

Troškovi građenja i uporabe tradicionalne i suvremene obiteljske kuće

Costs of construction and usage of traditional and modern family house

¹Ratko Matotek, ²Lucija Vrbanec

¹Međimursko veleučilište u Čakovcu, Bana J. Jelačića 22a, 40000 Čakovec

²studentica Međimurskog veleučilišta u Čakovcu

e-mail: ¹rmatotek@mev.hr, ²lucija.vrbanec01@gmail.com

Sažetak: *Zgrade izgrađene prije nekoliko desetljeća veliki su potrošači toplinske energije, a samim tim takve zgrade ne ispunjavaju zahtjeve vezane uz energetska učinkovitost koji su trenutačno na snazi prema sadašnjim propisima u Europskoj uniji. Energetska obnova zgrada predstavlja najveći potencijal za energetske uštede na postojećim zgradama, a istovremeno je i prilika za njihovo osuvremenjivanje. To je, ujedno, i jedini način za smanjenje potrošnje energije na nacionalnom nivou na koje se Republika Hrvatska obvezala. Projekti energetske obnove zgrada vraćaju uložene investicije putem uštede u energiji s dodatnom prednošću povećanja kvalitete života i udobnosti boravka u zgradama te povećavaju vrijednosti nekretnina na tržištu. Energetska učinkovitost sve više postaje predmet istraživanja u mnogim djelatnostima. EU zakonodavstvo obvezuje na smanjenje potrošnje energije. Sve zemlje članice EU obvezne su do 2020. godine smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 20 %, smanjiti uporabu primarnih energenata povećanjem energetske učinkovitosti za 20 % te postići 20 % udjela obnovljivih izvora energije u vlastitim primarnim energetske bilancama. Cilj ovoga rada je izraditi proračun te usporedbu troškova građenja i uporabe glede potrošnje toplinske energije za grijanje tradicionalne i suvremene obiteljske kuće s različitim debljinama toplinske izolacije vanjskih zidova.*

Ključne riječi: *energetska učinkovitost, građenje, obiteljska kuća, toplinska izolacija, troškovi, uporaba*

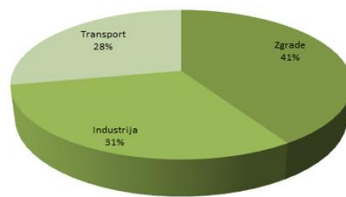
Abstract: *Buildings built a few decades ago are great consumers of heat energy, and such buildings do not fulfill the energy efficiency requirements according to the current EU regulations. Energy renovation is the biggest potential for energy savings in existing buildings, while at the same time an opportunity for their modernization. This is also the only way to reduce energy consumption at the national level to which the Republic of Croatia has committed itself. Energy renewal projects return investments through savings in energy with the added benefit of increasing the quality of life and comfort of living in buildings and increasing the value of real estate on the market. Energy efficiency is increasingly becoming the subject of research in many industries. EU legislation is committed to reducing energy consumption. All EU member states are required by year 2020 to reduce greenhouse gas emissions by 20%, reduce primary energy use by increasing energy efficiency by 20% and achieve 20% share of renewable energy in their own primary energy balances. The aim of this paper is to calculate and compare the cost of construction and usage of heat energy of a traditional and modern family house with different thicknesses of thermal insulation of the exterior walls.*

Keywords: *energy efficiency, construction, family house, thermal insulation, costs, usage*

1. Uvod

Povećanje učinkovitoga korištenja energije i korištenja obnovljivih izvora energije, važan su dio svih strategija na globalnoj i nacionalnoj razini. Sadašnje stanje potrošnje energije u zgradarstvu realan je potencijal za povećanje učinkovitosti, korištenja obnovljivih izvora energije i alternativnih energetske sustava. Cijene energije i energenata će u narednom razdoblju rasti, što će utjecati na porast troškova stanovanja i poslovanja. Zato je potrebno dobro poznavati energiju u smislu tehničkih mogućnosti i troškova te njome upravljati. Zbog velike potrošnje energije u zgradama, koja u ukupnoj energetske bilanci raste, a istovremeno i najvećeg potencijala energetske i ekološke ušteda, energetska učinkovitost danas postaje prioritet suvremene arhitekture i energetike. Ovo je područje prepoznato kao područje koje ima najveći potencijal za smanjenje ukupne potrošnje energije na nacionalnoj razini čime se izravno utječe na ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, duži životni vijek zgrade te se pridonosi zaštiti okoliša (Andrassy i sur., 2010).

Na slici 1. prikazana je potrošnja energije u Europskoj uniji (EU). Najmanji utrošak energije odnosi se na transport s 28 %, zatim na industriju s 31 %, dok se najveći dio troši na zgrade s 41 % (Hrs Borković, 2014).



