



KOMPARACIJA IZGRADNJE OBJEKATA OD BALIRANE SLAME U ODNOSU NA
KONVENCIONALNE SA TEHNIČKOG – EKONOMSKOG ASPEKTA

COMPARATION OF CONSTRUCTION BETWEEN BUILDINGS WITH BALED STRAW
AND BUILDING WITH CONVENTIONAL MATERIALS FROM TECHNICAL -
ECONOMIC ASPECT

Ana Bajagić, Bojan Batinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE**

Kratak sadržaj – Zadatak rada jeste da se analizira tehnika izvođenja kuće od balirane slame metodom lakih okvira sa osvrtom na ekonomičnost ovog načina gradnje. Cilj rada jeste da se prikaže isplativost korišćenja balirane slame kao građevinskog materijala u odnosu na konvencionalnu gradnju, kao i njeno promovisanje.

Ključne reči: balirana slama, laki okviri, konvencionalna gradnja, prirodni materijali

Abstract – The task of the paper is to analyze technique of exporting straw baled houses by the method of light frames with reference to the cost effectiveness of this construction method. The aim of the paper is to show the cost effectiveness of using baled as a straw of construction material over conventional construction as well as to promote it.

Keywords: straw bale, light frames, conventional construction, natural materials

1. UVOD

Balirana slama je materijal koji u poslednjih nekoliko godina dobija značajnu pažnju kao prirodni, energetski i ekološki materijal. Upotrebom slame kao građevinskog materijala stvaraju se preduoslovi za smanjenje korišćenja drugih standardnih materijala za izradu konvencionalnih kuća koji imaju negativan uticaj na život čoveka.

2. ISTORIJAT

U početku se slama koristila za izradu krovova čija je trajnost bila i do 50 godina. Međutim, kasnije je čovek došao do zaključka da slama ne propusta vodu i da zajedno zemljom daje čvrstoću i baš zbog tih svojih osobina kasnije su se gradile kuće od čerpića koji je predstavljao nabijenu zemlju i slamu. Primeri takvih kuća mogu se naći u Vojvodini. Pronalazak mašine za baliranje otvorio je nove mogućnosti, a već od 1884. godine umesto konjske snage pokreće je parna mašina. U XIX veku počela je gradnja baliranom slamom prvo u Americi. (Jouns, 2006.) Zahvaljujući doseljenicima Nebraske koji su i sami tvorci nebraskog načina gradnje, ovaj sistem gradnje se raširio po celim svetom i postao pravi hit.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Bojan Batinić.

U Velikoj Britaniji je 1994. godine sagrađen prvi objekat od balirane slame, a danas se širom sveta grade na hiljade kuća godišnje. Primera radi, najstarija kuća u Evropi od balirane slame se nalazi u Francuskoj i izgrađena je 1921. godine. (Steen and Bainbridge, 1994).

3. KARAKTERISTIKE I GLAVNI RAZLOZI UPOTREBE SLAME

Prednost slame kao građevinskog materijala su brojne, a najčešće se navode sledeće: dobra toplotna i zvučna izolacija, otpornost na požare, otpornost na zemljotrese, izuzetna dostupnost, niska cena, kao i mogućnost lakog oblikovanja i drugo. Baš ove karakteristike predstavljaju razlog velikog interesovanja za slamu kao građevinskog materijala. Međutim, kod nas u Srbiji, ova tehnika gradnje je dosta sporija, a najveći problem je to što ne postoji zakonska regulativa vezana za slamu kao građevinski materijal, dok u svetu ovaj način gradnje predstavlja pravi hit

Održivi razvoj u domenu balirane slame

Najveći ekološki problem je višak slame koji ostaje na njivama. Ratari obično ne znajući šta će sa njom, spale je ili zaoru. Iako je spaljivanje slame zakonom zabranjeno poljoprivrednici to neizostavno rade ne mareći što tako izazivaju poljske požare, zagađuju atmosferu i zemljište. Najbolje rešenje je zaorati zemljište jer se tako povećava plodnost i produktivnost zemljišta. Velika Britanija prednjači u višku balirane slame oko 4.000.000 tona. Kada bi se to sve iskoristilo dobilo bi se oko 450 kuća veličine oko 150 m². (Krnjetin, 2009.)

Termička svojstva

Jedna od većih prednosti balirane slame u odnosu na druge građevinske materijale je njena izuzetna termoizolacija koja zavisi od gustine bale, položaja stabljike (paralelno ili poprečno), vlažnosti slame, a ponekad i od vrste žitarica.

