

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat/-ka:

DOMEN ŠTIHEC

**ANALIZA ENERGETSKIH IZKAZNIC PRED IN PO PRENOVI
ENO IN VEČSTANOVANJSKIH STAVB V POMURSKI REGIJI**

**ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE ANALYSIS BEFORE
AND AFTER THE RENOVATION OF ONE- AND
MULTI-DWELLING RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE
POMURJE REGION**

Mentor/-ica:

doc. dr. Roman Kunič

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	699.86:728(497.4)(043.2)
Avtor:	Domen Štihec
Mentor:	doc. dr. Roman Kunič
Naslov:	Analiza energetskih izkaznic pred in po prenovi eno in večstanovanjskih stavb v Pomurski regiji
Tip dokumenta:	Diplomska naloga - univerzitetni študij
Obseg in oprema:	47 str., 17 pregl., 10 sl., 10 graf.
Ključne besede:	Energetska izkaznica, energetska učinkovitost stavb, enostanovanjske stavbe, večstanovanjske stavbe, energetska prenova, orientacija stavbe, stavbni ovoj, toplotne izgube

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavam rezultate energetskih izkaznic pred in po prenovi eno in večstanovanjskih stavb na podlagi dveh izbranih analiz. Pri prvi analizi proučujem vpliv spremembe debeline toplotne izolacije (oziroma njeno dodajanje v primerih, kjer manjka), pri drugi pa vpliv spremembe orientacije stavbe na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} . Pri prvi analizi predpostavljam stanje pri katerem dodajam toplotno izolacijo (maksimalno do debeline 20 cm) le na zunanje stene stavbnega ovoja napram zunanosti. Na podlagi rezultatov spremembe letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} se izkaže, da pri naših primerih izvedeni konstrukcijski ukrepi v povprečju trikrat bolj vplivajo na rezultate pri enostanovanjskih stavbah kot pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah. Prihranki pri stroških ogrevanja so pri naših primerih tako pri enostanovanjskih stavbah v povprečju celo petkrat večji. V sklopu druge analize spreminjam orientacijo stavb za 90°, 180° in 270° glede na obstoječe stanje ter ugotavljam na podlagi sprememb vrednosti Q_{NH} ali je stavba najbolj optimalno orientirana ali ne. Izkaže se, da kljub poznavanju vplivov dobitkov sončnega obsevanja, večina obravnavanih stavb še vedno ni najbolj optimalno orientirana. Prihranki pri stroških ogrevanja so pri naših primerih zaradi sprememb orientacije stavb oziroma stavbnih enot v povprečju dvakrat večji pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah kot pri enostanovanjskih stavbah.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.86:728(497.4)(043.2)
Author:	Domen Štihec
Supervisor:	Assistant Professor Roman Kunič, Ph.D.
Title:	Energy performance certificate analysis before and after the renovation of one- and multi-dwelling residential buildings in the Pomurje region
Document type:	Graduation Thesis - University studies
Scope and tools:	47 p., 17 tab., 10 fig., 10 graph.
Keywords:	Energy performance certificate, the energy efficiency of buildings, one-dwelling residential buildings, multi-dwelling residential buildings, energy renovation, building orientation, the building envelope, heat loss

Abstract

The thesis presents the results of energy performance certificates before and after the renovation of one- and multi-dwelling residential buildings, based on two selected analyses. The first analysis examines the impact of insulation thickness changes (or its addition where missing), while the second analysis is focused on the impact of building orientation changes on the annual heat consumption necessary for heating the building Q_{NH} . The first analysis assumes a state, where TI of maximum thickness of 20 cm is added only to the exterior walls of building envelope relative to the outside. Based on the results of the change of the annual heat consumption required for heating the building Q_{NH} , it is shown that the implemented structural measures in the present case have three times greater impact on the results of one-dwelling residential buildings than on the results of multi-dwelling residential buildings. On average, savings on heating costs are in the present case five times greater in one-dwelling residential buildings. In the second analysis, the buildings' orientation is being changed by 90°, 180° and 270° in relation to the existing situation. Based on the changes of the Q_{NH} value, it is concluded whether the building is optimally oriented or not. It is shown that most of the buildings are still not optimally oriented, despite knowledge of the effects of solar radiation gain. On average, savings on heating costs in the present case related to the changes in building orientation are twice as great in multi-dwelling residential buildings than in one-dwelling residential buildings.

ZAHVALA

Za pomoč, potrpežljivost in usmeritve pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem svojemu mentorju doc. dr. Romanu Kuniču.

Zahvaljujem se tudi svojim staršema, očetu Antonu in mami Marini, ter sestri Tini, ker so mi omogočili študij ter me tekom študija vedno podpirali in spodbujali.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO VSEBINE.....	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO GRAFIKONOV.....	IX
KAZALO SLIK.....	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XI
SLOVAR STROKOVNIH BESED IN TUJK.....	XIII
1 UVOD	1
1.1 Namen in cilji.....	1
1.2 Metoda dela.....	2
2 PRAVNI AKTI	3
2.1 Evropska Direktiva o energetske učinkovitosti v stavbah – EPBD-r	3
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (del ZGO) – PURES 2010	3
2.3 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (del ZGO).....	4
2.4 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb (del EZ).....	4
3 OBRAVNAVANE STAVBE.....	6
3.1 Večstanovanjske stavbe	6
3.1.1 Podatki iz računskih energetskih izkaznic (rEI)	6
3.1.2 Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja	7
3.2 Enostanovanjske stavbe	11
3.2.1 Podatki iz računskih energetskih izkaznic (rEI)	11
3.2.2 Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja	13
4 ANALIZE IN PRIMERJAVE	17
4.1 Ugotavljanje vpliva spremembe debeline TI na energijske kazalnike stavb in stavbnih enot	18
4.1.1 Opis postopka izračuna	18
4.1.2 Rezultati izračunov	24
4.1.2.1 Enostanovanjske stavbe.....	24
4.1.2.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah	25

4.1.3	Analiza rezultatov	27
4.1.3.1	Enostanovanjske stavbe.....	27
4.1.3.2	Stanovanja v večstanovanjskih stavbah.....	28
4.1.4	Prihranki stroškov ogrevanja v evrih na leto	29
4.1.4.1	Enostanovanjske stavbe.....	29
4.1.4.2	Stanovanja v večstanovanjskih stavbah.....	30
4.1.5	Primerjava rezultatov med enostanovanjskimi stavbami in stanovanji v večstanovanjskih stavbah	31
4.2	Ugotavljanje vpliva spremembe orientacije na energijske kazalnike stavb in stavbnih enot	35
4.2.1	Opis postopka izračuna	35
4.2.2	Rezultati izračunov	38
4.2.2.1	Enostanovanjske stavbe.....	38
4.2.2.2	Stanovanja v večstanovanjskih stavbah.....	39
4.2.3	Analiza rezultatov	39
4.2.3.1	Enostanovanjske stavbe.....	39
4.2.3.2	Stanovanja v večstanovanjskih stavbah.....	40
4.2.4	Prihranki stroškov ogrevanja v evrih na leto za posamezno orientacijo	42
4.2.4.1	Enostanovanjske stavbe.....	42
4.2.4.2	Stanovanja v večstanovanjskih stavbah.....	43
5	ZAKLJUČEK.....	44
VIRI		46

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Energijski kazalniki obravnavanih stanovanj v večstanovanjskih stavbah.....	6
Preglednica 2: Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja napram zunanosti	8
Preglednica 3: Energijski kazalniki obravnavanih enostanovanjskih stavb	12
Preglednica 4: Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja nad terenom	13
Preglednica 5: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe za enostanovanjske stavbe	24
Preglednica 6: Vrste uporabljenih TI in njihove debeline	25
Preglednica 7: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe za stanovanja v večstanovanjskih stavbah	25
Preglednica 8: Vrste uporabljenih TI in njihove debeline	26
Preglednica 9: Prihranki stroškov ogrevanja za enostanovanjske stavbe	30
Preglednica 10: Prihranki stroškov ogrevanja za stanovanja v večstanovanjskih stavbah	31
Preglednica 11: Izračunana povprečja starih in novih vrednosti Q_{NH}	33
Preglednica 12: Izračunane povprečne vrednosti prihrankov stroškov ogrevanja	34
Preglednica 13: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe v odvisnosti od orientacije enostanovanjskih stavb	38
Preglednica 14: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe v odvisnosti od orientacije stanovanj v večstanovanjskih stavbah	39
Preglednica 15: Prihranki stroškov ogrevanja za enostanovanjske stavbe glede na posamezno orientacijo	42
Preglednica 16: Prihranki stroškov ogrevanja za stanovanja v večstanovanjskih stavbah glede na posamezno orientacijo	43
Preglednica 17: Izračunane povprečne vrednosti prihrankov stroškov ogrevanja	44

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Letnice izgradenj obravnavanih večstanovanjskih stavb po vrsti od najstarejše do najmlajše	7
Grafikon 2: Letnice izgradenj obravnavanih enostanovanjskih stavb po vrsti od najstarejše do najmlajše	12
Grafikon 3: Izračunane in dovoljene vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe	27
Grafikon 4: Izračunane in dovoljene vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe	28
Grafikon 5: Kondicionirane površine stavb in stavbnih enot po vrsti od najmanjše do največje	32
Grafikon 6: Stare vrednosti Q_{NH} za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah pridobljene s strani izdelovalcev energetskih izkaznic po vrsti od najmanjše do največje	32
Grafikon 7: Nove vrednosti Q_{NH} za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah kot posledica naših ukrepov	33
Grafikon 8: Prihranki stroškov ogrevanja za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah po vrsti od najmanjših do največjih	34
Grafikon 9: Razlike letnih potreb toplote za ogrevanje stavb Q_{NH} pri enostanovanjskih stavbah	40
Grafikon 10: Razlike letnih potreb toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah.....	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Razredi energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m ² a] (Vir: [12])	5
Slika 2: Lokacije obravnavanih stavb (Vir: Google Maps)	17
Slika 3: Osnovni nivo podatkov v programu URSA	19
Slika 4: Nivo »Analiza gradbenih konstrukcij« v programu URSA	20
Slika 5: Prikaz slojev v konstrukciji zunanje stene napram zunanosti	21
Slika 6: Dodan sloj TI na zunanjo steno	22
Slika 7: Prikaz rezultatov izračuna v programu URSA	23
Slika 8: Osnovni nivo podatkov v programu URSA	36
Slika 9: Nivo "Ovoj stavbe" v programu URSA	37
Slika 10: Smeri obračanja konstrukcijskih sklopov	37

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A	Površina
A _k	Kondicionirana površina stavbe
CO ₂	Ogljikov dioksid
EI	Energetska izkaznica
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EU	Evropska unija
EZ	Energetski zakon
f ₀	Oblikovni faktor
FAS	Fasada
JUS	Jugoslovanski standard
mEI	Merjena energetska izkaznica
NK	Nosilna konstrukcija
NP	Neprozorne površine
NP	Ni potrebno
PEI	Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskega izkaznika stavb
PP	Prozorne površine
PURES 2010	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
Q _f	Letna dovedena energija za delovanje stavbe
Q _{NH}	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe
Q _p	Letna primarna energija za delovanje stavbe
R	Toplotna upornost konstrukcije
rEI	Računska energetska izkaznica
REU	Razred energetske učinkovitosti
R _T	Skupna toplotna upornost
S, J, V, Z	Sever, jug, vzhod, zahod
SIST EN ISO	Slovenski nacionalni standard
sNES	Skoraj nič-energijska stavba
SV, SZ, JV, JZ	Severovzhod, severozahod, jugovzhod, jugozahod
TI	Toplotna izolacija
TSG	Tehnična smernica za graditev
U	Toplotna prehodnost
U _c	Skupna toplotna prehodnost

UMAX	Največja dovoljena toplotna prehodnost
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
URE	Učinkovita raba energije
URSA DF 40	Toplotno izolacijski filc iz steklene mineralne volne [16]
URSA EXP-N-III-PZ-I	Trde izolacijske plošče iz ekstrudiranega, penjenega polistirena, tip Natur III, penjene s CO ₂ brez freonov, površinsko strukturirane [16]
URSA FDP 1	Samonosne lahke izolacijske plošče iz steklene volne – vodoodbojne [16]
URSA FDP 2	Fasadne izolacijske plošče iz steklene volne – vodoodbojne [16]
URSA FDP 2V	Fasadne izolacijske plošče iz steklene volne – vodoodbojne, enostransko kaširane s črnim (Vf) ali rumenim (Vk) steklenim voalom [16]
ZGO	Zakon o graditvi objektov
λ	Toplotna prevodnost

SLOVAR STROKOVNIH BESED IN TUJK

Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. Bistven del energetske izkaznice ni zgolj podatek o rabi energije, temveč tudi predlagani ukrepi za povečanje energijske učinkovitosti, ki so del energetske izkaznice [1].

Faktor oblike f_0 [m^{-1}] je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino stavbe ($f_0 = A/V_e$) [10].

Količnik specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T [W/m^2K] je razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T in celotno zunanjo površino stavbe A [10].

Količnik transmisijskih toplotnih izgub H_T [W/K] je količnik, določen po standardu SIST EN ISO 13790 [11].

Kondicionirana površina stavbe A_k [m^2] je ogrevana oziroma hlajena zaprta neto površina stavbe, določena v skladu s standardom SIST EN ISO 13789 in pravilnikom, ki ureja metodologijo učinkovite rabe energije v stavbah [7].

Letna dovedena energija za delovanje stavbe Q_f [kWh/a] je končna energija dovedena sistemom v stavbi za pokrivanje potreb za ogrevanje, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljavo, izračunana po pravilniku, ki ureja učinkovito rabo energije v stavbah [7].

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} [kWh/a] je toplota, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja in je določena računsko po pravilniku, ki ureja učinkovito rabo energije v stavbah [7].

Letna primarna energija za delovanje stavbe Q_p [kWh/a] je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetske virov, ki niso izpostavljeni tehnični pretvorbi in so porabljeni za delovanje stavbe [7].

Letne emisije CO_2 [$kg/(m^2a)$] pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe in se določijo v skladu s predpisi, ki urejajo učinkovito rabo energije v stavbah [7].

Razred energetske učinkovitosti je razred v katerega je uvrščena stavba na podlagi energijskega kazalnika letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} , dobljenega na podlagi izračuna, ki je definiran v tehnični smernici TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Obstaja devet razredov energetske učinkovitosti (A1, A2, B1, B2, C, D, E, F, G).

Skoraj nič-energijska stavba je stavba, ki zaradi majhne količine potrebne energije za delovanje dosega visoko energetske učinkovitosti na ta način, da vso (oziroma v večini) potrebno energijo za delovanje proizvede iz obnovljivih virov na samem kraju, kjer je postavljena.

Temperaturni gradient ($\Delta T/d$) je količnik, ki nam pove kako se spreminja temperatura v smeri toplotnega toka.

Toplotna prehodnost U [W/m^2K] je celotna toplotna prehodnost, ki upošteva prehod toplote skozi element ovojne stavbe in vključuje prevajanje, konvekcijo in sevanje [11].

Toplotna prevodnost λ [W/mK] je snovna lastnost materiala, določena pri srednji delovni temperaturi in vlažnosti materiala [11].

Transmisijske toplotne izgube Q_T [W] so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe [11].

1 UVOD

Energetska učinkovitost stavb. Pojem, ki v tesni povezavi z doseganjem ciljev zmanjševanja emisij toplogrednih plinov in preusmerjanjem na uporabo večjega deleža obnovljivih virov energije postaja v sodobnem času eden izmed najbolj obravnavanih snovi. Energetsko učinkovite stavbe so tiste stavbe, ki potrebujejo malo oziroma skoraj nič energije za ogrevanje in hlajenje, pri čemer se za njihovo delovanje v večini uporabljajo obnovljivi viri energije. Na ta način so prijaznejše do okolja saj ustvarjajo manjšo količino izpustov toplogrednih plinov in s tem povečujejo stopnjo varovanja okolja. Ustvarjajo ugodno bivalno okolje, povečujejo kakovost bivanja ter zmožnost obvladovanja življenjskih stroškov [8].

S stališča energetske učinkovitosti in uporabe obnovljivih virov energije imajo največji potencial že obstoječe stavbe, zato so slednje predmet kvantitativno najbolj obsežnih raziskav ter razvojnih tehnologij in konceptov energetskih prenov [17]. Rezultati raziskav [4] kažejo, da v Sloveniji prevladujejo energetsko neučinkovite stavbe. Po mnenju raziskovalcev se pri eno in večstanovanjskih stavbah največji potencial prihranka energije skriva v izolaciji energetsko neučinkovitih stavb. Rezultati kažejo, da 59% enostanovanjskih in 75% večstanovanjskih stavb sodi po debelini izolacije fasade med energetsko neučinkovite. Poleg tega ima le 31% enostanovanjskih in 39% večstanovanjskih stavb energetsko učinkovita okna (okna z toplotno prehodnostjo U med 0,6 in 0,8 W/m²K po današnjih kriterijih). Potencial za energetske preнове je torej izjemno velik, vprašanje je le ali se bomo zadosti hitro in učinkovito ažurirali pri njihovi izvedbi ter na ta način približali ciljem energetske politike Evropske unije.

1.1 Namen in cilji

Namen in cilji diplomske naloge so:

- Opraviti analizo energijskih kazalnikov enostanovanjskih stavb in stanovanj v večstanovanjskih stavbah, pridobljenih s strani izdelovalcev energetskih izkaznic s poudarkom na letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe Q_{NH} .
- Opraviti analizo vpliva spremembe debeline toplotne izolacije (oziroma njenega dodajanja) na energijske kazalnike stavb s poudarkom na letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe Q_{NH} .
- Ugotoviti ali je z izbranimi konstrukcijskimi ukrepi možno doseči predpisane vrednosti, definirane v pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah.
- Poskušati ugotoviti kako sprememba orientacije stavbe oziroma stavbne enote vpliva na energijske kazalnike stavb s poudarkom na letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe Q_{NH} .
- Ugotoviti ali so obravnavane enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah najbolj optimalno orientirana in, če ne, katera orientacija je najugodnejša.
- Dokazati pomembnost pravilne orientiranosti stavbe na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov stavb s poudarkom na letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe Q_{NH} .
- Ugotoviti višino prihrankov pri stroških ogrevanja v evrih na leto v primeru izvedbe izbranih konstrukcijskih ukrepov.
- Opraviti omenjene analize na dvajsetih primerih enostanovanjskih stavb in dvajsetih primerih stanovanj v večstanovanjskih stavbah, ki so locirana na območju Pomurske regije.
- Izračunati razmerja povprečij rezultatov analiz in predstaviti odnose med energijskimi kazalniki stavb in stavbnih enot s poudarkom na letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe Q_{NH} .

1.2 Metoda dela

Postopek izdelave diplomske naloge je bil sestavljen iz petih korakov. Prvi korak je obsegal pridobivanje podatkov energetske izkaznice in njihovo smiselno shranjevanje v obliki preglednic. Za ta namen sem uporabljal program za delo s preglednicami, MS Excel. Ker sem v diplomski nalogi obravnaval samo stanovanjske objekte, so bile za nas pomembne le računske energetske izkaznice, ki so bile pridobljene s strani dveh izdelovalcev energetske izkaznice. Sledil je korak preverjanja smiselnosti energijskih kazalnikov stavb ter izločanje neprimernih rezultatov. Tretji korak je obsegal izbiranje analiz ter ugotavljanje njihovega prispevka k splošnem razumevanju vpliva konstrukcijskih ukrepov na energijske kazalnike stavb. Analize so bile izbrane samo v povezavi z gradbenimi konstrukcijskimi elementi, konkretno z ugotavljanjem vplivov toplotnih izolacij na energetsko učinkovitost stavb. Četrty korak je bil sestavljen iz izvedbe analiz in izračuna dodatnih parametrov. Za izračun energijskih kazalnikov sem uporabljal računalniški program URSA Gradbena Fizika 4.0. Po izračunu je sledilo beleženje, obdelava, kritična presoja, primerjava in na koncu še predstavitev rezultatov v obliki preglednic, grafikonov in slik. Za izdelavo slik se je uporabljal tudi program Canva.

2 PRAVNI AKTI

V nadaljevanju obravnavam le pravne akte, ki se neposredno nanašajo na temo diplomske naloge. Z 01.05.2004 je Slovenija postala enakopravni član Evropske unije (EU), zato je prav, da se najprej povzame najbolj bistvene točke Evropskih Direktiv na področju energetske učinkovitosti in šele nato nadaljuje z zakoni (ZGO-Zakon o graditvi objektov, EZ-Energetski zakon), podzakonskimi akti, pravilniki in drugimi pravnimi akti na državni ravni, ki se ukvarjajo z isto snovjo.

2.1 Evropska Direktiva o energetske učinkovitosti v stavbah – EPBD-r

Pri Direktivi o energetske učinkovitosti v stavbah oziroma Direktivi EPBD 2010/31/EU gre za mlajšo verzijo Direktive 2002/91/ES iz leta 2002, ki je morala, zaradi dodatnih vsebinskih sprememb in jasnosti, biti prenovljena. Novejša verzija, Direktiva EPBD 2010/31/EU, v primerjavi s starejšo, zaostreje določene zahteve glede porabe energije in rabe energije iz obnovljivih virov v stavbnem sektorju z namenom povečanja energetske neodvisnosti Unije in zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov. V Uniji namreč 40% skupne porabe energije predstavljajo stavbe. Ker se stavbni sektor ne preneha več, so omenjeni ukrepi še kako pomembni pri spoštovanju Kjotskega protokola k konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC). Direktiva EPBD 2010/31/EU sledi t.i. podnebno-energetski politiki 20/20/20, s katero se Unija do leta 2020 zavezuje zmanjšati emisije toplogrednih plinov za 20% glede na leto 1990, povečati energetske učinkovitost za 20% ter povečati rabo energije iz obnovljivih virov za 20%. Direktiva EPBD 2010/31/EU spodbuja izboljšanje energetske učinkovitosti stavb v Uniji pri čemer upošteva zunanje in notranje klimatske in podnebne pogoje ter stroškovno učinkovitost. V okviru Direktive EPBD 2010/31/EU so podane zahteve, ki so minimalne, kar pomeni, da nobeni od držav članic Unije ne preprečujejo spremembo, odpravo ali uvedbo strožjih ukrepov v zvezi z metodologijo za izračun energetske učinkovitosti stavb in/ali stavbnih enot, uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih oziroma že obstoječih stavb in/ali stavbnih enot, nacionalnimi načrti za povečanje števila stavb z zelo visoko energetske učinkovitostjo (skoraj nič-energijske stavbe), energetskim certificiranjem stavb in/ali stavbnih enot, rednimi pregledi ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah ter nadzornimi sistemi za energetske izkaznice in poročila o pregledu [2].

