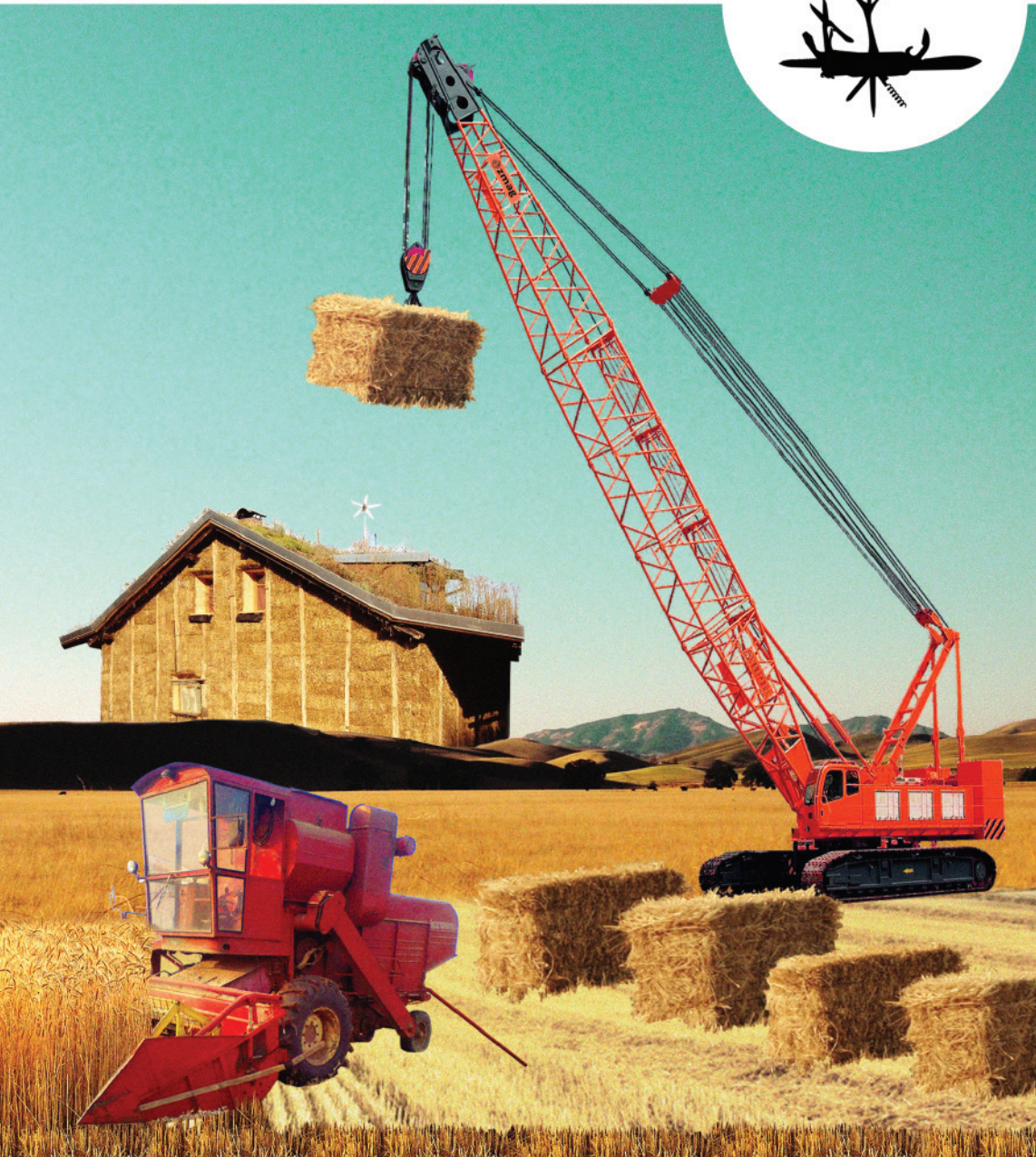


Zeleni alati



Gradimo slamom



ZELENI ALATI su edicija praktičnih permakulturnih priručnika. ZELENI ALATIMA obrađujemo različita područja održivih životnih stilova i ekoloških tehnologija jer smatramo da je najvažniji oblik socijalnog aktivizma onaj koji će ljude podučiti konkretnim znanjima, vještinama i strategijama za stvaranje boljeg svijeta.



reciklirano imanje



**ROSA
LUXEMBURG
STIFTUNG
SOUTHEAST
EUROPE**

Ova publikacija tiskana je sredstvima Rosa Luxemburg Stiftung.

CIP zapis dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 865480.

ISBN 978-953-98985-3-1

Matko Šišak i Daniel Rodik:

ZELENI ALATI: GRADIMO SLAMOM



ZELENA MREŽA AKTIVISTIČKIH GRUPA.

www.zmag.hr
info@zmag.hr

Autori: Matko Šišak, Daniel Rodik

Za izdavača: Dražen Šimleša

Izdavač: Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG)

Lektura: Blanka Motik

Grafičko oblikovanje: Bruno Motik

Ilustracije: Miran Križanić, dipl.ing.arh.

Recenzija: Siniša Bodrožić, dip.ing.arh., Katarina Luketina, dipl.ing. arh.

Tisak: ACT - Printlab d.o.o., www.printlab.hr

Naklada: 1000 kom

Vukomerić, studeni 2013.

SADRŽAJ

1. UVOD	7
Održivost i ekološka ravnoteža	7
Gradimo klimatske promjene	7
Građevinski otpad	8
Što ne valja s konvencionalnim graditeljstvom?	8
Ekološki otisak	10
Održivo graditeljstvo	10
Permakultura	11
Ponovno otkrivanje prirodnih materijala	11
Zašto ne vjerujemo prirodnim materijalima?	13
2. ENERGIJA U GRADITELJSTVU	15
Utjelovljena energije	15
Energija koja se koristi pri korištenju zgrade	17
Pasivni solarni dizajn ili kuća koja brine o ukućanima	18
3. POVIJEST GRADNJE BALAMA SLAME	21
Rane građevine	21
Globalni "straw bale" pokret	23
Kuće od bala slame u Hrvatskoj	24
4. GRADIMO SLAMOM	27
Što je slama?	27
Dizajn ili kakve se građevine mogu graditi i izolirati balama slame?	27
Tehnike gradnje balama slame	29
Tko gradi kuće od slame?	31
Gdje naučiti kako se grade kuće od bala slame?	32
Party gradnja	32
Jesu li kuće od bala slame jeftinije?	33
Nametnici u slami	34
Pesticidi u slami	35
Recikliranje kuće	35
5. FIZIKALNA SVOJSTVA KUĆA OD BALA SLAME	37
Toplinska svojstva	37
Otpornost na požar	40
Otpornost na vlagu i paropropusnost	41
Potresi	42
Dugotrajnost	42
Zdravi prostori	43
Akustika i zvučna izolacija	43
6. PRIMJERI KUĆA OD BALA SLAME	45
Primjeri iz svijeta	45
Primjeri iz Hrvatske	50
7. VODIČ ZA GRADNJU BALAMA SLAME U 7 KORAKA	59
1. Korak - PRIPREMNI RADOVI	60
2. Korak - TEMELJI	63
3. Korak - DRVENA KONSTRUKCIJA	67
4. Korak - KROVNI POKROV	71
5. Korak - ZIDOVI OD BALA SLAME	75
6. Korak - ŽBUKANJE ZIDOVA	84
7. Korak - ODRŽIVA DODATNA OPREMA	94
8. GRAĐEVINSKA REGULATIVA	101
Legalnost gradnje balama slamom - osiguranje ili ograničenje?	101
Primjeri građevinske regulative	102
Literatura	105



UVOD

Održivost i ekološka ravnoteža

Današnje društvo, pa posljedično i način života većine ljudi nije održiv. Resurse koristimo neracionalno, neekološki i necjelovito. Kratkoročni ciljevi za ostvarivanje velikih zarada čine ogromnu štetu sadašnjim, a posebno budućim generacijama koje vrlo vjerojatno neće moći zadovoljiti svoje potrebe pomoću skupih fosilnih goriva. Vrijeme jeftine i lako dostupne fosilne energije je iza nas, a svjetske ekonomije su još prečvrsto vezane za neobnovljive energente.

