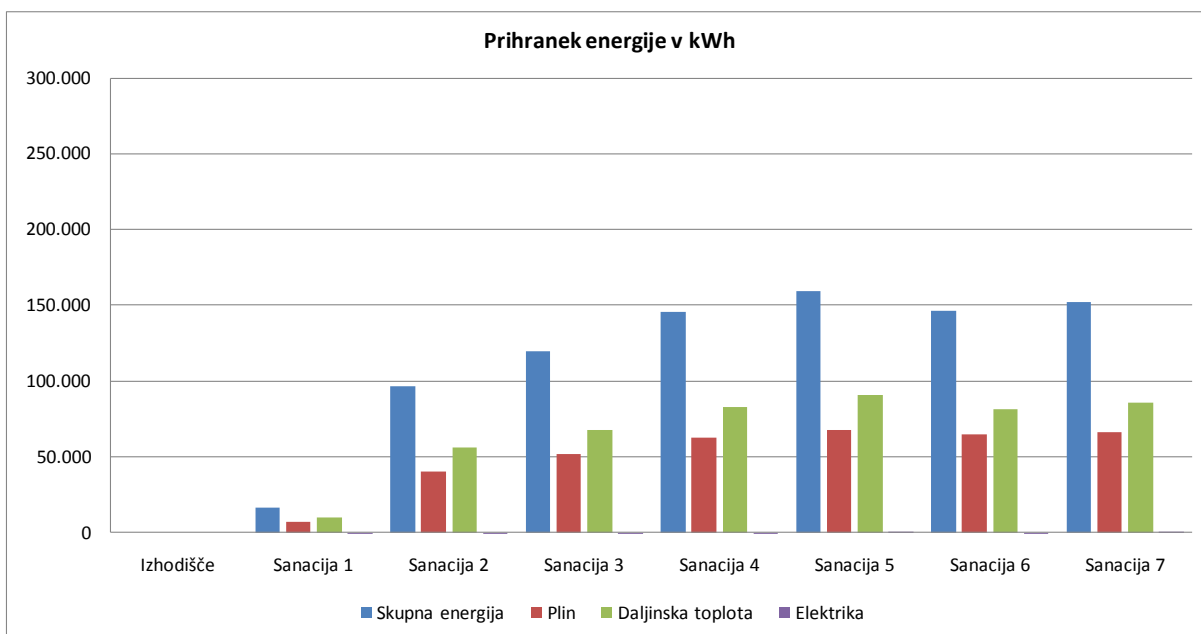
Kazalec	Sanacija 4		Sanacija 5		Sanacija 6		Sanacija 7	
Q_f (kWh)	114.589	-55%	96.544	-62%	109.153	-57%	103.697	-59%
Q_f/A_{up} (kWh/m ² a)	98	-55%	83	-62%	94	-57%	89	-59%
Q_f/V_e (kWh/m ³ a)	31,4	-55%	26,5	-62%	29,9	-57%	28,5	-59%
$Q_{f,h}$ (kWh)	88.602	-61%	70.625	-69%	83.200	-64%	77.759	-66%
Q_{NH} (kWh)	48.210	-70%	33.567	-79%	43.663	-72%	39.301	-75%
Q_{NH}/A_{up} (kWh/m ² a)	41	-70%	29	-79%	37	-72%	34	-75%

Skupna potrebna energija za delovanje stavbe razdeljena po posameznih energentih, pa je prikazana na naslednjem grafikonu. Energenti so prikazani po kWh in ne po porabljeni količini. Te vrednosti in cene za posamezni energent bodo predstavljene v prihodnjem poglavju.



Grafikon 5: Energija za delovanje stavbe po energentih

Grafična ponazoritev prihrankov po posameznem energentu.



Grafikon 6: Prihranki energije po energentih

4.4.2 Finančne spodbude Eko sklada, j.s.

Eko sklad je javni sklad Republike Slovenije, ki spodbuja razvoj na področju varstva okolja z dajanjem kreditov oziroma poroštev za okoljske naložbe in z nepovratnimi finančnimi spodbudami za rabo obnovljivih virov energije in učinkovito rabo energije v stavbah. Del razpisa namenjenega občanom za večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb je

celovita energetska prenova stavbe. Iz besedila razpisa lahko razberemo, da imamo možnost, pod določenimi pogoji, koristiti sredstva Eko sklada pri prenovi stavbe. Tem pogojem zadostita sanaciji 5 in 7. Denarna sredstva so namenjena obnovi fasade z minimalno debelino toplotne izolacije 12 cm, izolacije tal proti kleti (8 cm), proti podstrešju (25 cm) Vrednost spodbude je enaka vsoti največjih možnih spodbud za posamezen ukrep, vendar ne sme presežati 25% investicije oziroma 9.000 EUR. Ob upoštevanju vseh teh omejitev lahko izračunamo, da smo upravičeni do sredstev Eko sklada v višini 6.450 EUR, ki jih bomo upoštevali v nadaljevanju.

4.4.3 Primerjava stroškov sanacije

Za primerjavo stroškov sanacijskih scenarijev bomo uporabili LCC (Life Cycle Cost) analizo. LCC analiza je metoda za ekonomsko vrednotenje naložb, ki temelji na diskontiranju posameznih stroškov, ki nastajajo v različnih fazah življenjskega cikla stavbe. Primerjamo lahko neto sedanjo vrednost (NPV, angl. Net Present Value), čim manjša je le-ta, toliko bolj ekonomična je naložba. Primerjati smo želeli predvsem različne scenarije med seboj in ne toliko določiti NPV za celotno stavbo; to praktično pomeni, da je bila naša analiza usmerjena le na tista dele naložb, ki se med seboj razlikujejo. Zato smo izmed stroškov, ki nastopajo pri analizi upoštevali:

- vrednost investicije
- stroške porabe električne energije
- stroške porabe energije za ogrevanje
- strošek zamenjave elementa po pretekli življenjska dobi

Poleg tega pa je potrebno opredeliti:

- ceno energentov in spreminjanje cen energentov
- življenjsko dobo elementov ali sistemov
- diskontno stopnjo

Vrednost investicije je vrednost posameznega sanacijskega scenarija, ki je vsota vseh stroškov del in materialov vseh ukrepov.

Realno ceno posameznega ukrepa določa trg blaga in storitev in je enaka ceni za posamezno storitev ali material, ki jo je pripravljen plačati dobro informiran povprečni kupec dobro informiranemu povprečnemu izvajalcu storitev. Ker smo se hoteli čim bolj približati tem cenam smo pod pretvezo, da bomo dejansko prenavljali objekt poslali prošnje za pripravo

ponudbe različnim gradbenih podjetij po Sloveniji. Takih prošenj smo poslali preko 40. Za lažjo pripravo ponudbe, kar posledično pomeni večjo verjetnost, da bo ponudba narejena in nam poslana, smo v Excelovi preglednici pripravili projektantski popis del. Za vsa dela smo predvideli dve varianti. Varianta A je bila z manj toplotne izolacije, npr. 10 cm za fasado, 15 za streho itd., varianta B pa z več toplotne izolacije, npr. 20 cm za obnovo fasade.

