

TEHNO – EKONOMSKA ANALIZA ZAHVATA NA OBJEKTU U SVRHU POBOLJŠANJA NJEGOVOG ENERGETSKOG RAZREDA

Rejhana Muhamedagić, Sandra Martinović, *Mašinski fakultet u Sarajevu*
Milovan Kotur, *Mašinski fakultet u Banja Luci*

Sadržaj – U radu je izvršena procjena smanjenja potreba za energijom porodične kuće primjenom različitih mjera u cilju poboljšanja energetske efikasnosti. Takođe, izvršena je i tehno-ekonomska analiza sa ciljem utvrđivanja isplativosti ulaganja u određenu mjeru za poboljšanje energetske efikasnosti. Razmatrani su efekti svake primjenjene mjere pojedinačno, a zatim i osjetljivost perioda povrata investicije u zavisnosti od vrste korištenog energenta za zagrijavanje objekta.

1. UVOD

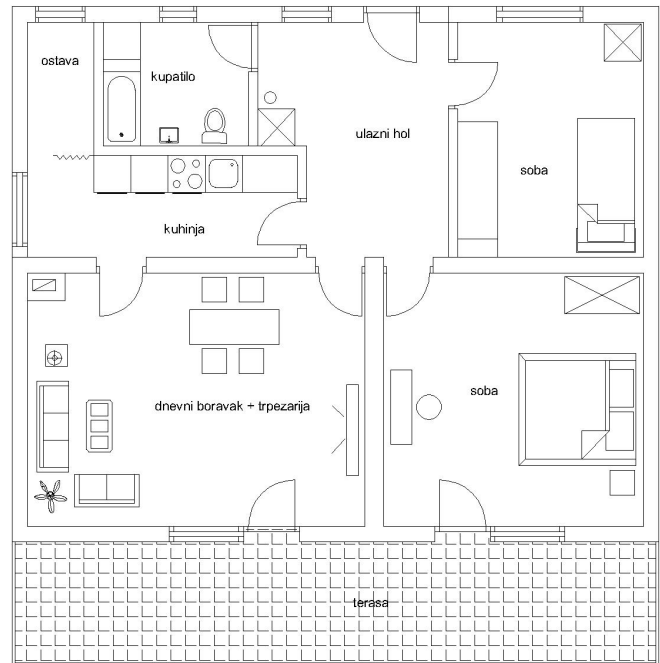
U posljednje četiri decenije prisutan je stalni porast cijena svih vrsta energenata, dok se u isto vrijeme uočava novi trend pada zaposlenosti i zarada. U našem klimatskom području porodične objekte je potrebno grijati oko polovine njihovog eksploatacionog vijeka, te je poboljšanje efikasnosti potrošnje energije neophodan korak u cilju smanjenja troškova za grijanje.

Primjenom različitih mjera moguće je poboljšati energetska efikasnost, pri čemu treba voditi računa o finansijskim aspektima primjenjenih mjera. Svaka zgrada, bilo nova ili postojeća, može se dovesti na nivo koji je blizak “nultoj” potrošnji, ali su često investiciona ulaganja visoka i nisu ekonomski isplativa. Zato je potreban sistematičan pristup prilikom izbora mjera koje će dovesti do smanjenja potrošnje energije u zgradi na godišnjem nivou, a s druge strane biti isplative i imati što kraći period povrata investicije.

2. OPIS OBJEKTA

Analizirani objekat je prizemna porodična kuća, slobodnostojeća, sa obezbjeđenim prirodnim provjetranjem svih prostorija (Sl.1.). Objekat je monolitan i klasično građen. Temelji objekta su od nearmiranog betona MB 20. Spoljni i unutrašnji nosivi zidovi se izvode od pune opeke širine 25 cm. Unutrašnji pregradni zidovi se zidaju od pune opeke širine 12 cm. Na svim spojevima nosećih zidova i uglovima su izvedeni vertikalni serklaži 25/25 betonirani betonom MB 25 i armirani 4Ø12 (RA 400/500) i Ø 6/25. Svi zidovi su zidani produžnim malterom 1 : 3 : 9. Međuspratna konstrukcija iznad prizemlja je izvedena kao polumontažna od fert gredica i ispune. Međuspratna konstrukcija je sa zidovima povezana horizontalnim serklažima betonirana betonom MB 25 i armirana sa 4Ø12 i Ø 6/25. Na svim spojevima zidova i uglovima su izvedeni vertikalni serklaži 20/20 betonirani betonom MB 25 i armirani 4Ø12 i Ø 6/25. Krovna konstrukcija je od čamove građe druge klase, koja se prekriva falcovanim crijepom. Svi podovi su izvedeni na ravnim betonskim površinama sa odgovarajućom oblogom u zavisnosti od namjene prostorija. Svi unutrašnji zidovi su malterisani krečnim malterom 1:3 osim zidova na koje su lijepljene keramičke pločice. Zidovi obloženi keramičkim

