

## Kuće od slame<sup>1</sup>

priredio: Mladen Bogićević

Još devedesetih godina prošlog veka i do nas je stigla vest o kućama od slame koje su u SAD postale pravi hit. Prošla je decenija od tada a ovaj zanimljiv sistem gradnje još uvek nije izašao iz mode. Zapravo, korišćenje obnovljivog i potpuno prirodnog materijala – stabljike žitarica ili drugih industrijskih biljaka, odlične mehaničke i izolacione karakteristike, brzina i jednostavnost gradnje, i na posletku, dugotrajnost ovako izvedenih objekata, obezbeđuju kućama od slame sigurnu budućnost.

Veoma čest prvi komentar na pomen kuća od slame je onaj da se tako gradilo u srednjem veku. Jeste. Gradilo se uveliko do drugog svetskog rata. Gradi se i danas. Zašto? Zato što smo zaludni, sentimentalni ili ekscentrični, ili zato što ono što valja ne treba odbacivati? Brojne su predrasude o ovim kućama: lako se zapale i brzo gore, ispunjene su insektima i glodarima, nestabilne su, itd. Slama gori, ali gori i papir, pa ipak ćete upaljačem teško uspeti da zapalite sklopljen telefonski imenik, insekti i glodari se useljavaju u svaku nezaštićenu termoizolaciju zato što im je toplo (slama ne predstavlja izvor hrane), a što se nestabilnosti tiče... ova tvrdnja važi jedino u bajci sa prasićima. Uostalom, kod nas samo graditelji bez elementarnog poznavanja osnovnih materijala mogu unapred da odbace bilo kakvu mogućnost građenja ovakvih kuća. Kombinacija slame i blata dokazana je u svim delovima Srbije – mnoge vojvođanske, šumadijske, ili kuće Istočne i Južne Srbije koriste se i nakon 200 godina, a osnovna restauracija (uglavnom krovne konstrukcije) vraća ih u prvobitno stanje. Prostorije pre više decenija izolovane karatavanom, vitlovkama (valjci od blata kojima je formiran plafon vojvođanskih kuća), nabojem ili blatom oblepljenim preko pletenog pruća, i danas su jednako prijatne zimi i leti.

---

<sup>1</sup> Izvor: [www.buildmagazin.com](http://www.buildmagazin.com)

U ovom tekstu korišćeni su prvenstveno saveti i preporuke severnoameričkih graditelja, jer je njihovo iskustvo u gradnji balama slame veliko i potvrđeno na brojnim objektima koji trpe teže klimatske uslove nego što su oni na teritoriji RS. Najosnovnije, u SAD su bale slame prihvaćene kao građevinski materijal izvrsnih karakteristika, podležu svim propisima, moraju imati sertifikate i specifikacije kao i svaki drugi materijal, tj. moraju ispunjavati stroge zahteve bezbednosti, mehaničkih karakteristika, dugotrajnosti, protivpožarne zaštite... Do sada je bilo dovoljno prilika da se ispitaju i mnoge druge negativne pretpostavke kojih se obično ne dosete ni najveći skeptici – i sve su se pokazale kao pogrešne ili neosnovane.

### **Dobre mehaničke osovine kao preduslov lakoće oblikovanja prostora**

Gradnja balama ne mora da podrazumeva samo upotrebu stabljika žitarica već i konoplje, lana i drugih industrijskih biljaka (građevinska upotreba bala od recikliranih materijala: papira, plastike, automobilskih guma i drugih neorganskih materijala još uvek je fazi ispitivanja u konstruktivnom, i u smislu uticaja na čovekovo zdravlje i okolinu). Dimenzije bala određene su standardnim formatiranjem poljoprivrednih bala u SAD: sa dvostrukom – 46x35/40x80/120cm i trostrukom vrpcom – 53x40x90/120cm. Težina bala tako se kreće od 18 do 45kg po komadu. U poslednje vreme postaju uobičajene i bale većih dimenzija 1x1m; 1x1,2m; kao i 1,2x1,2x2,4m teške i do cele tone! Moguće je koristiti i okrugle bale u obliku valjaka prečnika 1,2 do 1,5m. Ovakve dimenzije pružaju projektantima veliki izbor u oblikovanju objekata i unutrašnjeg prostora.