Resursi su ograničeni i zato ih je potrebno neprestano stvarati i obnavljati.

Održivost možemo jednostavno objasniti šumarskim pravilom: smiješ posjeći samo onoliko stabala koliko je novih mladica zasađeno. Ovaj princip primjenjiv je i na sve ostale resurse koje današnji ljudi nemilo troše bez pokrića.

Primjenom modela iz prirode možemo stvoriti uravnotežene, održive i zdrave lokalne zajednice u kojima je čovjek dostojanstveno biće sa zadovoljenim potrebama.

Gradimo klimatske promjene

Klimatske promjene su jedan od najvećih problema koji pogađaju naš planet. Manifestiraju se velikim prirodnim nepogodama kao što su podizanje morske razine, suše, poplave, česte i snažne oluje, promjene morskih struja itd. Posljedice na ljude ogledaju se u drastičnim promjenama klimatskih uvjeta i uništavanju bioraznolikosti što izravno ugrožava osnovne ljudske djelatnosti kao što su poljoprivreda i stanovanje te utječu na zdravlje ljudi i kvalitetu života.

Uz cestovni promet, proizvodnju i transformaciju energije i industrijsku poljoprivredu, građevinski sektor zauzima visoko mjesto na ljestvici djelatnosti koje proizvode značajne emisije CO₂ koji odlazi u atmosferu i potiče efekt staklenika.¹

¹ Emisija CO₂ iz industrije i građevinarstva u 2010. godini iznosila je 16 %. Ostali izvori emisija su: postrojenja za proizvodnju i transformaciju energije 32 %, neindustrijska ložišta 19 %, cestovni promet 31 %, ostali promet 2 % (Energija u Hrvatskoj 2010., Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb 2011.)

Građevinski otpad

Procjenjena količina nezbrinutog građevinskog otpada za razdoblje od 2006. do 2015. godine u Hrvatskoj iznosi 2,34 milijuna tona.²

Od ukupne količine otpada koji se neadekvatno zbrinjava na odlagalištima građevinski otpad zauzima 12 % ukupnog volumena. Iako su razvrstavanje, ovlašteno prikupljanje i reciklaža obavezni (do 2020. godine 70 %), u praksi je potpuno drugačije. U „najboljem“ slučaju miješani građevinski otpad i otpad od rušenja se zatrpava. Daleko raširenija praksa je spaljivanje i odlaganje na divlje deponije.

Ostaci od sagorijevanja su opasni otpad zbog nemogućnosti odstranjivanja onečišćenja npr. policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH), dioksina i otrovnog kroma (VI).

Na deponijama je redovno prisutan i opasni mineralni otpad: azbest i azbestni cement i tzv. VOC - hlapljivi organski spojevi (formaldehid, etil acetat, toluen, ksilen).

Što ne valja s konvencionalnim graditeljstvom?

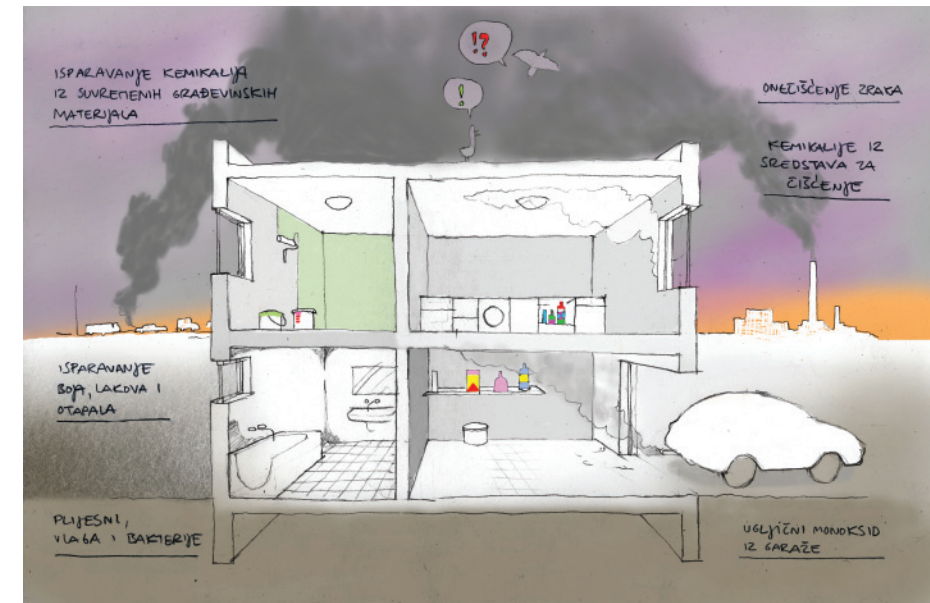
Postojeće stambene i javne zgrade u Hrvatskoj izgrađene uglavnom od 50-tih do 70-tih godina prošlog stoljeća nemaju zadovoljavajuću toplinsku zaštitu pa se na grijanje i hlađenje troše prekomjerne količine energije. Današnji propisi vezani za energetske učinkovitost u zgradarstvu usklađeni sa Europskim direktivama imaju znatno stroža ograničenja, stoga se u novogradnji troši znatno manje energije po jedinici stambenog prostora (kWh/m²). Ipak, konvencionalni načini gradnje još uvijek uvelike ovise o značajnim količinama energije koja se troši za industrijsku proizvodnju materijala, prijevoz i ugradnju građevinskih materijala i u razgradnji samih objekata. Porijeklo te energije su neobnovljivi izvori energije tj. fosilna goriva pa je stoga građevinski sektor i dalje odgovoran za znatne emisije stakleničkih plinova i ovisnost o nafti i plinu.

Pri odabiru materijala za gradnju ne vodi se dovoljno računa o utjecaju tih materijala na okoliš i korisnike. Konvencionalni materijali koji nas okružuju u zgradama dokazano su štetni za zdravlje (npr. PVC,

azbest, mineralna vuna), a isto tako zagađuju okoliš pri proizvodnji i zbrinjavanju.

Shvaćajući mjesto za život isključivo kao nekretninu, a ne kao dom, primarni cilj gradnje postaje da se sa što manje uloženi sredstava postigne što viša cijena na tržištu nekretnina. Pritom je manje važna potreba za ugodnim životnim prostorom. Nepoštivanje estetskih mjerila i nefunkcionalnost rezultiraju narušavanjem kvalitete življenja.

Za lošu kvalitetu života u umjetnom okruženju izravno je odgovorno konvencionalno graditeljstvo.³ Postoji niz poremećaja koji se pripisuju umjetnim materijalima: poremećaji respiratornog sustava, iritacija kože i očiju, slabljenje imuniteta, glavobolje i utjecaj na nervni sustav.



Slika 1. Mogući utjecaj građevine na zdravlje ukućana

² Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. do 2015. godine (NN 85/07)

³ tzv. Sick building syndrome

Ekološki otisak

Ekološki otisak je kvantitativna mjera koja nam donosi podatke o tome koliko svojim aktivnostima uništavamo Zemlju. Proračun ekološkog otiska uzima u obzir u kojoj mjeri određeni prostor može podržati našu proizvodnju, potrošnju i odlaganje otpada. Dakle, kada mjerimo otisak svog građevinskog projekta, mjerimo parametre svih aktivnosti koji dovode do korištenja dobara. Tu se misli na Zemljine resurse - tlo, površinu potrebnu za proizvodnju energije, površinu potrebna za razvoj infrastrukture, porijeklo materijala i njihovu ekološku cijenu, te koliko je našom aktivnošću proizvedeno CO₂. Mjerenjem ekološkog otiska dobivamo podatke koji nam daju pravu sliku o stvarnim troškovima našeg projekta. Više informacija o mjerenju ekološkog otiska možete saznati na internetu.⁴

Održivo graditeljstvo

Održivo graditeljstvo podrazumijeva korištenje prirodnih materijala za gradnju, brine o energetske učinkovitosti i koristi obnovljive izvore energije za funkcioniranje objekata.