Če pogledamo naše sanacijske ukrepe, vidimo, da imamo posameznih variant debeline dejansko več, vendar smo se odločili, da bomo iz variante A in variante B sami določili strošek dela in materiala za vmesne variante. Razlog za tako odločitev je v tem, da je nerealno pričakovati od izvajalcev, da nam v ponudbi navedejo strošek za npr. debelino toplotne izolacije 5, 7, 11, 15 in 20 cm.

Primer iz popisa del za sanacijski ukrep obnove fasade z debelino toplotne izolacije 10 cm:

01. Čiščenje - pranje fasade z vodnim curkom, odstranitev slabo vezanih delov ometa.
Ocenjeno je 10 % popravilo ometa celotne površine
02. Dobava, montaža in demontaža fasadnega odra, višine do 15 m
03. Dobava materiala in izdelava fasadne obloge zunanjih zidov, silikatni omet 2 mm steklena mrežica utopljena v lepilo toplotna izolacija (ekspandirani polistiren ali kamena volna), lepljeno z ustreznim lepilom po tehnologiji proizvajalca, debeline 10 cm. Odprtine do 3,0 m² se ne odbijajo in so zajete v izmerah.
04. Dobava in vgradnja tipskih fasadnih vogalnikov
05. Odstranjevanje polic, dobava in vgradnja granitnih polic
06. Oblaganje stropa balkona 5 cm EPS, obdelan kot fasada
07. Cokel debeline izolacije 8 cm EPS

Na podlagi prošenj za pripravo ponudbe smo prejeli 4 ponudbe za obnovo fasade, 4 ponudbe za sanacijo stropa kleti, po 2 ponudbi za montažo toplotne izolacije na tla podstrešja in steno proti kleti ter podstrešju, 2 ponudbi za sanacijo strehe, 4 ponudbe za sanacijo tal na terenu, 2 ponudbi za tesnjenje in vgradnjo termostatskih ventilov ter 2 ponudbi za menjavo stavbnega pohištva.

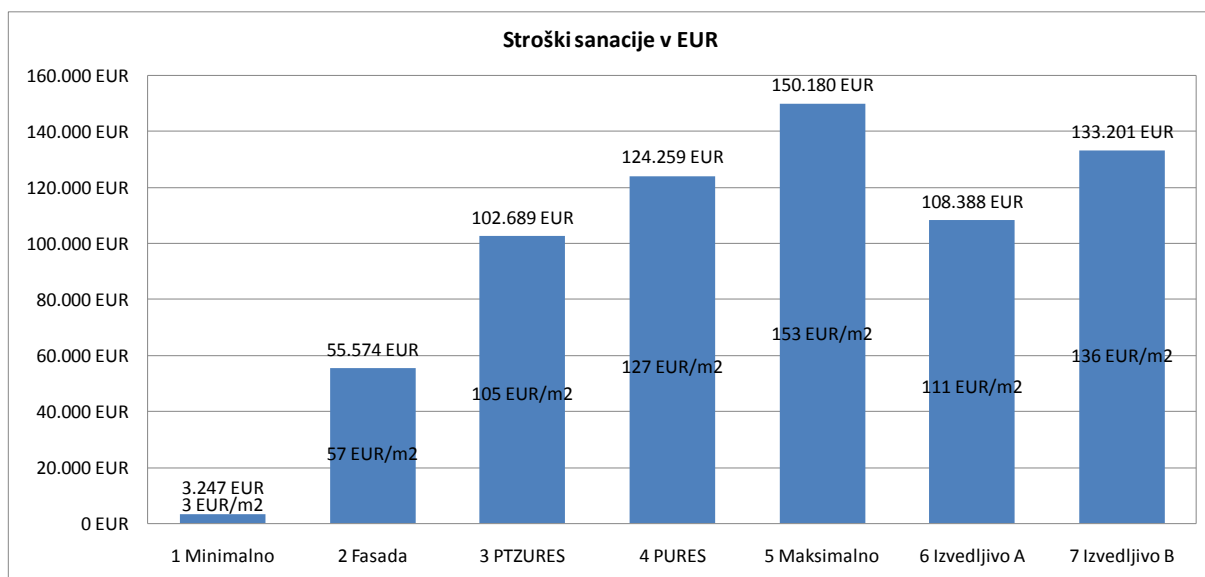
Analiza prejetih ponudb je pokazala v nekaterih postavkah velika odstopanja med izvajalci zato smo ekstremne vrednosti iz nadaljnje analize izpustili. Nato smo pregledali ponudbe iz vidika kupca in smo med različnimi ponudniki izbrali tiste z boljšimi referencami. Tako smo se odločili pri obnovi fasade, strehe in obnovi stropa v kleti. Pri suhomontažnih delih in stavbnemu pohištvu pa smo izbrali najcenejšega ponudnika. Nato smo na podlagi cene

toplotne izolacije izračunali vse variante, ki nastopajo v naših sanacijskih scenarijih. V spodnji preglednici so zbrani stroški izvedbe posameznega ukrepa.

Preglednica 51: Strošek izvedbe posameznega ukrepa

opombe	postavka	količina	enota	cena/enota
fasada	vgradnja 11 cm toplotne izolacije na zunanjo steno	1.100	m ²	51,82 EUR
fasada	vgradnja 15 cm toplotne izolacije na zunanjo steno	1.100	m ²	57,13 EUR
fasada	vgradnja 20 cm toplotne izolacije na zunanjo steno	1.100	m ²	63,78 EUR
fasada	vgradnja 5 cm toplotne izolacije na zunanjo steno	1.100	m ²	43,84 EUR
klet	vgradnja 12 cm toplotne izolacije na strop kleti	140	m ²	19,71 EUR
klet	vgradnja 20 cm toplotne izolacije na strop kleti	140	m ²	22,00 EUR
klet	vgradnja 6 cm toplotne izolacije na strop kleti	140	m ²	18,00 EUR
okna	menjava najstarejših oken s takimi, ki imajo $U_{max} = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	49	kom	310,39 EUR
okna	menjava vseh oken s takimi, ki imajo $U_{max} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	79	kom	323,78 EUR
okna	menjava vseh oken starejših od 5 let s takimi, ki imajo $U_{max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	67	kom	304,17 EUR
okna	tesnenje oken	355	m	3,50 EUR
podstrešje	vgradnja 15 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	300	m ²	60,00 EUR
podstrešje	vgradnja 20 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	300	m ²	67,50 EUR
podstrešje	vgradnja 25 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	300	m ²	75,80 EUR
podstrešje	vgradnja 8 cm toplotne izolacije na tla neogrevanega podstrešja	300	m ²	49,50 EUR
stena stopnišča	vgradnja 15 cm izolacije na steno stopnišča proti kleti in neogrevanem podstrešju	30	m ²	30,00 EUR
streha	vgradnja 14 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	23	m ²	325,00 EUR
streha	vgradnja 18 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	23	m ²	336,20 EUR
streha	vgradnja 25 cm toplotne izolacije v streho stopnišča	23	m ²	355,00 EUR
tla na terenu	vgradnja 5 cm toplotne izolacije na tla stanovanja na terenu, kjer še ni izolacije	100	m ²	30,98 EUR
tla na terenu	vgradnja 7 cm toplotne izolacije na tla stanovanja na terenu, kjer še ni izolacije	100	m ²	33,70 EUR
tla na terenu	vgradnja 8 cm toplotne izolacije na tla stanovanja in stopnišča na terenu, kjer še ni izolacije	125	m ²	35,06 EUR
termo. ventili	vgradnja termostatskih ventilov	35	kom	50,00 EUR
vrata	menjava vhodnih vrat s takimi, ki imajo $U_{max} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	1	kom	1.663,10 EUR