Slika 1. *Potrošnja energije u Europskoj uniji*

Izvor: http://www.energetski-certifikat-zagreb.com/images/energetska_uckinkovitost/potrosnja_energije_u_Europi.jpg

Predmet ovoga rada je usporediti troškove građenja i troškove uporabe, odnosno toplinske energije za grijanje tradicionalne i suvremene obiteljske kuće s različitim debljinama toplinske izolacije vanjskih zidova. Cilj rada je utvrditi odnos smanjenja troškova grijanja i povećanja troškova građenja na primjeru jedne obiteljske kuće.

2. Tradicionalni i suvremeni građevinski materijali

Napredak civilizacije od samih početaka povezan je s otkrivanjem, dobivanjem, preradom i oblikovanjem različitih građevinskih materijala. U prošlosti je čovjek koristio samo prirodne materijale, a kasnije, razvojem industrije i umjetne materijale, tako da danas postoji mnogo različitih vrsta građiva (Mikoč, 2006).

Građevinski se materijal upotrebljava za proizvodnju nosivih ili nenosivih građevnih elemenata. Građevinske materijale koje je čovjek koristio u prošlosti danas se nazivaju tradicionalnim materijalima, a njih čine drvo, kamen, crijep, opeka. S namjerom da se poboljšaju svojstva već postojećih materijala, došlo je do razvitka suvremenih materijala kao što su beton, čelik, staklo (Simović, 2002).

Dobro poznavanje građiva omogućuje odabir najpovoljnijega građiva kako bi građevina u potpunosti odgovarala svojoj namjeni. Spajanjem tradicionalnih i suvremenih materijala zadovoljavaju se svi uvjeti koje zahtijeva današnja izgradnja, a to su sigurnost, trajnost, estetika i ekonomičnost. Pravilnim korištenjem građevinskih materijala stvara se održiva gradnja.

Tradicionalna i suvremena gradnja se u ovom radu razlikuju samo prema različitim koeficijentima prolaska topline vanjskoga zida (U), koji za tradicionalnu gradnju prema najvećim dopuštenim vrijednostima iz Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i

toplinskoj zaštiti u zgradama (NN br. 128/15) za kontinentalnu Hrvatsku iznosi 0,30 W/(m²K).

3. Tehnički opis primjera obiteljske kuće

Obiteljska kuća je zgrada koja je u cijelosti, ili u kojoj je više od 50 % bruto podne površine, namijenjeno za stanovanje te ima najviše dvije stambene jedinice, izgrađena na zasebnoj građevnoj čestici i građevinske bruto površine do 400 m² (Strategija, 2014).

Predmet ovoga rada je glavni projekt obiteljske kuće, ali samo u dijelu proračuna potrošnje toplinske energije za grijanje. Kuća se sastoji od prizemlja i kata. Ukupna tlocrtna površina razvijena je unutar dimenzija 9,40 m x 11,90 m. Nosivu konstrukciju čine betonski temelji i zidovi od blok-opeke. Stropna ploča je izvedena od punog armiranog betona. Vanjski zidovi su izolirani mineralnom vunom, a za potrebe rada različitih debljina toplinske izolacije. S južne je strane izveden ravni krov, dok je sa sjeverne strane kosi limeni krov. Od ostalih elemenata toplinske ovojnice, projektiran je stop prema vanjskom prostoru i pod prema vanjskom zraku. Prozori i vanjska vrata izvedeni su od pvc profila s dvostruko izolirajućim staklom. Zaštita od sunčeve insolacije predviđena je pomoću vanjskih roleta.

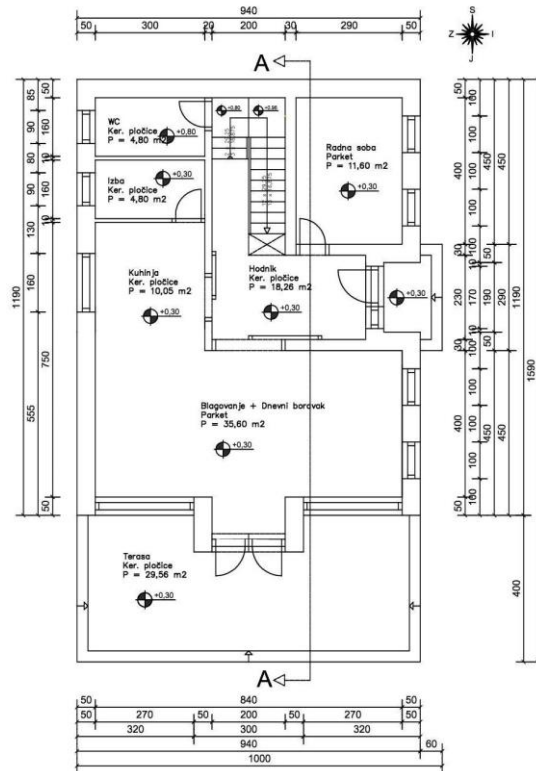
U tablici 1. prikazane su glavne geometrijske karakteristike zgrade izračunate na temelju glavnoga projekta obiteljske kuće.