Osnovni princip održivog graditeljstva jest korištenje lokalnih materijala biljnog, životinjskog ili mineralnog porijekla sa što manje prerade u industrijskim procesima ili pak korištenje recikliranih materijala. U Hrvatskoj je to drvna građa (piljena ili reciklirana stara građa), kamen, bale slame, zemlja, ovčja vuna, vapno, šljunak, pijesak, stare cigle i crijep i sl.

Održiva gradnja preferira korištenje lokalnih, uvriježenih, provjerenih i tradicionalnih tehnika građenja te na taj način aktivira i doprinosi očuvanju obrta u lokalnoj zajednici. Održiva gradnja ne znači da ne smijemo ugraditi gram aluminijske ili poliuretanske, ali njihovo korištenje se kvalitetnim projektiranjem treba svesti na racionalni minimum. Također da bi neki materijal bio održiv u njegovoj proizvodnji treba biti što manje štetnih nusproizvoda tj. nerazgradivog i opasnog otpada.

⁴ <http://www.footprintnetwork.org>
<http://www.myfootprint.org>

Permakultura

Permakultura je skup znanja i alata za dizajniranje uravnoteženih i održivih ljudskih zajednica. Tri osnovna načela permakulturnog djelovanja su briga za ljude, briga za okoliš i pravedna raspodjela dobara.

Principi permakulture su cjeloviti i primjenjuju se na mnoge aspekte života i područja poput ekonomije, proizvodnje hrane, energetike, graditeljstva, gospodarenja otpadom i dr.

Permakultura oponaša kružne prirodne procese u kojima se otpad smatra izvorom energije, koriste se lokalni resursi, zagađenje svodi na minimum, a energetske efikasnošću i korištenjem obnovljivih izvora energije se smanjuje ili izbjegava upotreba fosilnih goriva. Kuće od bala slame sažimaju samu bit permakulturnih principa i održivosti.

Ponovno otkrivanje prirodnih materijala

Danas je lakše no ikad u povijesti doći do najrazličitijih znanja. No za uspješan i dovršen projekt presudno je imati vrhunski razrađen plan gradnje i iskustvo. Ovom knjigom ćemo vam dati uvid u ovu graditeljsku tehniku i smjernice za dobar plan.

Danas, nasreću, imamo bogato kulturno graditeljsko nasljeđe i čitav niz novih saznanja, razvijenih tehnologija i rješenja koji omogućuju da moderna gradnja prirodnim materijalima zadovolji sve čovjekove potrebe, često daleko kvalitetnije, jeftinije i zdravije od klasičnih industrijskih rješenja.



Slika 2. Cumbria, sjeverozapadna Engleska

Nezdravi domovi mogu postepeno narušavati zdravlje. Krivci za to često su umjetni industrijski materijali koji mogu emitirati toksične spojeve, ili npr., uzrokovati vlagu i plijesan zbog slabe difuzije tj. nepropuštanja viška vodene pare u pretjerano zabrtvljenim prostorima. Ponovno otkrivanje kvaliteta koje nam nude prirodni materijali je u velikom



Slika 3. Oregon, SAD

uzletu. Ljudi prizivaju u sjećanja brojne prednosti npr. tradicijskih kuća od nabijene zemlje iz svog djetinjstva, pa se često mogu čuti izjave poput; „te su kuće disale“, „nije ti trebala klima“ „priroda nam je dala sve“, „nije bilo alergija“, „kuća se lako zagrijala i dugo bi držala toplinu“.

Upravo ta graditeljska baština je posebnost koja doprinosi našoj prepoznatljivosti u svijetu. Korištenje elemenata tradicionalne gradnje ne znači gubitak komfora i „povratak u špilje“, naprotiv, mnoga održiva rješenja nam daju toliko potrebnu energetska i ekonomsku slobodu. Za gradnju kuća od bala slame se, naravno, ne koriste samo slama i glina.



Slika 4. Nelson, Novi Zeland

Koriste se i različiti moderni materijali, ali ih koristimo odgovorno i racionalno. Slama, drvo, glina i kamen u našem podneblju predstavljaju najkvalitetnije ekološke materijale pogodne za gradnju kuća s niskim utjecajem na okoliš (tzv. low impact building).

Zašto ne vjerujemo prirodnim materijalima?

Uvriježeno je mišljenje da su prirodni materijali nepouzdana, kratkotrajni i općenito problematični s obzirom na zahtjeve u gradnji. Dio ovih prigovora je utemeljen ako proučavamo ruralnu baštinu u kojoj su ljudi često bez puno znanja, alata i materijala morali osigurati bilo kakav krov nad glavom. S druge strane još uvijek u Hrvatskoj postoje čitava funkcionalna sela s drvenim i zemljanim kućama stara po 100 i više godina. Veliki dio zabluda o tradicionalnim graditeljskim materijalima potiče iz procesa nagle industrijalizacije u kojem su se favorizirali umjetni i industrijski proizvedeni materijali.

Rađena su brojna istraživanja na kućama od bala slame diljem svijeta koja pokazuju da takva gradnja nije ništa rizičnija od bilo kojeg drugog oblika gradnje. Ispitivanja na starim kućama daju zadovoljavajuće rezultate otpornosti na vlagu, požar, truljenje i glodavce.

Pravilnom i kvalitetnom izvedbom mogu se izbjeći sve moguće zamke koje mogu topli dom učiniti noćnom morom.



ENERGIJA U GRADITELJSTVU

Energija se u graditeljstvu troši na dva načina: tijekom proizvodnje, dopreme i ugradnje materijala tj. građevinskog proizvoda u zgradu što nazivamo utjelovljena energija i pri korištenju same zgrade.

Utjelovljena energija

Većina ljudi, kada gradi ili planira gradnju, sagledava samo ekonomsku računicu, ali za održivost u cjelini moramo uzeti u obzir porijeklo materijala kojim će se graditi i koliko energije je ugrađeno u njega.

Svaki materijal, točnije građevinski proizvod, bilo cigla, beton, staklo ili čelik, u procesu proizvodnje, ali i u cijelom životnom ciklusu od sirovine do otpada „potroši“ određenu količinu primarne energije.⁵ Ta energija se naziva utjelovljena ili „ugrađena“ energija (eng. embedded energy). Materijali i tvari u koje je „ugrađeno“ više energije su energetski intenzivniji, a ujedno su i okolišu štetniji, jer se u industriji i prometu u većini slučajeva koristi toplinska ili električna energija dobivena izgaranjem fosilnih goriva što kao produkt ima emisiju stakleničkih plinova, prije svega CO₂. Promet i dostava proizvoda do korisnika također se ubraja u utjelovljenu energiju, pa tako izolacija od kokosovih vlakana organski uzgojenih u tropskim zemljama nije održiv građevinski materijal u Hrvatskoj ili Švedskoj. Osim, ako ne doputuje brodom na jedra. Isto tako lokalno proizveden ekspanzirani polistiren (stiropor) kao toplinska izolacija nije održiv jer ima znatno veliku utjelovljenu energiju zbog energetski intenzivnog proizvodnog procesa (vidi tablicu 1.).

U tablici je navedena ukupna primarna energija po jedinici mase potrošena do izlaska proizvoda iz tvornice (tzv. „cradle to gate“) za najčešće korištene građevinske materijale. Lako se može usporediti i vidjeti koji materijali su manje energetski intenzivni, pa se njihovo korištenje s pravom može nazivati održiva gradnja. Treba imati na umu i gustoću materijala, jer materijali manje gustoće imaju veći volumen po jedinici mase - npr. 1 kg balirane slame ima znatno veći volumen od 1 kg betona.

⁵ Primarna energija je ona uzeta iz prirode bez pretvorbe, bilo da se radi o kemijskom potencijalu fosilnih goriva, drva ili biomase, nuklearnoj energiji, kinetičkoj energiji vjetra, potencijalnoj energiji vodenih tokova ili toplinskoj energiji geotermalnih izvora.

