

# TRADICIONALNA ARHITEKTURA U PRILAZU RAZVOJU ENERGETSKI ODRZIVE ZGRADE

*Tanja Cvjetkovic, Marija Todorovic\**

**Ključne reči:** *klima, sunceva energija, bioklimatska arhitektura, dinamicke simulacije, energetska optimizacija, održive zgrade*

## **SAŽETAK:**

Za tipične zgrade tradicionalne i novogradnje u Crnogorskom primorju, u radu je dinamičkim simulacijama sprovedena analiza zavisnosti specifične potrošnje energije za grejanje, ventilaciju, odnosno hladjenje po jedinici površine od načina gradnje, materijala i strukture omotača zgrade. Cilj simulacija i parametarskih analiza merodavnih veličina različitih idejnih prilaza je da se utvrdi koji je put energetske optimizacije objekata u uslovima Crnogorskog primorja. Utvrđivanjem najboljeg načina korišćenja povoljnih osobina klime uz zaštitu od negativnih uticaja se može prići razvoju energetske efikasne gradnje zgrada minimalne potrošnje energije tj. energetske održivih zgrada.

## **1. - UVOD**

Svest o sve većem iscrpljivanju rezervi fosilnih izvora energije, nužnosti povećanja efikasnosti njihove potrošnje, kao i potrebi širenja korišćenja obnovljivih izvora energije, pre svega neiscrpe i čiste energije sunca, u stalnom je porastu. Tako se danas sve šire prihvata stav da obnovljivim izvorima energije treba posvetiti posebnu pažnju u razvojnim programima energetike, jer povećanjem njihovog korišćenja može se značajno smanjiti potrošnja deficitarnih izvora energije kao i zavisnost od uvoza energetskih sirovina.

Prilaz štednji i racionalnom korišćenju energije u ovom radu se osniva na integralnom energetske efikasnom pristupu projektovanju "održive zgrade" analizom svih merodavnih međudejstava koja karakterišu odnos klima – neposredno prirodno okruženje

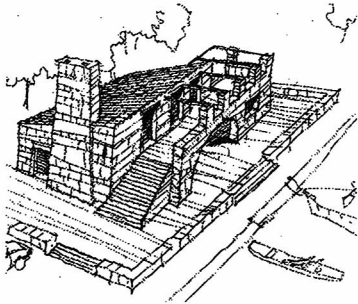
---

\* Tanja Cvjetković, EnPlus, Milovana Marinkovica 35, 11 000 Beograd, e-mail: EnPlus@EUnet.yu.

Marija Todorović, Odeljenje za energetske efikasnost i obnovljive izvore energije, Laboratorija za termodinamiku i termotehniku, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Nemanjina 6, 11080, Beograd, e-mail: deresmt@EUnet.yu.

– objekat/struktura/materijali – unutrašnja sredina – čovek. Pri tom integralna energetska analiza “održive zgrade” u širem smislu podrazumeva analizu svih tokova energije i materijala tokom projektovanja, gradnje i eksploatacije objekta, odnosno destrukcije i/ili reciklaže posle završetka njegovog korišćenja.

## 2. - ANALIZA ENERGETSKE OSETLJIVOSTI MODELA TRADICIONALNE ARHITEKTURE



Slika 1. - Kuća tradicionalne gradnje na crnogorskom primorju

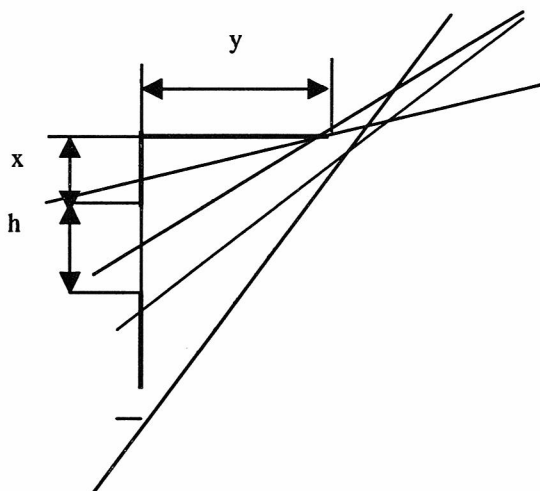
Prema [1] za model tradicionalne crnogorske kuće u ovom radu se usvaja objekat sa prizemljem i potkrovljem nagiba 30°, površine osnove 40m<sup>2</sup>, kamenih zidova debljine 60 - 100cm, i krova od kamenih ploča debljine 2cm. Tradicionalna crnogorska kuća se grejala ognjištem na sredini kuće i dodatnim drvenim šporetom. Osvetljavala se fenjerom a u novije vreme skromno sa dve do tri sijalice. Izvor dnevne svetlosti je bio jednostruki prozor sa jednostrukim zastakljenjem.