Ob upoštevanju zgornjih postavk lahko izračunamo investicijski strošek posameznega scenarija sanacije. Prikazani so na spodnjem grafu.



Grafikon 7: Stroški sanacijskih scenarijev (tudi na m² bruto stanovajske površine)

Pričakovano se stroški večajo z obsegom sanacije od sanacije 1 do sanacije 5. Naslednji dve sanaciji (6 in 7) predstavljata tiste ukrepe, ki jih dejansko lahko izvedemo, s tem da smo pri zadnji sanaciji predvideli še menjavo oken.

Pri analizi bomo od investicijskih stroškov sanacije 5 in 7 odšteli sredstva Eko sklada.

Življenjska doba vgrajenih elementov je povzeta po pravilniku o vzdrževanju stavb in je za vse ukrepe iz preglednice (Preglednica 51) enaka 30 let, razen za termostatske ventile (10 let).

V pravilniku ni navedena življenjska doba tesnil za tesnjenje oken. Upoštevali smo življenjsko dobo 5 let. Po preteku življenjske dobe je potrebno element zamenjati.

Življenjsko dobo sanacijskih scenarijev bomo prilagodili najdaljši življenjski dobi posameznega elementa, kar pomeni, da bomo obravnavali obdobje 30 let.

Ocena stroškov ogrevanja in stroškov električne energije bo temeljila na sedanji ceni energentov. Objekt je priključen na omrežje Energetike Ljubljana in Elektro Ljubljana.

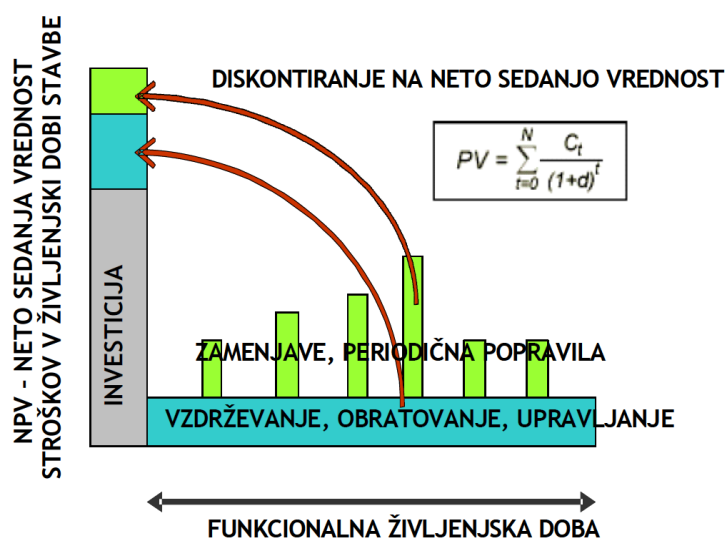
Trenutna cena energentov je (iz spletne strani ponudnikov)

- plin 0,504 EUR/Sm³,
- daljinsko ogrevanje 0,038 EUR/kWh ,
- električna energija 0,108 EUR/kWh .

Pri izračunu cen energentov smo upoštevali samo tisti del, ki je odvisen od porabe.

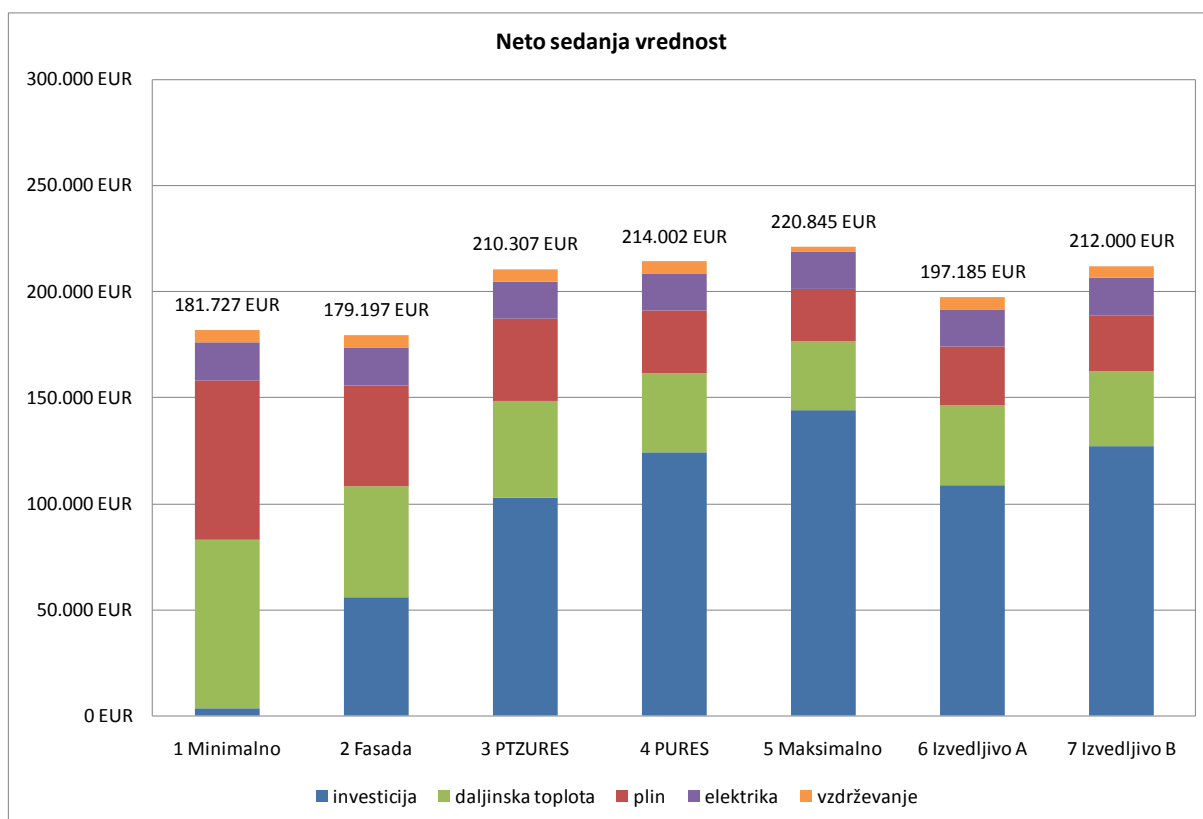
Nastale stroške v življenjski dobi diskontiramo v skladu z izbrano diskontno stopnjo.