Takođe, danas je u SAD moguće korišćenje i dodatno kompresovanih bala koje izdržavaju ukupni pritisak na konstrukciju i do 4MN (originalno osmišljene za podlošku kontejnera na prekookeanskim teretnim brodovima). Zid od standardnih bala izdržava pritisak krovne konstrukcije do 900kg po dužnom metru zida, a onaj od dodatno kompresovanih i nekoliko puta više – 4,5 do 7t po metru zida! Predstavljene noseće karakteristike bez problema prihvataju opterećenje bilo kakve krovne konstrukcije i znatno će unaprediti

dizajn objekata ovog sistema u narednom periodu. Kako bi se dodatno osigurala njihova nosivost, slama unutar bala je povezana u vertikalnom položaju, trakama ili vrpcama na svakih 8-10cm po visini. Ovakvo vezivanje dopušta i horizontalno sečenje motornom testerom kako bi se dobila željena visina elementa (kod prozora, nadvratnika, tavanice, itd).

Mehaničke karakteristike zidova od bala slame svrstavaju ih u masivni sistem gradnje što u ovom slučaju znači da projektant ima veliku slobodu u oblikovanju osnove objekta, pravca pružanja zidnih ravni i njihovog oblika (valoviti, obli, potpuno ravni, itd).



## **Trajnost materijala**

Slamka žitarica se u zemlji raspada nakon šest meseci, dok slamka pirinča traje duplo duže (zbog visokog procenta silikata koji je dodatno štiti od truljenja). Međutim, slama se vekovima koristi kao izolacioni materijal, a neposredni dokazi pronađeni na arheološkim lokalitetima pokazuju da u optimalnim uslovima njen vek trajanja može premašiti i nekoliko hiljada godina. Slama je nalažena u savršeno očuvanom stanju u unutrašnjosti egipatskih grobnica – dakle na suvom ona se ne raspada (podsetiću još jednom na naše karatavane i sl). Shodno tome, balirana slama korišćena u gradnji objekata može trajati u rasponu koji graditelji iz SAD u šali određuju kao period od tri nedelje do devet hiljada godina, zavisno od načina na koji se radi i održava.

## **Otpornost na vlagu**

Gljivice se mogu pojaviti u slami pri visokoj vlažnosti (preko 20% suve mase, tj. relativne vlažnosti 70-80%). Ozbiljnija oštećenja javljaju se tek kada je slama duži vremenski period izložena ovim uslovima. Hronična naizmenična promena vlažnosti ne predstavlja nikakvu pretnju. U Kaliforniji periode intezivne kiše prate dani suvog vetra koji odlično isušuje zidove. Iz tog razloga veoma je retka pojava vlage na zidovima, kao što je to npr. slučaj u Britaniji (međutim, ova nepogodnost važi i za sve druge fasadne sisteme). Vлага na fasadi pređe 20% prilikom dužeg perioda intezivnih kiša, ali se skoro uvek sasvim osuši pre nego gljivice uspeju da se razmnože u broju koji je vidljiv za oko ili opasan po konstruktivnu stabilnost objekta.

Iskustvo i rezultati testova pokazali se da je najbolji način da se izbegne dugotrajna koncentracija visoke vlažnosti pravilno oblaganje bala na takav način da one mogu emitovati i akumulirati vlagu u okruženje, držeći je na optimalnom nivou, kako u samom zidu tako i u enterijeru. Građevinski papir, koji se u SAD često koristi za impregniranje zidova od iverice i sl, može umanjiti sposobnost bala da emituju vlažnost čime

postaju površina gde će se koncentrisana vlaga održati na duži period. Zato mnogi iskusni graditelji ovog sistema preporučuju paropropusne zaptivače i premaze koji sprečavaju vodu/vlagu da prodre kroz malter i dospe unutar zida, ali istovremeno dozvoljavaju prolazak pare iz unutrašnjosti objekta kroz malter kojim je zid obložen.