2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (del ZGO) – PURES 2010

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah oziroma PURES 2010 je eden izmed temeljnih podzakonskih aktov, ki ureja oz. določa obvezujoče tehnične zahteve, ki se jih mora upoštevati pri učinkoviti rabi energije na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah. Je del obsežnejšega zakona, t.i. Zakona o graditvi objektov (ZGO), izdan z namenom poenotenja metodologije za izračun energijskih lastnosti stavb. V veljavo je stopil z 01.07.2010, en dan po objavi v Uradnem listu Republike Slovenije. Gre za prenovljen pravilnik, ki je nastal v glavnem zaradi spremenjene Direktive EPBD 2010/31/EU in se ga mora upoštevati pri novogradnji in rekonstrukciji stavbe oziroma njenega dela, kjer se posega v najmanj 25% površine toplotnega ovoja (če je to seveda tehnično izvedljivo). V primerih, ko se posega v manj kot 25% površine toplotnega ovoja ali če se gradi ali rekonstruira stavba z bruto tlorisno površino manjšo od 50 m², pa

morajo biti dela izvedena tako, da so izpolnjene zahteve glede toplotne prehodnosti tehnične smernice za graditev TSG-1-004:2010, opisane v nadaljevanju [9][10].

2.3 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (del ZGO)

Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 je skupaj z PURES 2010 del Zakona o graditvi objektov. Gre za obvezujoč dokument, ki predpisuje tehnične normative, ki jih mora stavba izpolnjevati za učinkovito rabo energije na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah na ta način, da podaja gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg te ciljev ter podaja ustrezno metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavb [9][11].

2.4 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb (del EZ)

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb (v nadaljevanju: PEI) je za analizo, obdelavo in primerjavo podatkov iz pričujoče diplomske naloge najpomembnejši pravni akt. Gre za pravilnik, ki je začel veljati 20.12.2014 (izdajatelj: Ministrstvo za infrastrukturo), izdan na podlagi osmega odstavka 333. člena, drugega odstavka 336. člena, šestega odstavka 347. člena in za izvrševanje četrtega odstavka 333. člena Energetskega zakona (Uradni list RS, št. 17/14) [6][7].

Določa [7]:

- Vsebino in obliko energetske izkaznice stavbe.
- Metodologijo za izdelavo in izdajo energetske izkaznice ter vsebine podatkov.
- Način vodenja registra energetskih izkaznic.
- Način prijave izdane energetske izkaznice za vpis v register.
- Vrste stavb, za katere je obvezna namestitev energetske izkaznice na vidno mesto.

PEI za razliko od hierarhično pomembnejšega pravnega akta, t.i. Energetskega zakona, določa dve vrsti energetskih izkaznic:

1. Računska energetska izkaznica (v nadaljevanju: rEI).
2. Merjena energetska izkaznica (v nadaljevanju: mEI).

Ker v svoji diplomski nalogi obravnavam samo stanovanja bodo za nas pomembni le podatki iz rEI. Slednja se namreč izdeluje le za novozgrajene stavbe oziroma njihove dele (če je možna celovita analiza energetske učinkovitosti) ter za stanovanjske stavbe oziroma stanovanja medtem, ko se mEI izdeluje le za obstoječe nestanovanjske stavbe, ki so v uporabi vsaj eno leto. Pravilnik sicer dovoljuje tudi izdelavo rEI za nestanovanjske stavbe ampak le, če izdelovalec EI oceni, da podatki o dejanski rabi energije niso zanesljivi. Na podlagi izdelanih energetskih izkaznic se določijo energijski kazalniki s pomočjo katerih se določi energetska učinkovitost stavb, predlagajo ukrepi za izboljšanje kakovosti ovojne stavbe, izrabe obnovljivih virov energije, organizacijski ukrepi ter ocenijo stroškovne ugodnosti zaradi izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe.

Energijski kazalniki rEI, med katerimi sta prvi dve vrednosti odvisni od karakteristik stavbe, drugi pa od vrste uporabljenega energenta, ki jih bom obdelal, analiziral in izboljšal na podlagi predlaganih ukrepov so:

1. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH}/A_k [kWh/m²a].
2. Letna dovedena energija za delovanje stavbe Q_f/A_k [kWh/m²a].
3. Letna primarna energija za delovanje stavbe Q_p/A_k [kWh/m²a].
4. Letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe [kg/m²a].
- +
5. Minimalna zahteva za tekoče leto glede letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe [kWh/m²a].
6. Merilo za sNES – skoraj nič-energijska stavba [kWh/m²a].

Omenjene energijske kazalnike, ki se jih izračuna po metodologiji predstavljeni v PEI za računske (in merjene) energetske izkaznice se razdeli v t.i. razrede energetske učinkovitosti, ki se jih prikaže na barvnem poltraku energetske izkaznice (Slika 1).



Slika 1: Razredi energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m²a] (Vir: [12])

3 OBRAVNAVANE STAVBE

V tretjem poglavju so predstavljene stavbe, ki so obravnavane v diplomskem delu. Ker bomo obravnavali stanovanja v večstanovanjskih stavbah in enostanovanjske stavbe jih bomo zaradi lažjega pregleda karakteristik stavbnega ovoja ter izračunanih energijskih kazalnikov, pridobljenih iz rEI, predstavili v dveh podpoglavjih pri čemer bomo stanovanja v večstanovanjskih stavbah označili z oznakami od S1 do S20, enostanovanjske stavbe pa od H1 do H20. Primerjamo torej 40 različnih množic podatkov.

3.1 Večstanovanjske stavbe

3.1.1 Podatki iz računskih energetskih izkaznic (rEI)

Vzorec stanovanj je vzet iz Pomurske regije. Pridobljeni podatki se nanašajo na stavbe zgrajene v obdobju med letoma 1880 in 2003, pri čemer jih je večina na območju Murske Sobote in Radencev (Slika 2, modro). Največji delež zgrajenih stavb je v obdobju med letoma 1965 in 1980 (Grafikon 1, glej naprej) kar se lahko pripiše razvoju industrije (tekstilne - tovarna oblačil Mura, mesnopredelovalne - Pomurka) na območju oziroma v okolici Murske Sobote. Glede na podatke iz pridobljenih energetskih izkaznic, obravnavane stavbe (z nekaj izjemami) po današnjih kriterijih ne sodijo med pasivne ali skoraj nič-energijske stavbe, saj se jih večina nahaja v razredu energetske učinkovitosti D. Razlog za nižjo energetsko učinkovitost se da razbrati iz podatkov elaboratov URE iz katerih je razvidno, da so v tistem obdobju večinoma uporabljali toplotno izolacijo debeline med 4 in 10 cm na bazi mineralne steklene volne, kar je po današnjih standardih znatno premalo, po takratnih tehničnih predpisih in JUS standardih pa dovolj. Nekatere starejše stavbe pa konstrukcijskega elementa toplotne izolacije sploh niso imele, problem toplotnih izgub so reševale z debelejšimi zidovi. V spodnji preglednici (Preglednica 1) so prikazani osnovni podatki stavb in podatki iz rEI, pri čemer predstavlja prvi podatek letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe (Q_{NH}) na podlagi katere je določen tudi razred energetske učinkovitosti (REU), drugi podatek letno dovedeno energijo za delovanje stavbe (Q_f), tretji podatek letno primarno energijo za delovanje stavbe (Q_p), četrti podatek pa letne emisije CO_2 zaradi delovanja stavbe.

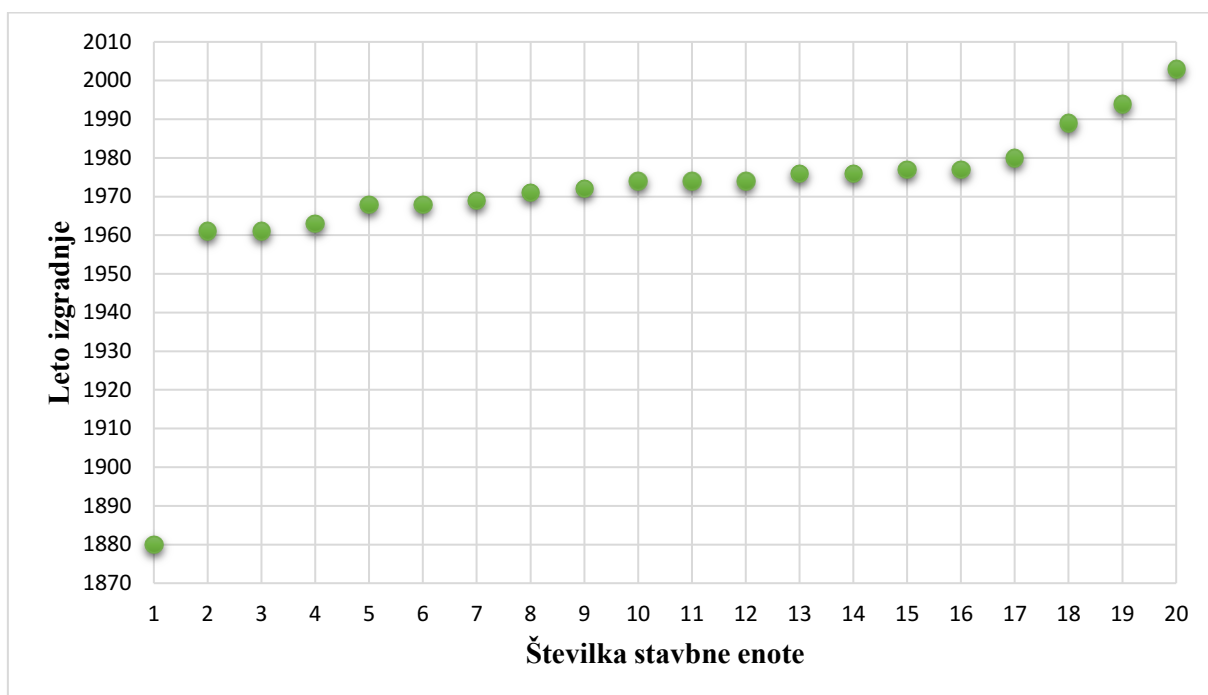
Preglednica 1: Energijski kazalniki obravnavanih stanovanj v večstanovanjskih stavbah

Oznaka	Leto izgradnje	Kondicionirana površina STANOVANJA A_k [m ²]	Q_{NH} [kWh/m ² a]	REU	Q_f [kWh/m ² a]	Q_p [kWh/m ² a]	CO_2 [kg/m ² a]
S1	1980	53	59	C	137	186	52
S2	1989	36	68	D	134	160	48
S3	1974	86	69	D	110	167	38
S4	1976	76	72	D	133	206	47
S5	1968	64	28	B2	57	142	30
S6	1963	42	62	D	119	297	63
S7	1961	63	58	C	97	243	52
S8	1976	27	184	F	259	312	92
S9	1971	102	54	C	130	194	49
S10	1977	57	143	E	201	289	74
S11	1977	57	98	D	151	229	57
S12	1961	62	86	D	138	208	52

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 1.

Oznaka	Leto izgradnje	Kondicionirana površina STANOVANJA A_k [m ²]	Q_{NH} [kWh/m ² a]	REU	Q_f [kWh/m ² a]	Q_p [kWh/m ² a]	CO ₂ [kg/m ² a]
S13	1968	56	77	D	124	195	48
S14	1969	37	81	D	133	209	51
S15	1972	28	63	D	110	183	44
S16	1974	30	45	C	90	159	37
S17	1974	42	42	C	94	161	38
S18	1994	71	64	D	99	149	29
S19	2003	57	70	D	112	174	39
S20	1880	96	158	F	189	471	100



Grafikon 1: Letnice izgradenj obravnavanih večstanovanjskih stavb po vrsti od najstarejše do najmlajše

3.1.2 Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja

Zaradi dejstva, da so primerjane stavbne enote v večstanovanjskih stavbah večinoma v vmesnih etažah, kar pomeni, da imajo nad in pod sabo druge ogrevane prostore (temperaturni gradient ne obstaja, ni prehoda toplote med enotami), je smiselno, da v sklopu analize primerjav med enotami v večstanovanjskih stavbah in enostanovanjskimi stavbami izvajamo izboljšave na stavbnem ovoju, ki predstavlja le zunanje stene napram zunanosti. V nadaljevanju zato podajam samo ključne karakteristike (pridobljene iz elaboratov URE), ki so povezane z zunanjimi stenami oziroma neprozornimi površinami (nosilna konstrukcija, fasada in TI), kot sta toplotna prehodnost stene U [W/m²K] in površina stene A [m²], ki pa je odvisna od orientacije (S, J, V, Z, SV, SZ, JV, JZ). Ker so v zunanjo steno stavbnega ovoja napram zunanosti po navadi vključena tudi okna in vrata pa je potrebno podati iste podatke tudi za prozorne površine pri računu energetske učinkovitosti stavbe.

Preglednica 2: Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja napram zunanosti

Oznaka	S1	S2	S3
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 5 cm TI (FAS), $U=0,517 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=16,47 \text{ m}^2$, $A(J)=16,47 \text{ m}^2$, $A(V)=14,09 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 5 cm TI (FAS), $U=0,47 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=17,52 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 8 cm TI (FAS), $U=0,334 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=21,11 \text{ m}^2$, $A(J)=4,32 \text{ m}^2$, $A(V)=38,04 \text{ m}^2$, $A(Z)=12,9 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=3,29 \text{ m}^2$	$U=1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=8,96 \text{ m}^2$	$U=1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=6,3 \text{ m}^2$
Oznaka	S4	S5	S6
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Armiran beton (NK) + Pigmentna fasadna malta s 5 cm TI (FAS), $U=0,559 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=16,13 \text{ m}^2$, $A(J)=18,35 \text{ m}^2$, $A(Z)=2,77 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 14 cm TI (FAS), $U=0,212 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=15,82 \text{ m}^2$, $A(Z)=20,86 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 5 cm TI (FAS), $U=0,514 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=14,33 \text{ m}^2$, $A(J)=1,13 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,36 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=4,84 \text{ m}^2$, $A(J)=4,84 \text{ m}^2$	$U=0,75 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=6,64 \text{ m}^2$, $A(Z)=2,55 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=4,85 \text{ m}^2$

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 2.

Oznaka	S7	S8	S9
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 10 cm TI (FAS), $U=0,281 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=22,04 \text{ m}^2$, $A(Z)=13,59 \text{ m}^2$	Armiran beton (NK) + Podaljšana apnena malta in pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=0,426 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=3,37 \text{ m}^2$, $A(J)=13,28 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 14 cm TI (FAS), $U=0,212 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=6,82 \text{ m}^2$, $A(Z)=10,55 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=2,09 \text{ m}^2$, $A(Z)=10,81 \text{ m}^2$	$U=3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=4,74 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=6,82 \text{ m}^2$, $A(Z)=10,55 \text{ m}^2$
Oznaka	S10	S11	S12
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,876 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=22,71 \text{ m}^2$, $A(V)=14,09 \text{ m}^2$, $A(Z)=7,07 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,876 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=7,83 \text{ m}^2$, $A(J)=14,72 \text{ m}^2$, $A(Z)=1,08 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,162 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=19,82 \text{ m}^2$, $A(V)=13,7 \text{ m}^2$, $A(Z)=17,56 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=5,58 \text{ m}^2$	$U=1,33 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=1,86 \text{ m}^2$, $A(J)=3,72 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=2,51 \text{ m}^2$, $A(V)=6,6 \text{ m}^2$, $A(Z)=2,74 \text{ m}^2$

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 2.

Oznaka	S13	S14	S15
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,122 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=17,82 \text{ m}^2$, $A(Z)=13,11 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,122 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=16,4 \text{ m}^2$, $A(Z)=9,6 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,435 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=10,82 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,33 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=5,16 \text{ m}^2$, $A(Z)=1,98 \text{ m}^2$	$U=1,19 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=2,12 \text{ m}^2$, $A(Z)=3,23 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=2,82 \text{ m}^2$
Oznaka	S16	S17	S18
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 10 cm TI (FAS), $U=0,314 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=6,52 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 10 cm TI (FAS), $U=0,314 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=7,7 \text{ m}^2$, $A(J)=5,61 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Baunit Silikatputz s 8 cm TI (FAS), $U=0,373 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SZ)=21,47 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,19 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=3,1 \text{ m}^2$	$U=1,19 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=3,45 \text{ m}^2$, $A(J)=3,24 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SZ)=6,39 \text{ m}^2$

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 2.

Oznaka	S19	S20
Fotografija stavbe		
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 6 cm TI (FAS), $U=0,416 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=15,53 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Cementna malta brez TI (FAS), $U=0,849 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(JV)=41,86 \text{ m}^2$, $A(JZ)=28,72 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(Z)=2,1 \text{ m}^2$	$U=1,33 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(JV)=5,74 \text{ m}^2$, $A(JZ)=2,16 \text{ m}^2$

3.2 Enostanovanjske stavbe

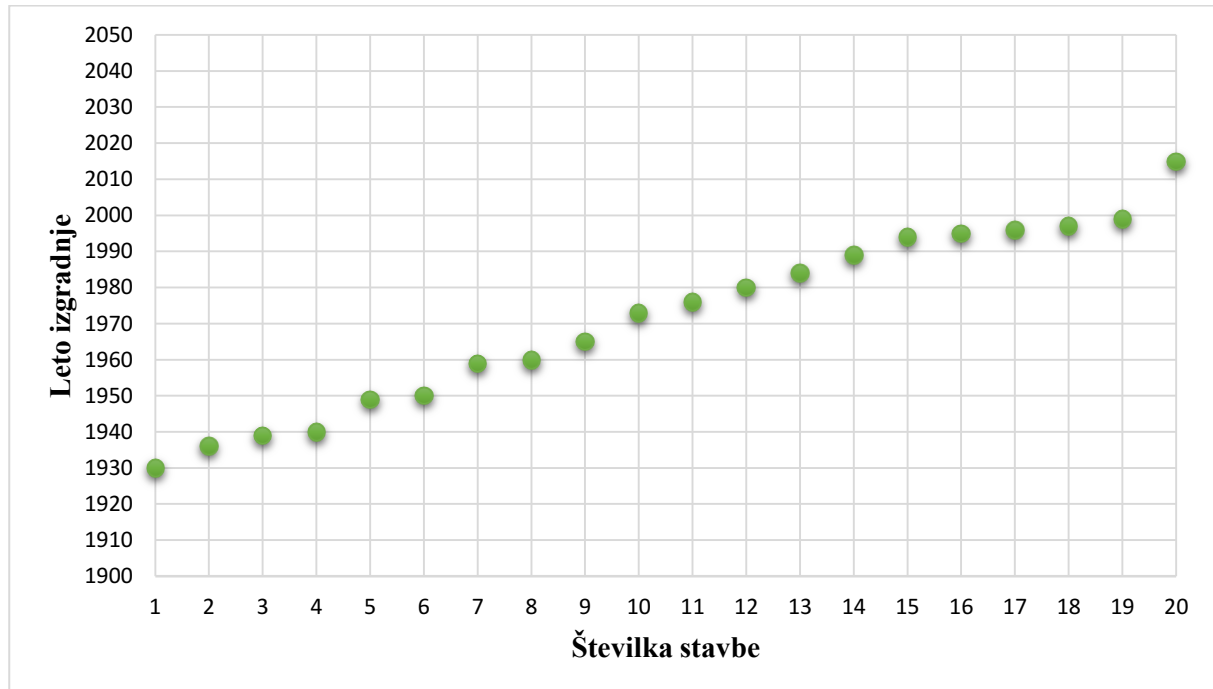
3.2.1 Podatki iz računskih energetskih izkaznic (rEI)

Podobno kot pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah imamo vzorec enostanovanjskih stavb vzeti iz Pomurske regije (Slika 2, vijolično). Vzorec podatkov zajema stavbe zgrajene v obdobju med letoma 1930 in 2015 pri čemer so letnice izgrajenij porazdeljene približno enakomerno v obdobju 85 let (Grafikon 2, glej naprej). Za večino enostanovanjskih stavb je iz pridobljenih izkazov energijskih lastnosti stavbe in elaboratov URE razvidno, da ne ustrezajo oziroma ne dosegajo predpisane ravni učinkovite rabe energije. Kot vzrok lahko predpostavimo pomanjkljivo razumevanje problemov učinkovite rabe energije v stavbah, mehanizmov prenosa toplote, opisa toplotne prehodnosti materialov in drugih osnovnih problemov gradbene fizike. Iz pridobljenih podatkov izhaja zanimivo dejstvo, da je tudi v novejših obravnavanih stavbah, kljub boljšemu razumevanju problemov toplotnih izgub in učinkovite uporabe toplotnih izolacij še vedno zaznati neustrezno raven energetske učinkovitosti. Glede na čedalje bolj pospešeno razvijanje naprednejših materialov toplotne izolacije bi omenjeni problem bilo možno rešiti na način dodatnega izobraževanja projektantov glede energetske učinkovitosti stavb. Dodatna izobraževanja tako projektantov kot zainteresirane javnosti bi ugodno vplivala na učinkovitejši prehod na rabo alternativnejših virov energije in s tem zmanjšanjem negativnih vplivov na okolje, povečanjem energetske neodvisnosti države in Evropske unije ter konec koncev tudi na zmanjšanje stroškov porabe energije.