pločicama 20/20/0.8 cm, predviđeni su u kupatilima i dijelovima zidova kuhinje na koje dolaze kuhinjski elementi. Izvedeni su postavljanjem keramičkih pločica u cementnom malteru sa otvorenom fugom 0,50 cm, rađeni po principu fuga na fugu. Fuge su popunjene masom za fugovanje.



Sl. 1. Osnova prizemlja analiziranog objekta

3. PRIMJENA MJERA U CILJU POBOLJŠANJA ENERGETSKOG RAZREDA OBJEKTA

Da bi se došlo do potrebnog redosljeda investicionih ulaganja u svrhu poboljšanja energetske razreda analiziranog objekta (Tabela 1), prvo je određen njegov energetska razred. Pretpostavke koje su korištene u radu su:

- objekat se nalazi u Sarajevu te su korišteni klimatski podaci za Sarajevo (srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja 3,9°C),
- prosječna unutrašnja projektana temperatura iznosi 20°C u periodu zagrijavanja objekta (uz prekidani režim grijanja u trajanju od 16 h),
- toplotni gubici: transmisijski gubici kroz ovojnicu objekta, gubici prema tlu, gubici prema negrijanom tavanu i gubici prirodnom ventilacijom,
- u obzir su uzeti linijski gubici (potencijalni toplotni mostovi),
- razmatrani energenti za zagrijavanje radnog fluida: prirodni gas, lož ulje, ogrijevno drvo, peleti i električna energija.

Tabela 1: Geometrijske karakteristike analiziranog objekta

Potrebni podaci	
Površina omotača grijanog dijela zgrade (A)	305,33 [m ²]
Zapremina grijanog dijela zgrade (V _e)	293,59 [m ³]
Zapremina grijanog zraka (V)	223,13 [m ³]
Faktor oblika zgrade (f ₀)	1,04 [m ⁻¹]
Korisna površina objekta (A _K)	93,95 [m ²]
Ukupna površina prozora (A _{wuk})	12,36 [m ²]

Tabela 2: Koeficijenti prolaska toplote građevinskih dijelova analiziranog objekta

Građevinski dijelovi	Koeficijenti prolaska toplote, U [W/m ² K]		
	Neizolirani objekat	Izolirani objekat	Maksimalni koeficijent prolaska toplote prema tehničkom propisu
Vanjski zid	1,53	0,32	0,45
Strop prema tavanu	2,15	0,26	0,30
Prozori	3	1,10	1,80

Tabela 3: Potrebna energija za grijanje u zavisnosti od primjenjene mjere

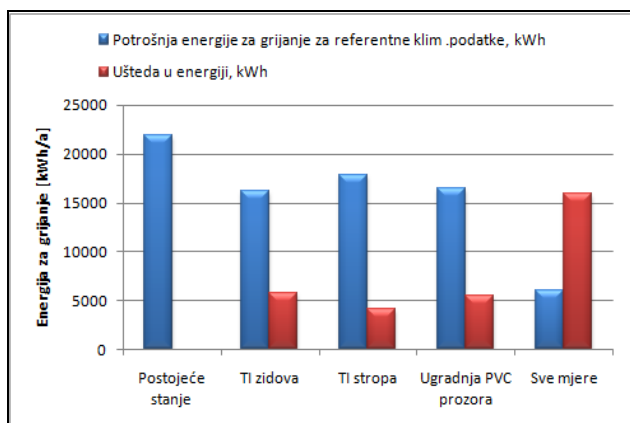
	Potrebna energija za grijanje za referentne klimatske podatke	Referentna vrijednost godišnje potrebne toplotne energije za grijanje	Energetski razred
	[kWh/a]	[kWh/m ² a]	
Postojeće stanje	21 893	233	F
TI zidova	16 144	171,84	D
TI stropa	17 755	189	E
Zamjena stolarije	16 453	175	D
Sve mjere	5 990	63,7	B