Diskontna stopnja odseva pričakovano obrestno mero za kapital. V okviru te naloge smo uporabili diskontno stopnjo 5%.



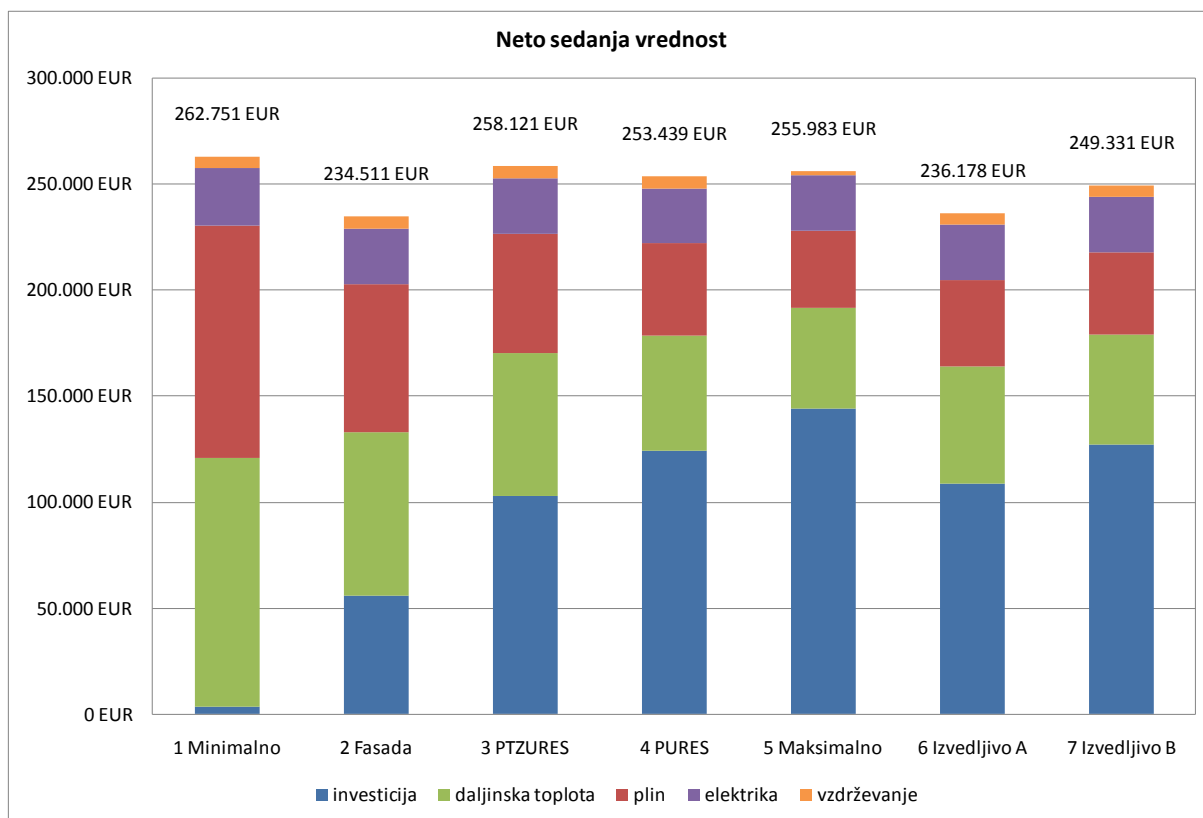
Slika 30: Diskontiranje

Obdobje 30 let smo razdelili na posamezno leto in z diskontno stopnjo izračunali bodoče stroške na neto sedanjo vrednost investicije.



Grafikon 8: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, nespremenjene cene energentov

Neto sedanja vrednost sanacije 2 je najnižja. Razlog za to je v nizki začetni investiciji, ki je osredotočena na največje toplotne izgube stavbe. Najvišja NPV nastopi pri sanaciji, ki zajema sklop ukrepov z največjimi prihranki energije. Ti prihranki niso zadosti veliki, da bi upravičili začetno investicijo. Prihranki izhajajo iz prihrankov energije za delovanje stavbe in cen energentov v prihodnosti. Nespremenljivih cen energentov v prihodnosti ne moremo pričakovati, zato smo v naslednjem koraku upoštevali 3 % letni prirast cene energentov.



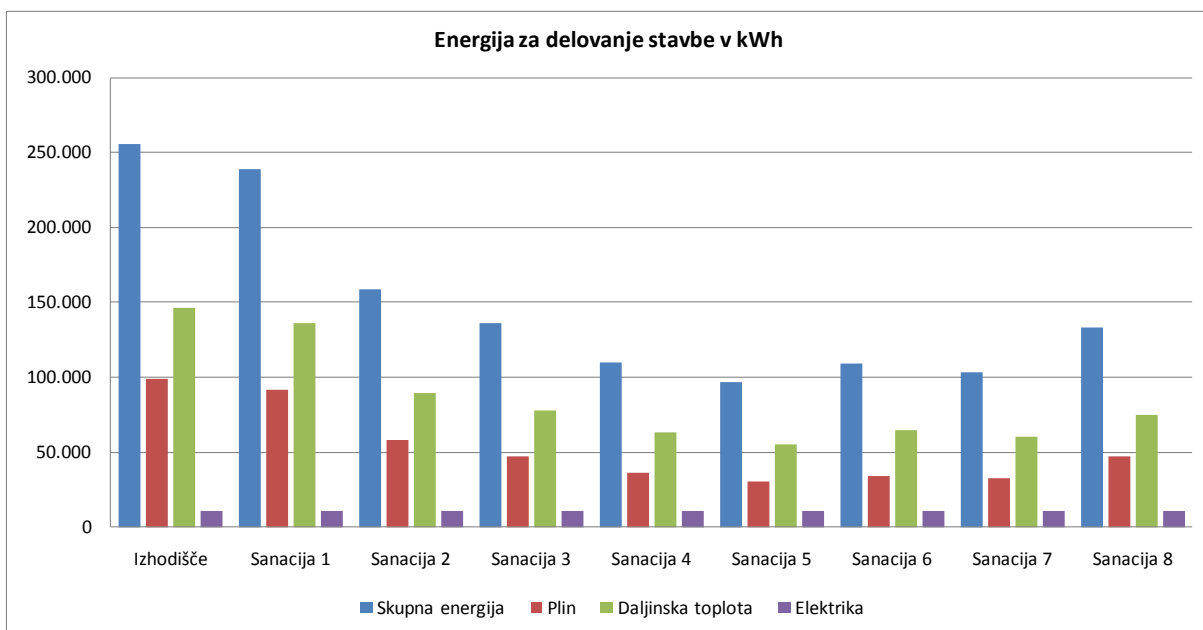
Grafikon 9: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov

Sanacija 2 je še vedno ekonomsko upravičena sanacija. Predstavlja tesnjenje oken, vgradnjo termostatskih ventilov in obnovo fasade s 5 cm toplotne izolacije

Da bomo lažje pojasnili razloge za ta pojav bomo uvedli še sanacijo 8. Sanacijski scenarij 8 bo enak sanaciji 2, s tem, da bomo tokrat izolirali fasado z 20 cm toplotne izolacije.

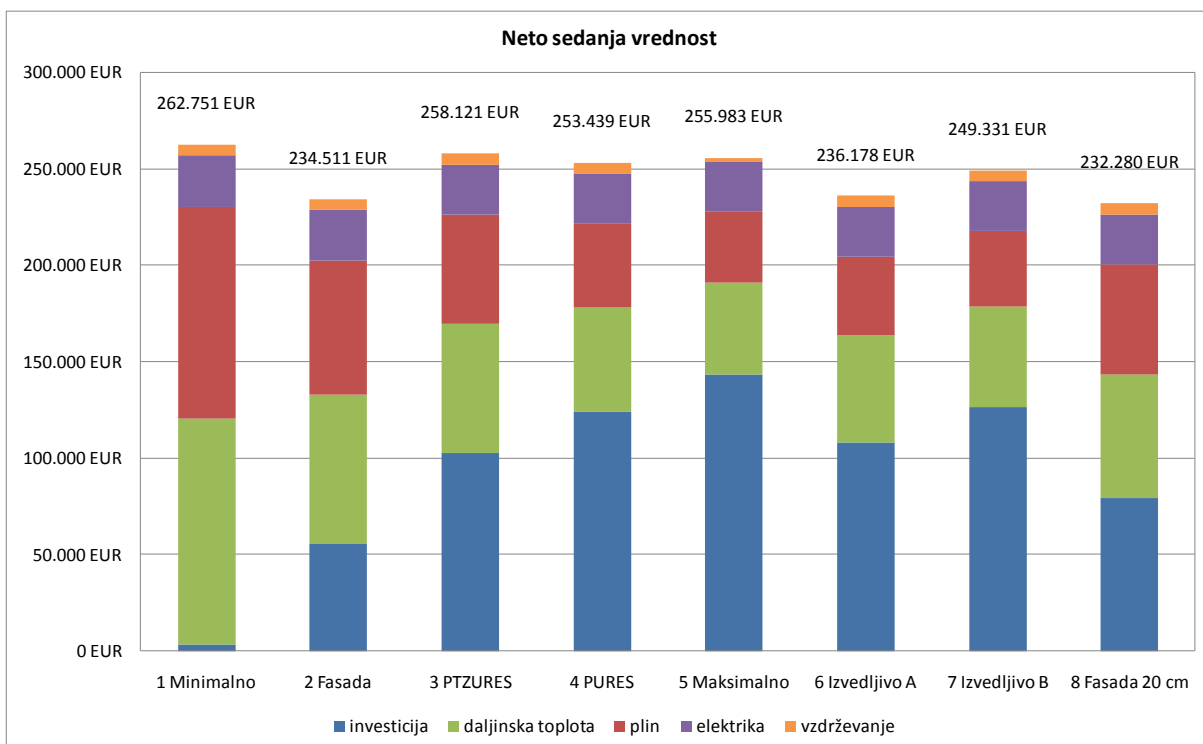
Pričakovali smo, da bomo na tak način relativno povečali prihranke energije proti začetnem strošku investicije. Razlika v strošku obnove fasade s 5 cm toplotne izolacije napram 20 cm je manjša od potencialnih prihrankov.

Novo nastal sanacijski scenarij se po porabi energije za delovanje stavbe uvršča med sanacijo 2 in 3. Investicija pa znaša 79.365 EUR.



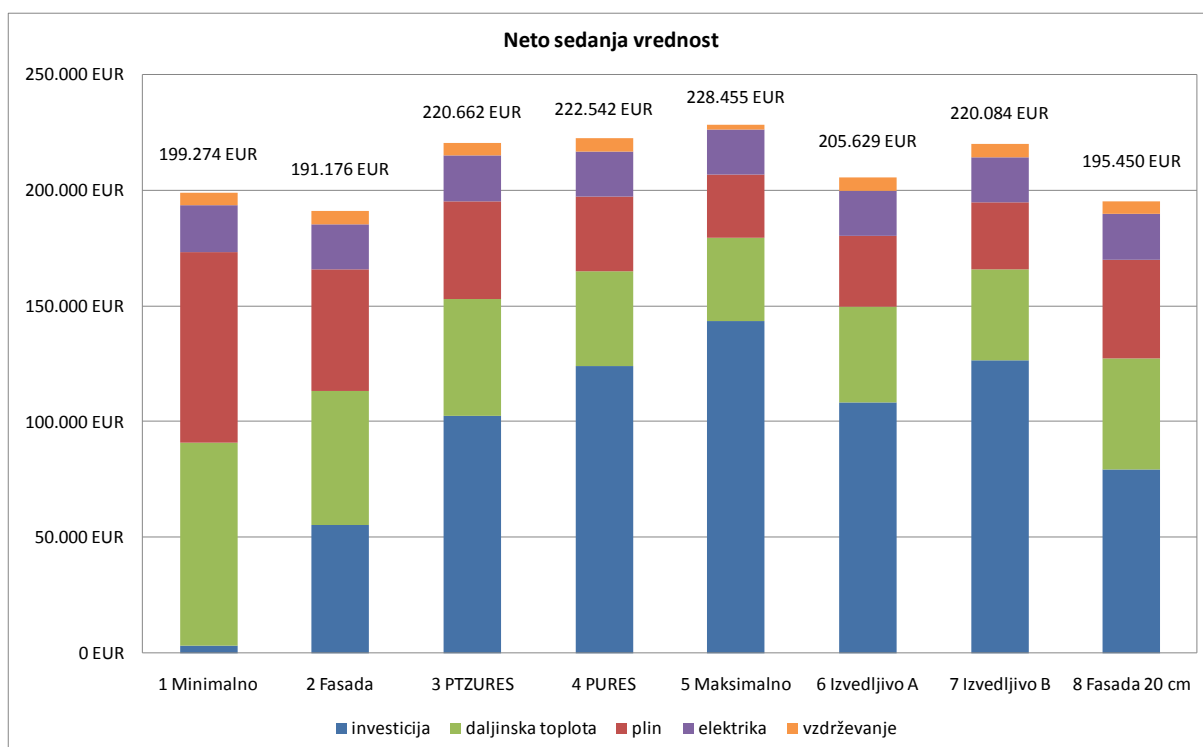
Grafikon 10: Poraba energije po energentih, dodana nova sanacija 8

Neto sedanja vrednost sanacije 8 je najnižja od vseh.