Iz elaboratov URE lahko večino obravnavanih enostanovanjskih stavb opišemo kot stavbe zgrajene iz opeke (votli in polni zidak) ali armiranega betona, ki pa so pri veliko primerih na fasadi brez toplotne izolacije. V Preglednici 3 so prikazani osnovni podatki stavb in podatki iz rEI, pri čemer predstavlja prvi podatek letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe (Q_{NH}) na podlagi katere je določen tudi razred energetske učinkovitosti (REU), drugi podatek letno dovedeno energijo za delovanje stavbe (Q_f), tretji podatek letno primarno energijo za delovanje stavbe (Q_p), četrti podatek pa letne emisije CO_2 zaradi delovanja stavbe.

Preglednica 3: Energijski kazalniki obravnavanih enostanovanjskih stavb

Oznaka	Leto izgradnje	Kondicionirana površina STAVBE Ak [m ²]	Q _{NH} [kWh/m ² a]	REU	Q _f [kWh/m ² a]	Q _p [kWh/m ² a]	CO ₂ [kg/m ² a]
H1	1939	176	205	F	327	434	101
H2	1940	244	100	D	158	188	35
H3	1965	122	319	G	493	593	140
H4	1997	179	143	E	246	50	6
H5	1980	169	174	F	304	414	96
H6	1936	92	352	G	595	712	168
H7	1930	132	184	F	313	106	16
H8	1973	79	64	D	111	75	14
H9	1960	101	209	F	357	448	105
H10	1995	146	114	E	176	244	56
H11	2015	108	148	E	217	193	41
H12	1996	377	66	D	87	69	15
H13	1959	197	104	D	271	340	80
H14	1994	33	103	D	178	218	51
H15	1950	170	119	E	237	307	72
H16	1976	247	56	C	119	59	10
H17	1999	204	60	C	104	141	33
H18	1989	137	662	G	1185	269	33
H19	1984	174	263	G	601	149	20
H20	1949	91	221	G	325	96	14



Grafikon 2: Letnice izgrajenih obravnavanih enostanovanjskih stavb po vrsti od najstarejše do najmlajše

3.2.2 Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja

Pri enostanovanjskih stavbah je večina sten zunanjih in nad terenom. Ker smo se prej odločili, da bomo v sklopu primerjav med energijskimi kazalniki stanovanj v večstanovanjskih stavbah in enostanovanjskimi stavbami po in pred izvedbo izboljšav na stavbnem ovoju obravnavali samo zunanje stene napram zunanosti, podajam v spodnji preglednici (Preglednica 4) kumulativno zbrane podatke neprozornih (zunanja stena) in prozornih (vrata, okna) površin zunanjega ovoja stavbe. Pri enostanovanjskih stavbah gledajo stene ovoja proti zunanosti praviloma na vse strani neba, dočim pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah to ni pravilo. Tam so zunanje stene stavbnega ovoja proti zunanosti večinoma orientirane na dve (oziroma eno) strani neba. Orientacija sten je izrednega pomena pri izgubi in pridobivanju toplote skozi stavbni ovoj. Zaradi tega v spodnji preglednici (Preglednica 4) podajam tudi podatke o površinah glede na orientacijo zunanje stene stavbnega ovoja napram zunanosti. Glede na naš geografski položaj (geografska širina) so kar se tiče pritoka toplote skozi zunanji stavbni ovoj, ki gleda proti zunanosti, glede na orientacijo pomembna le južna, vzhodna, zahodna stran neba in kombinacija slednjih.

Iz spodnje preglednice (Preglednica 4) je npr. pri stavbah z oznako H1 in H2 iz zbranih podatkov moč razbrati, da se stavbi zelo razlikujeta v toplotni prehodnosti U [W/m^2K] (stavba H1 nima fasade in TI) skozi neprozorne in prozorne površine. Prav tako se stavbi znatno razlikujeta glede površin zunanjih sten stavbnega ovoja napram zunanosti, orientiranih predvsem na sever in jug. Stavba z oznako H2 je bolj kvadrataste oblike dočim stavba z oznako H1 pravokotne (daljša stranica v smeri vzhod in zahod). Čeprav na prvi pogled nepomembna, pa omenjena podatka pomembno vplivata na višino energijskih kazalnikov kot rezultatov rEI , kot bomo videli v nadaljevanju.

Preglednica 4: Opis ključnih karakteristik stavbnega ovoja nad terenom

Oznaka	H1	H2	H3
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) brez fasade in TI, $U=1,083$ [W/m^2K], $A(S)=53,27$ m^2 , $A(J)=53,85$ m^2 , $A(V)=104,57$ m^2 , $A(Z)=108,35$ m^2	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Baunit Edelputz Spezial s 12 cm TI (FAS), $U=0,222$ [W/m^2K], $A(S)=95,83$ m^2 , $A(J)=89,57$ m^2 , $A(V)=91,7$ m^2 , $A(Z)=89,66$ m^2	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Podaljšana apnena malta in pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,285$ [W/m^2K], $A(S)=54,35$ m^2 , $A(J)=44,37$ m^2 , $A(V)=48,24$ m^2 , $A(Z)=48,52$ m^2
Prozorne površine (PP)	$U=1,16$ [W/m^2K], $A(S)=4,96$ m^2 , $A(J)=5,26$ m^2 , $A(V)=8,71$ m^2 , $A(Z)=4,93$ m^2	$U=1,1$ [W/m^2K], $A(S)=6,66$ m^2 , $A(J)=12,6$ m^2 , $A(V)=3,09$ m^2 , $A(Z)=5,4$ m^2	$U=3,2$ [W/m^2K], $A(S)=2,8$ m^2 , $A(J)=9,45$ m^2 , $A(V)=4,86$ m^2 , $A(Z)=4,58$ m^2

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 4.

Oznaka	H4	H5	H6
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Toplotno-izolacijska malta (FAS), $U=0,918 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=48,64 \text{ m}^2$, $A(J)=40,41 \text{ m}^2$, $A(V)=52,25 \text{ m}^2$, $A(Z)=57,12 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Podaljšana apnena malta in pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,028 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=53,49 \text{ m}^2$, $A(J)=33,01 \text{ m}^2$, $A(V)=56,26 \text{ m}^2$, $A(Z)=55,39 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz polne opeke (NK) + Podaljšana apnena malta brez TI (FAS), $U=1,235 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=35,81 \text{ m}^2$, $A(J)=37,15 \text{ m}^2$, $A(V)=19,82 \text{ m}^2$, $A(Z)=33,36 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,4 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=3,36 \text{ m}^2$, $A(J)=15,11 \text{ m}^2$, $A(V)=8,28 \text{ m}^2$	$U=2,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=22,04 \text{ m}^2$, $A(V)=7,42 \text{ m}^2$, $A(Z)=11,22 \text{ m}^2$	$U=3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=3,03 \text{ m}^2$, $A(J)=3,5 \text{ m}^2$, $A(V)=5,75 \text{ m}^2$, $A(Z)=2,21 \text{ m}^2$
Oznaka	H7	H8	H9
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz polne opeke (NK) + Cementna malta brez TI (FAS), $U=0,951 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=51,6 \text{ m}^2$, $A(SZ)=23,1 \text{ m}^2$, $A(JV)=22,54 \text{ m}^2$, $A(JZ)=47,08 \text{ m}^2$	Ytong ZP (NK) + Pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=0,577 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=15,86 \text{ m}^2$, $A(V)=17,04 \text{ m}^2$, $A(Z)=21,23 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Cementna malta brez TI (FAS), $U=1,471 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=23,46 \text{ m}^2$, $A(J)=23,46 \text{ m}^2$, $A(V)=39,99 \text{ m}^2$, $A(Z)=39,99 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,36 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=3,36 \text{ m}^2$, $A(SZ)=1,4 \text{ m}^2$, $A(JV)=5,88 \text{ m}^2$, $A(JZ)=1,96 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(V)=4,49 \text{ m}^2$	$U=1,33 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=4,33 \text{ m}^2$, $A(V)=6,93 \text{ m}^2$, $A(Z)=2,75 \text{ m}^2$

Se nadaljuje...

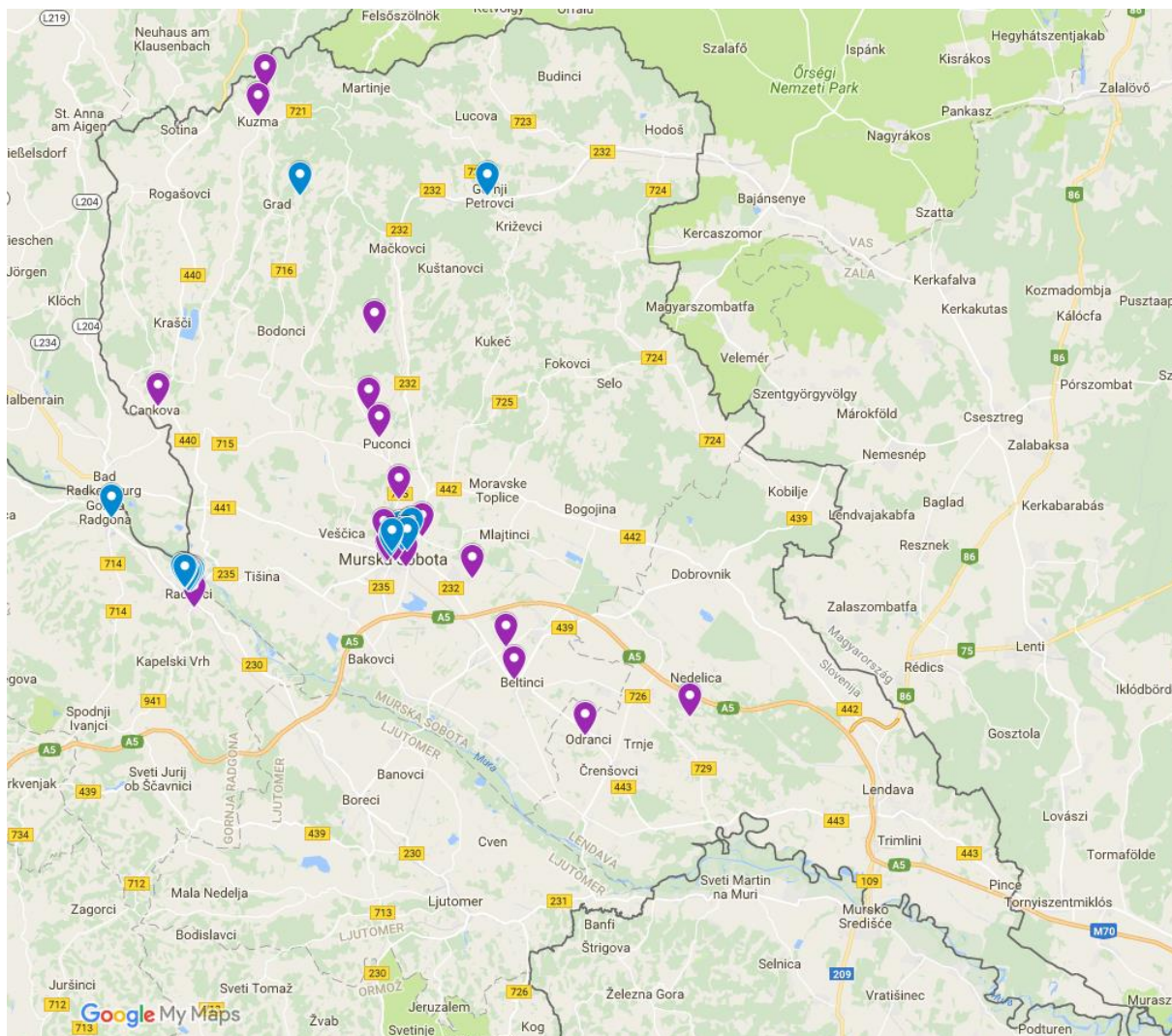
... nadaljevanje Preglednice 4.

Oznaka	H10	H11	H12
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + brez fasade in TI, $U=1,471 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=38,54 \text{ m}^2$, $A(J)=36,3 \text{ m}^2$, $A(V)=24,46 \text{ m}^2$, $A(Z)=21,82 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Toplotno-izolacijska malta s 10 cm TI (FAS), $U=0,257 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=49,21 \text{ m}^2$, $A(J)=46,29 \text{ m}^2$, $A(V)=36,01 \text{ m}^2$, $A(Z)=44,73 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Baumit Thermoputz s 5 cm TI in vmesnim slojem zraka (FAS), $U=0,371 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=48,62 \text{ m}^2$, $A(J)=29,14 \text{ m}^2$, $A(V)=31,18 \text{ m}^2$, $A(Z)=40,94 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=3,97 \text{ m}^2$, $A(J)=4,4 \text{ m}^2$, $A(Z)=6,64 \text{ m}^2$	$U=1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=3,53 \text{ m}^2$, $A(J)=6,15 \text{ m}^2$, $A(V)=10,17 \text{ m}^2$, $A(Z)=5,2 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=13,02 \text{ m}^2$, $A(J)=5,46 \text{ m}^2$, $A(V)=12,72 \text{ m}^2$, $A(Z)=6,67 \text{ m}^2$
Oznaka	H13	H14	H15
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz polne opeke (NK) + Toplotno-izolacijska malta (FAS), $U=1,278 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=52,13 \text{ m}^2$, $A(SZ)=30,46 \text{ m}^2$, $A(JV)=22,51 \text{ m}^2$, $A(JZ)=39,68 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 5 cm TI (FAS), $U=0,498 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=18,17 \text{ m}^2$, $A(V)=19,11 \text{ m}^2$, $A(Z)=19,11 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz polne opeke (NK) + Toplotno-izolacijska malta (FAS), $U=0,863 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=34,87 \text{ m}^2$, $A(J)=28,48 \text{ m}^2$, $A(V)=67,2 \text{ m}^2$, $A(Z)=47,22 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=4,72 \text{ m}^2$, $A(SZ)=10,68 \text{ m}^2$, $A(JV)=12,04 \text{ m}^2$, $A(JZ)=10,56 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(Z)=6,11 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(JZ)=0,57 \text{ m}^2$, $A(J)=6,38 \text{ m}^2$, $A(V)=6,48 \text{ m}^2$, $A(Z)=4,2 \text{ m}^2$

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 4.

Oznaka	H16	H17	H18
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Pigmentna fasadna malta s 5 cm TI (FAS), $U=0,555 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=38,3 \text{ m}^2$, $A(J)=33,32 \text{ m}^2$, $A(V)=41,45 \text{ m}^2$, $A(Z)=34,55 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Baumit Grundputz Leicht s 12 cm TI (FAS), $U=0,264 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=33,7 \text{ m}^2$, $A(SZ)=32,57 \text{ m}^2$, $A(JV)=63,14 \text{ m}^2$, $A(JZ)=66,57 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Podaljšana apnena malta in pigmentna fasadna malta brez TI (FAS), $U=1,281 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=29,36 \text{ m}^2$, $A(J)=25 \text{ m}^2$, $A(V)=42,69 \text{ m}^2$, $A(Z)=42,76 \text{ m}^2$
Prozorne površine (PP)	$U=1,33 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=2,92 \text{ m}^2$, $A(J)=5,89 \text{ m}^2$, $A(V)=3,59 \text{ m}^2$, $A(Z)=6,87 \text{ m}^2$	$U=1,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=2,94 \text{ m}^2$, $A(SZ)=2,54 \text{ m}^2$, $A(JV)=12,8 \text{ m}^2$, $A(JZ)=9,44 \text{ m}^2$	$U=3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(J)=6,54 \text{ m}^2$, $A(V)=3,31 \text{ m}^2$, $A(Z)=8,51 \text{ m}^2$
Oznaka	H19	H20	
Fotografija stavbe			
Zunanja stena (NP)	Opečnat zid iz votle opeke (NK) + Podaljšana apnena malta brez TI (FAS), $U=1,413 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=51,86 \text{ m}^2$, $A(SZ)=55,95 \text{ m}^2$, $A(JV)=50,52 \text{ m}^2$, $A(JZ)=47,11 \text{ m}^2$	Opečnat zid iz polne opeke (NK) + Podaljšana apnena malta s 3 cm TI (FAS), $U=0,64 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=40,46 \text{ m}^2$, $A(J)=30,59 \text{ m}^2$, $A(V)=18,37 \text{ m}^2$	
Prozorne površine (PP)	$U=2,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(SV)=3,76 \text{ m}^2$, $A(SZ)=5,18 \text{ m}^2$, $A(JV)=15,43 \text{ m}^2$, $A(JZ)=5,64 \text{ m}^2$	$U=1,6 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $A(S)=0,41 \text{ m}^2$, $A(J)=1,32 \text{ m}^2$, $A(V)=2,72 \text{ m}^2$	



Slika 2: Lokacije obravnavanih stavb (Vir: Google Maps)

4 ANALIZE IN PRIMERJAVE

V sklopu izbranih analiz in primerjav rezultatov izračunov energijskih kazalnikov za stanovanja v večstanovanjskih stavbah in enostanovanjskih stavb obravnavam v četrtem poglavju splošne postopke izračunov, navajam predpostavke, ki so bile uporabljene v izračunih, podajam smiselno ovrednotene rezultate analiz ter primerjam novo pridobljene podatke s starimi. Pri izračunih sem uporabil računalniški program URSA Gradbena Fizika 4.0, ki se uporablja, v skladu s PURES 2010, za dokazovanje ustrezne energijsko učinkovite gradnje in rabe energije v stavbah. Gre za slovenski izdelek, ki omogoča gradbenikom, arhitektom in strojnikom, s pomočjo prijaznega uporabniškega vmesnika in obsežno ponudbo URSA materialov (ali kreiranih lastnih baz materialov), določitev energijskih lastnosti stavbe. Pri analizah, ki jih obravnavam v nadaljevanju izhajam iz izračunanih energijskih kazalnikov stavb, pridobljenih s strani izdelovalcev energetskih izkaznic. Z opravljenimi analizami poskušam odgovoriti na dve glavni vprašanji, ki jih bom podrobneje opisal v nadaljevanju, ter nekaj podvprašanj, ki se vsebinsko in finančno nanašajo na učinkovito porabo energije v stavbah in so bolj praktične narave.

4.1 Ugotavljanje vpliva spremembe debeline TI na energijske kazalnike stavb in stavbnih enot

4.1.1 Opis postopka izračuna

Na podlagi pridobljenih podatkov se je izkazalo, da večina stavb ne dosega predpisanih ravni energetske učinkovitosti stavb, določenih s strani PURES 2010. Iz izkazov energijskih lastnosti stavb in elaboratov URE je razvidno, da leži glavni vzrok neprimernih rezultatov v tem, da imamo v večini primerov premajhno debelino TI v konstrukcijskem sklopu stene oziroma v nekaterih primerih TI sploh ni. Ker TI ugodno vpliva na toplotno prehodnost sten s tem, da zmanjšuje toplotne izgube in tako vpliva na zmanjšanje porabe energije za ogrevanje stavbe, me je zanimalo kako bi dodajanje toplotne izolacije oziroma njena odebelitev (kjer je že obstoječa) vplivalo na končni rezultat izračuna energijskih kazalnikov stavbe oziroma stavbne enote v primeru večstanovanjskih stavb.

Ker je najpomembnejši podatek energetskih izkaznic podatek za letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine Q_{NH}/A_k [kWh/m²a] na podlagi katere je stavba tudi uvrščena v razrede energetske učinkovitosti, se bom pri izračunu omejil samo na ta podatek.

Glavna naloga te analize je odgovoriti na naslednja vprašanja:

- Kolikšna mora biti debelina TI, da dosežemo minimalno zahtevano vrednost za Q_{NH} glede na tekoče leto oziroma ali jo je sploh možno doseči na podlagi naših konstrukcijskih ukrepov?
- Kakšen prihranek pri stroških ogrevanja bomo imeli (EUR/leto), če izvedemo ukrepe v zvezi z zgornjim vprašanjem?
- Kako se pridobljeni rezultati razlikujejo glede na stanovanja v večstanovanjskih stavbah in enostanovanjskih stavbah?

Glavne predpostavke so:

- Omejimo se na izračun podatka za letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} [kWh/m²a].
- Pri dodajanju oziroma odebelitvi TI smo izhajali iz predpostavke, da je najoptimalnejša maksimalna debelina TI približno 20 cm.
- Toplotno izolacijo dodajamo samo na zunanje stene napram zunanosti, tako pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah kot tudi pri enostanovanjskih stavbah.

Glede na omenjene predpostavke, namen analize in izvedene ukrepe lahko pričakujemo zmanjšanje letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe pri čemer lahko pri stavbah oziroma stavbnih enotah brez TI pričakujemo večja odstopanja od prvotne vrednosti.

Postopek izračuna podatkov se začne z zagonom računalniškega programa URSA Gradbena Fizika 4.0. Software operira z datotekami končnice »GF4«. Gre za neobičajne vrste datotek, ki so v večini primerov povezane z binarnimi podatki [3]. Datoteke so bile pridobljene s strani izdelovalcev energetskih izkaznic. Najpomembnejši vhodni podatki, ki se jih pri izračunu letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe v skladu s standardom SIST EN SIST 13790 in drugimi nacionalnimi posebnostmi iz tehnične smernice TSG-1-004:2010 upošteva so:

- Transmisijske in ventilacijske lastnosti.
- Toplotni dobitki notranjih virov, lastnosti glede sončnega sevanja.
- Meteorološki podatki.
- Opis stavbe in sistemov, koriščenje (uporaba).
- Zahteva za toplotno ugodje (temperature, izmenjava zraka).
- Podatki o sistemih za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljavo, pripravo tople vode.
- Podatki o conah.