Tablica 1. Utjelovljena energija građevinskih materijala i proizvoda ⁶

Materijal	Energija po masi proizvoda MJ/kg
Tepih ploče (Poliamid)	279,0
Aluminij (standardni sa 33 % recikliranog udjela)	155,0
Vuneni tepih	106,0
Poliuretanska (PUR) pjena	101,5
Ekspandirani polistiren - stiropor	88,6
PVC (standardni)	77,2
PVC cijevi	67,5
Vinil podne obloge	65,64
Nehrđajući čelik	56,70
Bitumen (standardni)	51,0
Bakar (prosjeak sa 37% recikliranog udjela)	42,0
Keramičke sanitarije	29,0
Olovo (sa 61 % recikliranog udjela)	25,21
Željezo (standardno)	25,0
Linoleum	25,0
Čelik (prosječni udio recikliranog materijala)	20,1
Drvena vuna	20,0
Kamena vuna	16,8
OSB ploča	15,0
Staklo	15,0
Laminirano drvo	12,0
MDF ploča	11,0
Piljeno tvrdo drvo	10,4
Drvena građa (razna)	10,0
Gips ploča	6,75
Crijep	6,5
Porobeton blok	3,5
Obična cigla	3,0
Mramor	2,0
Cementna žbuka (omjer cementa i agregata 1:3)	1,33
Beton (omjer cementa i agregata 1:3)	1,11
Celuloza za izolaciju	0,94 - 3,3
Balirana slama	0,91
Sabijena zemlja	0,45
Agregat (pijesak, šljunak)	0,083

⁶ Izvor: Sustainable Energy Research Team (SERT), University of Bath, <http://www.bath.ac.uk>

Za proizvodnju jedne bale slame potroši se oko 14 MJ energije, dok za usporedbu, za proizvodnju istog volumena mineralne vune potroši se oko 270 MJ energije, znači 19 puta više nego za slamu.

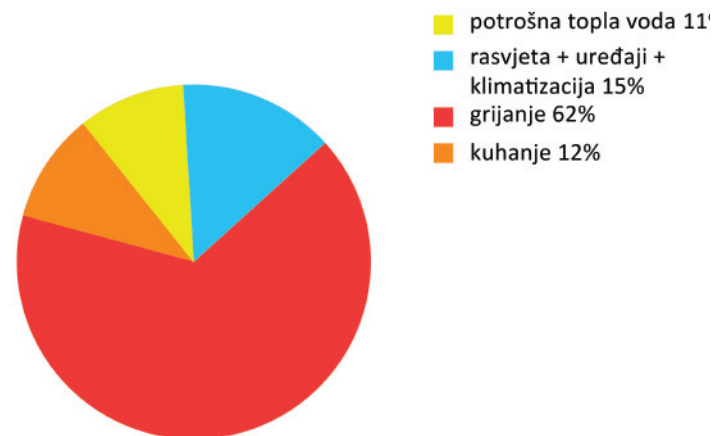
Dok raste, biljka upije i apsorbira više CO₂, nego što ga se proizvede izgaranjem fosilnih goriva pri preradi žitarica i na lokalni transport bala.

Energija koja se troši pri korištenju zgrade

To je energija koja se troši za grijanje i hlađenje građevine, grijanje potrošne tople vode i električna energija za pokretanje uređaja. U Eropskoj uniji preko 40 % od ukupne potrošnje energije se troši u zgradama ⁷. Najveći dio energije koristi se na grijanje i hlađenje pa prema tome kolika će biti energija za korištenje zgrade najviše ovisi o tome koliko je zgrada toplinski izolirana. Potrošnja energije pri korištenju građevine često je i do deset puta veća od utjelovljene energije materijala koji se ugrađuju. Cilj održivog graditeljstva je smanjiti oba aspekta potrošnje energije.

Gradnjom kuća od bala slame možemo smanjiti utrošenu energiju za 90%. jer balirana slama koja se ugrađuje u zidove predstavlja izuzetno dobru toplinsku izolaciju. (više u poglavlju 5. Fizikalna svojstva kuća od bala slame)

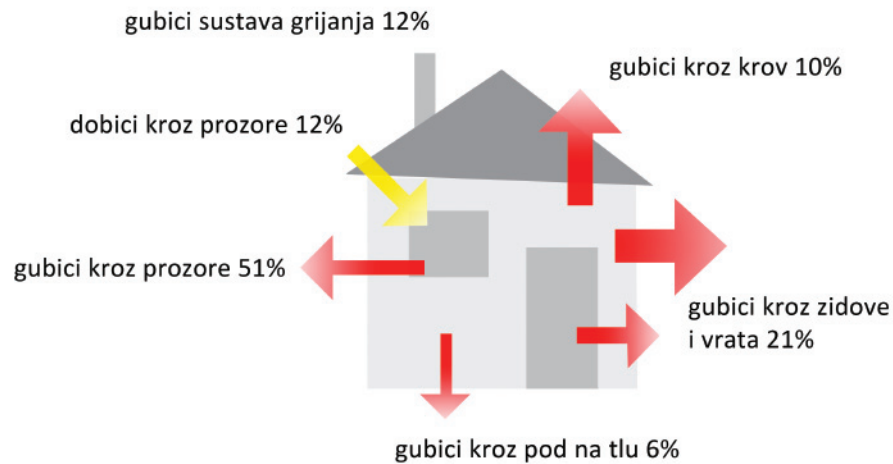
Slika 5. Primjer raspodjele potrošnje energije u prosječnom kućanstvu ⁸



⁷ Direktiva 2010/31/EU o energetske svojstvima zgrada (19.05.2010.)

⁸ Energy efficiency in Croatia (1992 - 2004), Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2005.

Slika 6. Ukupna energetska bilanca kod stambenih objekata



Pasivni solarni dizajn ili kuća koja brine o ukućanima

Jedan od permakulturnih principa glasi: uhvati i pohrani energiju.

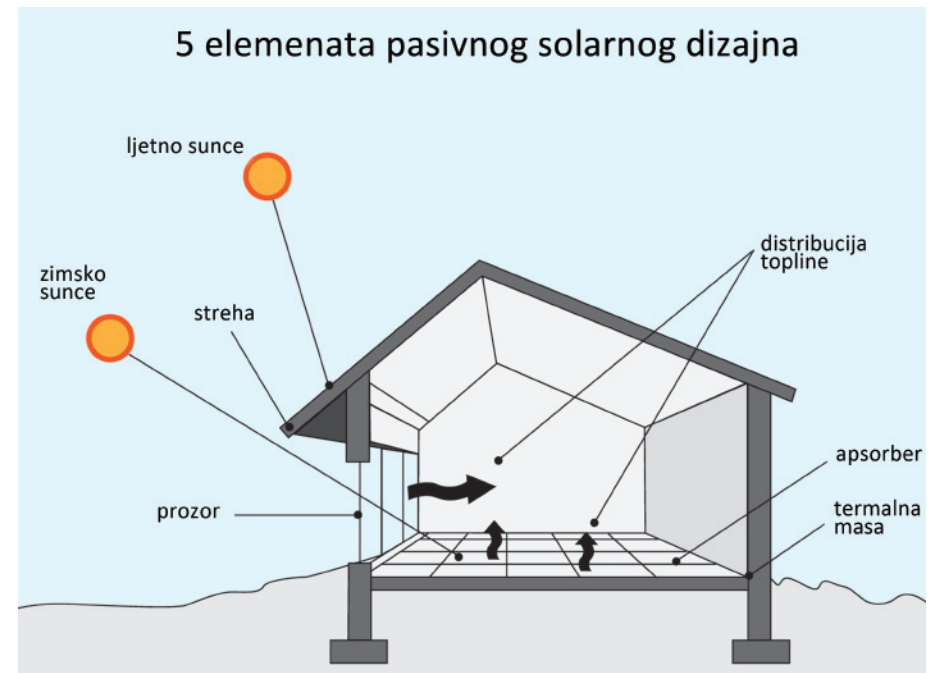
Pasivne solarne kuće su građene tako da u što većoj mjeri iskoriste energiju sunca za zagrijavanje prostora. U ovakvim kućama postižu se uštede energije i do 90% u odnosu na klasične zgrade.

Dobar dizajn ključ je uspjeha solarne arhitekture. Ovakvo graditeljstvo predstavlja vrhunac energetske učinkovitosti.