Energetska efikasnost

Kuće od balirane slame su termički veoma efikasne i štede energiju, a sve zavisi od debljine samih zidova, da li su bale postavljene vodoravno ili na kant. Da bi se dodatno povećala efikasnost zidova od balirane slame neophodno je dobro izolovati krov, temelj, prozore i vrata i obezbediti dobro dihtovanje kako bi se smanjila promaja. Sve ovo navedeno su preduoslovi da se stvori

mogućnost otvaranja prozora tokom cele godine i vrši svakodnevna ventilacija unutar objekta.

Zvučna izolacija

Zid od balirane slame umanjuje buku za oko 50 dB što je dokazano na testu izvedenom u Austriji. Buka unutar objekta je iznosila od 114 do 117dB, a izmeren nivo buke van zidova od balirane slame je iznosio od 62 do 71 dB. (Krnjetin, 2009.)

Ekonomska isplativost

Najveća ušteda se odnosi na dugoročno smanjenje troškova za grejanje koji se mogu smanjiti i za 75% u odnosu na troškove konvencionalne kuće. Za jedni kuću od 100 m² potrebno je oko 400 bala i takvim kućama u dugom nizu godina nisu potrebne neke popravke, izuzev u slučajevima ekstremnih vremenskih neophoda. Na osnovu iskustva stručnjaka iz ove oblasti, može se slobodno reći da je za ovakvu kuću potrebno oko 15000 € sto je ušteda tokom celog života.

Nosivost

Balirana slama se može koristiti za izgradnju na najviše dva sprata. Međutim, ako se slama koristi kao ispuna, a pritom se u svrhu nosivosti gradi konstrukcija, mogućnosti su neograničene. Teoretski mogli bi se graditi soliteri. (Krnjetin, 2009.)

Trajnost materijala

Jedna od najstarijih kuća od balirane slame je „Burke“ kuća u Nebraskoj koja je izgrađena 1903. godine. (King, 2006).

Zdrava životna sredina

Slama je materijal koji diše i najviše se slaže sa materijalima sličnim sebi. Kvalitet vazduha u ovakvih objektima je odličan i nema prisutnih štetnih materija iz ziduva jer vazduh struji i u svim prostorijama se menja. Ambijent unutar ovakog objekta je miran, topao i ugodan. (Krnjetin, 2009)

Razgradnja i reciklaža

Jedini otpad koji nastaje nakon izgradnje ili rušenja kuća su ostaci veštačkih materijala. Sav otpad ako ga ima je bio razgradiv izuzev plastičnog užeta-manile kojima se povezuje bala

Zakonodavstvo u Svetu i Srbiji

Zemlje sveta su podeljene. U pojedinim zemljama je zvanično dozvoljeno gradnja Nebraskom metodom, dok je u ostalim dozvoljena samo gradnja sa nosećim konstruktivnim sistemom od drveta, armiranog betona ili čelika. Najveći problem izgradnje objekata od balirane slame je zapravo nedostatak zakonskih regulativa. Balirana slama u Srbiji još uvek nije priznata kao građevinski materijal iako ima daleko bolje karakteristike

od drugih građevinskih materijala. Za sada se u Srbiji balirana slama ne sme koristiti legalno u cilju gradnje samonosećom metodom, ali se može koristiti kao ispuna noseće konstrukcije.

4. BEZBEDNOST I ZAŠTITA OBJEKATA OD BALIRANE SLAME

Urađeno je mnogo protivpožarnih testova na kuće od balirane slame i svi su potvrdili izvanredne rezultate. Potvrđeno je da je omalterisana kuća od balirane slame daleko otpornija na požare od kuće od drveta. Takođe, utvrđeno je da su kuće od balirane slame daleko otpornije na zemljotrese od kuća građenih konvencionalnim putem. Da bi se ovi rezultati postigli neophodno je zaštititi slamu od vlage, dobro je omalterisati i obavezno iskopati drenažni sloj oko temelja.