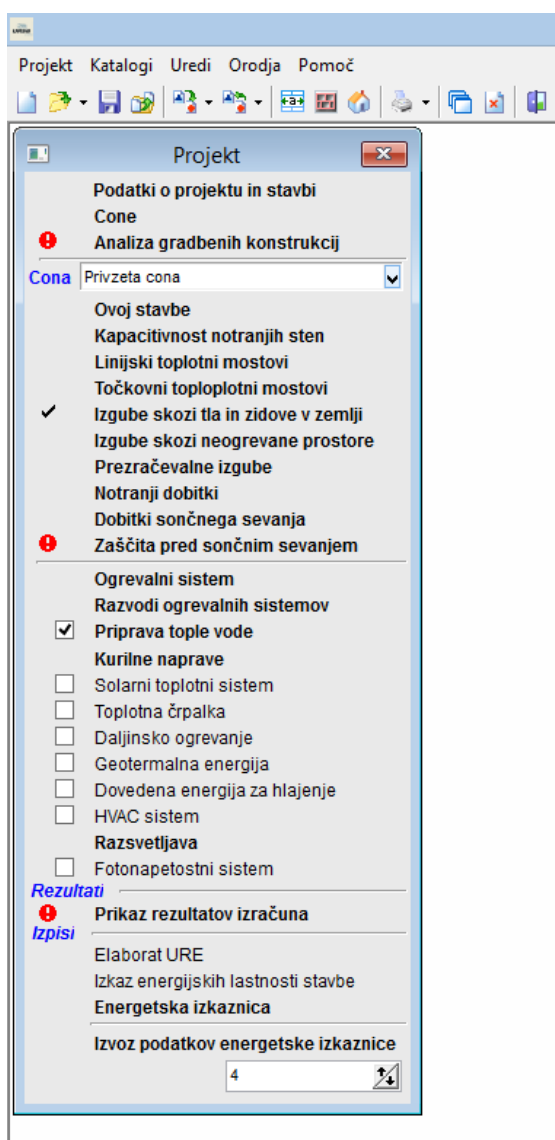
- Izgube energije, vrnjene in nevrnjene izgube.
- Pretok zraka, temperatura zraka.
- Regulacija.

[11]

Ker so za naše obravnavane stavbe oziroma stavbne enote že izdelane energetske izkaznice, so prej omenjeni vhodni podatki že definirani in vneseni v programsko okolje URSE Gradbena Fizika 4.0.

V nadaljevanju opisujem postopek spremembe debeline TI na zunanjih stenah napram zunanosti posameznih stavb oziroma stavbnih enot na enem primeru.

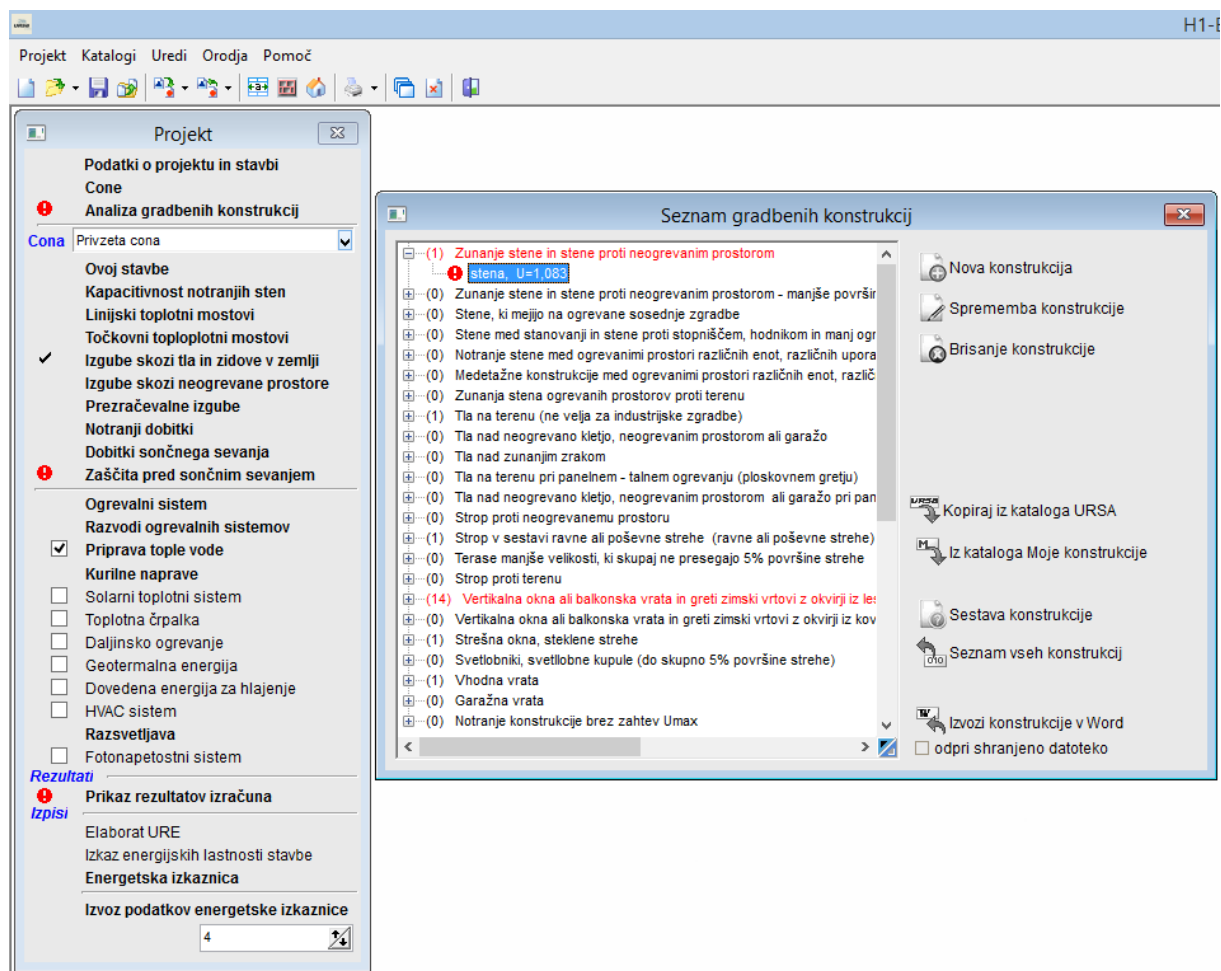
Po uvozu podatkov se nam v programskem okolju URSE prikaže spodnja slika (Slika 3).



Slika 3: Osnovni nivo podatkov v programu URSA

V osnovnem nivoju so prikazana poglavja vhodnih podatkov, ki se jih postopoma vnaša od poglavja »Podatki o projektu in stavbi« do poglavja »Prikaz rezultatov izračuna«, kjer lahko vidimo na enem mestu zbrane energetske kazalnike stavbe oziroma stavbne enote. V prvi analizi smo se ukvarjali samo

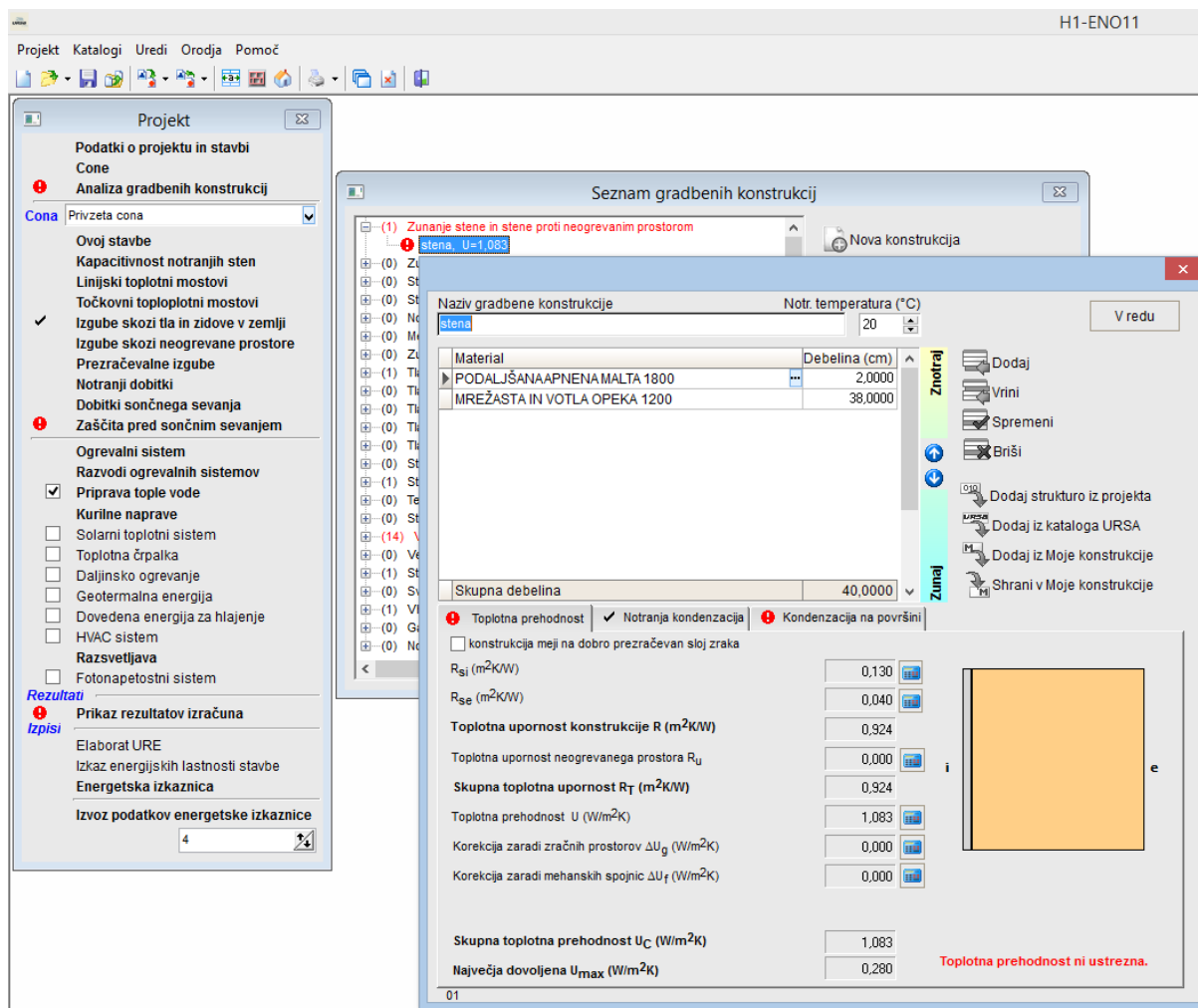
s spreminjanjem debeline TI, ki je v osnovnem nivoju programskega okolja URSA prikazana v tretji alineji »Analiza gradbenih konstrukcij« (Slika 4).



Slika 4: Nivo »Analiza gradbenih konstrukcij« v programu URSA

V našem primeru nas zanima samo konstrukcija stavbnega ovoja – »Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom«, kjer so definirani konstrukcijski sloji zunanje stene napram zunanosti (Slika 5, glej naprej). V tem primeru lahko vidimo, da je zunanja stena sestavljena zgolj iz dveh slojev (Podaljšana apnena malta (2 cm, notranji omet) in mrežasta in votla opeka (38 cm)). Konstrukcija je torej brez posebnega sloja konstrukcijskega elementa TI kar pomeni, da so transmisijske toplotne izgube stavbe Q_T [W] velike. V tem oknu so prikazani tudi drugi podatki (karakteristike za posamezen uporabljen sloj), med katerimi so najpomembnejše:

- Toplotna upornost konstrukcije R [$\text{m}^2\text{K/W}$].
- Skupna toplotna upornost R_T [$\text{m}^2\text{K/W}$].
- Skupna toplotna prehodnost U_C [$\text{W/m}^2\text{K}$].
- Največja dovoljena U_{MAX} [$\text{W/m}^2\text{K}$].



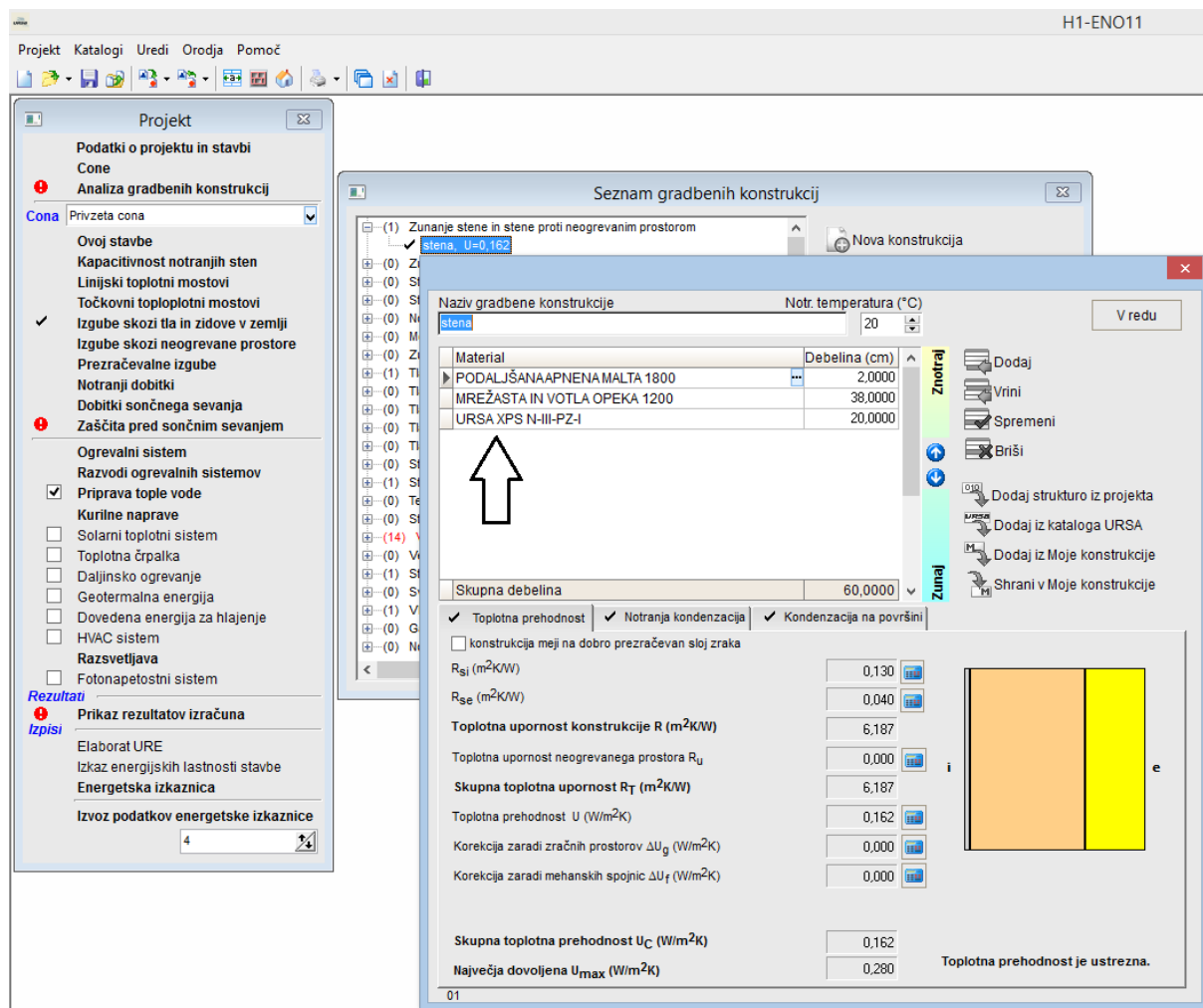
Slika 5: Prikaz slojev v konstrukciji zunanje stene napram zunanosti

Ker nas zanima sprememba podatka za letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine Q_{NH}/A_k [kWh/m²a] v primeru spremembe dimenzij slojev (v našem primeru zgolj TI) zunanje stene napram zunanosti (oziroma v primeru, ko ni sloja TI z njenim dodajanjem), smo k navedenima slojema (Slika 5) dodali tretji sloj, sloj TI (20 cm, Slika 6). Za zunanje stene napram zunanosti se v sklopu izvedb fasad uporabljajo različni toplotno izolacijski materiali z lastnimi karakteristikami pri čemer je najpomembnejša lastnost materiala toplotna prevodnost λ [W/mK]. V mojih primerih sem uporabljal, v primerih, ko je bila konstrukcija zunanje stene brez TI, fasadno izolacijske plošče, ki so v katalogih URSA materialov primerne za izoliranje zunanjih sten:

- URSA FDP 2 (Fasadne izolacijske plošče iz steklene volne, vodo odbojne).
- URSA EXP-N-III-PZ-I (Trde izolacijske plošče iz ekstrudiranega, penjenega polistirena, tip Natur III, penjene s CO₂ brez freonov, površinsko strukturirane).

[16]

V ostalih primerih, ko je konstrukcijski sloj TI že bil prisoten pa sem izvedel le odebelitev obstoječe TI.



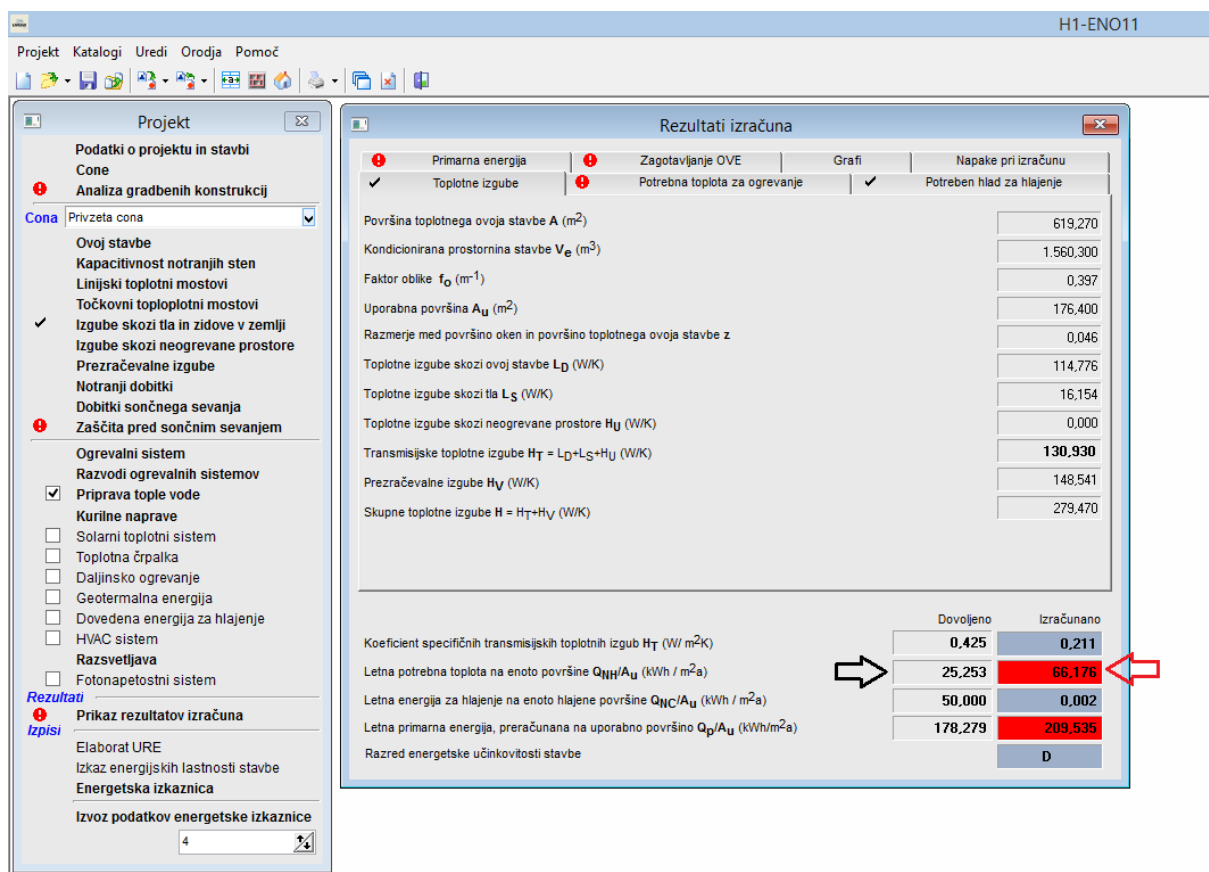
Slika 6: Dodan sloj TI na zunanjo steno

Zaradi tehnično izvedbenih, estetskih in še kakšnih razlogov bi poleg TI moral dodati še vsaj neko plast ometa ali drugih slojev konstrukcijskih elementov, vendar pa to ne bi imelo bistvenega vpliva na spremembo rezultatov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} [kWh/m²a], zato sem se tega ukrepa pri izračunu izognil.

Po dodajanju TI oziroma odebelitvi že obstoječe TI, na podlagi definiranih vhodnih podatkov, program sam izračuna energijske kazalnike stavbe. Podatki se izpišejo pod »Prikaz rezultatov izračuna« v novem oknu pri katerem bosta za nas najpomembnejša dva podatka:

- IZRAČUNANA vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine Q_{NH}/A_k [kWh/m²a] (Slika 7, rdeča puščica).
- DOVOLJENA vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine Q_{NH}/A_k [kWh/m²a] (Slika 7, črna puščica), definirana v PURES 2010.

Izračunana vrednost Q_{NH}/A_k je tisti podatek energetskih izkaznic na podlagi katere je stavba uvrščena v razrede energetske učinkovitosti, dovoljena vrednost Q_{NH}/A_k pa je vrednost (glede na tekoče leto), ki služi kot cilj h kateremu se moramo na podlagi konstrukcijskih ukrepov približati (naloge prve analize).