Grafikon 11: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov

Pri stavbi na Jakopičevi 19 smo ugotovili, da pri računu potrebne energije za ogrevanje z uporabo metodologije za izračun kazalcev za energetska izkaznica stavbe, lahko pri LCC analizi naredimo največjo napako zato smo naredili izračun NPV za primer pri 25% nižji potrebni energiji.



Grafikon 12: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov, 25% nižja potrebna energija za ogrevanje

Pri nižji potrebni energiji za delovanje stavbe v ospredje pride strošek investicije, kar najboljše sanacije odrine med neekonomične.

Stroškovna analiza je pokazala, da je najučinkovitejši sanacijski scenarij ta, ki poleg tesnjenja oken in vgradnje termostatskih ventilov vsebuje obnovo fasade stavbe s 5 cm toplotne izolacije. Poleg stroškov pa moramo imeti pred očmi tudi bivanjske pogoje oziroma parametre ugodja ter dodano vrednost stavbi zaradi sanacije. Ocena ugodja je zelo subjektivne narave in jo je težko ekonomsko ovrednotiti. Različne študije so pokazale, da primerna temperatura notranjega zraka, relativna vlažnost in primerno gibanje zraka pripomoreta k boljšemu počutju in s tem povezani večji storilnosti na delovnem mestu. Sanacija 8 (zunanje stene izolirane z 20 cm toplotne izolacije), ki zaseda drugo mesto, bo nedvomno bolj prispevala k

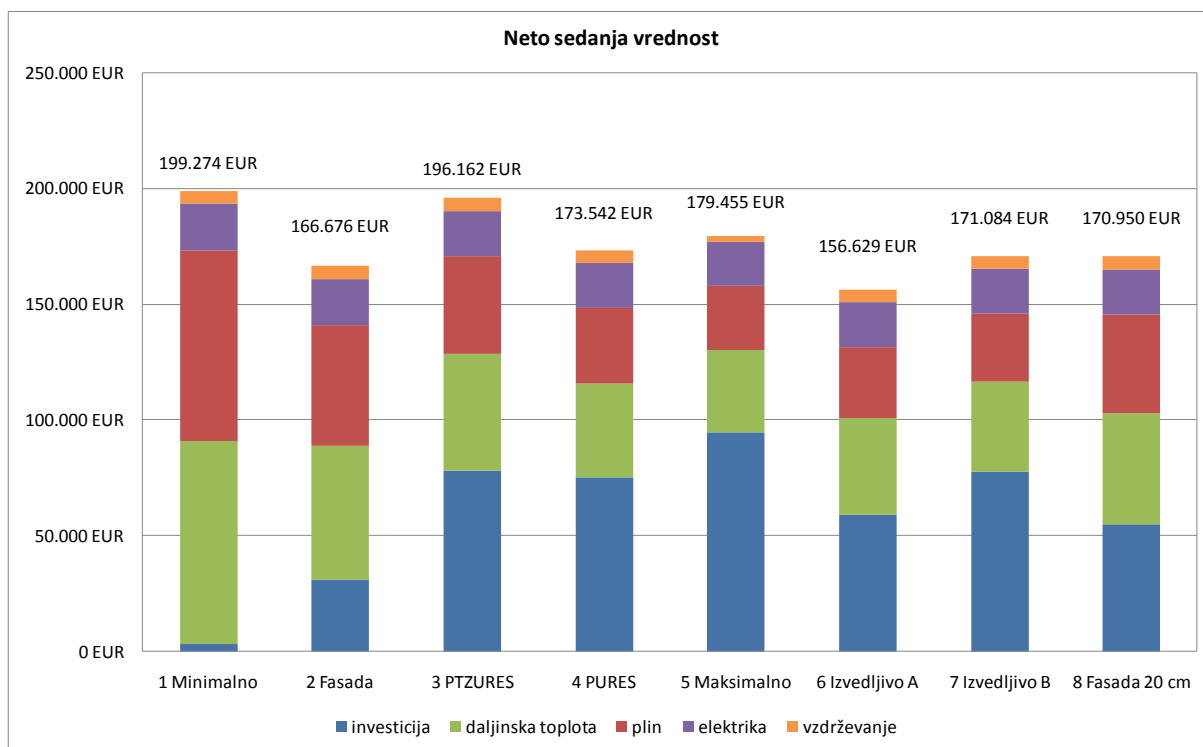
ugodju v prostoru, saj bodo površinske temperature notranjih sten nižje kot pri sanaciji 2 (zunanje stene izolirane s 5 cm toplotne izolacije).

Vrednost nepremičnine je odvisna od tega, koliko bo kupec pripravljen plačati zanjo in za koliko jo bo prodajalec pripravljen prodati. Energetsko obnovljena stavba je več vredna, ker bodoči kupec lahko pričakuje nižje obratovalne stroške in višjo stopnjo ugodja. V nasprotnem primeru pa se morebitni kupec zaveda, da bo poleg višjih stroškov za ogrevanje moral nekoč sam investirati v ustrezno sanacijo. Zato lahko predpostavimo, da se zaradi izvedbe sanacijskih scenarijev zviša vrednost nepremičnine. Upoštevali smo, da se poveča vrednost nepremičnine za:

- pri sanacijah 2, 3 in 8 za 25 EUR/m²
- pri sanacijah 4, 5, 6 in 7 pa za 50 EUR/m²,