Tablica 1. Geometrijske karakteristike zgrade

Ploština bruto površine zgrade	BP (m ²)	224,82
Ploština korisne (grijane) površine zgrade	A _k (m ²)	163,82
Oplošje grijanog dijela zgrade bez otvora	(m ²)	451,98
Ploština površina vanjskih otvora	A _w (m ²)	56,84
Ukupno oplošje grijanog dijela zgrade	A (m ²)	508,82
Obujam (volumen)	V (m ³)	676,89
Faktor oblika (A/V)	f ₀ (m ⁻¹)	0,75

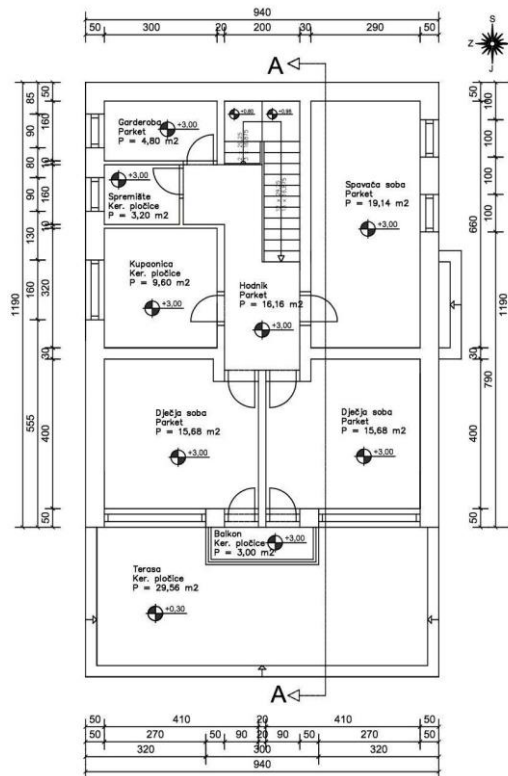
Izvor: autori

Na slikama od 2. do 9. prikazani su tlocrti prizemlja i kata, krovne plohe, pročelja te presjek.