Osnovne smjernice za pasivni solarni dizajn:

- Orijentacija: duža stranica građevine mora biti okrenuta jugu radi povećanja izloženosti suncu
- Solarni prozori: na jug se stavljaju velike staklene površine koje omogućavaju sunčevom zračenju da uđe u prostor kuća.
- Streha ili krovni napust mora biti dizajnirana i precizno izvedena kako bi spriječila pregrijavanje ljeti, a dopustila ulazak sunčevog zračenja zimi.
- Termalna masa: interijer mora sadržavati materijale velikog toplinskog kapaciteta (cigla, kamen, zemlja, voda) kako bi se omogućilo skladištenje topline.

- Izolacija: ovojnica građevine mora biti što bolje izolirana, bez toplinskih mostova, kako bi se smanjio prolaz topline kroz podove, zidove i pod.
- Trostruka izo-stakla su važna kako bi se spriječio prevelik gubitak topline noću.



Slika 7: Pasivni solarni dizajn

POVIJEST GRADNJE BALAMA SLAME

Biljna vlakna, veliko lišće, dugačke trave, šiblje i granje koriste se za gradnju od prapovijesti. Stabljike starih vrsta žitarica dosezale su i do 2 m visine što ih je činilo pogodnim materijalom za gradnju. Slama i konoplja predstavljaju najkvalitetniji jednogodišnji biljni materijal za gradnju.

Rane građevine

Slama se u graditeljstvu koristi od davnina, a stoljećima se u Europi koristila za izradu krovova čija je trajnost bila i do 50 godina. Pomoću slame se rade i kuće od nabijene zemlje i zemljane žbuke kojima slama daje čvrstoću jer svojim vlaknima povezuje osušenu zemlju i djeluje kao armatura koja smanjuje pucanje žbuke.

Otkriće stroja za baliranje slame sasvim nenadano je omogućilo da se te bale počnu koristiti kao veliki građevinski blokovi. U drugoj polovici 19. st., točnije 1872., konjska je snaga pokrenula prvi stroj za baliranje slame, a od 1884. tzv. balirke pokreću parni strojevi.

Prva zabilježena građevina od bala slame izgrađena je u Nebraski, SAD, 1886. godine. Bila je to škola s jednom učionicom. Škola je sagrađena bez ikakvog drugog konstrukcijskog elementa osim bala slame. I danas se jednostavnije građevine manje katnosti grade tako da su bale slame nosivi elementi. Ta tehnika se po mjestu nastanka zove Nebraska tehnika ili „load-bearing“ i predstavlja izuzetno jeftin način gradnje. Ova je tehnika u SAD-u doživjela svoj vrhunac u razdoblju od 1915. do 1930. godine. Prema autoru R.L.Welschu u tom je razdoblju izgrađeno je oko 70 građevina, od kojih je 13 bilo u funkciji još 1993. godine. Razvojem željeznice, a njome i novih industrijskih materijala i trendova, gradnja balama slame u ovom periodu nije postigla širu primjenu.





Slika 8. (lijevo) Pilgrim Holiness Church, Nebraska, SAD, 1928.

Slika 9: (desno) Burritt Mansion, Huntsville, Alabama, SAD, 1938.

Najstarija kuća od bala slame u Europi koja je i danas u funkciji nalazi se u Francuskoj. Kuća „Maison Feuillette“ sagrađena je 1921. u Montargisu i ima površinu od 100m² životnog prostora.

Ranih 1970.-ih godina u Americi, Kanadi, Australiji i razvijenim europskim zemljama dolazi do ponovnog otkrivanja ove graditeljske baštine i razvoja raznih tehnologija gradnje.

Pišu se brojni članci, knjige, povezuju se entuzijasti i struka, organizira edukacija. Sve te aktivnosti stvaraju temelje za planetarni razvoj „straw bale“ pokreta.



Slika 10: Maison Feuillette, Montargis, Francuska, 1921.



Slika 11. The Bad Heart Church, 1953, Northwest Alberta, Kanada



Slika 12. Amy & Jordan Lentz's, Washington DC, SAD

Globalni straw bale pokret

Gradnja balama slame doživjela je istinski procvat početkom 1990.-ih godina, nakon čega se gradnja balama slame počinje smatrati globalnim pokretom. Časopis „The Last straw“, pokrenut 1993., značajno doprinosi popularizaciji ovakvog načina gradnje. Iste godine u SAD je održan prvi međunarodni znanstveni skup o gradnji balama slame.⁹

Slika 13. Gradnja predgotovljenim elementima od slame, Hitzendorf, Austrija



⁹ U organizaciji National Straw Bale Research Advisory Network.

Ubrzo je u Njemačkoj osnovano Njemačko udruženje graditelja balama slame (FASBA -Fachverband Strohballenbau), a u Engleskoj, Kanadi i Australiji se također osnivaju krovne nacionalne organizacije koje istražuju i promoviraju gradnju balama slame. U međuvremenu se diljem svijetu razvila mreža specijaliziranih graditelja.

Dvije su struje prisutne među graditeljima. Prvi su najrazličitiji individualni graditelji kojima nije puno stalo do pitanja legalnosti gradnje balama slame, već po mnogim eko selima i u prirodi grade svoje domove bez ikakvog odnosa sa sustavom. Oni se vode etičkim principom da je čovjekova sloboda u kakvom će domu živjeti. Ova je grupa vitalna i kreativna. Njihova rješenja inspiriraju veliki broj ljudi, no zbog anarhične naravi, danas ne možemo znati točan broj građevina od slame diljem svijeta.

Druga skupina su legalisti. U ovoj skupini je struka i profesionalni izvođači. Glavni zadatak ove skupine bio je legalizirati gradnju balama slame. U praksi je to značilo da je bilo potrebno provesti vrlo skupa ispitivanja, analize i eksperimente kako bi se gradnja balama slame regulirala zakonom. Danas je ovakva gradnja regulirana na razne načine u gotovo svim zapadnim zemljama (više u poglavlju 8. Građevinska regulativa). Do 2001. godine u Europi je sagrađeno oko 400 legalnih građevina od bala slame.¹⁰

Kuća od bala slame u Hrvatskoj

U Hrvatskoj postoji dvadesetak kuća građenih balama slame. Od pojave prvih pokaznih objekata 2006. godine koje su gradili ekološki aktivisti iz udruge ZMAG, EIA i Kneja priča se proširila i danas su u ovu gradnju uključeni projektanti, staričari, građevinari i urbanisti.

Prve eksperimentalne kuća od bala slame u Hrvatskoj, popularne „trafostanice“.

¹⁰ Gernot Minke, Freidemann Mahlke, Building with straw., str. 16



Slika 14. Vukomerić, Reciklirano imanje, ZMAG, srpanj, 2006.



Slika 15. Bale, Istra, kolovoz, 2006.



Slika 16. Lopatinec, Međimurje, rujan, 2006.



GRADIMO SLAMOM

Što je slama?

Slama je suha stabljika (dio od vrha korijena do ploda) žitarice (pšenica, raž, ječam, zob, proso) ili vlaknastih biljaka (riža, konoplja, lan). Obnovljivi je materijal koji se razvija fotosintezom koristeći energiju sunca, vodu i minerale iz tla. Sastoji se od celuloze, lignina i silicija. Slama posjeduje voodtopornu voštanu površinu. Zahvaljujući sloju silicija sporo truli i dugo se razgrađuje. Bale slame nastaju kao nusproizvod u uzgoju žitarica. Slama je biorazgrađiva i lokalno dostupna i za njezinu proizvodnju i transport troši se daleko manje energije nego što je slučaj s ostalim građevinskim materijalima.

Dizajn ili kakve se građevine mogu graditi ili izolirati balama slame?