Analiza energetske efikasnosti osetljivosti modela sprovedena je dinamičkim simulacijama za tri varijante modela koji se u svojoj osnovi razlikuju po vrsti sistema za klimatizaciju grejanje i hlađenje, kao i prema veličini opterećenja od osvetljenja, aparata i ljudi. Za prvobitnu tradicionalnu crnogorsku kuću (kolibu), dinamičkim je simulacijama dobijeno da je potreba za grejanjem takvog objekta iznosila između 210 i 235 kWh/m<sup>2</sup>. Radi detaljnije analize potreba za godišnjom potrošnjom energije, model objekat je analiziran u dve varijante. I varijanta svi projektni parametri nepromenjeni dok je sistem KGH sa električnim grejnim telima. II varijanta svi projektni parametri nepromenjeni dok je sistem KGH sa prozorskim klimatizerima (toplotna pumpa).

Vrste primenjenih zastakljenja i senki su:  $Z_1^*$  (prozor koeficijenta prolaza toplote  $k=3,96$  W/m<sup>2</sup>K; površina prozora  $A_p=0,48$ m<sup>2</sup>; broj prozora po stranama sveta S/I/J/Z:4/2/8/2);  $Z_2^*$  ( $k=2,69$  W/m<sup>2</sup>K;  $A_p=2,23$ m<sup>2</sup>; S/I/J/Z:2/1/6/1);  $Z_3^*$  ( $k=1,77$  W/m<sup>2</sup>K;  $A_p=2,23$ m<sup>2</sup>; S/I/J/Z:2/1/6/1);  $Z_4^*$  ( $k=1,10$  W/m<sup>2</sup>K;  $A_p=2,23$ m<sup>2</sup>; S/I/J/Z:2/1/6/1);  $Z_5^*$  ( $k=0,826$  W/m<sup>2</sup>K;  $A_p=4,46$ m<sup>2</sup>; S/I/J/Z:2/1/4/1). Ispitivanje uticaja veličine senke na prozorima na vrednost ukupne godišnje potrošnje energije urađeno je postavljanjem senke dimenzija  $s_3^*$ ,  $s_4^*$  i  $s_5^*$  na zastakljenje  $Z_5^*$ .  $s_1^*$  (senka (xy)<sub>5</sub> na jugu u toku letnjih meseci - puna senka, ostale strane sveta bez senke, a u toku zimskih meseci sve strane sveta bez senke);  $s_2^*$  (tri strane sveta sa senkom (xy)<sub>2</sub>, a severna strana bez senke);  $s_3^*$  (bez senke na tri strane sveta osim na jugu gde je senka (xy)<sub>4</sub>);  $s_4^*$  (sever bez senke, istok i zapad sa senkom od (xy)<sub>1</sub>, senka na jugu(xy)<sub>4</sub>);  $s_5^*$  (sever bez senke, istok i zapad sa senkom od (xy)<sub>3</sub>, senka na jugu (xy)<sub>4</sub>)

Tabela 1.

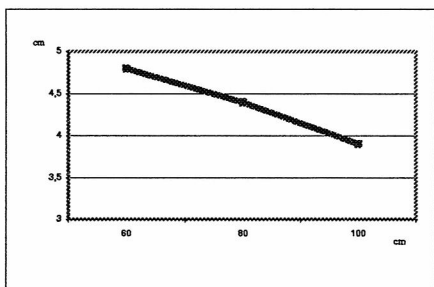
GODIŠNJA POTREBA ZA ENERGIJOM MODELA TRADICIONALNE CRNOGORSKE KUĆE (kWh/m <sup>2</sup> )						
Upotrebljeni KGH sistem	I varijanta: Električna grejna tela			II varijanta: Grejanje i hlađenje pomoću prozorskih klimatizera/toplotna pumpa		
	60	80	100	60	80	100
Debljina zida (cm)	60	80	100	60	80	100
Koef. Prol.top.(W/m <sup>2</sup> K)	2.83	2.22	1.70	2.83	2.22	1.70
Zastaklj. z <sub>1</sub> */senka s <sub>1</sub> *	236	225	217	419	402	388
Zastaklj. z <sub>2</sub> */senka s <sub>2</sub> *	243	233	225	440	424	412
Zastaklj. z <sub>3</sub> */senka s <sub>2</sub> *	238	228	221	423	407	395
Zastaklj. z <sub>4</sub> */senka s <sub>2</sub> *	235	225	217	415	397	384
Zastaklj. z <sub>5</sub> */senka s <sub>2</sub> *	216	208	203	395	383	374
Zastaklj. z <sub>5</sub> */senka s <sub>3</sub> *	218	211	205	394	382	373
Zastaklj. z <sub>5</sub> */senka s <sub>4</sub> *	218	211	205	394	382	373
Zastaklj. z <sub>5</sub> */senka s <sub>5</sub> *	219	211	206	393	381	372