Slika 7: Prikaz rezultatov izračuna v programu URSA

Opisani postopek sem ponovil za vse enostanovanjske stavbe ter stanovanja v večstanovanjskih stavbah. V primerih, ko je konstrukcijski sloj TI že bil prisoten, sem debelino TI povečal na tisto vrednost pri kateri je izračunana vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} [kWh/ m^2a] dosegla dovoljeno. Pri veliko primerih, kot bomo videli v nadaljevanju, te vrednosti ni bilo možno doseči. Pri dodajanju oziroma odebelitvi TI sem izhajal iz predpostavke, da je najbolj optimalna skupna debelina TI med 20 in 25 cm. S tako debelino TI bi namreč dosegli najbolj optimalno izolativnost, pri čemer bi bili še v mejah sprejemljivih cen fasad. Cena fasade namreč vključuje tudi stroške prevoza, ceno obdelavo fasade okrog okenskih in vratnih odprtin in gradbeni oder [5], zato je pomembno izbrati takšno rešitev, ki bo poleg ustrezne toplotne prehodnosti (boljše je, če je manjša) tudi cenovno ugodna. V drugo skrajnost, dodajanja preveč TI (nad 30 cm), se nisem spuščal saj zelo debeli sloji izolacij ne samo, da podražijo in zakomplicirajo gradnjo, tudi nesmiselno odebelijo stene in preprečijo dihanje ovoja.

V naslednjem podpoglavju podajam rezultate izračunov za stanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah v obliki preglednic.

4.1.2 Rezultati izračunov

4.1.2.1 Enostanovanjske stavbe

V spodnji preglednici (Preglednica 5) so poleg rezultatov za Q_{NH} [kWh/m²a], ki so jih prvotno dobili izdelovalci energetskih izkaznic (»Star Q_{NH} [kWh/m²a]«), prikazani tudi rezultati za Q_{NH} [kWh/m²a] pridobljeni s ponovnim izračunom po odebelitvi TI (oziroma dodajanju TI, tam kjer le-te ni bilo), s ciljem doseči dovoljeno vrednost Q_{NH} [kWh/m²a], predpisano v PURES 2010.

Preglednica 5: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe za enostanovanjske stavbe

Oznaka	Star Q_{NH} [kWh/m ² a]	Nov Q_{NH} [kWh/m ² a]	Dovoljen Q_{NH} [kWh/m ² a]
H1	205,039	66,176	25,253
H2	100,414	91,209	38,839
H3	318,886	168,075	49,608
H4	142,709	76,332	37,743
H5	173,663	91,163	41,050
H6	351,528	225,386	58,126
H7	184,324	111,866	89,261
H8	63,517	46,378	38,418
H9	209,317	69,257	70,308
H10	114,000	64,742	47,000
H11	148,175	133,629	57,711
H12	66,319	59,113	41,404
H13	104,000	45,589	45,849
H14	103,000	47,132	48,000
H15	119,407	63,059	65,024
H16	55,625	39,894	40,200
H17	59,522	54,349	43,157
H18	661,940	568,166	59,396
H19	262,746	142,711	45,563
H20	220,750	169,769	67,093

Z zeleno so obarvane izračunane vrednosti za Q_{NH} [kWh/m²a] pri tistih stavbah, kjer je bilo možno z ukrepom povečanja debeline konstrukcijskega sloja TI doseči dovoljene vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} [kWh/m²a]. Pri ostalih primerih tega cilja ni bilo možno doseči zgolj z ukrepom dodajanja ali povečanja debeline TI na zunanje stene napram zunanosti bodisi zaradi neprimerne geometrijske zasnove konstrukcije bodisi zaradi pomanjkanja TI na drugih konstrukcijskih sklopih (predvsem stropu) bodisi zaradi drugih dejavnikov.

V Preglednici 6 in 8 so prikazane vrste TI in njihove debeline, ki so bila uporabljene pri posamezni stavbi oziroma stavbni enoti. Pri primerih, kjer je TI že obstajala sem povečal le njeno debelino, ohranil pa vrsto TI, ki jo je izdelovalec energetske izkaznice uporabil v svojem izračunu (pridobljeno iz projektne dokumentacije). Kjer stavba oziroma stavbna enota konstrukcijskega sloja TI ni imela pa sem dodal, kot že prej omenjeni, URSA EXP N-III-PZ-I ali URSA FDP 2.

Preglednica 6: Vrste uporabljenih TI in njihove debeline

Oznaka	Debelina TI [cm]	Vrsta TI
H1	20	URSA XPS N-III-PZ-I
H2	20	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 30
H3	20	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 40
H4	20	URSA FDP 2
H5	20	URSA XPS N-III-PZ-I
H6	20	URSA XPS N-III-PZ-I
H7	20	URSA FDP 2
H8	20	URSA FDP 2
H9	12	URSA XPS N-III-PZ-I
H10	20	URSA FDP 2
H11	20	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 30
H12	20	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 30
H13	10	URSA XPS N-III-PZ-I
H14	12	URSA FDP 1
H15	12	URSA FDP 2
H16	19	VLAKNASTE LESNE PLOŠČE
H17	20	URSA DF 40
H18	20	URSA XPS N-III-PZ-I
H19	20	URSA DF 40
H20	20	MINERALNA VOLNA

4.1.2.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah

V spodnji preglednici (Preglednica 7) so poleg rezultatov za Q_{NH} [kWh/m²a], ki so jih prvotno dobili izdelovalci energetskih izkaznic (»Star Q_{NH} [kWh/m²a]«), prikazani tudi rezultati za Q_{NH} [kWh/m²a] pridobljeni s ponovnim izračunom po odebelitvi TI (oziroma dodajanju TI, tam kjer le-te ni bilo), s ciljem doseči dovoljeno vrednost Q_{NH} [kWh/m²a], predpisano v PURES 2010.

Preglednica 7: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe za stanovanja v večstanovanjskih stavbah

Oznaka	Star Q_{NH} [kWh/m ² a]	Nov Q_{NH} [kWh/m ² a]	Dovoljen Q_{NH} [kWh/m ² a]
S1	59,342	45,784	47,815
S2	68,213	NP	82,000
S3	69,000	57,709	59,000
S4	71,895	61,970	42,577
S5	28,000	NP	56,000
S6	61,737	54,831	39,395
S7	58,000	NP	74,000
S8	184,461	181,384	36,628
S9	54,000	NP	62,000
S10	142,758	50,740	51,859
S11	97,771	37,995	38,761
S12	86,050	43,635	44,639
S13	76,929	39,865	41,187

Se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 7.

Oznaka	Star Q_{NH} [kWh/m ² a]	Nov Q_{NH} [kWh/m ² a]	Dovoljen Q_{NH} [kWh/m ² a]
S14	80,879	34,916	31,036
S15	63,345	32,729	27,741
S16	45,050	43,427	36,328
S17	41,655	NP	50,547
S18	63,874	60,620	36,279
S19	69,712	59,435	35,509
S20	158,308	109,560	51,930

Podobno kot prej so z zeleno označene vrednosti za Q_{NH} [kWh/m²a] za tiste stavbne enote, kjer je bilo z dodatnim ukrepom (sprememba konstrukcije zunanje stene napram zunanosti) možno doseči dovoljene vrednosti, definirane v PURES 2010. Z rumeno barvo (polja označena z »NP«) označujem tiste vrednosti za Q_{NH} [kWh/m²a], kjer so obstoječi konstrukcijski sklopi elementov že dosegli predpisane vrednosti. Pri ostalih stavbnih enotah zgolj s spremembo debeline TI dovoljenih vrednosti ni bilo možno doseči.

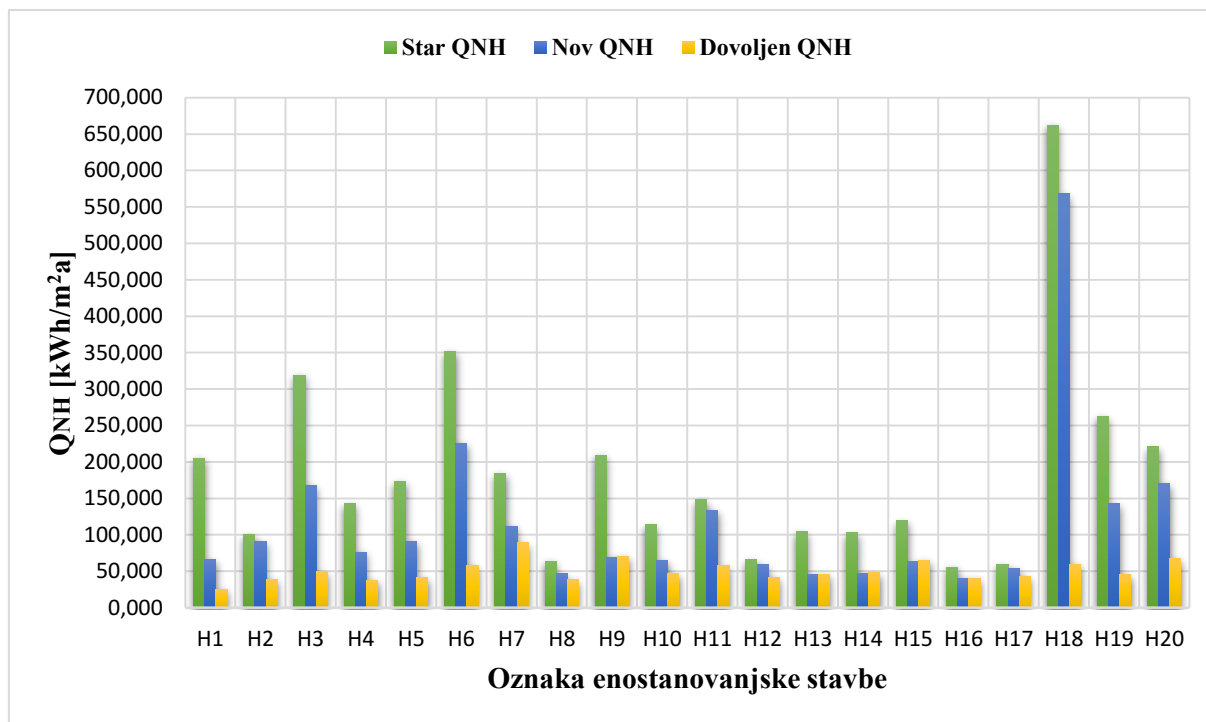
Preglednica 8: Vrste uporabljenih TI in njihove debeline

Oznaka	Debelina TI [cm]	Vrsta TI
S1	12	URSA DF 40
S2	NP	NP
S3	15	URSA FDP 2V
S4	20	URSA FDP 2V
S5	NP	NP
S6	20	URSA DF 40
S7	NP	NP
S8	20	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 30
S9	NP	NP
S10	15	URSA XPS N-III-PZ-I
S11	20	URSA FDP 2
S12	6	URSA XPS N-III-PZ-I
S13	10	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 30
S14	20	URSA FDP 2
S15	20	URSA XPS N-III-PZ-I
S16	20	URSA DF 40
S17	NP	NP
S18	20	URSA DF 40
S19	20	URSA FDP 2V
S20	20	POLIURETANSKE PLOŠČE IZ BLOKOV 40

4.1.3 Analiza rezultatov

4.1.3.1 Enostanovanjske stavbe

Zaradi lažjega pregleda podajam rezultate iz poglavja 4.1.2.1 v obliki grafikona spodaj (Grafikon 3).



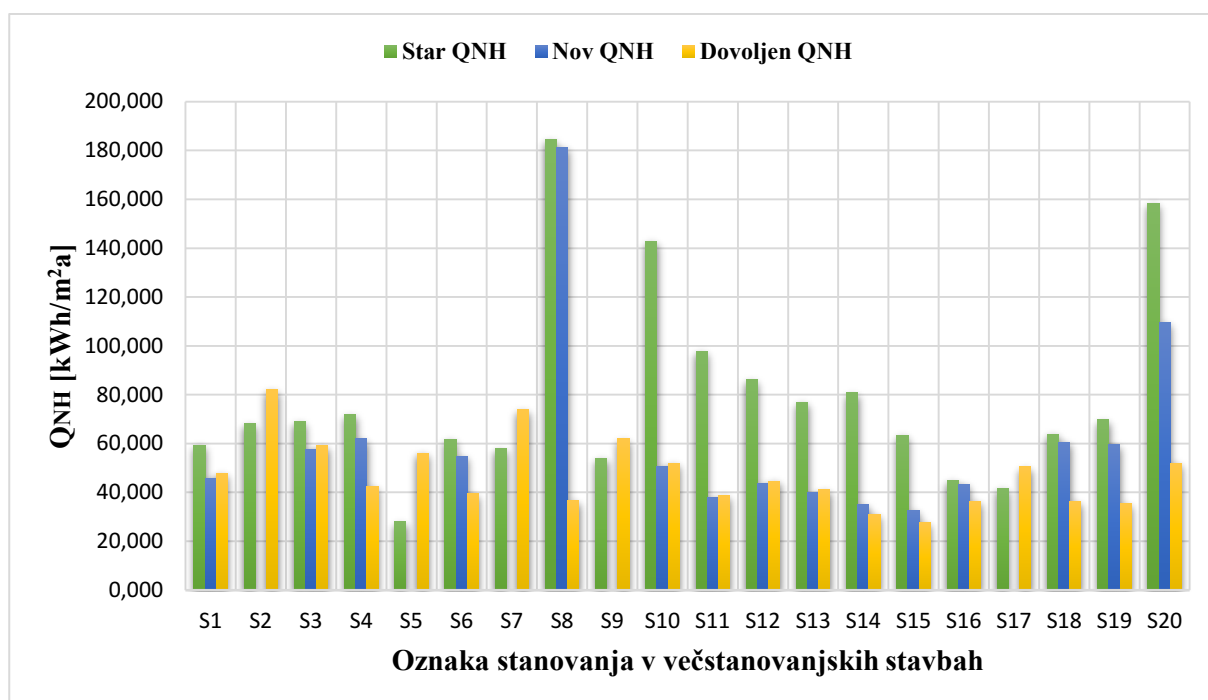
Grafikon 3: Izračunane in dovoljene vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe

Praktično vse stavbe (obstoječe stanje, zelena barva) ne dosegajo dovoljenih vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja, določena po standardu SIST EN ISO 13790 [10]. Vidimo, da so odstopanja pri nekaterih primerih znatnejša kot pri drugih. Če si ogledamo elaborat URE za primere kot so npr. stavbe z oznako H3, H6 in H18 ugotovimo, da pri vseh primerih v konstrukcijskem sklopu zunanjih sten in stropa manjka TI. Če odštejemo prozorne površine (okna, steklena vrata) in tla na terenu, ki skupaj predstavljajo le približno 35% toplotnih izgub skozi stavbni ovoj [13], lahko z zanesljivostjo rečemo, da je pomanjkanje TI pri omenjenih primerih glavni vzrok za takšna odstopanja. Zanimivo je dejstvo, da se pri primeru z oznako H18 vrednost za Q_{NH} kljub namestitvi TI na zunanje stene stavbnega ovoja bistveno ne zmanjša (Grafikon 3, modra barva). Iz tega lahko sklepamo, da pride pri tem primeru do večine toplotnih izgub skozi neizoliran strop. Dodajanje TI na konstrukcijske sklope zunanjih sten (predpostavka naše analize) in strop bi pri omenjenem primeru ugodno vplivala na zmanjšanje toplotnega toka skozi stavbni ovoj, kar bi posledično pomenilo manj toplotnih izgub in zmanjšanje stroškov ogrevanja. Trditev, da prihaja pri H18 do največje toplotne izgube skozi stropno konstrukcijo smo preverili tudi računsko. V stropno konstrukcijo smo dodali 20 cm TI (URSA FDP 2) ter dobili novo vrednost $Q_{NH} = 200,489 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ki je od prvotne za več kot polovico manjša.

Za primere stavb z oznako H9, H13, H14, H15 in H16 lahko iz grafikona (Grafikon 3) ali preglednice (Preglednica 5) vidimo, da so naše predpostavke (namestitvev TI le na zunanje stene napram zunanosti, omejitev debeline TI na 20 cm) zadoščale za zadostitev pogojem dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Pri teh primerih smo tudi zadostili minimalnim zahtevam glede toplotne prehodnosti U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$], ki jih podaja PURES 2000, za zunanje stene proti neogrevanim prostorom (v našem primeru zunanost). Slednji namreč zahteva maksimalno toplotno prehodnost $U = 0,28$ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] [10].

4.1.3.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah

Zaradi lažjega pregleda podajam rezultate iz poglavja 4.1.2.2 v obliki grafikona spodaj (Grafikon 4).



Grafikon 4: Izračunane in dovoljene vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe

Pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah imamo drugačno sliko. Kot prvo je vredno izpostaviti v povprečju dvakrat manjšo letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe kot pri enostanovanjskih stavbah. To je pričakovan rezultat saj imajo stanovanja v večstanovanjskih stavbah v osnovi manjše površine stavbnega ovoja. Poleg tega je večina obravnavanih stanovanj v vmesnih etažah kar pomeni, da imajo nad sabo, pod sabo in po navadi tudi levo/desno druge ogrevane prostore. Ker med temi prostori ne prihaja do toplotnega toka (vsi prostori imajo približno enako temperaturo) prihaja do toplotnih izgub večinoma skozi zunanje stene stavbnega ovoja napram zunanosti in proti stopnišču oziroma drugim neogrevanim prostorom. Zato lahko predpostavimo, da bodo pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah naši ukrepi spreminjanja debeline TI oziroma njenega dodajanja (kjer je ni) na zunanjo steno napram zunanosti relativno bolj vplivala na končni rezultat vrednosti Q_{NH} . V zgornjem grafikonu (Grafikon 4) so nekatera stanovanja (S2, S5, S7, S9, S17) brez modrih stolpcev. Pri teh primerih nisem spreminjal konstrukcije zunanje stene saj so rezultati Q_{NH} od samega začetka pod mejo dovoljene letne porabne toplote za ogrevanje stavbe. Pri ostalih stanovanjih v dveh primerih izračunane vrednosti Q_{NH} zelo odstopajo od povprečja. Razloge za takšne rezultate se da razbrati iz elaboratov URE. Pri stanovanju z

oznako S8 se razlog skriva v pomanjkanju TI na zunanji steni celotne stavbe, poleg tega je stanovanje izredno majhno (kondicionirana površina stanovanja je le 27 m^2), oblikovni faktor f_0 je le 0,59 (najbolj ugodno je okrog 1). Prav tako se nahaja nad neogrevano kolesarnico kar še dodatno vpliva na toplotne izgube skozi tla. V tem primeru smo v sklopu dodajanja TI dosegli le minimalno znižanje vrednosti Q_{NH} kar je pričakovan rezultat saj je površina zunanje stene napram zunanosti majhna (le $13,28 \text{ m}^2$). V primeru stanovanja z oznako S20 imamo podobno zgodbo s to razliko, da je stanovanje v pritličju in meji pri tleh na neogrevano klet. Tla niso učinkovito toplotno izolirana (deske za tla), zato lahko zanesljivo predpostavimo največjo izgubo prav skozi tla. Stavba v kateri se nahaja stanovanje z oznako S20 je že zelo stara. Grajena je bila leta 1880. V tistih časih problemov gradbene fizike še niso poznali, problem toplotnih izgub so poskušali reševati z debelejšimi zidovi.

Za razliko od enostanovanjskih stavb je bilo pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah lažje doseči dovoljene vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Razlog je verjetno ta, da prihaja pri stanovanjih do toplotnih izgub predvsem skozi zunanje stene napram zunanosti, medtem ko se pri enostanovanjskih stavbah veliko toplote izgubi tudi skozi strop. Slaba stran izvedenih ukrepov je povezana z ceno. Večstanovanjske stavbe so po površini večje od enostanovanjskih kar pomeni, da bi za prenovo fasade odšteli več denarja (Za fasado se po navadi odšteje okrog 55 eur/m^2) [5].

4.1.4 Prihranki stroškov ogrevanja v evrih na leto

4.1.4.1 Enostanovanjske stavbe

Ko gradimo stavbo ali prenavljamo njeno fasado moramo pri izbiri fasade gledati tudi na ceno. Premajhna investicija v izdelavo ali prenovo fasade pomeni tanjšo TI s čimer se poveča toplotna prehodnost, kar pomeni večje toplotne izgube, ki pa so neposredno povezane s stroški ogrevanja. Prevelika investicija v izdelavo ali prenovo fasade (vgrajevanje TI z debelinami večjimi od 30 cm) prav tako ni primerna saj znatno poveča stroške investicije, toplotna prehodnost se pa bistveno ne zmanjša (v primerjavi z TI debeline 20 cm). Potrebno je torej najti neko vmesno rešitev, ki bo ponujala najbolj optimalne rezultate ob še sprejemljivi ceni. Če se odločimo za fasado debeline 20 cm, bo investicija v izolacijo predstavljala le 30% vseh stroškov [5]. Takšna odločitev bo vplivala na zmanjšanje stroškov ogrevanja, kar pomeni, da bomo prihranjen denar lahko investirali tudi drugam. V nadaljevanju podajam v Preglednici 9 izračunane prihranke stroškov ogrevanja v evrih na leto. Pri izračunu izhajam iz podatkov iz Preglednice 5, kjer so podane izračunane stare in nove vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} . Z konstrukcijskim ukrepom dodajanja TI (oziroma njene odebelitve na 20 cm) na zunanje stene napram zunanosti smo pričakovano dobili manjše vrednosti Q_{NH} , saj TI s svojo majhno toplotno prevodnostjo zmanjšuje toplotni tok skozi stavbni ovoj in s tem zmanjšuje toplotne izgube. Razlika v Q_{NH} , pomnožena z kondicionirano površino stavbnega ovoja in ceno ene kilovatne ure električne energije predstavlja naš prihranek pri stroških ogrevanja. V nadaljevanju sem za ceno ene kilovatne ure električne energije uporabil vrednost 0,14 EUR/kWh. Ta vrednost v splošnem sicer variira med 0,14 in 0,16 EUR/kWh [14].