Gradnja balama slame nudi različite mogućnosti pri oblikovanju zgrada, prvenstveno zbog lake obrade i djelomične savitljivosti. Iako se prve kuće stare i po 100 godina ne razlikuju po vanjskom izgledu od klasičnih ciglenih ili drvenih, danas u svijetu postoji sve više najrazličitijih kuća i zgrada od bala slame, pa tako možemo pronaći nekonvencionalne earthshipove i bajkovite hobbitske kuće, ali i supermoderne višekatnice (više u poglavlju 6. PRIMJERI IZ SVIJETA I HRVATSKE). Kod nas se najčešće grade obiteljske kuće i kuće za odmor (prizemnice i visoke prizemnice) i dodatni objekti; garaže, poljoprivredni objekti, ateljei, radionice. Kao građevinski element, bala slame četvrtastog oblika, može se koristiti u najrazličitim stilovima u arhitekturi, od klasične, rustikalne do moderne i eksperimentalne gradnje što znači široku primjenjivost za različite ukuse i potrebe.



Slika 17. Little House in the Valley Project, SAD



Slika 18. Tom Hahn, Australija

Slika 19. Patterson straw bale cottage, SAD



Slika 20. Poljska



Slika 21. Kalifornija, SAD

Ostala primjena slame

U prošlosti, kao i danas, slama se koristila za gradnju, hranu životinjama, podlogu u stajama, malčiranje biljaka, potpalu, izradu slamarica, jastuka i raznih tradicionalnih rukotvorina.

Tehnike gradnje balama slame

- Load bearing ili „nosiva konstrukcija“;

Ugrađene bale tvore nosivu konstrukciju na kojoj leži krov i krov. Ova tehnika je znatno jeftinija i brža za gradnju jer nema drvene konstrukcije.



Slika 22. Arizona, SAD

- Drvena konstrukcije i bale kao ispuna (*Post and beam, non-load bearing*);

Drvena konstrukcija je nosivi dio objekta sa stupovima, gredama, kosnicima, krovom i ostalim elementima. U ovom načinu gradnje bale slame su ispuna između drvene konstrukcije i kao takve nemaju nosivu ulogu.

Ova se metoda najčešće koristi zbog veće strukturne čvrstoće i mogućnosti gradnje većih objekata.



Slika 23. Vukomerić, Dvostruka lipa

- **Lagani slamnato zemljani zidovi (*light straw clay*);**

tradicionalana njemačka tehnika gradnje zidne ispune od slame i zemlje iz 12. stoljeća. Zemlja se miješa s pijeskom i nebaliranom, rasutom slamom te se nabijanjem ugrađuje u drvenu oplatu. Oplata se skida nakon 5-7 dana kada se zid počne stvrdnjavati te ostaju



Slika24. Vukomerić, Reciklirano imanje, ZMAG

ravni zemljano-slamnati zidovi koji se moraju dobro osušiti. Za uspješan proces sušenja neophodne su visoke ljetne temperature. Zid se nakon sušenja završava zemljanom ili vapnenom žbukom.

- **Predgotovljeni elementi od slame** su gotovi ožbukani elementi s predviđenim konstrukcijskim prihvatima i otvorima za stolariju. Ova tehnika omogućuje brzu montažnu gradnju.



Slika 25. Ecococon, Litva



Slika 26. ploča od slame

- **Ploče od slame (strawboard)**

Slama se preša u kartonske okvire pri visokim temperaturama bez dodatnih tvari za spajanje. Prefabricirani elementi se proizvode u raznim dimenzijama i koriste za završno uređenje, izolaciju te kao baza za žbukanje ili pregradne zidove.

Tko gradi kuće od slame?

U Hrvatskoj je ova graditeljska tehnika u razvoju. Graditelji su entuzijastični pojedinci koji su odlučili sagraditi vlastiti dom uz pomoć poznanika. Samogradnja je poseban doživljaj i veliki izazov. Zbog naravi materijala u mnogim dijelovima gradnje mogu sudjelovati i osobe koje nemaju nužno graditeljsko iskustvo. Redovito na gradilištima možete vidjeti starije osobe, žene, djecu i mlade - skupine kojima inače u građevini nema mjesta. Ako se odlučite za samogradnju imate mogućnost kreirati vlasti dom i uštedjeti značajna sredstva.

Mali je broj specijaliziranih izvođača u HR i nadamo se većem uključivanju građevinara koji će svoju ponudu obogatiti gradnjom balama slame.

Gdje naučiti kako graditi balama slame?

Teoretsko znanje se nalazi u brojnim knjigama, časopisima i na internetskim stranicama. Unazad nekoliko godina po praktično znanje za gradnju slamom morali ste ići na radionice i tečajeve u inozemstvo. U 2013. godini se u Hrvatskoj istovremeno odvijala pokazna gradnja na tri lokacije, a balama slame gradilo se 7 novih građevina. Na Recikliranom imanju Vukomerić možete naći primjere kuća od bala slame i naša savjetodavna služba za permakulturu i održivo življenje nudi uslugu savjetovanja kroz čitavu godinu.

Party gradnja

Graditi balama slame može biti zabavno. Zidovi rastu izrazito brzo, prvenstveno zbog veličine bala, a ako pretpostavimo da će na izgradnji sudjelovati puno prijatelja, poznanika i susjeda (kako bi smanjili troškove i ponešto naučili), ne treba zanemariti važnost izgradnje same zajednice, dok je glavni cilj okupljanje i međusobna pomoć.

Slike 27. (dolje) i 28. (suprotna stranica) Vukomerić, Reciklirano imanje, ZMAG



Jesu li kuće od bala slame jeftinije?

Troškovi gradnje ovakvih kuća neznatno su manji od troškova gradnje konvencionalnim materijalima poput betona i opeke, s razlikom da dobivate zdraviji i energetski učinkovit dom koji štedi energiju, a time i novac.

Najveći dio sredstava u gradnji otpada na temelje, krov i završno uređenje, a sve od navedenog je stvar odabira investitora. Tako da ako odabiremo jednostavne prirodne i reciklirane materijale možemo značajno uštedjeti, dok s druge strane troškovi vrtoglavo rastu ako odabiremo luksuznija rješenja.

Odlučujući čimbenik u stvaranju financijskog plana je pitanje osobne uključenosti investitora u gradnju. Dizanje zidova od bala slame, žbukanje, ličenje zidova ili ugradnja podova su manje zahtjevni dijelovi gradnje, dok pripremu i transport materijala, gradnju temelja, konstrukcije i krovišta je učinkovitije prepustiti ljudima s iskustvom.

Samogradnja omogućuje značajne uštede jer ljudski rad prilikom gradnje kuća od bala slame košta više od samih materijala. Za stvaranje realnog troškovnika potrebno je uključiti iskusnog projektanta.

Jedna pravokutna bala slame u Hrvatskoj košta ovisno o sezoni od 5-10kn. Za jednostavnu građevinu (cca 80m² stambenog prostora) trebat će vam oko 500 bala slame. Jednostavnim množenjem može se zaključiti da je cijena slame kao izolacijskog materijala daleko manja od ostalih tržišno dostupnih (stiropor, kamena vuna, itd.). Kada bismo toplinski izolirali zid od cigle ili betona kamenom vunom odgovarajuće debljine za iste toplinske gubitke kakve ima zid od bala slame (tj. otprilike 25 cm kamene vune) troškovi bi bili daleko veći nego izoliranje balama slame.



Vanjsku ovojnicu zgrade sačinjavaju svi građevinski elementi koji razdvajaju unutrašnjost stambenog, tj. grijanog prostora od vanjskog prostora. To su vanjski zidovi, zidovi prema negrijanim prostorijama, krov, pod i podovi prema negrijanim prostorijama.

Primjer pojednostavljenog troškovnika za izgradnju vanjske ovojnice jednostavne kuće stambene površine od 80 m² (bez krova i temelja):

Drvena građa = 15.000,00kn

Glina = iskop ilovače na terenu 500,00kn

Bale slame s dostavom = 4.000,00kn

Skela, najam na mjesec dana = 4.000,00kn

Vapno = 200,00kn

Pijesak = 2.500,00kn

Ostali materijal (drvena građa, uža za baliranje,...) = 2.000,00kn

Rad (cca 150 radnih dana) = 60.000,00 kn (prosječni bruto trošak 1 čovjek x dan=400kn)

Ukupno: 88.200,00kn

Za otprilike 12.000 Eura možete izgraditi vanjske zidove jednostavne stambene kuće (bez temelja i krova) s toplinskom izolacijom koja spada u pasivni standard gradnje.