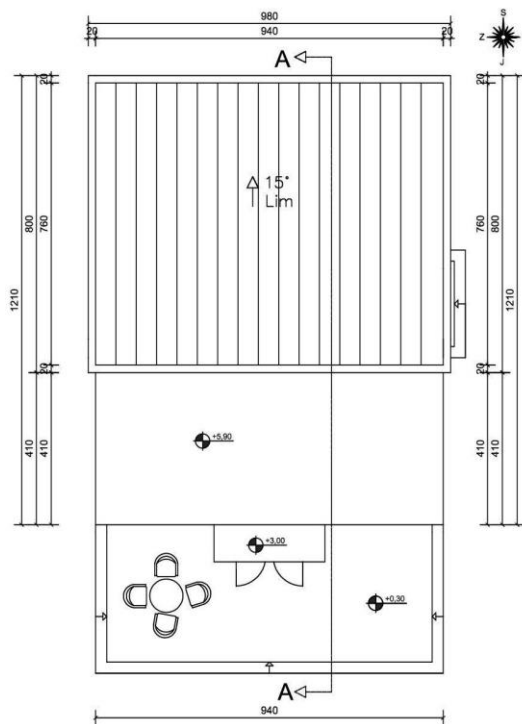
Slika 2. Tlocrt prizemlja

Izvor: autori



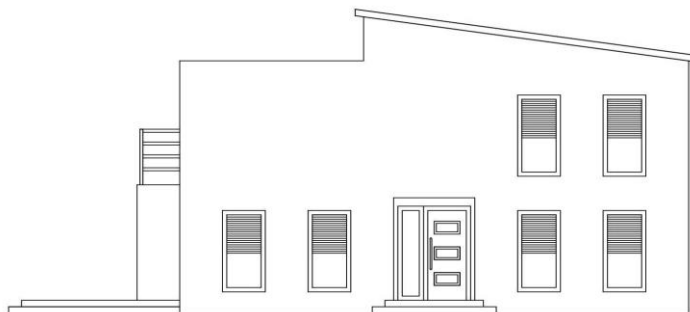
Slika 3. Tlocrt kata

Izvor: autori



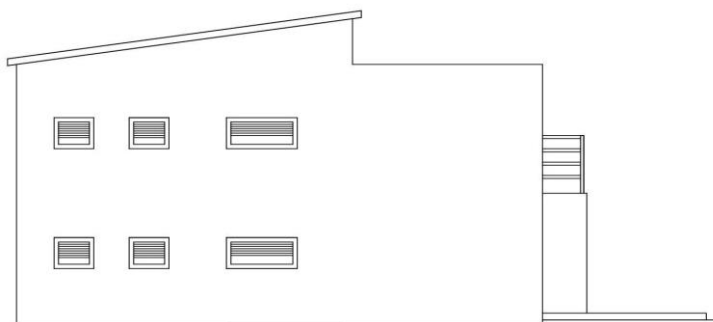
Slika 4. Tlocrt krova

Izvor: autori



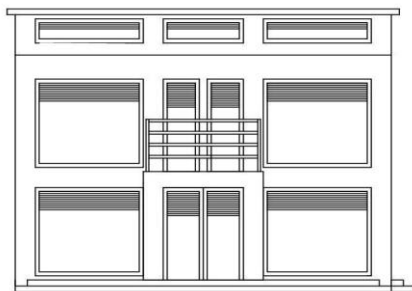
Slika 5. Istočno pročelje

Izvor: autori



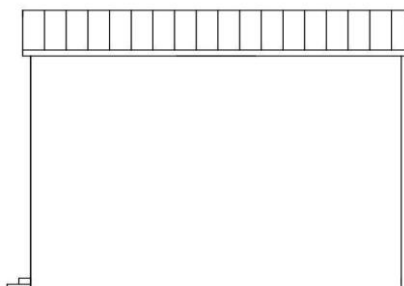
Slika 6. Zapadno pročelje

Izvor: autori



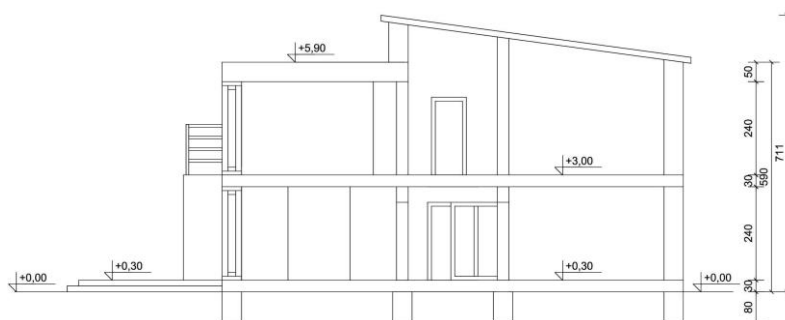
Slika 7. Južno pročelje

Izvor: autori



Slika 8. Sjeverno pročelje

Izvor: autori



Slika 9. Presjek A-A

Izvor: autori

U tablici 2. su prikazane površine elemenata toplinske ovojnice po građevnim dijelovima.

Tablica 2. Ploština toplinske ovojnice

GRAĐEVNI DIO	PLOŠTINA (m²)
Pročelja bez prozora (vanjski zid)	221,70
Prozori	56,84
Pod prema tlu	112,96
Strop prema vanjskom zraku	3,00
Pod prema vanjskom zraku	1,90

Ravni krov	40,42
Kosi krov	72,00
UKUPNO:	508,82

Izvor: autori

4. Troškovi građenja

Troškovi su vrijednost potrošenih elemenata proizvodnje. Vrijednost se izražava cijenom, a troškovi su u novcu izražena količina radne snage, sredstva za rad i predmeta rada. Kod planiranja i izračuna troškova postoji hijerarhija, od jednostavnih procjena troškova u raznim fazama projekta preko procjena troškova po elementima građevine do detaljnih analiza izračuna planskih troškova (Radujković i sur, 2015.).

U radu će se koristiti pokazatelji troškova građenja Hrvatske komore arhitekata za 2017. godinu. Troškovi građenja po m² bruto površine za obiteljske kuće jednostavnog standarda prema (Hanžek, 2017.) iznose 3.250,00 kn. U primjeru će se navedena jedinična cijena odnositi na kuću s najmanjom debljinom toplinske izolacije od 8 cm, tako da ukupni troškovi građenja iznose 730.665,00 kn. Debljina toplinske izolacije od 8 cm daje koeficijent prolaska topline vanjskog zida od 0,29 W/m²K, što je nešto manje od maksimalno dopuštenog (U_{max}).

U tablicama 3. i 4. prikazani su podaci o troškovima građenja i fasade debljine izolacije od 8 do 20 cm. Troškovi građenja bez uključene fasade u svakom od primjera iznose 668.589,00 kn, a dobiveni su tako da su se od ukupnih troškova građenja od 730.665,00 kn oduzeli troškovi fasade debljine 8 cm. Povećanjem debljine toplinske izolacije fasade za ostale slučajeve povećavaju se ukupni troškovi građenja, dok troškovi građenja svih ostalih elemenata u primjeru ostaju nepromijenjeni.