Statistički podaci za zidove od bala slame pokazuju važnost paropropusnosti obloge zidova – najčešći uzok propadanja ovakvih kuća dogodio se tamo gde je izvedeno potpuno zaptivanje/impregniranje zida paronepropusnim premazima čime je omogućeno štetno dejstvo vlage (ova pojava je skoro isključivo posledica primene savremenih građevinskih sredstava). Kada je ovo izbegnuto kuća se bez problema može održati i nekoliko decenija u uslovima veoma vlažnih klima (preko 60%). Tako palata Oak Place u Huntsville, Alabama, izdržava visoku vlažnost američkog juga još od 1938. godine. Jedna kuća kod Rockporta, Washington, godišnje prima i do 190cm kiše, a kuća kod Tonasket-a u istoj državi bez temelja i bilo kakve armature u zidovima, ne pokazuje nikakve znake posustajanja konstrukcije još od 1984. Noviji objekti građeni u ovom sistemu na severu države Nju Jork (vlažne zime) i Nove Škotske (hladne vlažne zime) pokazale su se kao veoma otporne na klimatske uslove. Zbog većih količina vode koja se prskanjem kišnice nakupi u osnovi zidova, u visini sokle preporučuje se primena hidroizolacija – ali samo u ovom delu zida! Na vlagu je jednako osetljiv i vrh zida, zbog isparavanja unutrašnje vlage ka krovnoj konstrukciji. Posledično, iskusni graditelji balama od slama preporučuju da se građevinski papir (hidroizolacija) postavi na vrhu i dnu ovakvih zidova (gde valja dodatno postaviti i sloj običnog šljunka, pre nego hidroizolacionu membranu, koji bi obezbedio najpravilniju regulaciju vlage u dodirnoj površi zida i temeljne ploče.

### **Otpornost na insekte i pesticide**

U poređenju sa drvetom, postoji tek nekoliko insekata koji vole slamu (u SAD termite predstavljaju čestu opasnost za objekte od materijala organskog porekla). U svakom slučaju sasvim je dovoljno pratiti isti

postupak kao i prilikom zaštite drveta. Same bale daju insektima mnogo manje prostora za život i kretanje nego npr. bondruk sistem koji se inače koristi u SAD (mada su i kod nas sve češći šuplji zidovi sa gipskartonskim pločama). Za razliku od sena, slama sadrži veoma malo hranljivih sastojaka i sama po sebi ne privlači insekte. Dovoljna je, mada ne i neophodna, standardna zaštita bala koja se i inače koristi prilikom dezinfekcije. Velika zabrinutost postojala je zbog pesticida u samoj slami kojima je bio prskan pirinač (kao najčešća sirovina za gradnju u SAD), međutim, taj nivo u samoj slami je minimalan, a kompresovan u bale pruža veoma malo prostora za njihovo bilo kakvo štetno dejstvo (u uzgoju pirinča pesticidi se koriste samo u najranijim fazama, te je tokom života biljke njihovo prisustvo sve manje).

### **Otpornost na vatru**

Testovi su pokazali da kuće od balirane slame imaju vrlo visok prag otpornosti na vatru. Na testu su naslagane bale bez oplepljivanja glinom izdržale polusatno dejstvo vatre, dok malterisani zid može da izdrži i cela dva sata! Ovo je pre svega zato što u samom zidu ne postoje vertikalni kanali i prolazi, već je masa zida kompaktna i ne dozvoljava plamenu lako da se širi. Kada se tu doda i nešto veći sloj običnog ili zemljanog maltera (u odnosu na standardne konstrukcije), jasno je da slama ima bolju zaštitu. Međutim, mora se voditi računa da slamke ne probijaju sam malter ili spojeve oko otvora jer tako praktično postaju fitilj. Iz tog razloga, ukoliko želimo da slamom zaptijemo sve spojeve, posebnu pažnju trebalo bi posvetiti uglovima oko otvora i na mestima gde instalacije izlaze iz zidova – ta mesta moramo pažljivo obložiti malterom ili premazati protivpožarnim premazima (mada uvek možemo koristiti savremene zaptivne materijale i sredstva).