Nametnici u slami

Nametnici uglavnom traže otvore, prostore za gnježđenje i hranu. Ispravno ožbukani zid od balirane slame ne nudi im ništa od toga.

Žbuka debljine 3-6 cm hermetički zatvara bale slame. No to često nije dovoljno. Na svim spojevima temelja zida, kao i na gornjim spojevima zida i krovništa/rogova/greda preporučljivo je ugraditi u žbuku gustu pletenu metalnu mrežicu (0.2-0.5mm) koja će dodatno učvrstiti žbuku na tim mjestima i onemogućiti glodavcima da eventualno progrizu žbuku.

Miševi ne jedu slamu i visoko komprimirana slama gustoće preko 90kg/m³ nije pogodno mjesto za nastanjivanje glodavaca. Moguća opasnost su prostori između bala slame ako nisu kvalitetno ugrađene tj. nedovoljno jako stisnute jedna do druge pri samoj ugradnji.

Mogući su problemi s glodavcima kod ventilirajućih fasada jer se mogu podvući pod (drvenu, limenu, PVC, PE ili betonsku) fasadu. Ako su tehnička rješenja dobro izvedena ni u ovom slučaju se neće zadržati.

Kao i u interijerima svih drugih građevina, miševi mogu obitavati i u

kućama od bala slame. Tvrdnja da je određena kuća ili tip gradnje otporan na nametnike jednostavno „ne drži vodu“. Naši „mali susjedi“ izuzetno su snalažljivi i otporni. Tu je presudna higijena i održavanje.

Mravi žive i u zgradama od stakla i betona, i u podrumima i na 16. katu nebodera. Važno je ne ostavljati ostatke hrane, tj. održavati higijenu prostora u kojem boravimo.

Neke vrste termita mogu probaviti vlažnu slamu, ali drvo je osnovna hrana termitima. Ako se želimo preventivno zaštititi od termita važno je zaštititi konstrukcijsko drvo, prozore i vrata te ostale drvene dijelove doma.

Pesticidi u slami

Istražujući sve aspekte slame kao materijala za gradnju naišli smo na pitanje: što ako je slama kojom gradimo puna pesticida ili teških metala? Slamu se može dati i na kemijsku analizu, no u praksi ova bojazan nije utemeljena. Konvencionalni uzgoj žitarica podrazumjeva uporabu zaštitnih sredstava, ali ako se poštuje karenca pri primjeni sredstava za zaštitu bilja, toksini neće ostati u stabljici. U trenutku kada slamu ožbukamo ona postaje inertna. Ako želimo biti dosljedni ekološkim principima možemo za gradnju koristiti bale slame iz eko-uzgoja.

Recikliranje kuće

Jednog dana kada kuća od bala slame dođe do kraja svog životnog vijeka slama i glinena žbuka neće predstavljati problem na lokalnoj deponiji otpada, nego će se jednostavno razgraditi i pretvoriti u korisno hranjivo na zemlji. Zemljane žbuke će se stopiti s tlom, drvena građa se može ponovo koristiti u gradnji ili kao energent, a slamom možemo malčirati vrt ili ju pretvoriti u kompost. Prilikom gradnje također ne morate brinuti o ostacima, jer će se slama razgraditi na zemlji, a može poslužiti i kao malč u vrtu ili voćnjaku, dodatak kompostnoj hrpi ili klincima za igru.

Prilikom proizvodnje balirane slame gotovo u potpunosti je izbjegnuto nastanak otpada. Sav otpad, ako ga i ima, je biorazgradiv, osim plastičnog užeta kojim se povezuje bala, što predstavlja vrlo mali dio samog proizvoda. Slama, tj. ostatak stabljike žitarice, kao i drvo, tokom rasta upija CO₂ pa se ugradnjom bala slame CO₂ sprječava njegovo ispuštanje u atmosferu, što bi se dogodilo spaljivanjem.

Jedini otpad koji ostaje nakon gradnje ili rušenja kuće bit će ostaci umjetnih materijala.



FIZIKALNA SVOJSTVA KUĆA OD BALA SLAME

Toplinska svojstva

Kao najčešći razlog zašto se ljudi odlučuju za baliranu slamu je njeno izvrsno izolacijsko svojstvo tj. slaba provodljivost topline. Debljina zida, to jest slame kao izolatora u zidu, utjecat će na toplinske gubitke zida. Smjer ugrađenih slamki također utječe na koeficijent toplinske zaštite. Vlažnost slame također ima važnu ulogu, vlažnija bala bolje će voditi toplinu, tj. slabije će izolirati, te postoji opasnost od truljenja. U tablici su navedene standardne vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti - λ za različite materijale. Što je vrijednost manja materijal je bolji toplinski izolator.

Koeficijent toplinske vodljivosti , λ jedinica - W/(mK) (vat po metru i kelvinu) jest fizikalna veličina koja označava količinu topline koju tvar provodi kroz jedinicu površine u jedinici vremena pri standardnim uvjetima, a da se pritom vrijednost temperature smanji za jedan Kelvin na jedinici puta u smjeru strujanja topline.

MATERIJAL	KOEFICIJENT TOPLINSKE VODLJIVOSTI λ / (W/m ² K)
Vakuum	0
Silicijev aerogel	0,004 - 0,04
Zrak	0,025
Poliuretanska pjena	0,025-0,035
Ekstrudirani polistiren	0,035-0,040
Ovčja vuna	0,039
Celulozne pahuljice (isofloc)	0,039
Mineralna vuna	0,042
Balirana slama	0,044

MATERIJAL	KOEFICIJENT TOPLINSKE VODLJIVOSTI λ / (W/m ² K)
Drvo	0,04 - 0,4
Guma	0,16
Voda	0,6
Žbuka	0,71 - 0,87
Staklo	1,1
Cigla	1,6
Beton, kamen	1,7
Led (voda)	2
Nehrđajući čelik	12,11 - 45,0
Aluminij	237
Bakar	401

Tablica 2. Koeficijenti toplinske vodljivosti različitih materijala

Žuti dio tablice označava toplije materijale - klasični mineralni i organski materijali koji se koriste u građevini za toplinsku izolaciju zidova, krovova i podova. Najslabija izolacijska svojstva imaju materijali koji su ujedno i dobri vodiči topline, prije svega metali, staklo, kamen i beton, u svjetlo plavom dijelu tablice.

Drugi važan pokazatelj toplinskih svojstva nam govori koliki je prolazak topline kroz materijal određene debljine tj. U - koeficijent prolaska topline. Ako znamo λ materijala lako ga je izračunati.

$U = \lambda/x$, gdje je x - debljina materijala kroz koji prolazi toplina

Koeficijent prolaska topline, oznaka U, jedinica W/m²K (vat po metru kvadratnom i kelvinu) označava količinu topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m² površine, kod razlike temperature od 1 Kelvin. Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka (kWh/m²), a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaska topline manji to je toplinska zaštita zgrade bolja. Često se spominje i specifični toplinski otpor, oznaka R, jedinica m²K/W, što je veličina obrnuto proporcionalna koeficijentu prolaska topline $R=1/U$.

Primjer:

Zid koji se sastoji od 5 cm glinene i vapnene žbuke sa vanjske i unutrašnje strane i bala debljine 50 cm imat će isti koeficijent prolaska topline kao i zid od šuplje blok opeke debljine 29 cm sa 25 cm kamene vune obostrano ožbukane klasičnom cementno-vapnenom žbukom. ($U = 0,11$ W/m²K). Toplinski gubici kroz takav zid manji su od 15 kWh/m² godišnje što zid od balirane slame svrstava u pasivni standard gradnje.