Preglednica 9: Prihranki stroškov ogrevanja za enostanovanjske stavbe

Oznaka	Razlika v Q_{NH} [kWh/m ² a]	Ak [m ²]	Prihranek (EUR/leto)
H1	138,863	176	3421,6
H2	9,205	244	314,4
H3	150,811	122	2571,6
H4	66,377	179	1661,7
H5	82,500	169	1946,6
H6	126,142	92	1622,1
H7	72,458	132	1339,0
H8	17,139	79	189,6
H9	140,060	101	1980,4
H10	49,258	146	1006,8
H11	14,546	108	219,6
H12	7,206	377	380,5
H13	58,411	197	1611,0
H14	55,868	33	258,1
H15	56,348	170	1341,1
H16	15,731	247	544,0
H17	5,173	204	147,7
H18	93,774	137	1796,1
H19	120,035	174	2917,3
H20	50,981	91	651,2

Iz rezultatov je razvidno, da so največji prihranki ravno pri stavbah brez TI na fasadah zunanjih sten. Če si ogledamo konstrukcijsko zasnovo zunanjih sten stavb z oznako npr. H1, H3, H5 in H19 (Preglednica 4) ugotovimo, da zgornja trditev res velja. Če vzamemo za primer stavbi z oznakama H1 in H19 (tam so največji prihranki) in dobljene vrednosti delimo z 12 (mesci v letu) dobimo zneske, ki se gibljejo med 285 in 243 EUR. To so ogromni prihranki.

4.1.4.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah

Prihranki stroškov ogrevanja so pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah razumljivo manjši, saj je kondicionirana površina stanovanja manjša v primerjavi z enostanovanjskimi stavbami (v povprečju od dvakrat do trikrat, naši primeri). Problem pri večstanovanjskih stavbah se pojavi pri izdelavi fasade oziroma njeni prenovi. Ker so večstanovanjske stavbe po površini zunanjih sten veliko večje od navadnih hiš, so stroški investicije tudi temu primerne. V splošnem je potrebno za ceno fasade odšteti približno 55 EUR/m² [5], kar pomeni da so povračilne dobe investicije pri večstanovanjskih stavbah neprimerno večje. Za naše primere posameznih stanovanj se s stroški investicije izdelave fasade oziroma njene preнове nismo ukvarjali, privzeli smo stanje kot, da je TI že bila dodana oziroma odebeljena. V Preglednici 10 so podani rezultati izračunov, pri katerih sem izhajal iz podatkov za Q_{NH} iz Preglednice 7. Prihranek predstavlja razliko med novo in staro vrednostjo Q_{NH} , pomnoženo z kondicionirano površino stanovanja in ceno ene kilovatne ure električne energije 0,14 EUR/kWh. Pri stanovanjih označenih z rumeno barvo (»NP«) preнове fasad nisem izvajal, ker so vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe že pod dovoljeno mejo, definirano v PURES 2010.

Preglednica 10: Prihranki stroškov ogrevanja za stanovanja v večstanovanjskih stavbah

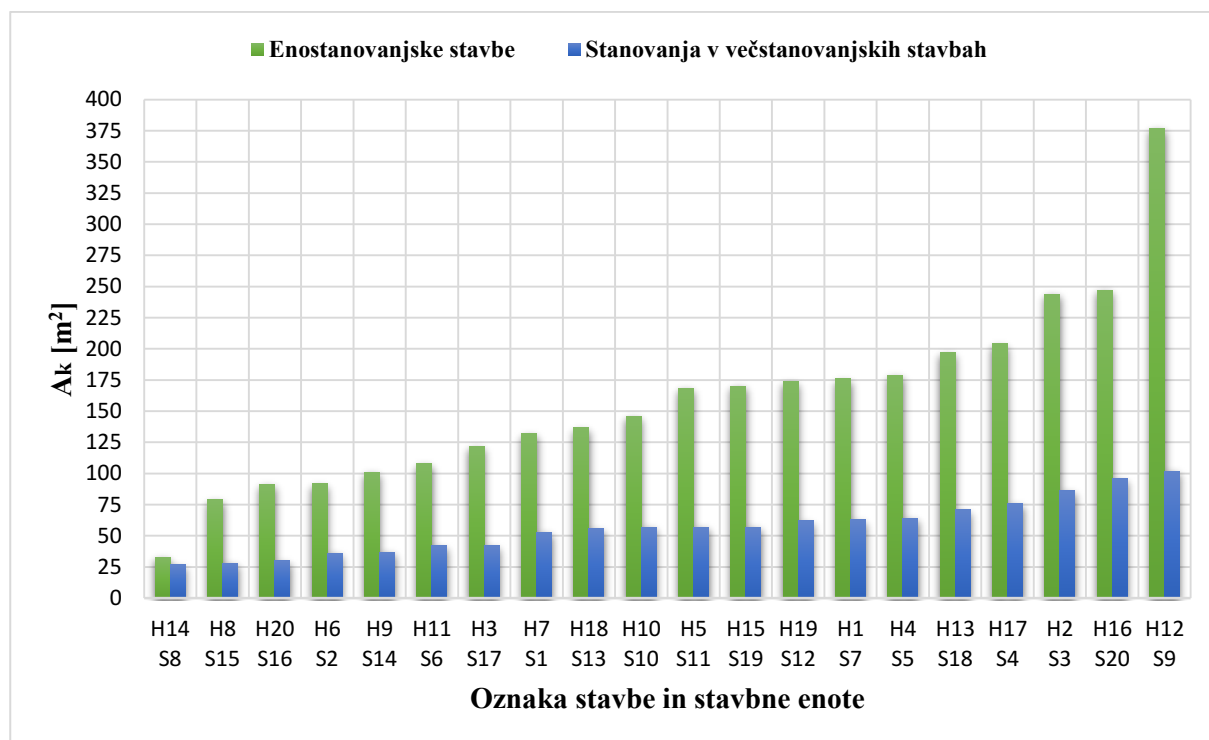
Oznaka	Razlika v Q_{NH} [kWh/m ² a]	A _k [m ²]	Prihranek (EUR/leto)
S1	13,558	53	100,6
S2	NP	36	NP
S3	11,291	86	135,9
S4	9,925	76	105,6
S5	NP	64	NP
S6	6,906	42	40,6
S7	NP	63	NP
S8	3,077	27	11,6
S9	NP	102	NP
S10	92,018	57	734,3
S11	59,776	57	477,0
S12	42,415	62	368,2
S13	37,064	56	290,6
S14	45,963	37	238,1
S15	30,616	28	120,0
S16	1,623	30	6,8
S17	NP	42	NP
S18	3,254	71	32,3
S19	10,277	57	82,0
S20	48,748	96	655,2

Pri vseh primerih (enostanovanjske stavbe in večstanovanjske stavbe) smo z vključitvijo TI v izdelavo fasade ali njeno prenovi dosegli pozitivne rezultate pri prihrankih stroškov ogrevanja. To pa tudi ni vse saj je prednosti novih fasad veliko. Fasada je »koža« stavbe zato bomo z njeno učinkovito izdelavo izboljšali tudi počutje in bivalno udobje, dosegli bomo zmanjšanje emisij CO₂, stavbo bomo dodatno zvočno izolirali ter na podlagi vseh teh prednosti na koncu tudi povečali vrednost nepremičnine. Energetsko učinkovite stavbe na trgu dosegajo višje cene. Z uvedbo energetskih izkaznic so kupci postali vse bolj pozorni na energetsko učinkovitost stavb in stanovanj. Dober fasadni sistem je zato ena boljših investicij v prihodnost [15].

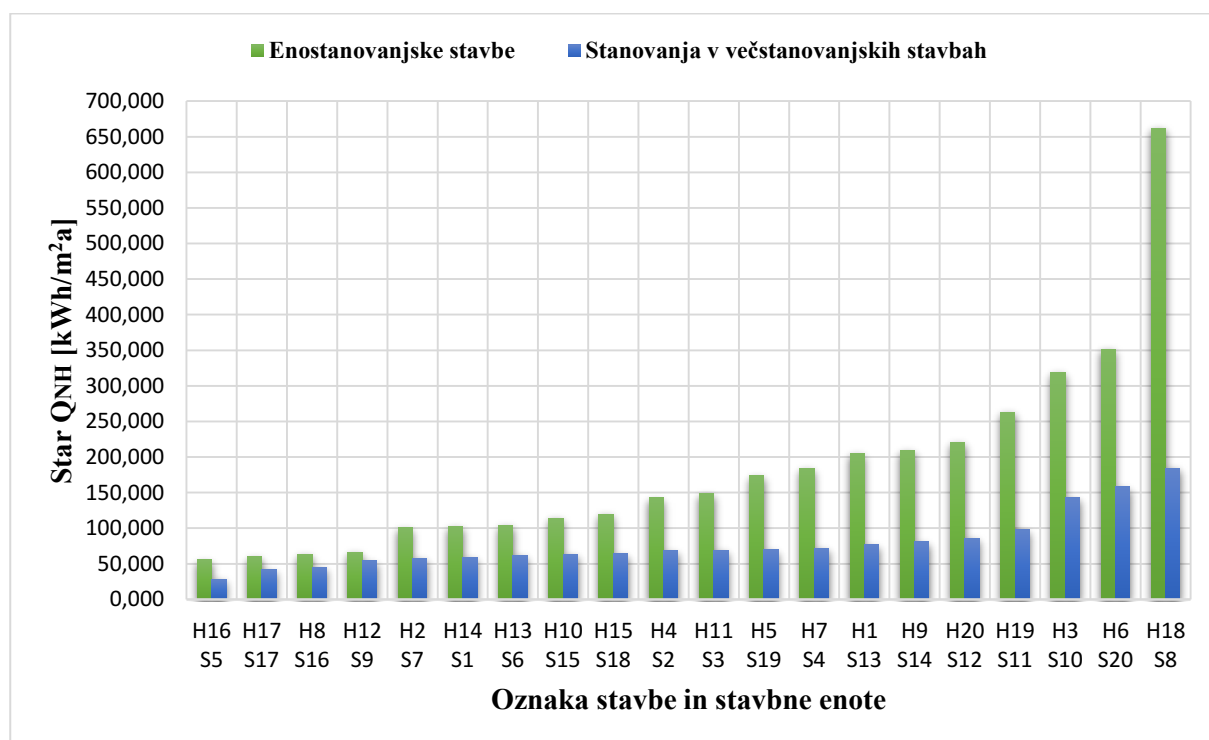
4.1.5 Primerjava rezultatov med enostanovanjskimi stavbami in stanovanji v večstanovanjskih stavbah

Med najpomembnejše vhodne podatke, ki jih vnašamo v računske modele pri izračunu letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} spada kondicionirana površina stavbnega ovoja. Gre za ogrevano oziroma hlajeno zaprto neto površino stavbe (ali stavbne enote), določeno v skladu s standardom SIST EN ISO 13789 in pravilnikom, ki ureja metodologijo učinkovite rabe energije v stavbah [7].

Kondicionirana površina stavbnega ovoja, skozi katero se vrši izmenjava toplote z okolico je po navadi večja pri enostanovanjskih stavbah, v naših primerih (v povprečju) celo dvakrat, trikrat (Grafikon 5). Rezultati izračunov s strani izdelovalcev energetskih izkaznic bi torej morali biti tudi temu primerni. Če si ogledamo Grafikon 6 potem opazimo, da so v povprečju letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe dvakrat, trikrat, v enem primeru pa celo štirikrat večje kot pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah. Omenjena trditev torej drži.

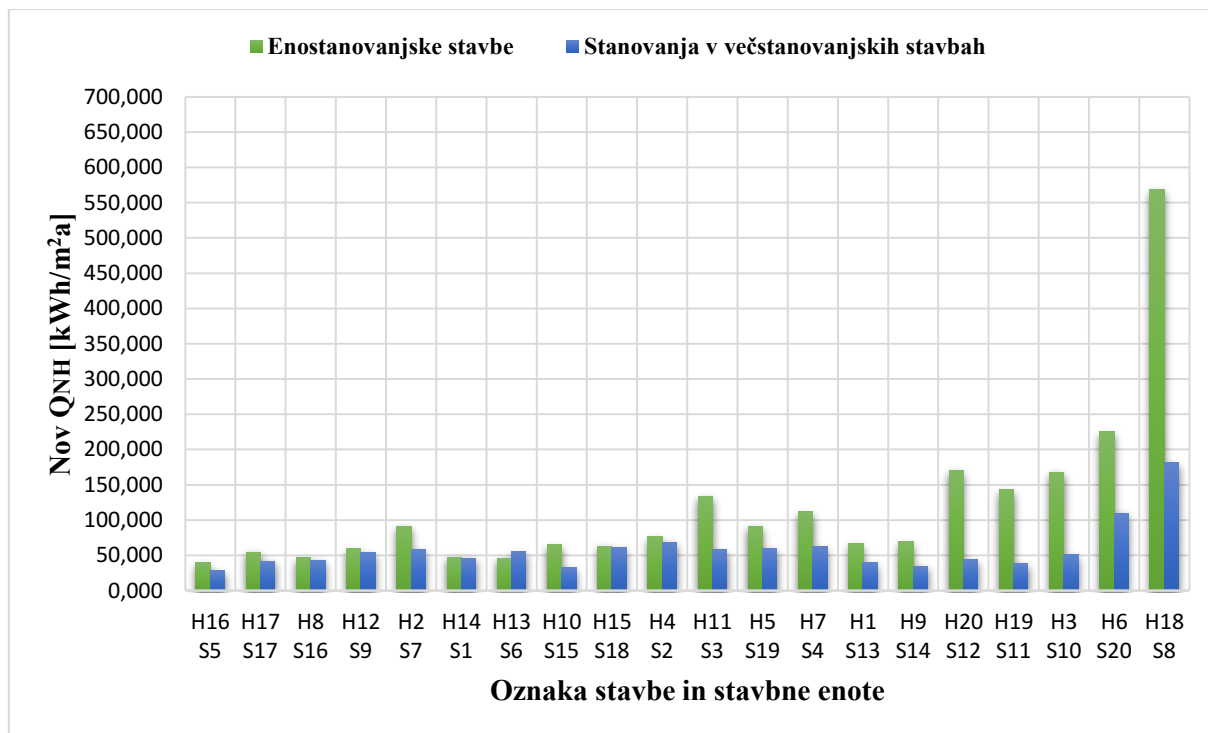


Grafikon 5: Kondicionirane površine stavb in stavbnih enot po vrsti od najmanjše do največje



Grafikon 6: Stare vrednosti Q_{NH} za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah pridobljene s strani izdelovalcev energetskih izkaznic po vrsti od najmanjše do največje

Ker so enostanovanjske stavbe, v primerjavi s stanovanji v večstanovanjskih stavbah, individualne enote (niso povezane z drugimi stavbami ali od njih odvisne), in v splošnem poteka prenos toplote med bivalnimi prostori in zunanjih okoljem na vse štiri strani neba, obstaja večji maneverski prostor pri izvajanju ukrepov za zagotavljanje dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Kot rezultat večjega maneverskega prostora lahko pričakujemo večja odstopanja (na podlagi naših ukrepov) od prvotnih vrednostih, dobljenih s strani izdelovalcev energetskih izkaznic. V naših primerih smo z dodajanjem TI oziroma njeno odebelitvijo (na 20 cm) dosegli v povprečju trikrat boljše rezultate pri enostanovanjskih stavbah kot pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah (Grafikon 7, Preglednica 11).



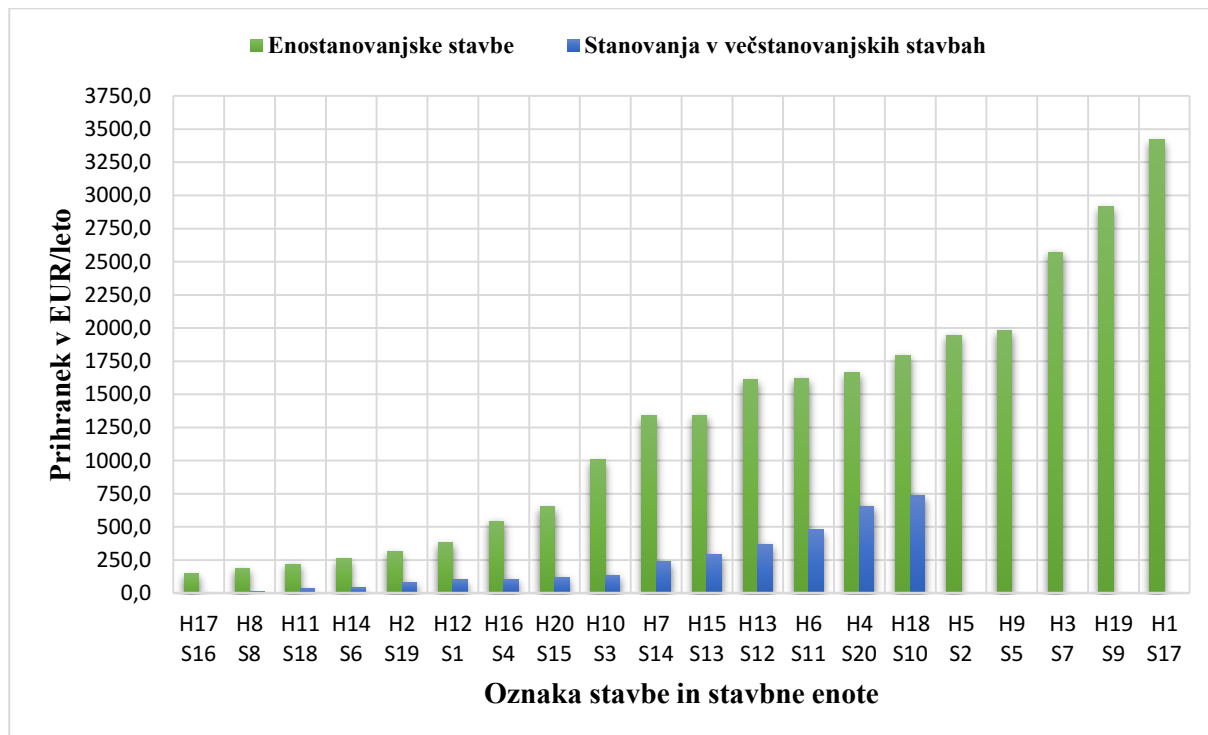
Grafikon 7: Nove vrednosti Q_{NH} za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah kot posledica naših ukrepov

Preglednica 11: Izračunana povprečja starih in novih vrednosti Q_{NH}

Enostanovanjske stavbe			
Star Q_{NH}	Povprečje:	183,244	kWh/m²a
Nov Q_{NH}	Povprečje:	116,7	kWh/m²a
Razlika:		66,544	

Stanovanja v večstanovanjskih stavbah			
Star Q_{NH}	Povprečje:	79,049	kWh/m²a
Nov Q_{NH}	Povprečje:	58,223	kWh/m²a
Razlika:		20,826	

Podobno je pri prihrankih stroškov ogrevanja. Ker smo z našimi ukrepi dosegli v povprečju boljše rezultate pri enostanovanjskih stavbah, lahko pričakujemo večje prihranke ravno tam. Izkaže se, da so prihranki stroškov ogrevanja v povprečju celo petkrat večji (Preglednica 12). V spodnjem grafikonu (Grafikon 8) so prikazani rezultati izračunov prihrankov v EUR/leto po vrsti od najmanjših do največjih. Pri stanovanjih z oznakami S2, S5, S7, S9 in S17 ni modrih stolpcev zaradi tega, ker je pri tistih primerih vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe že od samega začetka pod dovoljeno mejo, zato ukrepov tam nismo izvajali (kar pomeni, da tudi ni bilo prihrankov stroškov ogrevanja).



Grafikon 8: Prihranki stroškov ogrevanja za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah po vrsti od najmanjših do največjih

Preglednica 12: Izračunane povprečne vrednosti prihrankov stroškov ogrevanja

Enostanovanjske stavbe		
Povprečje:	1296,0	EUR/leto

Stanovanja v večstanovanjskih stavbah		
Povprečje:	226,6	EUR/leto

Pri enostanovanjskih stavbah z oznakami H5, H9, H3, H19 in H1 smo dosegli najboljše rezultate. Če si ogledamo Preglednico 4 lahko opazimo, da so vse omenjene stavbe brez učinkovito izdelane toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu zunanjih sten. Neprimerna zasnova fasade neposredno vpliva na povečanje toplotne prehodnosti zunanjih sten in s tem povezanih toplotnih izgub. Vse stavbe zelo presegajo mejo toplotne prehodnosti $U = 0,28 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, definirane v PURES 2010 (za zunanje stene proti neogrevanim prostorom), zato bi naši ukrepi ravno pri teh primerih dosegli najboljše prihranke pri stroških ogrevanja.