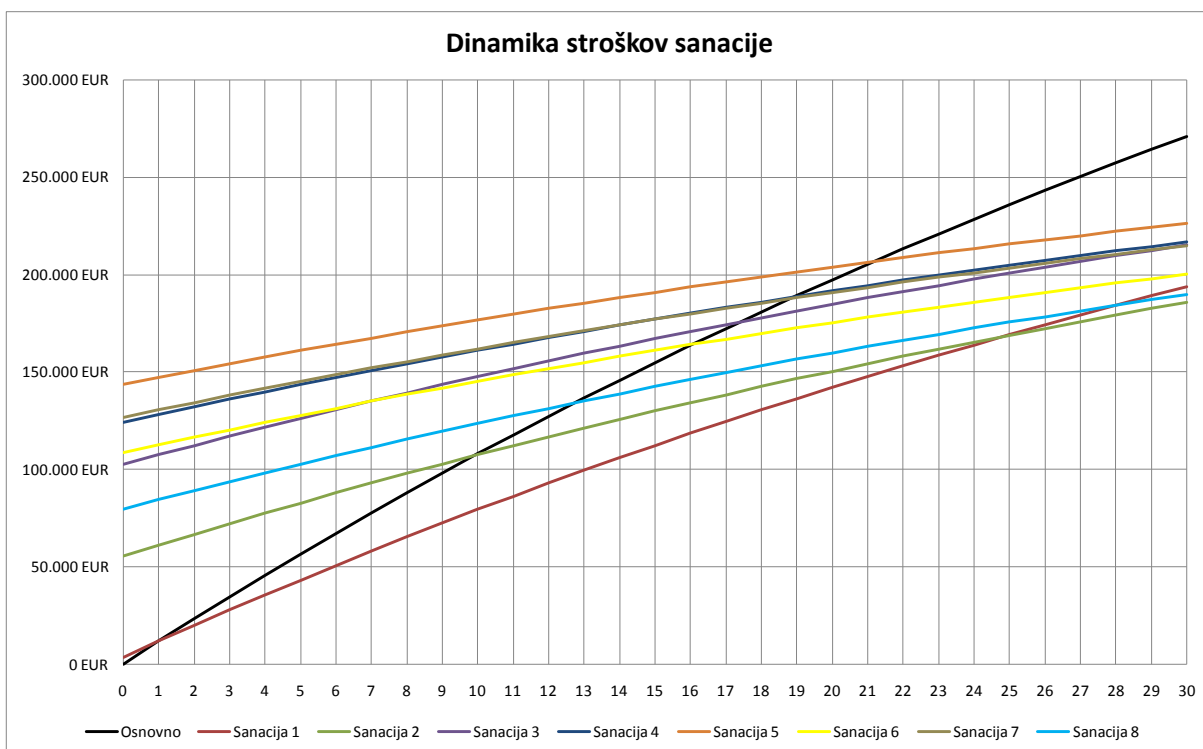
kar smo odšteli od začetne vrednosti investicije (to je sicer groba predpostavka, saj se višja cena nepremičnine odraza šele ob prodaji stanovanja).

Razmerja med sanacijami se spremenijo in tako postane najbolj ekonomična sanacija 6, ki pa predstavlja obsežen poseg v celoten toplotno izolacijski ovoj stavbe



Grafikon 13: NPV, diskontna stopnja 5%, obdobje 30 let, 3% višanje cen energentov, 25% nižja potrebna energija za ogrevanje, upoštevamo dodano vrednost nepremičnine

Pri odločitvi za posamezen ukrep nas poleg stroškov zanima tudi, kdaj se nam investicija povrne. Za določitev vračilne dobe je potrebno pogledati dinamiko stroškov skozi celotno obravnavano obdobje. Primerjava med obstoječim stanjem, ko so investicijski stroški enaki nič in izbrano sanacijo z začetnimi investicijskimi stroški in posledično manjšimi obratovalnimi stroški nam razkrije rok vračanja, ki je enak letom na presečišču obeh krivulj na diagramu dinamike stroškov.



Grafikon 14: Dinamika stroškov sanacije

Najkrajši vračilni rok ima sanacija 1, ukrep se povrne v manj kot letu dni. Sledi ji sanacija 2 (10 let) ter sanacija 8 (13 let). Najkasneje se povrne sanacija 5, to je po 21 letih.

5 ZAKLJUČEK

S prenosom evropske Direktive o energetske učinkovitosti stavb (91/2002/EC) v Energetski zakon smo v Sloveniji predpisali izdajanje energetske izkaznice stavbe. Poleg določb v zakonu je bil na internetnih straneh Ministrstva za okolje in prostor v javno obravnavo dan tudi Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, ki podrobneje opredeljuje postopke povezane z izdajanjem energetskih izkaznic. Pravilnik podaja računsko metodologijo za izračun energijskih kazalcev, ki smo jo predstavili in z njeno pomočjo izdali prvo energetsko izkaznico za stavbo na Jakopičevi 19 v Ljubljani. Uporaba računskih postopkov iz metodologije je pokazala nekatere pomanjkljivosti in napake, zato smo na nekaterih mestih naredili določene predpostavke in poenostavitve, s katerimi smo pomanjkljivosti zaobšli. Zapažene napake smo si zabeležili in jih posredovali pristojnim za sprejem pravilnika na Ministrstvu za okolje in prostor.

Stavbo na Jakopičevi 19 smo uporabili za prikaz metodologije in izračun, ker smo imeli na razpolago podatke o merjeni rabi energije in izračune energijskih kazalcev različnih izvajalcev. S pomočjo teh podatkov smo obravnavali dve pereči temi, povezani z energetskimi izkaznicami stavb. Prva se nanaša na primerljivost z dejansko rabo energije, saj to uporabnike navadno najbolj zanima, druga pa na ponovljivost izračuna. Pogosto vprašanje je namreč ali je izračun energijskih kazalcev odvisen od izdelovalca izkaznice. Vzporedno z obema vprašanjema se pojavlja dilema ali uporabiti merjeno ali računsko rabo energije za prikaz na energetski izkaznici, česar v sklopu te naloge nismo obravnavali.

Primerjava med računsko in dejansko rabo energije je pokazala na velika odstopanja. Razlogi za odstopanja so v računskih postopkih, režimu uporabe stavbe in drugih predpostavljenih vrednostih. Odstopanja v osnovi izhajajo iz dejstva, da je pri energetski izkaznici stavbe raba energije izračunana pri standardnem načinu rabe stavbe. Osnovni namen izkaznice je omogočanje medsebojne primerljivosti različnih stavb, evidentiranje priporočenih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti in s tem promocija učinkovite rabe energije v stavbah. Nadaljnje prilagoditve metodologije računa energijskih kazalnikov stavbe bodo omogočile manjši razkorak med računskimi in dejanskimi vrednostmi kazalcev rabe energije, seveda pa se ne moremo izogniti posledicam vpliva individualnega načina rabe stavbe.

Analiza je pokazala, da odločitve izdelovalcev energetske izkaznice znatno vplivajo na izračunane energijske kazalce. Največja odstopanja so se pojavila v prvi fazi izračuna; ob povzemanju geometrijskih karakteristik stavbe iz načrtov in pri sprejemanju osnovnih odločitev o računskem modelu (določitev mej ogrevanih prostorov, razdelitev na cone ipd.). Napake iz prve faze so se prenašale do končnega rezultata, kjer so odstopanja znašala do 83%. Da bi se izognili takim odstopanjem, bi bilo treba poleg predlagane metodologije izdelovalcem podati tudi podrobna navodila za uporabo, kjer bi bile poenotene in na zgledih prikazane najpomembnejše odločitve v fazi izračuna.