Rješavanje problema energetske efikasnosti objekta nije samo problem izvedbe već je pitanje i ekonomske isplativosti i zato je svaka razmatrana mjera unapređenja energetskih karakteristika zgrade popraćena finasijskom analizom. Razmatrane mjere su:

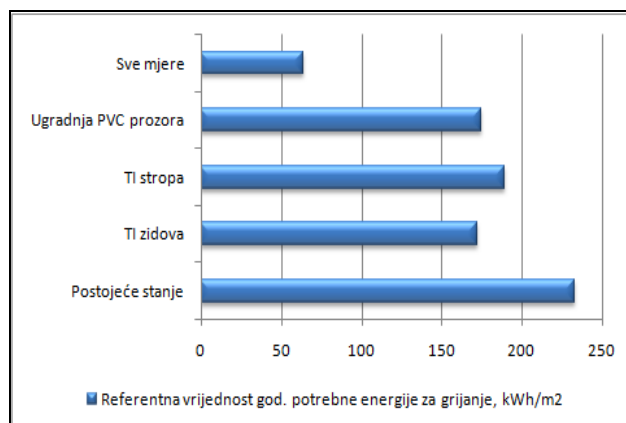
- postavljanje toplotne izolacije na vanjske zidove,
- postavljanje toplotne izolacije na strop,

- zamjena postojećih prozora sa kvalitetnijim prozorima,
- sve tri prethodno navedene mjere zajedno.

U Tabeli 2 prikazani su koeficijenti prolaska toplote građevinskih dijelova analiziranog objekta prije i nakon izvršenih mjera poboljšanja energetske efikasnosti.



Sl. 2. Usporedba godišnje potrebne toplote za grijanje



Sl. 3. Usporedba specifične godišnje potrebne toplote za grijanje

Analiza mjera za poboljšanje energetske efikasnosti razmatranog objekta urađena je na osnovu sljedećih elemenata:

- investicijskih troškova provođenja mjera,
- energetske i ekonomske dobiti, tj. uštede u energiji i novcu,
- proračuna perioda povrata investicije za analizirane mjere.

Za prikazivanje ušteda u energiji, koje je moguće ostvariti u analiziranom objektu primjenom navedenih mjera poboljšanja energetske efikasnosti, korišteni su referentni pokazatelji potrošnje, jer omogućavaju procjenu ušteda u budućnosti neovisno o karakteru pojedine grijne sezone.

U Tabeli 3 prikazani su rezultati proračuna dobijeni korištenjem software-a KI Expert, a grafički prikaz je dat na Sl. 2. i Sl. 3.

Iz Tabele 3 se vidi da je ušteda u energiji na godišnjem nivou za analizirani objekat, ako se primjene sve mjere poboljšanja energetske efikasnosti, 15 903 kWh, odnosno 72,6%.

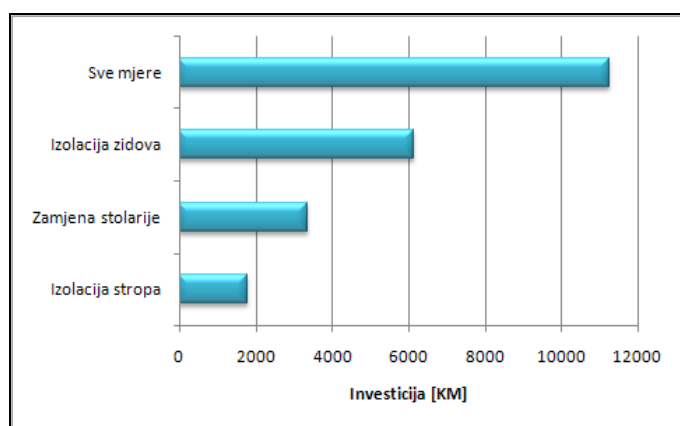
4. TEHNO – EKONOMSKA ANALIZA

Za analizu profitabilnosti određeni su sljedeći ekonomski parametri:

Investicija	I_0 [KM]
Godišnja neto ušteda	B [KM/god]
Tehnički/ekonomski vijek trajanja	n [god]
Nominalna kamatna stopa	$n_r \times 100$ [%]
Realna kamatna stopa	$r \times 100$ [%]
Stopa inflacije	$b \times 100$ [%]

Ekonomski vijek trajanja za toplotnu izolaciju i prozore iznosi 30 godina.