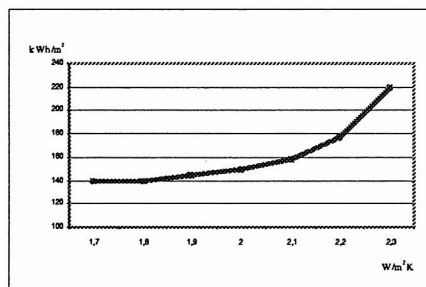
Slika 2. - Geometrija senke

Na Slici 2 data je geometrija senke gde su:  $h$  - visina prozora;  $x$  - vertikalno rastojanje od prozora do nadstrešnice;  $y$  - ispušni nadstrešnice. Dimenzije senki su:  $(xy)_1$  53 cm i 74 cm;  $(xy)_2$  58 cm i 95 cm;  $(xy)_3$  60 cm i 140 cm;  $(xy)_4$  56 cm i 160 cm i  $(xy)_5$  25,4 cm i 2540 cm. Na osnovu analize uticaja promene zastakljenja može se primetiti da vrste zastakljenja  $Z_1^*$  i  $Z_3^*$  i  $Z_4^*$  daju gotovo identične vrednosti ukupne godišnje potrošnje energije i da tek prozor koeficijenta prolaza toplote  $k=0,826$  W/m<sup>2</sup>K daje smanjenje godišnje potrošnje energije za 20 kWh/m<sup>2</sup>. Ispitivanje uticaja koeficijenta prolaza toplote zidova tradicionalne kuće na njenu energetska efikasnost je sprovedeno određivanjem uticaja postavljanja termičke izolacije različite debljine (Slika 3). Na dijagramu na Sl. 4

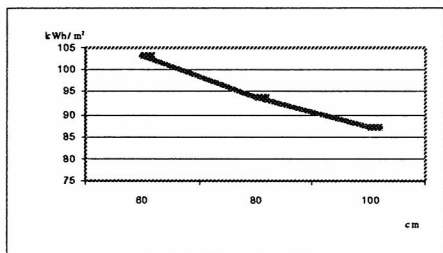
možemo videti promenu godišnje potrošnje energije tradicionalne crnogorske kuće sa kamenim zidovima debljine 60, 80 i 100 cm (nije predviđena izolacija zidova), čije je grejanje pomoću električnih grejnih tela a kod koje je predviđena izolacija poda i krova. Izolacija je postavljena tako da se vrednosti koeficijenta prolaza toplote za pod i krov svedu na  $k=0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$  i  $k=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Slika 3. - Potrebna debljina izolacije trad. crnogorske kuće da bi se dobila opt. vrednost koeficijenta prolaza toplote od  $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$



Slika 4. - Promena godišnje potrošnje energije sa promenom vrste prozora za opt. vrednost koeficijenta prolaza toplote kroz zid, pod i krov



Slika 5. - Promena godišnje potrošnje energije trad. crnogorske kuće bez izolacije zidova a sa opt. koeficijentima prolaza toplote kroz prozor od  $1,77 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pod  $0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$  i krov  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

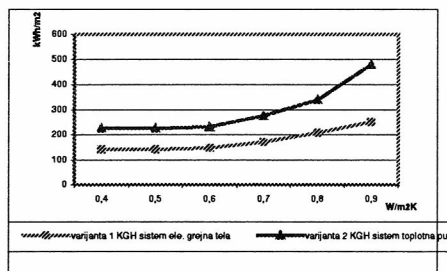
### 3. - ANALIZA ENERGETSKE OSETLJIVOSTI MODELA SAVREMENE GRADNJE



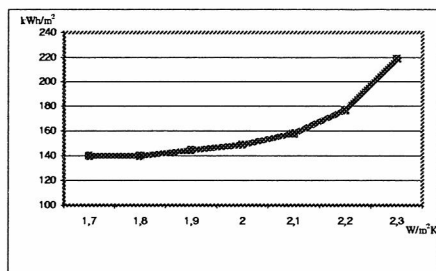
Slika 6. - Pogled sa južne strane

Objekat na slici 6 predstavlja jedan od klasičnih primera novogradnje u uslovima Crnogorskog primorja. Referentni merodavni parametri analiza osetljivosti energetske efikasnosti modela objekta su sledeći: lokacija - Bijela, Crna Gora; površina osnove objekta  $204\text{m}^2$ ; zimska spoljna projektana temperatura  $t_{spz} = -1^\circ\text{C}$ , letnja spoljna projektana temperatura  $t_{spi} = 34^\circ\text{C}$ ;