### **Termičke karakteristike**

Zidovi od bala slame zaštićeni malterom ili glinenim blatom imaju sposobnost akumulacije i emisije toplote: u toku dana sakupljaće toplotu i zatim je u toku noći ispuštati u prostoriju, istovremeno se hladeći, da bi

zatim u toku dana prostoriji predavali svežinu sakupljenu u toku noći. Ova osobina doneće velike prednosti u komforu tokom sve dužeg leta, ali osnovna prednost jeste efekat na potrošnju energije.

Monolitni sastav je od ključne važnosti za izuzetna termoizolaciona svojstva zidova od slame. Posebno ističem njihove najveće prednosti u odnosu na višeslojne i zidane zidove:

- visoki stepen trenja između bala slame zadržava ih na mestu bez ikakvih vezivnih sredstava a pravilnim postavljanjem, i zahvaljujući vertikalnom opterećenju krovne konstrukcije, dolazi do veoma kompaktne veze (preplitanja slamki) između horizontalnih redova, ali i susednih bala u jednom redu (blagim povećanjem dimenzija pod pritiskom)
- potpuno odsustvo horizontalnih i vertikalnih spojnica koji u zidanim konstrukcijama postaju mini-hladni mostovi (toplotna provodljivost spojnice nikada nije jednaka toplotnoj provodljivosti uzidanog elementa, a zaštita termoizolacionim slojem neće anulirati ovu razliku)
- jednoslojni zid obezbeđuje pravilnu razmenu i regulaciju spoljašnjih i unutrašnjih uticaja temperature i vodene pare bez opasnosti kondenza u unutrašnjosti zida (parna brana nepotrebna)

## **Gradnja**

Kao kod montažnih, skelet kuća od bala slame postavlja se na pripremljenu osnovu (temeljne stope i temeljna ploča). Zidovi od bala slame, uglavnom, mada ne i obavezno, formiraju se tek po postavljanju krovnog pokrivača kako bi bili zaštićeni od vremenskih uticaja u toku ugradnje (pre nego što zaštitu preuzme obloga od maltera). Međutim, skelet koji formira objekat može biti dimenzionisan i prema samom sebi jer će težinu završnog oblaganja krova, i kompletnog objekta, dobrim delom preuzeti zidovi.

Kako bilo, zidovi se formiraju jednostavnim postavljanjem bala na preklop, kao kod zidanja opekom. Prethodno se postavi zaštitni sloj za regulaciju vlage u osnovi zida: sloj šljunka ili daske (zaštićene premazima ili folijama). Prilikom formiranja zidova dodatno se može postaviti laka armatura: metalne šipke ili pruće (analogno primeru iz naše prakse gde je kod vojvođanskih kuća preko svakog sloja naboja postavljan sloj trske). Takođe, bez obzira da li se zid od bala slame sučeljava ili sutiče sa istovetnim, ili zidom od drugog materijala, veza bi trebalo biti dodatno ojačana armaturnim šipkama koje će biti upuštene u drugi zid najmanje 15cm. Moguća je kombinacija ovih zidova sa svim drugim materijalima: opekom, penobetonkim elementima, ali i metalnim profilima za staklene zavese.





## Krovnna konstrukcija

Krovnna konstrukcija može se posmatrati potpuno nezavisno od ovog sistema građenja zidova jer on na nju ne utiče više nego bilo koji drugi. Tako kuću od bala možete odozgo zaštititi klasičnim drvenim krovom bilo kog oblika, tavan možete koristiti po izboru, a ničim niste uslovnjeni ni prilikom izbora krovnog pokrivača (crep, lim, itd). Dodatno, moguće je formirati konstrukciju plafona i krova pomoću samih bala, prostim slaganjem u lukove i svodove, kao što je to nekada bio čest slučaj sa kamenom ili opekom. Ovakva konstrukcija može predstavljati pouzdanu osnovu zelenog krova, tj. krova prekrivenog vegetacijom, naravno, uz ispunjen obavezan uslov dobre hidroizolacije koji važi za sve krovove tog tipa.