Tablica 3. Podatci o troškovima građenja i fasade (od 8 do 12 cm debljine izolacije)

Debljina izolacije (cm)	8	10	12
Troškovi građenja (kn)	730.665,000	735.099,00	741.750,00
Jed. cijena građenja (kn/m²)	3.250,00	3.269,72	3.299,31
Jed. cijena fasade (kn/m²)	280,00	300,00	330,00
Trošak fasade (kn)	62.076,00	66.510,00	73.161,00
Troškovi bez fasade (kn)	668.589,00	668.589,00	668.589,00

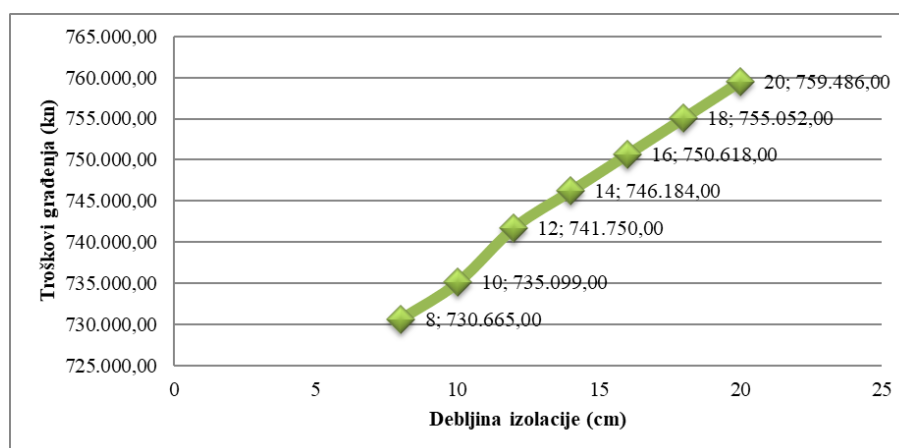
Izvor: autori

Tablica 4. Podatci o troškovima građenja i fasade (od 14 do 20 cm debljine izolacije)

Debljina izolacije (cm)	14	16	18	20
Troškovi građenja (kn)	746.184,00	750.618,00	755.052,00	759.486,00
Jed. cijena građenja (kn/m ²)	3.319,03	3.338,75	3.358,47	3.378,20
Jed. cijena fasade (kn/m ²)	350,00	370,00	390,00	410,00
Trošak fasade (kn)	77.595,00	82.029,00	86.463,00	90.897,00
Troškovi bez fasade (kn)	668.589,00	668.589,00	668.589,00	668.589,00

Izvor: autori

Na grafikonu 1. prikazan je odnos debljine izolacije i troškova građenja koji se odnose na fiksnu cijenu građenja svih dijelova bez troškova fasade i varijabilne troškove fasade. Troškovi građenja povećavaju se porastom debljine izolacije.

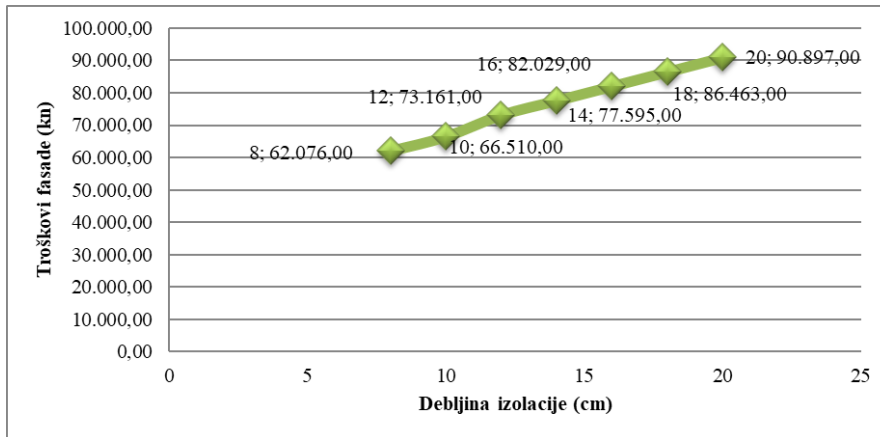


Grafikon 1. Odnos debljine izolacije i troškova građenja

Izvor: autori

Na grafikonu 2. prikazan je odnos debljine izolacije i troškova fasade. Troškovi izvođenja fasade povećavaju se porastom debljine izolacije.

Na grafikonu 3. prikazani su udjeli troškova građenja bez fasade i troškova fasade za debljinu izolacije od 8 cm. Troškovi građenja bez fasade iznose 668.589,00 kn (92%) a fasade 62.076,00 kn (8%).