5. METODE GRADNJE BALIRANOM SLAMOM

Postoji 5 priznatih metoda u svetu:

1. Nebraska metoda
2. Laki okviri
3. Noseći okvir i ispuna
4. Hibridna tehnika
5. Montažni paneli

Kada se izvrši analiza pomenutih metoda dolazi se do zaključka da je metoda lakih okvira najbolja za teritoriju Republike Srbije. Ako se radi o porodičnoj kući onda metoda sa montažnim panelima nije dobro rešenje jer se ona odnosi najčešće na izgradnju stambenih zgrada. Korišćenje balirane slame kao ispune zbog prevelike upotrebe drvene građe i metoda zidanja direktno sa balama zbog prevelike upotrebe cementa ne predstavlja dobar ekološki otisak i ima veliki uticaj na životnu sredinu. Metoda lakih okvira je najpogodnija za izgradnju porodične kuće na teritoriji Republike Srbije, a glavna prednost je ta da se ovom metodom može izgraditi kuća na dva sprata za razliku od nebraske metode koja je pogodna samo za prizemne kuće. Balirana slama kao noseća konstrukcija sa lakim okvirima predstavlja dobar izbor i zbog toga što se prvo izgrađuje krov i ispod njega mogu da se drže bale slame na dohvata ruke i nije potrebna izgradnja pomoćnih objekata za odlaganje bala. Metoda lakih okvira je zanemarena jer svima je lakše da grade sa konstrukcijskim okvirom.

6. ANALIZA PORODIČNE KUĆE METODOM LAKIH OKVIRA

Redosled radova izgradnje kuće:

1. Zemljani radovi,
2. Izrada temelja,
3. Drvena konstrukcija,
4. Krovna termoizolacija i hidroizolacija,
5. Zidanje zida,
6. Malterisanje,
7. Fasada
8. Ostali radovi

Temelji za građevine od balirane slame mogu biti od lokalnog kamena sa drvenom pločom, od betonskih

blokova, izdignuti temelj na stubovima koji je pogodan za močvarne predele, nalivena betonska ploča, temelj od automobilskih guma napunjenih nabijenom zemljom, temelj od vreća napunjenih zemljom koji je pogodan za tvrde terene i mnogi drugi. (Jouns, 2006.) Svaki tip temelja ima svoje prednosti i mane. Prema iskustvima graditelja najbolje se do sada pokazao temelj od betonskih blokova.

Slama u kombinaciji sa metodom lakih okvira i temeljom od betonskih blokova je idealno rešenje jer je taj temelj dosta čvrst i može da izdrži razna opterećenja.

Ovaj metod gradnje je idealan jer prilikom podizanja krova radovi se obavljaju na suvom, a samim tim se i dobija prostor gde se mogu odlagati bale potrebne za gradnju i nema potrebe za brigom od atmosferskih padavina.

Krov od kuće od balirane slame se ne razlikuje mnogo od krova od konvencionalne kuće. Otvori prozora i vrata ne smeju da bucu veći od 50% od ukupne površine zida. (Hodge, 2006.)

Što se tiče instalacija, one se provode kroz plastične cevi. Instalacije za grejanje i ventilaciju se moraju izolovati vatrootpornom kamenom vunom s obzirom da se one postavljaju i u zidu i kroz zidove na uobičajan način kao kod konvencionalne kuće ili se mogu postaviti direktno na drvene stubove. (de Bourter, 2006.)

7. UPOREDNA ANALIZA KUĆE OD BALIRANE SLAME I KONVENCIONALNE KUĆE

7.1 Ekološki aspekti

Kada se pravi razlika u izgradnji kuće od balirane slame i konvencionalne, uočava se koji se sve štetan material po zdravlje ljudi ugrađuje u jednu konvencionalnu kuću. Kod konvencionalne kuće se koristi staklena vuna kao izolacioni material, lepipla na bazi formaldehida, a sama ugradnja termoizolacije ne propušta vazduh, te se na taj način stvara parna brana, a to je jedan od preduslova za razvoj mikroorganizama.

Za gradnju konvencionalne kuće upotrebljava se velika količina betona, a on emituje radioaktivan gas radon koji zajedno sa cementnim malterom znatno šteti ljudskom organizmu. Kuće od balirane slame nemaju negativne uticaj na čoveka jer se u ovakvim domovima konstantno popravljaju kvalitet vazduha.

7.2 Ekonomski aspekti

Uzet je primer kuće od 95 m², sa dimenzijama spoljnjih zidova 1000 x 950 cm.