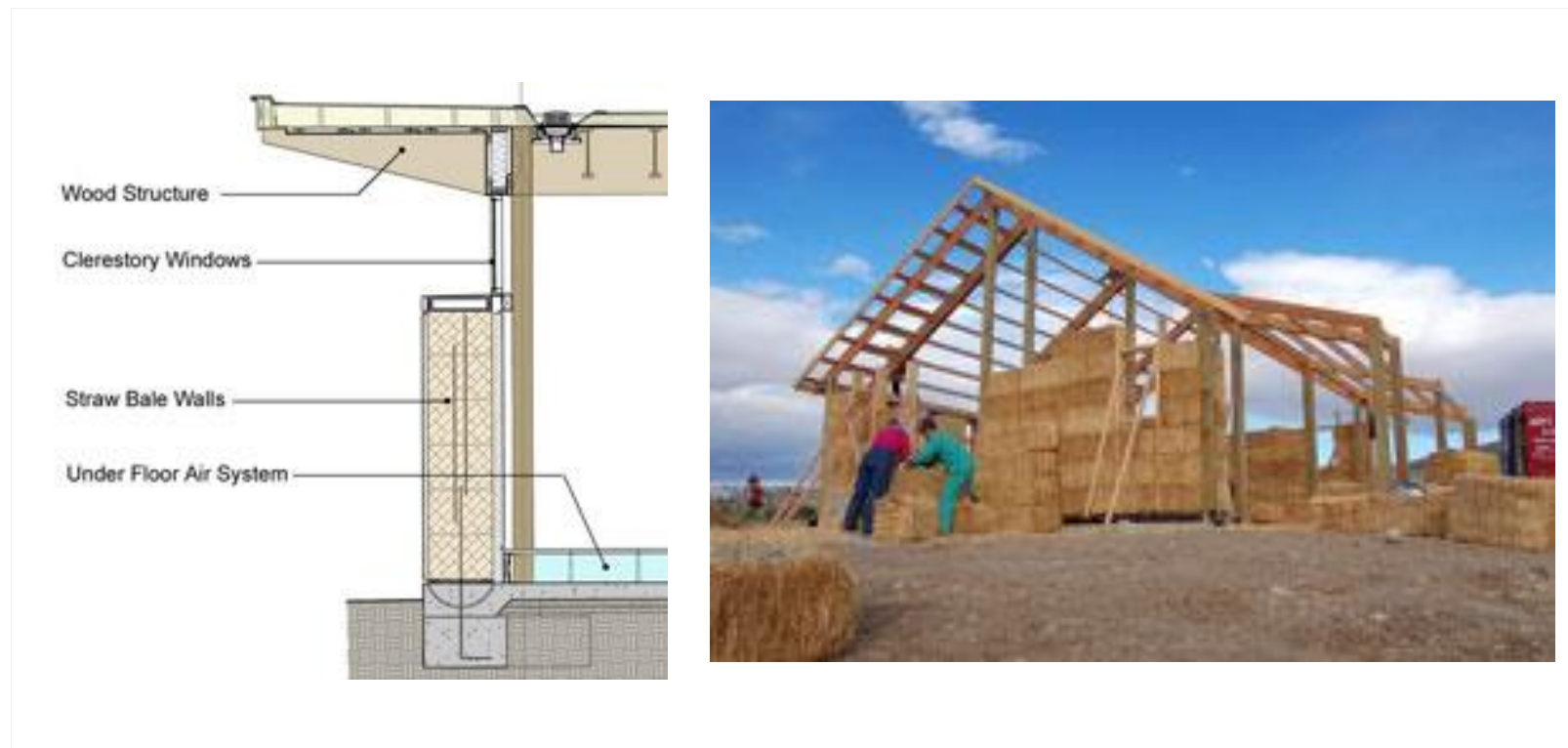
U Sjedinjenim Američkim Državama moguće je dobiti i kompletnu upotrebnu dozvolu za objekat kod kog je krovna venčanica, bez ikakve dodatne konstrukcije, postavljena direktno na zidove od bala slame (uz odgovarajući drveni jastuk koji će obezbediti pravilno učvršćivanje i raspored prenosa opterećenja po punoj širini zida).