4.2 Ugotavljanje vpliva spremembe orientacije na energijske kazalnike stavb in stavbnih enot

4.2.1 Opis postopka izračuna

Pravilna orientacija stavb oziroma stavbnih enot je pri doseganju optimalnih rezultatov izrab dobitkov sončnega obsevanja izrednega pomena. Količina dobitkov sončnega obsevanja je v največji meri odvisna od letnega časa, pri čemer imamo poleti največje dobitke, pozimi pa najmanjše, od gibanja sonca podnevi ter od orientacije fasade. Glede na gibanje sonca skozi cel dan je zjutraj najbolj obsevana vzhodna fasada, popoldne pa zahodna. Poleti imamo manjše obsevanje na južni fasadi kot na vzhodni in zahodni, medtem ko je pozimi ravno obratno. Na podlagi teh sevalnih razmerij je zato izredno pomembno poznati prednosti južni fasad pri izrabi sončne energije. Ko izbiramo zemljišče za gradnjo je potrebno upoštevati, da bomo najboljše rezultate dosegli, če bo stavba oziroma stavbna enota umeščena na južno orientirano zemljišče. Na ta način bo južna orientacija pozimi omogočala maksimalno izrabo sončne energije in s tem kar 40-odstotni doprinos k ogrevanju stavbe. Toplotna bilanca zgradbe je zato močno odvisna od pravilne pasivne izrabe sončne energije. Po mnenju nekaterih avtorjev bi odklon stavbe za 10° od južne orientacije energijsko število poslabšalo za $0,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Zaradi tega se priporoča odklon od juga za največ $\pm 20^\circ$ [18].

Tudi položaj prozornih površin (zasteklitve (okna, steklena vrata...)) ima pri pravilni izrabi dobitkov sončne energije velik pomen. Skozi njih namreč prodirajo sončni žarki, s tem ustvarjajo dobitke toplote, po drugi strani pa prihaja skoznje, zaradi večje toplotne prehodnosti kot pri neprozornih površinah, tudi do velikih toplotnih izgub. Čim večje zastekljene površine se zato priporoča na južni strani, saj prihaja pozimi do večjega obsevanja južne fasade in zaradi tega povečano količino dobitkov sončnega obsevanja.

Pri naši analizi bomo poskušali odgovoriti na naslednja glavna vprašanja, pri čemer bomo izhajali iz podatkov pridobljenih s strani izdelovalcev energetskih izkaznic:

- Kako vpliva sprememba orientacije na energijske kazalnike stavb oziroma stavbnih enot?
- Ali so obravnavane stavbe oziroma stavbne enote najbolj optimalno orientirane in če ne, katera orientacija je najugodnejša?
- Kakšni so prihranki pri stroških ogrevanja (EUR/leto) za posamezno orientacijo?

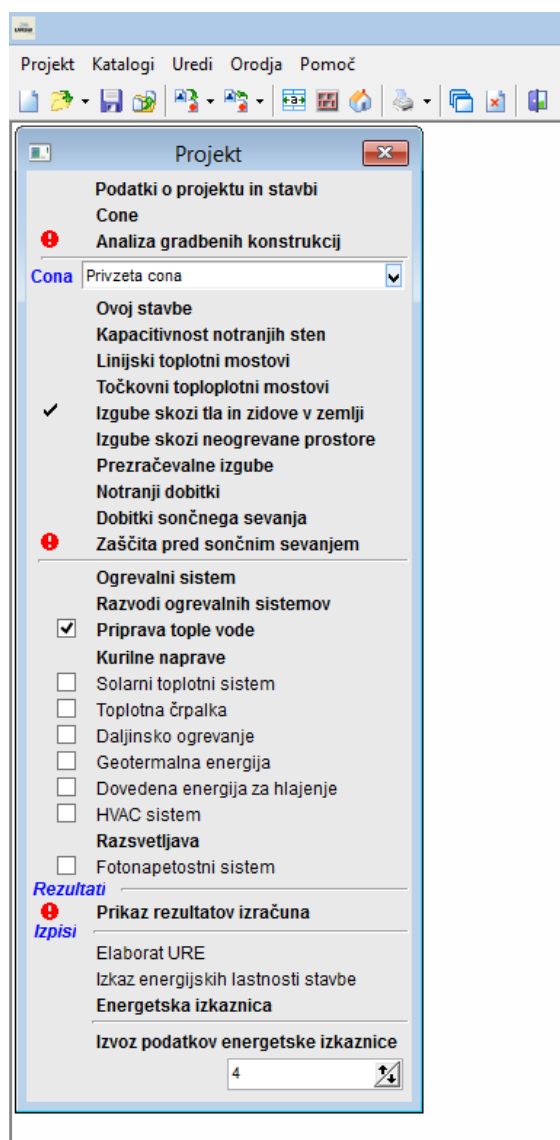
Glavne predpostavke so:

- Omejimo se na izračun podatka za letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe $Q_{NH} [\text{kWh/m}^2\text{a}]$.
- Pri enostanovanjskih stavbah obračamo celotno stavbo skupaj z prozornimi površinami.
- Pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah obračamo celoten večstanovanjski objekt skupaj z prozornimi površinami.

Postopek izračuna podatkov se začne z zagonom računalniškega programa URSA Gradbena Fizika 4.0. Ker so za naše obravnavane stavbe oziroma stavbne enote že izdelane energetske izkaznice, so vhodni podatki že definirani in vneseni v programsko okolje URSE Gradbena Fizika 4.0.

V nadaljevanju opisujem postopek spremembe orientacije enostanovanjskih stavb in stanovanj v večstanovanjskih stavbah na enem primeru.

Po uvozu podatkov se nam v programskem okolju URSE prikaže spodnja slika (Slika 8).



Slika 8: Osnovni nivo podatkov v programu URSA

Nas bodo zanimalo samo orientacije posameznih delov stavb oziroma stavbnih enot v - »Ovoj stavbe«. Pri nivoju »Ovoj stavbe« so definirani različni konstrukcijski sklopi stavbe oziroma stavbne enote, katerih ime je lahko poljubno. Na tem nivoju definiramo ali gre za prozorno ali neprozorno površino ter njeno velikost, njen nagib, orientacijo, ali gre za prehajanje toplote skozi konstrukcijski sklop ali ne (pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah ni prehoda toplote med stenami napram sosedu, ker ni temperaturnega gradienta) ter druge podatke tako kot to prikazuje Slika 9.

Prvi naši analizi bomo spreminjali le orientacijo posameznih konstrukcijskih sklopov. Zaradi sistematike bomo vse sklope obračali v smeri urinega kazalca za 90° glede na predhodno orientacijo, tako kot to prikazuje Slika 10. Rezultati izračunov bodo skladno s tem podani s podatki kota rotacije glede na prvotno stanje (ničelno stanje, 0°).

Gradbena fizika URSA 4 - H1-ENO11 - Privzeta cona

Projekt Katalogi Uredi Orodja Pomoč

Projekt

Podatki o projektu in stavbi
Cone
Analiza gradbenih konstrukcij

Cone Privzeta cona

Ovoje stavbe

Kapacitivnost notranjih sten
Linjski toplotni mostovi
Točkovni toplotni mostovi
Izgube skozi tla in zidove v zemlji
Izgube skozi neogrevane prostore
Prezračevalne izgube
Notranji dobitki
Dobitki sončnega sevanja
Zaščita pred sončnim sevanjem

Ogrevalni sistem
Razvodi ogrevalnih sistemov
Priprava tople vode
Kurilne naprave
Solarni toplotni sistem
Toplotna črpalka
Daljinsko ogrevanje
Geotermalna energija
Dovedena energija za hlajenje
HVAC sistem
Razsvetljava
Fotonapetostni sistem

Rezultati
Izpis

Prikaz rezultatov izračuna
Elaborat URE
Izkaz energijskih lastnosti stavbe
Energetska izkaznica
Izvoz podatkov energetske izkaznice

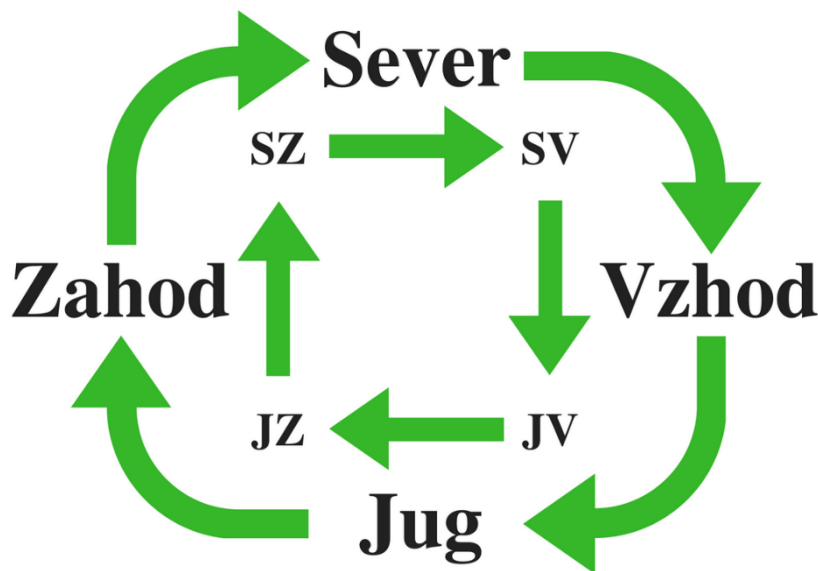
Toplotne izgube ovoja stavbe

Površina gradbenih konstrukcij, ki ločujejo ogrevani del stavbe od zunanosti ali neogrevanega dela stavbe (razen konstrukcij proti neogrevanemu prostoru, neogrevani kleti ali tlom)

Šifra	Konstrukcija	Prozorni del	Ploščina (m²)	Nagib	Orient.	Faktor senčenja zunanjih ovir	Toplotna prehodnost (W/Km²)	Ni prehajanja toplote	Toplotne izgube (W/K)
stena nad terenom	stena		53,27	90	S		1,083		57,69
stena nad terenom	stena		53,85	90	J		1,083		58,32
stena nad terenom	stena		104,57	90	V		1,083		113,25
stena nad terenom	stena		108,35	90	Z		1,083		117,34
poševni strop v sestavi	strop v sestavi poševne strehe		60,82	90	S		0,195		11,25
poševni strop v sestavi	strop v sestavi poševne strehe		75,14	90	J		0,195		13,90
O1-V	O1		1,88	90	V	1,00	1,160		2,18
O2-J	O2		5,26	90	J	1,00	1,160		6,10
O3-Z	O3		0,64	90	Z	1,00	1,160		0,74
O4-V	O4		0,43	90	V	1,00	1,160		0,50
O5-S	O5		2,44	90	S	1,00	1,160		2,83
O6-Z	O6		0,50	90	Z	1,00	1,160		0,58
O7-S	O7		2,52	90	S	1,00	1,160		2,92
O8-Z	O8		2,53	90	Z	1,00	1,160		2,93
O9-V	O9		2,62	90	V	1,00	1,160		3,04
O10-V	O10		1,06	90	V	1,00	1,160		1,23
O11-V	O11		2,72	90	V	1,00	1,160		3,16
O12-Z	O12		1,26	90	Z	1,00	1,160		1,46
O13-STREŠNA-J	O13-strešno		3,24	90	J	1,00	1,160		3,76
OK14-S	O14		0,88	90	S	1,00	1,390		1,22
OK15	O15		0,61	90	Z	1,00	1,360		0,83
VV-V	vhodna vrata		2,68	90	V		1,600		4,29
Skupaj			487,27						409,53

Dodaj Spremeni Briši Kopiraj izbrano konstrukcijo

Slika 9: Nivo "Ovoje stavbe" v programu URSA



Slika 10: Smeri obračanja konstrukcijskih sklopov

Po spremembi orientacije vseh konstrukcijskih sklopov za 90° program sam izračuna novo vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} . Vrednost si zapišemo ter ponovimo postopek za spremembo orientacije 180° in 270° glede na ničelno stanje (0°).

V naslednjem podpoglavju podajam rezultate izračunov za enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah v obliki preglednic.

4.2.2 Rezultati izračunov

4.2.2.1 Enostanovanjske stavbe

V spodnji preglednici (Preglednica 13) so poleg rezultatov za Q_{NH} [kWh/m²a], ki so jih prvotno dobili izdelovalci energetskih izkaznic (ničelno stanje, 0°), prikazani tudi rezultati za Q_{NH} [kWh/m²a], izračunani na podlagi naše analize, s pomočjo katere smo preverjali ali so obravnavane enostanovanjske stavbe optimalno orientirane ali ne.

Preglednica 13: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe v odvisnosti od orientacije enostanovanjskih stavb

Oznaka	Vrednosti Q_{NH} [kWh/m ² a]					Najugodnejša orientacija
	0°	90°	180°	270°	MIN	
H1	205,039	204,547	208,393	208,916	204,547	90°
H2	100,414	102,669	103,249	101,979	100,414	0°
H3	318,886	322,323	325,848	322,871	318,886	0°
H4	142,709	147,333	154,427	154,085	142,709	0°
H5	173,663	183,915	191,512	181,597	173,663	0°
H6	351,528	348,861	352,058	354,381	348,861	90°
H7	184,324	183,093	186,483	187,615	183,093	90°
H8	63,517	59,032	63,229	67,381	59,032	90°
H9	209,317	207,548	219,787	218,569	207,548	90°
H10	114,000	110,425	118,549	114,632	110,425	90°
H11	148,175	146,932	152,037	152,699	146,932	90°
H12	66,319	67,014	62,831	66,824	62,831	180°
H13	104,000	94,835	101,290	102,493	94,835	90°
H14	103,000	101,492	105,203	108,914	101,492	90°
H15	119,407	121,864	128,555	124,822	119,407	0°
H16	55,625	57,460	57,624	55,487	55,487	270°
H17	59,522	60,402	61,325	58,004	58,004	270°
H18	661,940	667,505	668,779	662,368	661,940	0°
H19	262,746	263,362	269,500	268,407	262,746	0°
H20	220,750	219,242	221,959	223,283	219,242	90°

Najpomembnejši stolpec, ki ga bomo obravnavali v sklopu naše analize je zadnji stolpec v Preglednici 13. Nanaša se na modri stolpec, ki prikazuje najmanjše vrednosti izračunanih letnih potreb toplote za ogrevanje stavbe. Čeprav so na prvi pogled razlike med vrednostmi Q_{NH} relativno majhne, pa nam dani rezultati vseeno nakazujejo, da niso vse stavbe orientirane najbolj optimalno. Razlogov je lahko več. Kot najpomembnejša lahko predpostavimo omejeno izrabo zemljišča na kateri se je stavba gradila in estetsko neprimerno vključevanje v okolje. V preglednici (Preglednica 13) se koti rotacije nanašajo na začetno stanje (ničelno stanje, 0°) ne glede na začetno smer neba. Podatek 180° torej predstavlja orientacijo stavbe pri kateri je stavba v celoti obrnjena okrog svoje navpične osi.

4.2.2.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah

V spodnji preglednici (Preglednica 14) so poleg rezultatov za Q_{NH} [kWh/m²a], ki so jih prvotno dobili izdelovalci energetskih izkaznic (ničelno stanje, 0°), prikazani tudi rezultati za Q_{NH} [kWh/m²a], izračunani na podlagi naše analize, s pomočjo katere smo preverjali ali so obravnavana stanovanja v večstanovanjskih stavbah optimalno orientirana ali ne.

Preglednica 14: Rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe v odvisnosti od orientacije stanovanj v večstanovanjskih stavbah

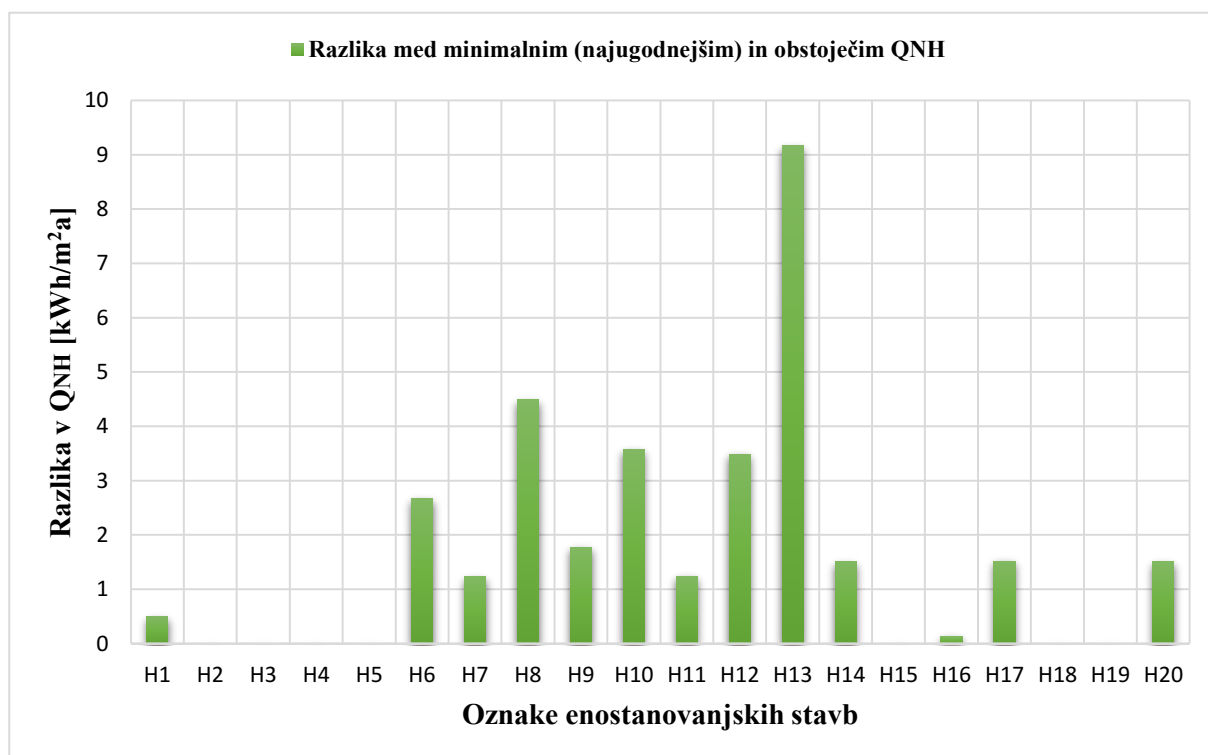
Oznaka	Vrednosti Q_{NH} [kWh/m ² a]				MIN	Najugodnejša orientacija
	0°	90°	180°	270°		
S1	59,342	50,925	58,505	65,413	50,925	90°
S2	68,213	83,393	94,674	84,727	68,213	0°
S3	69,000	59,425	69,047	74,211	59,425	90°
S4	71,895	79,707	76,251	75,676	71,895	0°
S5	28,000	31,624	28,094	26,798	26,798	270°
S6	61,737	50,855	60,911	68,345	50,855	90°
S7	58,000	60,899	48,765	36,386	36,386	270°
S8	184,461	198,143	208,799	199,114	184,461	0°
S9	54,000	49,295	39,255	35,900	35,900	270°
S10	142,758	130,480	110,202	128,909	110,202	180°
S11	97,771	107,338	111,446	107,986	97,771	0°
S12	86,050	74,004	78,009	84,276	74,004	90°
S13	76,929	89,601	94,476	83,820	76,929	0°
S14	80,879	83,751	71,189	67,257	67,257	270°
S15	63,345	45,819	61,740	74,691	45,819	90°
S16	45,050	58,059	68,927	59,394	45,050	0°
S17	41,655	46,909	46,114	47,194	41,655	0°
S18	63,874	63,914	56,676	56,084	56,084	270°
S19	69,712	76,995	70,562	59,965	59,965	270°
S20	158,308	160,309	166,606	164,343	158,308	0°

Pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah smo predpostavili stanje pri katerem se spremeni orientacija celotnega večstanovanjskega objekta. Težko bi namreč obračali samo eno stanovanje, ker je le-to povezano z drugimi stanovanji in zato od njih odvisno.

4.2.3 Analiza rezultatov

4.2.3.1 Enostanovanjske stavbe

To, da večina enostanovanjskih stavb ni najbolj optimalno orientiranih se da najbolj nazorno pokazati na ta način, da se izračuna razlike letnih potreb toplote za ogrevanje stavbe med obstoječim in najugodnejšim stanjem orientiranosti stavbe. Rezultate takšnih izračunov podajam v nadaljevanju (Grafikon 9) pri čemer izhajam iz podatkov iz Preglednice 13.