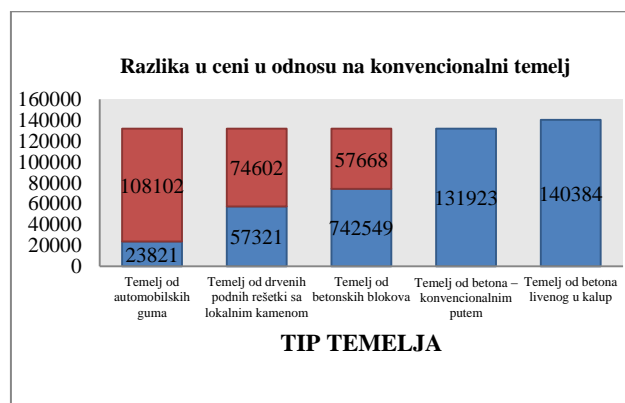
Ušteda na temeljima

Na sledećem grafikonu broj 1 je prikazana cena svih vrsta temelja. Temelj od automobilskih guma se razlikuje od konvencionalnog temelja za 108 102 dinara i njegova ušteda je od 82%. Temelj od drvenih podnih rešetki sa lokalnim kamenom se razlikuje za 74 602 dinara, što predstavlja uštedu od 57%.

Temelj od betonskih blokova se razlikuje za 57 668 dinara, što predstavlja uštedu od 43%. Dok za izlivanje temelja od betona livenog u kalup nema uštede. Ušteda je

znatna u odnosu na izgradnju ostalih vrsta temelja. Cene u tabeli se odnose samo na ukupni potrebni materijal, dok u ove proračune nije uračunata radna snaga.

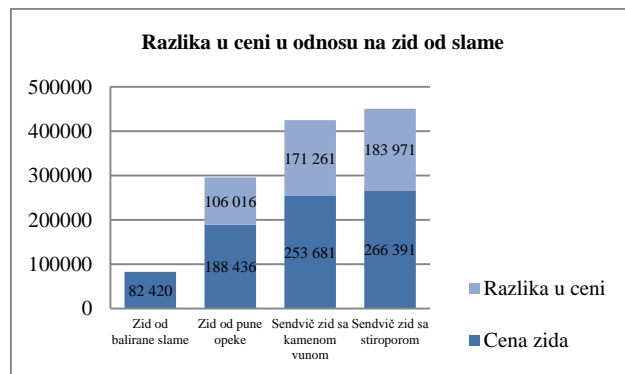
Radna snaga za neku vrstu temelja može znatno da umanjuje uštedu.



Grafikon 1. Razlika u ceni u odnosu na konvencionalni temelj

Ušteda na zidovima

Na grafikonu broj 2 je prikazana jasnija slika prethodne tabele. U odnosu na utvrđene podatke, zaključuje se da je ekonomska isplativost gradnje zida baliranom slamu u odnosu na konvencionalnu gradnju u rasponu od 52.26 % do 69.06 %.



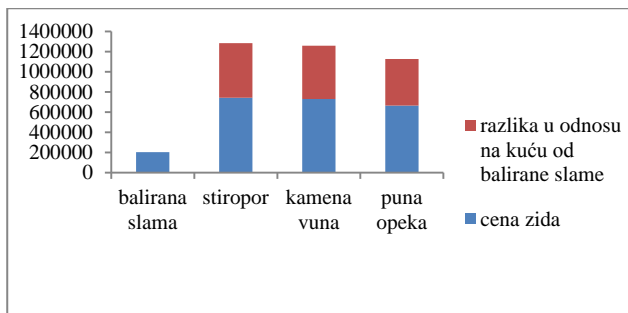
Grafikon 2. Ekonomska isplativost zida od balirane slame u odnosu na konvencionalnu gradnju

Uporedna analiza metode lakih okvira i konvencionalne gradnje

Kao što gradnja kuća od balirane slame varira u ceni od 151 950 do 268 513 dinara, zavisno od tipa temelja, tako i kuća građena konvencionalnim putem varira u ceni koja se kreće od 664 681 do 742 636 dinara.

Grafikon broj 3 predstavlja ekonomsku isplativost kuće od balirane slame u odnosu na konvencionalnu gradnju.

U odnosu na ove tri konvencionalne gradnje, zaključuje se da se mogu izgraditi ukupno 3 kuće od balirane slame umesto konvencionalne gradnje.



Grafikon 3. *Ekonomska isplativost kuće od balirane slame u odnosu na konvencionalnu gradnju*

Također, vidna je razlika u broju dana potrebnih za izgradnju kuće. Izgradnja kuće od balirane slame može da traje i kraće zavisno od toga koliko radnika ima na terenu. Pored velike uštede koja se može ostvariti izgradnjom kuće od balirane slame, iskustva su pokazala da se znatna ušteda može ostvariti na računima za grejanje i struju.