Realna kamatna stopa je nominalna kamatna stopa korigovana prema inflaciji, relativnom povećanju cijene



Sl. 4. Investicijski troškovi razmatranih mjera poboljšanja energetske efikasnosti za analizirani objekat

energije i drugim mogućim relativnim povećanjima cijena. Realna kamatna stopa korigovana za inflaciju je:

$$r = \frac{n_r - b}{b + 1} \quad (1)$$

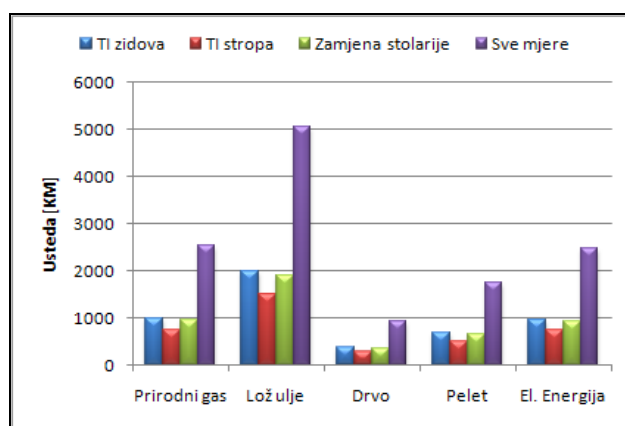
Uzeto je da realna kamatna stopa iznosi 7%.

Na Sl. 4. prikazani su investicijski troškovi za svaku razmatranu mjeru poboljšanja energetske efikasnosti za analizirani objekat. Uz investiciju od 1784 KM za izolaciju stropa prema negrijanom tavanu, analizirani objekat može uštedjeti 19% potrebne energije za grijanje, odnosno godišnje uštede za troškove grijanja prostora u zavisnosti od energenta iznosile bi oko 758 KM za prirodni gas, 1513,6 KM za lož ulje, 283 KM za ogrijevno drvo, 522 KM za pelet i 743,5 KM za električnu energiju. Uz investiciju od 11 255 KM za izolaciju zidova i stropa, kao i zamjenu stolarije godišnja ušteda potrebne energije za grijanje bi bila oko 72,6%.

Na Sl. 5. se vide godišnje uštede u zavisnosti od korištenog energenta za grijanje kao i od realizovane mjere za poboljšanje energetske efikasnosti. Vidi se da je najveća ušteda ako se kao energent koristi lož ulje.

U Tabeli 4 prikazane su godišnje potrebne količine goriva, u zavisnosti od korištenog energenta, za slučaj neizoliranog objekta kao i za slučajeve parcijalne ili kompletne sanacije objekta.

U Tabeli 5 je prikazan period povrata investicije za sprovođenje pojedinih mjera za poboljšanje energetske efikasnosti kao i osjetljivost perioda povrata investicije u odnosu na korišteni energent za zagrijavanje objekta. Na osnovu prikazanih rezultata sprovedene tehno - ekonomske analize može se zaključiti da je najduži period povrata investicije za postavljanje toplotne izolacije vanjskih zidova i to naročito u slučaju korištenja ogrijevnog drveta kao energenta za zagrijavanje.



Sl. 5. Ušteda novca za razmatrane mjere energetske efikasnosti i različite vrste goriva

Tabela 4: Godišnja potrošnja goriva u zavisnosti od provedene mjere i vrste goriva

	Jedinična cijena		Donja topl. moć, H _d	Godišnja potrošnja goriva				
	[KM]	[KM/kWh]		Postojeće stanje	TI zidova	TI stropa	Zamjena prozora	Sve mjere
Gas, m ³	1,02 KM/m ³	0,107	9,46 kWh/m ³	3365,5	2391,7	2622,2	2430,7	882,5
Lož ulje, l	2,15 KM/l	0,214	36,12 MJ/l	3187,6	2265,3	2483,6	2302,3	835,9
Drvo, kg	0,125 KM/kg	0,032	14 MJ/kg	10247,4	7282,5	7984,2	7401,3	2687,2
Pelet, kg	0,32 KM/kg	0,064	5 kWh/kg	7378,2	5243,4	5748,6	5328,9	1934,7
El.en., kWh	0,1404 KM/kWh	0,1404	3,6 MJ/kWh	23979	17041	18683	17319	6288