Grafikon 2. Odnos debljine izolacije i troškova fasade

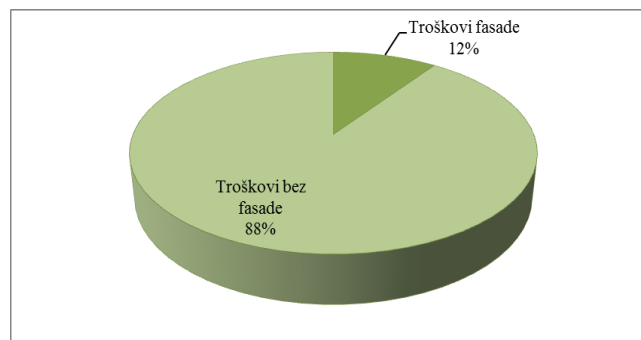
Izvor: autori



Grafikon 3. Odnos troškova građenja bez fasade i troškova fasade za izolaciju od 8 cm

Izvor: autori

Na grafikonu 4. prikazani su udjeli troškova građenja bez fasade i troškova fasade za debljinu izolacije od 20 cm. Troškovi građenja bez fasade iznose 668.589,00 kn (88%) a fasade 90.897,00 kn (12%).



Grafikon 4. Odnos troškova građenja bez fasade i troškova fasade za izolaciju od 20 cm

Izvor: autori

5. Troškovi uporabe (toplinske energije za grijanje)

Svaka zgrada, ovisno o vrsti i namjeni, mora biti projektirana, izgrađena i održavana tako da tijekom uporabe ispunjava propisane zahtjeve energetske učinkovitosti, jedino ako tehničkim propisom nije drugačije propisano. Zahtjeve energetske učinkovitosti pojedinih vrsta zgrada, koji uključuju minimalne zahtjeve za energetska svojstva zgrade i njezinih posebnih dijelova, način izračuna energetske svojstva zgrade, minimalni obvezni dio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije zgrade, kriterije za zgrade gotovo nulte energije, sadržaj elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom te druge zahtjeve vezane uz energetske učinkovitost zgrade, kao i dostavu izvješća Europskoj komisiji vezano za pretpostavke, izračune i rezultate troškovno optimalnih analiza, propisuju se tehničkim propisom (Zakon, 2013).

Za izračun potrebne toplinske energije za grijanje zgrade u ovom radu korišten je računalni program KI Expert 2013. Program je izrađen sukladno s najnovijom regulativom po pitanju proračuna toplinske i racionalne uporabe energije, prihvaćenim europskim normama te službenim algoritmom koje je donijelo Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja (MGPU).

U tablici 5. prikazana je površina građevnih dijelova (A) i izračunati su koeficijenti prolaska topline (U). Za strop prema vanjskom prostoru nije udovoljen traženi zahtjev U_{\max} zbog nemogućnosti izvedbe veće debljine izolacije. Taj dio će trebati posebno razraditi u izvedbenom projektu.

Tablica 5. Proračun građevnih dijelova zgrade

NAZIV GRAĐEVNOG DIJELA	A [m ²]	U [W/m ² K]	U_{\max} [W/m ² K]
Vanjski zid (MW od 8 do 20 cm)	221,70	0,14 – 0,29	0,30
Pod na tlu – ker. pločice	51,04	0,32	0,40
Pod na tlu - parket	61,92	0,30	0,40
Pod prema vanjskom zraku	1,90	0,25	0,25
Strop prema vanjskom prostoru	3,00	0,30	0,25
Kosi krov	72,00	0,19	0,25
Ravni krov	40,42	0,23	0,25

Izvor: autori

Da bi se postigli različiti energetske razredi zgrade, odnosno različite vrijednosti godišnje toplinske energije za grijanje ($Q_{H,nd}$) u odnosu na promjenu debljine toplinske izolacije

vanjskog zida, sastav ostalih građevnih dijelova toplinske ovojnice nije se mijenjao. U tablici 6. prikazan je sastav vanjskog zida.

Tablica 6. *Sastav vanjskog zida*

R. BR.	MATERIJAL	d (cm)	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1.	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2.	Šuplji blokovi od gline	29,000	0,390	5,00	1,45	800,00
3.	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4.	Mineralna vuna	8-20	0,032	1,00	0,08-0,20	10,00
5.	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6.	Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00

Izvor: autori

6. Analiza troškova građenja i uporabe

Analiza troškova građenja i uporabe odnose se na tradicionalnu i suvremenu obiteljsku kuću. Tradicionalna kuća ima najmanji U, dok suvremena ima više vrijednosti koeficijenta U. Troškovi građenja odnose se na izvođenje fasaderskih radova a troškovi uporabe na potrebnu godišnju toplinsku energiju za grijanje.