Grafikon 9: Razlike letnih potreb toplote za ogrevanje stavb Q_{NH} pri enostanovanjskih stavbah

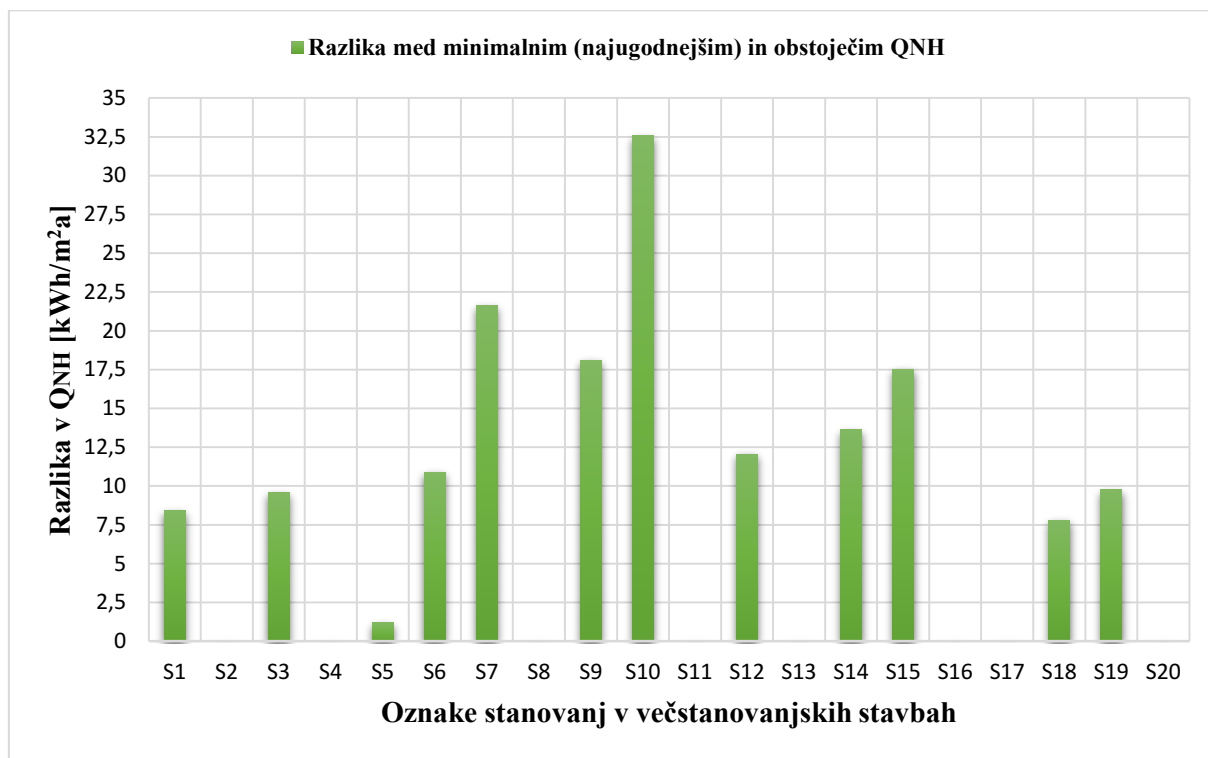
Prva naša ugotovitev, ki smo jo že omenili, je bila, da niso vse obravnavane enostanovanjske stavbe najbolj optimalno orientirane. Samo pri sedmih primerih (H2, H3, H4, H5, H15, H18 in H19, Grafikon 9) imamo pravilno izbiro orientacije stavbe saj ne bomo imeli tam nobenih prihrankov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe, v primeru, če bi stavbo rotirali za 90°, 180° ali 270°. Posledično bomo v primerjavi z ostalimi primeri imeli manjše stroške ogrevanja, kar pomeni, da smo pri zasnovi konstrukcije pravilno upoštevali način izrabe sončnega obsevanja. Če si omenjene primere ogledamo bolj podrobno (Preglednica 4) ugotovimo, da so površine prozornih površin največje proti jugu (površine neprozornih površin so približno enake v vseh smereh). Pri teh primerih bomo torej dosegli najboljše rezultate saj bomo v hladnih delih leta, ko je južna stran bolj obsevana (kot vzhodna in zahodna) s sočnimi žarki, najbolje izkoristili izrabo sončnega obsevanja.

Nasprotno bomo pri ostalih primerih zaradi neustrezne zasnove vedno imeli neke dodatne toplotne izgube. Če si ogledamo primera, ki najbolj izstopata (H8 in H13, Grafikon 9) ugotovimo, da so površine zunanjih sten (neprozorne površine) na južni strani takšne, da so, v primerjavi z ostalimi, najmanjše (Preglednica 4). Pri teh dveh primerih bomo imeli torej najmanjše dobitke sončne energije (zunanji dobitki), kar avtomatsko pomeni, da bomo rabili več toplote, da segrejemo stavbo na projektno notranjo temperaturo.

4.2.3.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah

Tudi pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah smo lahko že takoj na začetku ugotovili, da niso vsa najbolj optimalno orientirana. V splošnem je pri slednjih težje spreminjati orientacijo saj so stanovanja del večstanovanjskih objektov in zato obstajajo neke odvisnosti med stavbnimi enotami. V nadaljevanju

podajam rezultate izračunov razlik Q_{NH} med najugodnejšim in obstoječim stanjem orientiranosti stavbe (Grafikon 10).



Grafikon 10: Razlike letnih potreb toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah

Podobno kot prej lahko na podlagi grafikona (Grafikon 10) opazimo, da niso vsa stanovanja najbolj optimalno orientirana. Samo za nekatere primere (S2, S4, S8, S11, S13, S16, S17 in S20, Grafikon 10) lahko rečemo, da njim trenutna pozicija v večstanovanjskem objektu najbolj prispeva k zniževanju stroškov ogrevanja. To trditev lahko potrdimo, če si ogledamo Preglednico 2. Večina omenjenih primerov je orientiranih na jug kar dokazujejo podatki o neprozornih in prozornih površinah.

Nasprotno imamo pri ostalih primerih vedno neke dodatne toplotne izgube. Pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah je veliko lažje nazorno pokazati pomembnost orientacije saj so stanovanja po navadi orientirana samo na eno ali dve strani, pri zelo redkih primerih na južno in severno stran neba hkrati. Če si ogledamo Grafikon 10 lahko ugotovimo, da so razlike med minimalno letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe največje pri primerih z oznako S7, S9, S10 in S15. Nobeno od teh stanovanj naj ne bi bilo usmerjeno na južno stran neba, kar lahko dokažemo na podlagi podatkov iz Preglednice 2. Praktično nobena zunanja stena (neprozorne površine) ali prozorna površina ne gleda na ugodnejšo južno stran. S tem torej dokažemo, da so pri energetsko učinkoviti gradnji stavb oziroma pravilni izbiri stavbnih enot orientacije izrednega pomena.

4.2.4 Prihranki stroškov ogrevanja v evrih na leto za posamezno orientacijo

4.2.4.1 Enostanovanjske stavbe

Kot smo lahko že dokazali v prejšnjih poglavjih je pravilna zasnova orientacije stavbe neposredno povezana s stroški ogrevanja saj pravilno koriščenje sončnega obsevanja zmanjšuje vrednost Q_{NH} . Stroški ogrevanja so v splošnem večji pozimi (severna polobla Zemlje). Pozimi je vpadni kot sonca položnejši zato je, če želimo maksimalno izkoristiti sončno obsevanje, poleg ustrezne orientacije stavbe potrebno tudi zadostiti pogoju zadostnega razmaka med objekti in ustrezne zasaditve listopadnih dreves. Listopadna drevesa poleti, ko je vpadni kot sončnih žarkov strmejši, preprečujejo prodor sončnih žarkov v notranjost stavb medtem, ko pozimi, ko njim odpade listje omogočajo čim večji izkoristek sončnega obsevanja. Čeprav na prvi pogled nepomembni detajli pa nam omenjene rešitve na koncu vseeno pripomorejo k temu, da imamo na koncu manjše stroške z ogrevanjem, kot bomo lahko videli v nadaljevanju.

V Preglednici 15 podajam rezultate izračunov prihrankov stroškov ogrevanja v evrih na leto v odvisnosti od razlike letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} glede na obstoječe stanje (ničelno stanje, 0°) za vse obravnavane orientacije. Pri izračunu sem uporabil podatke za kondicionirane površine iz Preglednice 3, pri ceni ene kilovatne ure električne energije sem uporabil vrednost 0,14 EUR/kWh.

Preglednica 15: Prihranki stroškov ogrevanja za enostanovanjske stavbe glede na posamezno orientacijo

Oznaka	Razlika do 0° [kWh/m ² a]			Prihranek (EUR/leto)			
	90°	180°	270°	90°	180°	270°	MAX
H1	-0,492	3,354	3,877	12,1	Ni prihranka	Ni prihranka	12,1
H2	2,255	2,835	1,565	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H3	3,437	6,962	3,985	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H4	4,624	11,718	11,376	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H5	10,252	17,849	7,934	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H6	-2,667	0,530	2,853	34,3	Ni prihranka	Ni prihranka	34,3
H7	-1,231	2,159	3,291	22,7	Ni prihranka	Ni prihranka	22,7
H8	-4,485	-0,288	3,864	49,6	3,2	Ni prihranka	49,6
H9	-1,769	10,470	9,252	25,0	Ni prihranka	Ni prihranka	25,0
H10	-3,575	4,549	0,632	73,1	Ni prihranka	Ni prihranka	73,1
H11	-1,243	3,862	4,524	18,8	Ni prihranka	Ni prihranka	18,8
H12	0,695	-3,488	0,505	Ni prihranka	184,2	Ni prihranka	184,2
H13	-9,165	-2,710	-1,507	252,8	74,7	41,6	252,8
H14	-1,508	2,203	5,914	7,0	Ni prihranka	Ni prihranka	7,0
H15	2,457	9,148	5,415	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H16	1,835	1,999	-0,138	Ni prihranka	Ni prihranka	4,8	4,8
H17	0,880	1,803	-1,518	Ni prihranka	Ni prihranka	43,4	43,4
H18	5,565	6,839	0,428	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H19	0,616	6,754	5,661	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
H20	-1,508	1,209	2,533	19,3	Ni prihranka	Ni prihranka	19,3

Največji prihranki so tam, kjer so največje razlike v letnih potrebah toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} oziroma tam, kjer imamo največjo kondicionirano površino A_k . To je samoumevno, pri nekaterih primerih opazimo, da se vrednost giblje celo okrog 250 EUR/leto. Če omenjeno vsoto delimo z 12 (mesci v letu) dobimo približno 21 EUR, kar ja za nekatera gospodinjstva lahko že ogromen znesek.

Drug primer, ki tukaj še precej izstopa je stavba z oznako H12. Če si ogledamo Grafikon 9 lahko ugotovimo, da je razlika med najugodnejšim in obstoječim Q_{NH} majhna v primerjavi z ostalimi primeri. Pri omenjeni stavbi pride do večjega izraza njena kondicionirana površina. Očitno gre za zelo veliko stavbo, saj je $A_k = 377 \text{ m}^2$. Pri primerih označenih z zeleno je obstoječe stanje orientiranosti stavbe najoptimalnejše in so zato izkoristki dobitkov sončnega obsevanja tudi najbolj učinkovito izrabljeni.

4.2.4.2 Stanovanja v večstanovanjskih stavbah

Če se osredotočimo samo na orientacijo stavb oziroma stavbnih enot in ne obravnavamo način ogrevanja (vrsta energenta), potem pride pri stanovanjih razlika med Q_{NH} najugodnejše in obstoječe orientacije do večjega izraza. Posledično imamo, kljub povprečno manjši kondicionirani površini glede na enostanovanjske stavbe, tudi večje prihranke pri stroških ogrevanja. Problem pri stanovanjih je ta, da so slednje del večjih enot in zato obstajajo neke odvisnosti med sosednjimi stanovanji. Če fiktivno zarotiramo celoten večstanovanjski objekt bo vedno neko stanovanje gledalo na neugodno stran. Zato so podatki glede prihrankov stroškov ogrevanja le bolj informativne narave in služijo le kot pokazatelj pomembnosti pravilne orientiranosti stavb oziroma stavbnih enot.

V Preglednici 16 podajam rezultate izračunov prihrankov stroškov ogrevanja v evrih na leto v odvisnosti od razlike letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} glede na obstoječe stanje (ničelno stanje, 0°) za vse obravnavane orientacije. Pri izračunu sem uporabil podatke za kondicionirane površine iz Preglednice 1, pri ceni ene kilovatne ure električne energije sem uporabil vrednost 0,14 EUR/kWh. Pri primerih označenih z zeleno je obstoječe stanje orientiranosti stanovanja najoptimalnejše in so zato izkoristki dobitkov sončnega obsevanja tudi najbolj učinkovito izrabljeni.

Preglednica 16: Prihranki stroškov ogrevanja za stanovanja v večstanovanjskih stavbah glede na posamezno orientacijo

Oznaka	Razlika do 0° [kWh/m ² a]			Prihranek (EUR/leto)			
	90°	180°	270°	90°	180°	270°	MAX
S1	-8,417	-0,837	6,071	62,5	6,2	Ni prihranka	62,5
S2	15,180	26,461	16,514	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S3	-9,575	0,047	5,211	115,3	Ni prihranka	Ni prihranka	115,3
S4	7,812	4,356	3,781	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S5	3,624	0,094	-1,202	Ni prihranka	Ni prihranka	10,8	10,8
S6	-10,882	-0,826	6,608	64,0	4,9	Ni prihranka	64,0
S7	2,899	-9,235	-21,614	Ni prihranka	81,5	190,6	190,6
S8	13,682	24,338	14,653	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S9	-4,705	-14,745	-18,100	67,2	210,6	258,5	258,5
S10	-12,278	-32,556	-13,849	98,0	259,8	110,5	259,8
S11	9,567	13,675	10,215	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S12	-12,046	-8,041	-1,774	104,6	69,8	15,4	104,6
S13	12,672	17,547	6,891	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S14	2,872	-9,690	-13,622	Ni prihranka	50,2	70,6	70,6
S15	-17,526	-1,605	11,346	68,7	6,3	Ni prihranka	68,7
S16	13,009	23,877	14,344	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S17	5,254	4,459	5,539	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0
S18	0,040	-7,198	-7,790	Ni prihranka	71,5	77,4	77,4
S19	7,283	0,850	-9,747	Ni prihranka	Ni prihranka	77,8	77,8
S20	2,001	8,298	6,035	Ni prihranka	Ni prihranka	Ni prihranka	0,0

Na splošno lahko ugotovimo, da so prihranki stroškov ogrevanja (zaradi spremembe orientacij stavb oziroma stavbnih enot) pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah (v naših primerih) višji kot pri individualnih enostanovanjskih stavbah, v povprečju skoraj dvakrat (Preglednica 17). V širšem smislu to ugotovitev sicer ne moremo prenesti na vse enostanovanjske stavbe in stanovanja v večstanovanjskih stavbah, saj so slednje odvisne tudi od svoje pozicije znotraj etaže (stanovanja z zunanjimi stenami proti jugu in zahodu so znatno energetsko ugodnejša kot ostala).

Preglednica 17: Izračunane povprečne vrednosti prihrankov stroškov ogrevanja

Enostanovanjske stavbe		
Povprečje:	37,3	EUR/leto

Stanovanja v večstanovanjskih stavbah		
Povprečje:	68,0	EUR/leto

Pri novejših enostanovanjskih stavbah nas preseneča ugotovitev, da niso vse najbolj optimalno orientirane saj morajo, v sklopu pridobitve gradbenega dovoljenja, pridobiti elaborat učinkovite rabe energije in izkaz energijskih lastnosti stavbe na podlagi katerih se oceni ustreznost energetske učinkovitosti stavbe. Večinoma se objekti na zemljišče pozicionirajo glede na fizične lastnosti zemljišča (možnost dostopa, nakloni zemljišča, ovire itd.), manj (oziroma skoraj nič) pa glede na optimizirano orientiranost stavbe. V naši drugi analizi prej navedeno trditev potrjujemo z ugotovitvami, da je že znotraj našega vzorca dvajsetih enostanovanjskih stavb precej takih, ki niso najbolj optimalno orientirani. Priporočljivo bi bilo, da bi projektanti opravili optimizacijo najugodnejše orientiranosti glede na zasnovan objekt na podoben način kot smo mi opravili drugo analizo. Računalniški programi za izračun energijskih karakteristik objekta nam te variacije optimizacij omogočajo na zelo enostaven način.

5 ZAKLJUČEK

Pojem »energetska učinkovitost« postaja v sodobnem času čedalje bolj obravnavana tema. Tema, ki na področju gradbeništva postaja ena izmed ključnih ciljev Evropske unije pri zaostrovanju zahtev glede porabe energije in rabe energije iz obnovljivih virov v stavbnem sektorju z namenom povečevanja energetske neodvisnosti in zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. Ker je čedalje več poudarka na trajnostnem razvoju in zmanjševanju vplivov globalnega segrevanja se je v krogu stroke (na podlagi predpisov) uveljavila praksa izdelave energetskih izkaznic, na podlagi katerih so se za posamezno stavbo oziroma stavbno enoto določili njeni energijski kazalniki. Energetsko vrednotenje je torej postalo eno izmed glavnih orodij prikazovanja stanja energetske učinkovitosti stavb.

V sklopu diplomske naloge sem poskušal na podlagi dveh izbranih analiz pokazati oziroma dokazati pomembnost pravilne zasnove stavbe na ta način, da sem v sklopu prve analize ugotavljal kako sprememba debeline TI (oziroma njeno dodajanje), v sklopu druge analize pa vpliv spremembe orientacije stavbe, vpliva na glavni pokazatelj energetske učinkovitosti stavbe, letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} . V sklopu obeh analiz sem na podlagi dobljenih rezultatov še izračunal prihranke pri stroških ogrevanja v evrih na leto, ki bi jih zaradi fiktivno izvedenih ukrepov pri tem tudi imeli.

Moj cilj pri prvi analizi je bil doseči, na podlagi izbranih konstrukcijskih ukrepov, dovoljeno letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} , predpisano v pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, seveda samo pri tistih primerih, kjer ta meja še ni bila dosežena pri obstoječem stanju. Pri dodajanju TI sem se omejil na maksimalno debelino 20 cm iz sledečih razlogov:

- Težja izvedba debelejših TI.
- Relativno manjša razlika prihranka letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe Q_{NH} zaradi dodatnega povečanja debelin TI (nad 20 cm).
- Nesorazmernost razmerja med prihranki in stroški izvedbe TI, večjih od 20cm.

V sklopu konstrukcijskih ukrepov sem dodajal TI le na zunanje stene stavbnega ovoja napram zunanosti. Prva ugotovitev analize je bila ta, da pri mnogih obravnavanih primerih dovoljene vrednosti Q_{NH} (na podlagi izbranih ukrepov!) sploh ni bilo možno doseči. V nadaljevanju se je izkazalo, da pri naših primerih sprememba debeline TI (oziroma njeno dodajanje) v povprečju trikrat bolj vpliva na Q_{NH} pri enostanovanjskih stavbah kot pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah. Pri prihrankih stroškov ogrevanja so bili pri naših primerih pričakovano večji prihranki pri enostanovanjskih stavbah, v povprečju celo petkrat. Eden izmed razlogov takšnih rezultatov je bil ta, da imajo enostanovanjske stavbe v povprečju večje površine zunanjih sten stavbnega ovoja napram zunanosti skozi katere prihaja do toplotnega toka.

V sklopu druge analize, kjer sem spreminjal orientacijo stavb za 90°, 180° in 270° glede na obstoječe stanje sem poskušal ugotoviti vpliv spremembe orientacije na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} . Glavna ugotovitev je bila ta, da večina obravnavanih stavb ni bila najbolj optimalno orientirana saj bi v primeru ugodnejše orientacije letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe bila manjša in s tem ugodnejša kar se tiče stroškov ogrevanja kar se je pri večini od naših primerih izkazalo kot resnično. Pri obravnavanih enostanovanjskih stavbah je bila to presenetljiva ugotovitev saj bi pri njihovi zasnovi izbira najprimernejše orientacije morala biti ena izmed glavnih stvari, ki bi se jih upoštevalo pri idejni zasnovi projekta. Pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah bi izbira najoptimalnejše orientacije bila omejena saj je stanovanje del večje enote, znotraj katere je pozicija stanovanja fiksirana. Na koncu sem še izračunal prihranke pri stroških ogrevanja ter ugotovil, da so pri naših primerih prihranki v povprečju dvakrat večji pri stanovanjih v večstanovanjskih stavbah kot pri enostanovanjskih stavbah.

VIRI

- [1] Energetska izkaznica stavbe.
<http://energetskaizkaznica.si/> (Pridobljeno 29. 03. 2017.)
- [2] Evropski parlament in svet Evropske unije. 2010. Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(Pridobljeno 11. 03. 2017.)
- [3] Geater, J. What is File Extension GF4?
<http://www.solvusoft.com/en/file-extensions/file-extension-gf4/> (Pridobljeno 21. 03. 2017.)
- [4] Informa Echo. 2011. Raziskava energetske učinkovitosti Slovenije – REUS 2011.
http://www.pozitivnaenergija.si/sites/www.pozitivnaenergija.si/files/porocilo_reus_2011_12resnic_povzetek_final.pdf (Pridobljeno 15. 04. 2017.)
- [5] Kolikšna je optimalna debelina fasade?
http://www.mojmojster.net/clanek/126/koliksna_je_optimalna_debelina_fasade (Pridobljeno 16. 03. 2017.)
- [6] Ministrstvo za infrastrukturo. 2014. Energetski zakon (EZ-1).
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6665> (Pridobljeno 12. 03. 2017.)
- [7] Ministrstvo za infrastrukturo. 2014. Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV11883> (Pridobljeno 12. 03. 2017.)
- [8] Ministrstvo za infrastrukturo. Učinkovita raba energije.
http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/energetika/ucinkovita_raba_energije/ (Pridobljeno 15. 04. 2017.)
- [9] Ministrstvo za okolje in prostor. 2002. Zakon o graditvi objektov (ZGO-1).
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO3490#> (Pridobljeno 12. 03. 2017.)
- [10] Ministrstvo za okolje in prostor. 2010. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 12. 03. 2017.)
- [11] Ministrstvo za okolje in prostor. 2010. Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije.
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 12. 03. 2017.)
- [12] Razredi energetske učinkovitosti.
<http://www.sivenns.si/energetske-resitve/energetsko-svetovanje/> (Pridobljeno 12. 03. 2017.)
- [13] Stavbni ovoj.
<http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/stavbni-ovoj/> (Pridobljeno 03. 04. 2017.)

- [14] Suvorov, M. 2016. Cene energentov, Slovenija, 1. četrtoletje 2016.
<http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/5981> (Pridobljeno 01. 04. 2017.)
- [15] Trend Set d.o.o.. 2015. Prenova fasade: Za prihranek in boljše počutje.
<http://www.trendset.si/prenova-fasade-za-prihranek-in-boljse-pocutje.html> (Pridobljeno 31. 03. 2017.)
- [16] URSA Slovenija d.o.o.. Toplotna in zvočna izolacija URSA.
<http://www.ursa.si/sl-si/izdelki/strani/default.aspx> (Pridobljeno 23. 03. 2017.)
- [17] Zavod za gradbeništvo Slovenije. Energetska učinkovitost stavb v projektu Cost Effective.
<http://www.zag.si/ajax/DownloadHandler.php?file=985> (Pridobljeno 15. 04. 2017.)
- [18] Zbašnik-Senegačnik, M. 2009. Arhitekturno načrtovanje pasivne hiše.
http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/arhit_nactovranje-kph.pdf (Pridobljeno 06. 04. 2017.)