## Vertikalna i horizontalna opterećenja zidova od bala slame

Većina građevinaca u SAD odlučuje se za tradicionalne drvene skeletne sisteme za prihvatanje tereta objekata koji u potpunosti ispunjavaju sve zahteve strogih bezbednosnih, ali i zdravstvenih propisa za noseće

i nenoseće zidove. Horizontalna opterećenja jakih vetrova i seizmičkih potresa rešavaju se običnim čeličnim kosnicima/utegama. Zidove od slame prvenstveno treba zaštititi od uticaja vetra. Testovi su pokazali da malterisan zid od slame može izdržati pritisak od 50 funti po kvadratnoj stopi ( $240 \text{ kg/m}^2$ ). Međutim, ovakvi sistemi imaju dodatne prednosti u odnosu na skeletne drvene, kao što su dodatna elastičnost i fleksibilnost. Opšte mišljenje je da ovakvi zidovi daju dodatnu sigurnost u zemljotresima i oštećenjima osnovnog skeletnog sistema jer, zahvaljujući upravo oprimalnoj elastičnosti, ne koncentrišu negativna dejstva sila u jednoj tački (što je osnovni uzrok oštećenja krutih betonskih konstrukcija usled pojačanih vibracija).



## Završna obrada zidova

Površine bala slame nude odličnu mehaničku vezu za spoljašnje i unutrašnje oblaganje zida cementnim ili krečnim malterom, bez potrebe za mrežicom i sl. Mrežica, tj. lako armiranje mogu biti korišćeni onda kada obloga bala ima i konstruktivno-noseću ulogu, ili kada se želi dodatna sigurnost od pojavljivanja površinskih pukotina na samoj oblozi zida – malteru. U svakom slučaju, pričvršćivanje mreže na zid sasvim je jednostavno uz pomoć žice ili dužih šipki. Zbog prirodnih neravnina zida od slame pre treba koristiti nepravilan raspored ovakvih anкера nego bilo kakvu vrstu obrasca, osim osnovnog kriterijuma dobre pričvršćenosti.

## Kako okačiti policu na zid?



Nasuprot uobičajenom mišljenju površine zidova ovakvih kuća nisu krivudave i nepravilne (još jedna predrasuda), naravno, osim u slučaju kada je rustičnost isključiva želja arhitekta ili investitora, a sve u cilju naglašavanja prirodnosti materijala. Kompletirana zidna obloga ni po jednom detalju neće pokazati da se govori o zidu od slame – ovo je moguće pretpostaviti jedino po debljini zida (jer još uvek nismo navikli da zid poseduje baš sve one silne slojeve koji nikom ne trebaju otkad su klima-uređaji pojeftinili) ili, kako se često kaže: po računu za struju. Prilikom uređivanja enterijera ne treba brinuti – ovaj zid će držati sve vrste metalnih šrafova i drvenih klinova, a za postavljanje šrafa ili eksera neće vam biti potreban nikakav

dodatni električni alat, ni tiplovi, što nije čest slučaj kod danas uobičajenih zidova. Kada se postavljaju predmeti na površinu zida, u zid se postavi drveni klin dužine 30cm, promera 5x10cm, koji će bez problema izdražati sva potrebna opterećenja, bez obzira da li se radi o kutijama za instalacije ili policama za knjige. Na sličan način moguće je pričvrstiti i kapke prozora ili baštenskih vrata. Za teže terete oslonac u zidu se propusti na drugu stranu gde se dodatno učvrsti uklještenjem, kao što je to slučaj ponekada sa zidovima od gasbetonskih elemenata (siporeks blok i sl).