8. ISKUSTVA I PRIMERI IZ SVETA I SRBIJE

Iskustva i znanja koja su se vremenom usavršavala, doprineli su do toga da je balirana slama prirodni materijal koji ne sme da propada na njivama već je treba koristiti u izgradnji s obzirom da nudi brojne mogućnosti u oblikovanju objekata.

9. ZAKLJUČAK

Mnoge države sveta u svojim programima razvoja podržavaju istraživanja o opravdanosti i upotrebi u izgradnje ovog materijala. Shodno tome, Srbija treba da uskladi svoje zakone sa zakonima u EU i usvoji najsavremenije regulative u ovom sektoru. Neophodno je dozvoliti da se balirana slama koristi i kao noseća konstrukcija, a ne samo kao ispunja. Strateški plan Republike Srbije treba da uključi i druge prirodne materijale koji mogu da se kombinuju u građevinarstvu. Neophodna je sugerisati da se buduća istraživanja baziraju na vraćanju na tradicionalne prirodne materijale, imajući u vidu potencijal koji posedujemo. Pravo je vreme da se aktivno uključimo u razvoj i širenje ovog potpuno ekološkog načina gradnje. Radi postizanja svih ovih mogućnosti neophodna je regionalna saradnja kako poljoprivrednika, tako i proizvođača konvencionalnih materija, uz uključivanje naučnih i javnih institucija.

10. LITERATURA

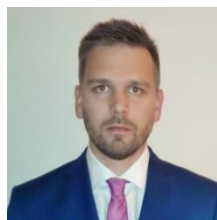
1. Bouter A. 2006. *Guide pratique de la construction en bottes de paille*, Pariz, Francuska
2. Fodor, Kristina, 2011. *Provođenje toplote kroz zid*, diplomski rad, Prorodno - matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad
3. Hodge B. 2006. *Building Your Straw Bale Home*, Landlinks Press, Collingwood, Australija
4. Jones, Barbara, 2006. *Priručnik za gradnju kuće od balirane slame*, DataArz Studio, Mursko Središće, Hrvatska

5. King B. 2003. *Load – Bearing Straw Bale Construction- a summary of worldwide testing and experience*,
6. King B. 1996. *Building of Earth and Straw*, Ecological Design Press, Sausalito, CA and Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, VT.
7. Krnjetin S, Milenković G. 2019. *Gradnja baliranom slamom*, Novi Sad
8. Krnjetin S. 2009a. *Graditeljstvo i zaštita životne sredine*, 2. Deo, Novi Sad
9. Krnjetin S. 2009b. *Prirodni materijali u graditeljstvu*, Novi Sad
10. Magwood C, Mack P. 2005. *More Straw Bale Building*, New society Publishers, Kanada
11. Muhrman M, MacDonalad S.O. 1997. *Built it with Bales - A Step by step guide bale construction, Version two*, Published by out of bale, Arizona
12. Minke G, Mahlke F. 2005. *Building with Straw, Desing and Tehnology of a Sustainable Architecture*, Birkhauser Publishers, Basel, Switzerland
13. Motik B. 2009. *Tehnologija za održivi svijet*, Ekosens, Blatuša, Hrvatska
14. Myhrman M. 1997. *Build it with Bales*, Tucson, Arizona, USA
15. Steen B. 2005. *Small Straw Bale: Natural Homes, Project and Designs*, Gibs Smith Publisher, Layton, USA
16. Steen A, Steen B, Bainbridge D. 1994. *The Straw Bale houses*, Shelsea Green P, Vermont Tontes Publishing, Vermont Tontes, UK
17. Šišak M, Rodik D. 2013. *Zeleni alati: Gradimo slamom*, ZMAG, Vukomerić, Hrvatska
18. Wanek, Chaterina, 2003. *The new strawbale home*, Layton, Utah.
19. Anomin. 2001. *Information Guide to Straw Bale Building*, Amazon Nails, Hollinroyd Farm, UK

Kratka biografija:



Ana Bajagić rođena je 24. jula 1989. godine u Vrbasu. Osnovne akademske studije na studijskom programu inženjerstvo zaštite životne sredine na Fakultetu tehničkih nauka iz Novog Sada je završila je 2016. godine. Master studije upisuje 2017 godine i iste branila 2020. godine



Bojan Batinić rođen je 1981. godine u Zagrebu. Master studije na studijskom programu inženjerstvo zaštite životne sredine na Fakultetu tehničkih nauka iz Novog Sada je završio 2008. godine. Doktorirao je 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka i iste godine izabran je u zvanje Docenta.