Obvezni del energetske izkaznice stavbe bodo predlogi stroškovno učinkovitih ukrepov za učinkovitejšo rabo energije v stavbah. Predlog pravilnika omenja generično izdelane predloge, brez utemeljitve o stroškovni učinkovitosti za konkretno stavbo. Stavba na Koroški 22 v Ljubljani nam je služila za vpogled v ta del energetske izkaznice. Zamislili smo si hipotetično situacijo, pri kateri pride do prodaje enega izmed stanovanj. Po zakonu je potrebno izdati energetsko izkaznico in tako pride do stika med izdelovalcem, strokovnjakom s področja gradbeništva, in stanovalci.

Ker se bo obravnavana stavba zaradi graditve Bežigrajskega štadiona tudi zares obnavljala smo pripravili 8 predlogov sanacijskih scenarijev, zbir ukrepov za izboljšanje trenutnega stanja. Sanacijske scenarije smo pripravili v skladu s trenutno veljavnimi predpisi, razpisi Eko-sklada za denarne spodbude in z danimi tehničnimi možnostmi ter smernicami za nizkoenergijsko gradnjo oziroma prenovo stavb. Zanesljivi tehnični in ekonomski podatki so nujna osnova za pravilno odločanje, zato smo cene gradbenih del in storitev povzeli iz prejetih ponudb izvajalcev, ki niso vedeli, da sodelujejo pri pripravi tega diplomskega dela.

Za primerjavo sanacijskih scenarijev smo uporabili poenostavljeno LCC analizo z diskontiranjem prihodnjih stroškov ter primerjali neto sedanjo vrednost stroškov scenarijev. Stroškovna analiza je pokazala, da je najučinkovitejši sanacijski scenarij ta, ki poleg tesnjenja oken in vgradnje termostatskih ventilov vsebuje obnovo fasade stavbe s samo 5 cm toplotne izolacije. Glede na aktualne usmeritve k nizkoenergijski in celo nizkoogljični gradnji, je razumljivo, da nad rezultatom nismo bili navdušeni, zato smo scenarije pogledali še skozi prizmo notranjega udobja in vrednosti nepremičnine. Bivanjske razmere smo opisali

kvalitativno, medtem ko smo z enostavno predpostavko večje vrednosti nepremičnine ugotovili, da je najbolj ekonomična varianta sanacija 6 (najobsežnejša tehnično izvedljiva investicija, ki obsega toplotno zaščito celotnega ovoja v debelini med 15 cm in 25 cm in menjavo vhodnih vrat, izključuje pa sorazmerno drago menjavo oken). Preverili smo tudi vračilne dobe scenarijev in ugotovili, da je najkrajši vračilni rok dosegla najmanjša investicija, scenarij 1 (tesnjenje oken in vgradnja termostatskih ventilov).

Menimo, da bi bilo v Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb smotno uvrstiti prikazano metodo na LCC temelječe stroškovne analize, za katero pa bi bilo potrebo priskrbeti primerne podatke. Podatki o cenah storitev in materialov najpogostejših ukrepov bi bili lahko objavljeni na internetni strani pristojnega ministrstva, na tak način dostopni vsem in periodično posodobljeni.

VIRI

Elektro Ljubljana. Cenik električne energije.

<http://www.elektro-ljubljana.si/slo/Ceniki> (12. marec 2009)

Energetika Ljubljana. Cenik plina.

<http://www.jh-lj.si/index.php?p=2&m=56&k=171> (13. marec 2009)

Energetika Ljubljana. Cenik toplote.

<http://www.jh-lj.si/index.php?p=2&m=56&k=392> (14. marec 2009)

EPBD Buildings Platform.

<http://www.buildingsplatform.eu/> (1. april 2009)

Projekt Ureditveno območje CS 7/8 Nove Poljane, faza PZI, Oktober 1997, investitor: Mestna občina Ljubljana, projektant: Liz inženiring d.d.

Rakušček, A., 2001. Primerjava metod za analizo vpliva toplotnih mostov na toplotno bilanco stavbe. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer: 64 str.

Šijanec Zavrl, M. Malovrh, M. Tomšič, M. Kovič, S. Skubic, M. Praznik, M. Butala, M. 2004. Raziskovalni projekt št. RP1/04: Obvladovanje stroškov za energijo v večstanovanjskih stavbah MOL. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana: 211 str.

Šijanec Zavrl, M. Malovrh, M. Tomšič, M. Rakušček, A. Butala, V. Prek, M. Mušič, S. Stritih, U. 2008. Projekt strokovnih podlag za pripravo predloga Pravilnika o energetske učinkovitosti stavb. Ljubljana. Gradbeni inštitut ZRMK, d.o.o. Fakulteta za strojništvo. Univerza v Ljubljani. 2004: 25 str.

Šijanec Zavrl, Skubic, M., Rakušček, A. 2007. Projekt EIE BUDI, 2005 – 2007. Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK, EC – program EIE, Ministrstvo za okolje in prostor.

Zakoni, predpisi, uredbe, razpisi in pravilniki

Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb. UL L št. 1/03:65

Energetski zakon. UL RS št. 27/07:1351

Javni razpis za nepovratne finančne spodbude občanom za rabo obnovljivih virov energije in večjo energijsko učinkovitost stanovanjskih stavb 1SUB-OB08. UL RS št. 53/08: 1953 - 1957

Osnutek pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (v javni obravnavi).

<http://www.mop.gov.si/si/splosno/cns/novica/browse/1/article/7621/6776/1e3bed88c5/> (4. april 2009)

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. UL RS št. 42/02:2013

Pravilnik o standardih vzdrževanja stanovanjskih stavb in stanovanj. UL RS 20/04:878

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. UL RS št. 42/02:2012

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. UL RS št. 93/08:3939

Uredba o enotni metodologiji za izdelavo programov za javna naročila investicijskega značaja. UL RS 82/98:4180

Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. 2004. Ljubljana. Vlada RS.

Standardi

SIST EN 12831:2004 - Grelni sistemi v stavbah – Metoda izračuna projektne toplotne obremenitve - Heating systems in buildings - Method for calculation of the design heat load

SIST EN ISO 13370 - Toplotne karakteristike stavb - Prenos toplote skozi zemljo - Računske metode (ISO 13370:2007) - Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods

SIST EN ISO 13789:2008 - Toplotne značilnosti stavb - Toplotni koeficienti pri prenosu toplote in prezračevanja - Računska metoda (ISO 13789:2007).

SIST EN ISO 13790:2008 - Toplotne značilnosti stavb - Računanje potrebne energije za gretje in hlajenje prostora (ISO 13790:2008) - Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO13790:2008)

SIST EN ISO 6946:2008 - Gradbene komponente in gradbeni elementi - Toplotna upornost in toplotna prehodnost - Računska metoda (ISO 6946:2007) - Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method (ISO 6946:2007).