Spratnost: tri sprata, visina međuspratne konstrukcije 2.40m; koeficijent prolaza toplote kroz zid  $k=0.84 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; koeficijent prolaza toplote kroz prozor  $k=2.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; koeficijent prolaza toplote kroz pod  $k=0.76 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; koeficijent prolaza toplote kroz krov  $k=0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Za tako definisani objekat kod kojeg je grejanje (I varijanta) reseno pomoću električnih grejnih tela potrošnja energije na godišnjem nivou iznosi  $219 \text{ kWh/m}^2$ , dok je potrošnja energije identičnog objekta sa grejanjem pomoću prozorskih klimatizera (II varijanta)  $337 \text{ kWh/m}^2$ . Simulacije pokazuju (slika 8) da vrednost koeficijenta prolaza toplote spoljnih zidova ispod  $k=0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$  ne daje značajne promene u vrednosti ukupne godišnje potrošnje energije. Sa smanjivanjem koef. prolaza toplote kroz prozor vrednost potrošnje energije se smanjuje do vrednosti  $k=1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$  a dalje smanjenje  $k$  gotovo da nema uticaja na vrednost godišnje potrošnje energije (Slika 9). Što se tiče krovne i podne konstrukcije optimalne vrednosti koeficijenata prolaza toplote su  $k=0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  za krov i  $k=0.57 \text{ W/m}^2\text{K}$  za pod.



Slika 8. - Promena godišnje potrošnje energije sa promenom koeficijenta prolaza toplote kroz zid



Slika 9. - Promena godišnje potrošnje energije sa promenom vrste prozora za optimiziranu vrednost  $k$  zida

#### 4. - ZAKLJUČAK

S obzirom na rezultate dobijene dinamičkim simulacijama može se zaključiti da je moguće izvršiti značajan uticaj na smanjenje godišnje potrošnje energije uvođenjem određenih energetski efikasnih strategija. Rezultati dinamičkih simulacija pokazuju da postoji optimalno područje i same optimalne vrednosti do kojih treba ići sa smanjivanjem koeficijenata prolaza toplote, a da dalje od istih i pored povećanja cene investicija nema izrazitog poboljšanja energetske efikasnosti. Rezultati takodje navode na zaključak o postojanju stvarne mogućnosti planiranja energetski efikasne gradnje, kao i o mogućnosti planiranja energetske revitalizacije postojećih objekata.

#### LITERATURA

- [1] D.P. Vuksanović: "Tradicionalna arhitektura Crne Gore i bioklimatizam", *Zadružbina Andrejević*, Beograd, 1998.
- [2] B. Todorović: "Projektovanje postrojenja za centralno grejanje", *Mašinski fakultet*, Beograd, 2000.

- [3] Passive Solar Industries Council: "Designing Low-Energy Buildings: Passive Solar Strategies & Energy 10 Software", *Passive Solar Industries Council*, Washington, 1996.
- [4] Savezni zavod za standardizaciju: "Tehnički uslovi za projektovanje i gradjenje zgrada", Savezni zavod za standardizaciju, II izdanje, 1998.
- [5] Američko udruženje inženjera za grejanje, hladjenje i klimatizaciju "1997 ASHRAE Fundamentals Handbook", Atlanta, 1997.

## **TRADITIONAL ARCHITECTURE IN APPROACHING ENERGY EFFICIENT BUILDING**

### **ABSTRACT:**

**For typical buildings of traditional and new construction, this paper shows the results of dynamic simulations in specific energy consumption for ventilation, heating and cooling relations to architectural and structural solutions for construction, structure and material for building envelope (including share of transparent and nontransparent areas, thermal mass, window category). Aim of conducted simulations and parametric analysis of the relevant quantities for different solutions is to determine the way to energy optimization of buildings in local bioclimatic conditions. Combining the use of architectural bioclimatic tradition - a best way of implementing favorable climatic characteristics and prevention of unfavorable influences, enables development of energy efficient buildings with minimum energy consumption i.e. energy sustainable buildings.**