Tabela 5: Period povrata investicije u zavisnosti od vrste goriva i provedene mjere

	Period povrata investicije, god.			
	TI zidova	TI stropa	Zamjena prozora	Sve mjere
Prirodni gas	8 god. i 3 mj.	2 god. i 6 mj.	4 god. i 1 mj.	5 god. i 5 mj.
Lož ulje	3 god. i 6 mj.	1 god. i 3 mj.	1 god. i 10 mj.	2 god. i 5 mj.
Drvo	Nije isplativo	8 god. i 6 mj.	15 god. i 8 mj.	26 god. i 5 mj.
Pelet	14 god. i 6 mj.	4 god.	6 god. i 5 mj.	8 god. i 8 mj.
El.energija	8 god. i 6 mj.	2 god. i 7 mj.	4 god. i 3 mj.	5 god. i 7 mj.

5. ZAKLJUČAK

Poboljšanjem energetske efikasnosti smanjuje se potrošnja energije, bez narušavanja termalnog komfora i ostvaruje se ušteda u novcu, kao posljedica manje potrebne količine goriva. Obnovom objekta produžava se njegov vijek trajanja i poboljšava se kvalitet i ugodnost življenja. Takođe, poboljšanjem energetske efikasnosti se smanjuju štetni uticaji na okolinu uzrokovani proizvodnjom i potrošnjom energije.

Na osnovu sprovedene tehnološke – ekonomske analize u radu, može se zaključiti da je, u slučaju parcijalne sanacije objekta, najisplativije ulaganje u sanaciju stropa, dok je sa stanovišta vrste korištenog goriva, najkraći period povrata investicije u slučaju kada se kao energent koristi lož ulje.

Ukoliko bi se izvršila kompletna sanacija objekta, koja podrazumijeva postavljanje toplotne izolacije na zidove i strop prema negrijanom tavanu, te zamjenu stolarije, period povrata investicije bi bio dva puta duži, nego prilikom sanacije samo stropa.

Ukoliko se kao energent koristi ogrijevno drvo, period povrata investicije je značajno duži u odnosu na druge analizirane energente, čemu je razlog dosta niža jedinična cijena ogrijevnog drveta kao goriva.

6. LITERATURA

- [1] B. Todorovic, "Projektovanje postrojenja za centralno grejanje," Mašinski fakultet, Beograd 1996.
- [2] E. Kulic, "Principi projektovanja sistema grijanja," Mašinski fakultet, Sarajevo, 1989.
- [3] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, "Grijanje i klimatizacija," INTERKLIMA, Vrnjačka Banja, 1995.

- [4] Pravilnik o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu objekata i racionalnu upotrebu energije ("Službene novine FBiH", br. 49/09)
- [5] Z. Morvaj, B. Sučić, V. Zanki, G. Čačić, "Priručnik za provođenje energetske pregleda zgrada," BiH, novembar 2011.
- [6] Pravilnik o energetskom certificiranju objekata ("Službene novine Federacije BiH", br. 50/10 prilozima)
- [7] D. Gvozdencac, Z. Morvaj, "Ekonomska i finansijska analiza projekata energetske efikasnosti," BiH, novembar 2011.
- [8] Software KI Expert

Abstract – In this paper, we provide an evaluation of possibilities for reducing energy requirements for the family house, by applying various measures in order to improve energy efficiency. Also, a techno – economical analysis has been performed in order to determine cost – effectiveness of investments in particular measures for energy efficiency improvement. Effects of any applied measure have been considered individually, as well as the sensitivity of the payback period, depending on the type of fuel used for heating.

TECHNO – ECONOMICAL ANALYSIS OF PROCEDURE ON THE OBJECT IN ORDER TO IMPROVE ITS ENERGY GRADE

Rejhana Muhamedagić
Sandra Martinović
Milovan Kotur