U tablicama 7. i 8. prikazani su podaci o energetske svojstvima obiteljske kuće izračunate u računalnom programu KI Expert za debljine izolacije vanjskog zida od 8 do 20 cm. Jedinični trošak opskrbe plinom iznosi 0,36 kn/kWh prema podacima preuzetima na stranici lokalnog distributera MEDIMURJE PLIN d.o.o. Čakovec.

Tablica 7. *Podaci o energetske svojstvima i troškovima*

Debljina izolacije (cm)	8	10	12
Vanjski zid (U) (W/m ² K)	0,29	0,24	0,21
Q _{H,nd} (kWh/a)	9.985,86	9.392,64	8.969,55
Troškovi grijanja (kn)	3.594,91	3.381,35	3.229,04
Q _{H,nd} (kWh/m ² a)	60,96	57,33	54,75
Energetski razred	C	C	C

Troškovi fasade (kn)	62.076,00	66.510,00	73.161,00
Troškovi građenja (kn)	730.665,000	735.099,00	741.750,00

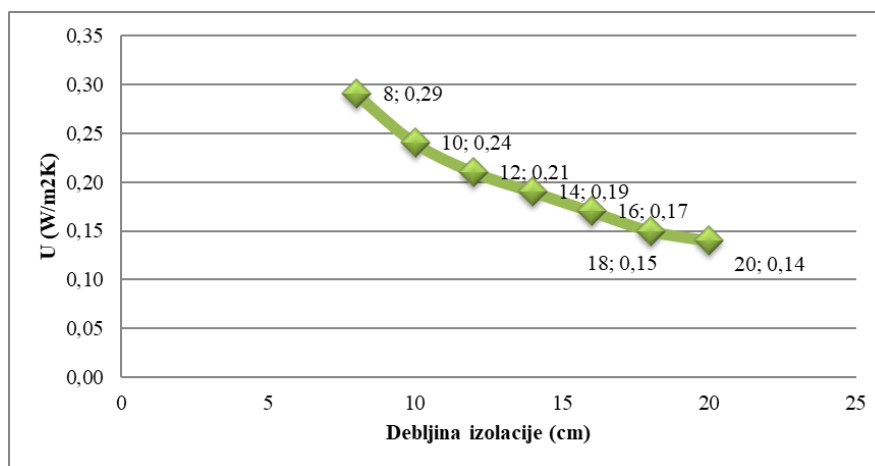
Izvor: autori

Tablica 8. Podatci o energetskeim svojstvima i troškovima

Debljina izolacije (cm)	14	16	18	20
Vanjski zid (U) (W/m²K)	0,19	0,17	0,15	0,14
Q_{H,nd} (kWh/a)	8.646,31	8.392,01	8.184,85	8.014,06
Troškovi grijanja (kn)	3.112,67	3.021,12	2.946,55	2.885,06
Q_{H,nd} (kWh/m² a)	52,78	51,23	49,96	48,92
Energetski razred	C	C	B	B
Troškovi fasade (kn)	77.595,00	82.029,00	86.463,00	90.897,00
Troškovi građenja (kn)	746.184,00	750.618,00	755.052,00	759.486,00

Izvor: autori

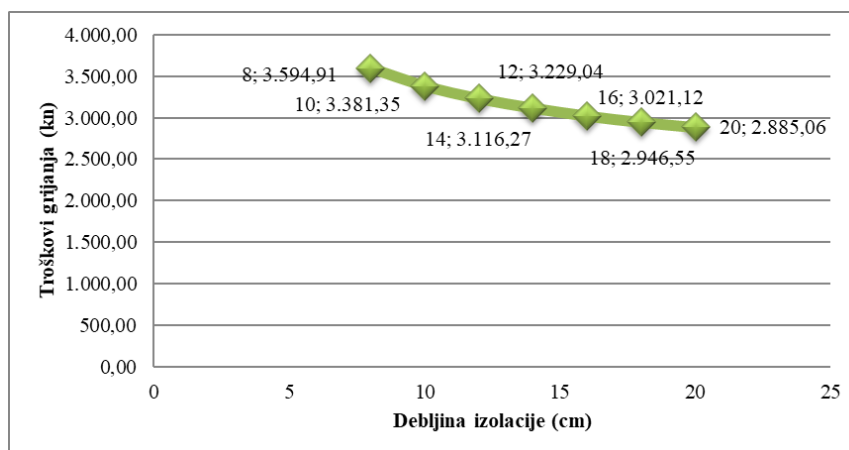
Na grafikonu 5. prikazan je odnos koeficijenta prolaska topline i debljine izolacije od 8 do 20 cm. Što je debljina izolacije veća, to je koeficijent prolaska topline manji, odnosno otpor je veći.