### **Instalacije u zidu**

Cevi ugrađene u zid mogu izazvati izlivanje vode unutar zida, bez obzira od kog materijala je načinjen. Na Zapadu nije retka pojava da iz tog razloga instalacije idu po površini zida. Kako bilo, ovaj problem se rešava provođenjem instalacija kroz plastične cevi različitih stepena sigurnosti. Ovi kanali se postavljaju dublje unutar zida (oko 8cm) kako ne bi došlo do njihovog slučajnog probijanja, ali i kako bi se našli u što čvršćoj zoni zida (ova mera predostrožnosti praktično je nemoguća za izvođenje kod drugih masivnih, pa i skeletnih zidova). Kutija za električni razvod može se postaviti na zid kako je opisano kod polica, ali može isto tako biti ugrađena u sam zid kao i kod konvencionalnih zidova.

### **Proste računice**

Možda je priča o troškovima trebalo da stoji na početku teksta kako bi dodatno zainteresovala konzervativne graditelje ili čitaoce koji veruju u tri praseta (zidara iz hobija), tek, kako bilo, dođosmo i do računice... Ne želim vas ubediti da je građenje kuća od slame pogodno za urbane sredine (mada bismo mogli da pričamo na temu koliko, bar što se sistema i procesa gradnje tiče, individualni objekti sa jednim ili dva sprata u predgrađima imaju karakteristike urbanog; arhitektonski stil za sada ostavimo po strani), ali svaki objekat

van večih naselja absolutno je pogodan za građenje balama slame.



Navešću samo neke od smernica uz pomoć kojih sami možete doći do okvirne računice isplativosti ovakvog građenja, kao i prednosti tokom upotrebnog veka objekta:

- dostupnost materijala i kratka relacija (niža cena) transporta za objekat od 100m<sup>2</sup> potrebno je oko 400 bala slame (bala slame na dan 10.10.2008. koštala je 100din, tj. 1,25 evra)
- prilikom zidanja potrebno je daleko manje armature, nema troškova za cement i pesak (lepak), nisu potrebni armirano-betonski vertikalni i horizontalni serklaži za seizmičku zaštitu
- malterisanje može biti mašinsko ili ručno, malterom ili blatom (oko 50% veća potrošnja maltera u ovoj fazi radova)
- nije potrebna dodatna termoizolacija – ne postoji trošak u vezi sa materijalom i radovima
- nema osetljivih završnih radova (specijalni sloj fasade, izbegavanje spojnica termoizolacije od bilo kog materijala, zaptivanje kritičnih spojnica oko otvora, ispod krova...)
- daleko manja mogućnost pojave hladnih mostova zahvaljujući punoj/monolitnoj zidnoj masi
- zid lako možete probiti (zatvoriti) na onom mestu gde vam se dopadne, a ukoliko je potrebno, krovnu venčanicu možete osigurati dodavanjem drvenih podupirača na tom mestu
- toplotni komfor i energetska efikasnost kuća od bala slame može se meriti samo sa onim u objektima koji ispunjavaju standarde postavljene tek u poslednjih desetak godina
- okruženje od potpuno prirodnih materijala jednostavno nema cenu.

### **Umesto zaključka**

Naravno da ove kuće sa sobom nose i dozu ekscentričnosti. U SAD ona se prvenstveno ogleda u želji pojedinaca da naprave objekat koji će imati što više paralela sa održivim razvojem. Tako kuća od bala slame pravi smisao dobija tek kada je opremljena energetski efikasnim sistemima koji koriste obnovljive izvore

energije, pa se zelenilo, restaurirana drvena stolarija, solarne ploče, bojleri na krovu i vetrenjače skoro podrazumevaju.

U susednoj Hrvatskoj razvijen je pokret koji ulaže napore da se slama uvrsti kao građevinski materijal kako bi ove kuće mogle da dobiju sve upotrebne dozvole, što je već odavno slučaj u SAD i Zapadnoj Evropi. Malo je verovatno da će se ovde nešto slično dogoditi u narednih 5-10 godina, pa ovdašnji graditelji mogu da odahnu – bezbedni smo od još jedne novotarije (jedva se nekako navikavamo na ovu termoizolaciju!). Dođosmo do toga da će vam ovaj članak možda ustrebat tek kada se nađete negde na Zapadu, gde ljudi nemaju para za grejanje i nove materijale pa se dovijaju i grade kako stignu – arogantni prezir iznenađenih i zgroženih bogatih stranaca (od slame?!) ni tamo nije simpatičan...