Grafikon 5. Odnos koeficijenta prolaska topline i debljine izolacije

Izvor: autori

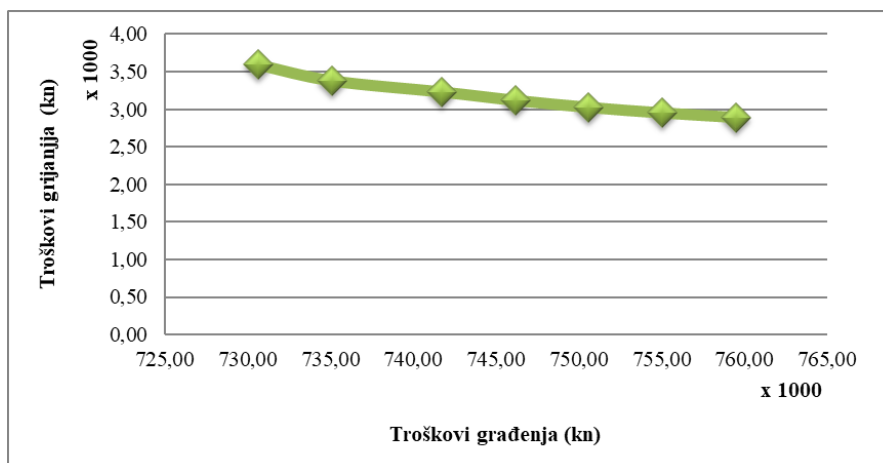
Na grafikonu 6. prikazan je odnos troškova grijanja i debljine izolacije od 8 do 20 cm. Što je debljina izolacije veća, to su troškovi grijanja manji jer je toplinski gubitak manji.



Grafikon 6. Odnos troškova grijanja i debljine izolacije

Izvor: autori

Na grafikonu 7. prikazan je odnos troškova grijanja i troškova građenja. Povećanjem debljine izolacije troškovi građenja se povećavaju, a grijanja smanjuju. Razlika godišnjih troškova grijanja između kuća s debljinama izolacije od 8 cm i 20 cm iznosi 709,85 kn, dok razlika u troškovima građenja iznosi 28.821,00 kn.



Grafikon 7. Odnos troškova grijanja i troškova građenja

Izvor: autori

7. Zaključak

U radu je prikazana analiza troškova građenja i potrošnje toplinske energije za grijanje obiteljske kuće s različitim debljinama toplinske izolacije vanjskog zida. Troškovi građenja proporcionalno rastu s povećanjem debljine toplinske izolacije. Troškovi građenja su se kod debljine toplinske izolacije od 20 cm povećali za 4% u odnosu na izolaciju debljine 8 cm, dok su se troškovi grijanja smanjili za 20%. Većom debljinom toplinske izolacije koeficijent

prolaska topline i transmisijski toplinski gubitak se smanjuju, a samim time i godišnja potrošnja energije. Osim što se povećanjem energetske učinkovitosti smanjuje potrošnja energije, također se smanjuje i emisija stakleničkih plinova. Poboľšanjem energetske učinkovitosti zgrada ostvaruju se ciljevi Europske unije, a ujedno i nacionalni ciljevi energetske učinkovitosti. Da bi investicija u potpunosti bila učinkovita, nije dovoljno zadovoljiti samo minimalnu toplinsku izolaciju koja jedva ispunjava zakonske uvjete. Malo većim ulaganjem u građenju može se izgraditi kuća vrhunske razine udobnosti stanovanja te niskih režijskih troškova, odnosno troškova uporabe.

Literatura

1. Andrassy, M., Balen, I., Boras, I., Dović, D., Hrs Borković, Ź., Lenić, K., Lončar, D., Pavković, B., Soldo, V., Sučić, B., Švaić, S. (2010). Priručnik za energetske certificiranje zgrada. Zagreb, Program Ujedinjenih naroda za razvoj
2. Dugoročna strategija za poticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske. NN 74/2014.
3. Hanžek, Z. (2017.). Pokazatelji troškova građenja – 2017. Zagreb, Hrvatska komora arhitekata HKA
4. Hrs Borković, Ź. (2015). "Problematika realizacije projekata energetske učinkovitosti u Hrvatskoj". U: Hrvatski graditeljski forum 2015: Izazovi u graditeljstvu 3 (ur. Stjepan Lakušić). Zagreb, Hrvatski savez građevinskih inženjera HSGI, str. 44-58.
5. Mikoč, M. (2006). Građevni materijali. Osijek, Građevinski fakultet Osijek
6. Radujković, M. i sur. (2015). Organizacija građenja. Zagreb, Građevinski fakultet Zagreb
7. Simović, V. (2002). Leksikon građevinarstva. Zagreb, Masmedia
8. Zakon o gradnji. NN 153/2013 i 20/2017