Prema važećim propisima u Hrvatskoj toplinska zaštita zgrada može se postići s min. 10 cm kamene vune ili stiropora na vanjskom zidu.¹¹ To je standardna toplinska zaštita za sve novogradnje danas i godišnja potrošnja toplinske energije u takvoj kući će biti od 80 -100 kWh/m². Zakonska obaveza energetske certificiranja u Hrvatskoj određuje ovaj podatak koji mora za svaku zgradu biti javno dostupan u obliku vidljive oznake. Europski i svjetski trendovi u energetskoj učinkovitosti u zgradarstvu teže ka što manjoj potrošnji energije za grijanje pa se tako razvijaju koncepti zero-energy zgrada koje uopće ne troše energiju za grijanje ili hlađenje ili plus-energy koje čak proizvode višak energije tokom godine. Dva standarda koja se najčešće koriste su:

- **Niskoenergetski standard gradnje** gdje godišnja potrošnja toplinske energije iznosi od 15 do 40 kWh/m² (odgovara klasičnoj gradnji sa blok opekama i 15-20 cm kamene vune ili stiropora)
- **Pasivni standard gradnje**, gdje godišnja potrošnja toplinske energije iznosi manje od 15 kWh/m² (odgovara klasičnoj gradnji sa blok opekama i 25-30 cm kamene vune ili stiropora)

Većina postojećih starih zgrada u Hrvatskoj bez toplinske izolacije ima godišnju potrošnju toplinske energije 200 kWh/m² ili više, što je deset puta više od pasivnih zgrada. Ako živite u kući ili zgradi bez toplinske izolacije podijelite svoje godišnje troškove za grijanje sa 10 i shvatiti ćete zašto je toplinska izolacija danas važna.

Osim toplinske izolacije važan pojam je i toplinski kapacitet materijala koji se ugrađuje u zgradu. Unutrašnji prostori obloženi ili pregrađeni elementima od materijala velikog toplinskog kapaciteta imaju tzv. termalnu masu, koja osigurava uravnoteženu i ugodnu klimu u

¹¹ Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08)

prostoru. Unutrašnji prostor će stoga biti dovoljno otporan na dnevne (noć/dan) i sezonske (ljet/zima) promjene vanjske temperature. Tako će termalna masa osigurati da se u zimskom periodu uskladišti toplina preuzeta od izravnog sunčevog zračenja ili grijaćih tijela, te se može isijavati i grijati prostor kad nema izravnog izvora. Ljeti će termalna masa usporavati pregrijavanje prostora, jer se noću pomoću strujanja zraka može dovoljno ohladiti, tako da se po danu sporo zagrijava i održava stabilnu temperaturu u prostoru.

Suha balirana slama, zbog relativno male gustoće (oko 100kg/m^3), ima i mali specifični toplinski kapacitet, stoga je važno postaviti unutrašnje slojeve žbuke (debljine oko 5 cm) koja se sastoji od gline, pijeska i vapna. Glinena žbuka ima gustoću oko $1900\text{-}2100\text{ kg/m}^3$ pa tako ima daleko bolji specifični toplinski kapacitet. Unutrašnji zidovi mogu se i oblagati punom pečenom ciglom koja osim toplinskog kapaciteta ima i izvrsna svojstva regulacije vlage u prostoru.

Toplinski kapacitet, oznaka C, jedinica J/K je fizikalna veličina koja određuje koliko topline treba dovesti nekom tijelu da mu se temperatura povisi za 1 Kelvin. Specifični toplinski kapacitet se odnosi na određenu masu tvari i mjeri se u J/kgK. Od prirodnih supstanci voda u tekućem stanju pri 25C ima specifični toplinski kapacitet 4181 J/kgK dok olovo ima 129 J/kgK .

Otpornost na požar

Slama gori pa prema klasifikaciji gorivih materijala spada u klasu B2 - zapaljivi materijali. Međutim, sustav zida u kojem se nalazi balirana slama, još k tome zatvorena žbukom s vanjske i unutrašnje strane ima vrlo dobru vatrootpornost. Ispitivanja u laboratorijima u austrijskim i njemačkim građevinskim institutima pokazala su da neopterećeni (post and beam) zid od balirane slame koji je ožbukana glinenom i vapnenom žbukom spada u klasu vatrootpornosti F90.¹² Neka ispitivanja čak dokazuju vatrootpornost klase F120. To u praksi znači da je ožbukanim balama potrebno 90 do 120 minuta da izgore pri temperaturi od 900C . Razlog solidne vatrootpornosti leži u činjenici da je za vatru potreban kisik, a balirana tj. prešana i ožbukana slama ne ostavlja dovoljno kisika za izgaranje. Zbog toga

¹² Broj u klasi označava vrijeme u minutama pri kojem u laboratorijskim uvjetima požara materijal zadržava osnovna svojstva. Klase su F30, F60, F90, F120

se prilikom gradnje prvi sloj žbuke nanosi odmah nakon ugrađivanja bala tj. dovršetka zida.

Kada je riječ o protupožarnoj zaštiti kuće potpuno izgore ako se razvije eruptivni požar, a u takvim slučajevima važno je projektirati građevine da konstrukcijski elementi mogu što duže odoljeti požaru, kako bi se ljudi i imovina mogli spasiti. Nakon takvih vatrenih nepogoda niti jedan oblik gradnje ne ostaje upotrebljiv. Npr. armirano-betonski objekti se moraju rušiti jer se na velikim temperaturama željezo rastali i izgubi statička svojstva. U takvim slučajevima imamo dodatni problem zbrinjavanja građevinskog otpada.

Otpornost na vlagu i paropropusnost

Prvi susret s gotovim kućama od bala slame možda je razočaravajući za romantične zaljubljenike u slamu jer se ona ne vidi, tj. zatvorena je slojem vanjske i unutarne žbuke. Voda ne smije prodrijeti u bale. Obavezno žbukanje osim što mora spriječiti direktni kontakt slame s vodom, stvorit će paropropusnu membranu koja će dozvoljavati da višak vode u plinovitom stanju prolazi kroz zid i odlazi u atmosferu. Faktor otpora difuziji vodene pare (μ)¹³ za glinenu žbuku iznosi od 6 do 8, a vapnenu oko 10, dok cementne žbuke imaju faktor od 20-30, što znači da slabo upijaju i otpuštaju vodenu paru.

Stara poslovice kaže da svaka kuća treba dobar šešir i dobre čizme. Dodatna zaštita od vlaženja slame u zidu je sloj hidroizolacije između temelja i zidova od slame kako bi se spriječilo kapilarno vlaženje iz zemlje, te podignuti temelji od zemlje kako bi spriječili močenje donjeg dijela zida uslijed odbijanja tj. prskanja kiše. Produžene krovne strehe također štite građevinu od oborina. Krovne strehe se izvode dužine 50 cm, pa do 1 m napusta od stjenke vanjskog zida.

Kako vlaga mora prolaziti kroz zid od bala slame njena vrijednost će se mjenjati, ali relativna vlažnost u samoj bali ne bi smijela prelaziti više od 15 %.

Zemljane žbuke se mogu namočiti, jer će takva žbuka brzo otpustiti vlagu, ali se ne smiju kontinuirano zalijevati vodom jer će čestice gline vezati vodu, otežati i otpasti. Iz tog razloga se preporuča

¹³ Vrijednost koja opisuje koliki je otpor određenog materijala difuziji vodene pare

nanositi završni vanjski sloj vapnene žbuke ili ugradnja oplata/panela na mjestima koja su najviše izložena padalinama.

Velika vlažnost potiče pojavu plijesni koja utječe na ubrzano raspadanje slame. Plijesan nastaje kada je relativna vlažnost zraka viša od 50-80%, a temperatura 20 do 28°C. Slama pri ugradnji mora biti što suša, odnosno najveća dopuštena vlaga bale pri ugradnji je 15%. U praksi se pokazalo da poljoprivrednici koji baliraju slamu imaju potrebno iskustvo potrebno za pravovremeno baliranje. Oni ne smiju balirati mokru slamu jer će im na taj način propasti i neće biti iskoristiva. Mokru slamu možete prepoznati i po većoj težini bale i trulim, sivim ili crnim stabljikama.

Izuzetno je važno da bale ne pokisnu u transportu te da se do ugradnje čuvaju na suhom. Idealno vrijeme za dizanje zidova od bala slame je poslije žetve žitarica (srpanj) jer tada možete nabaviti bale po najpovoljnijoj cijeni, a i ljetni mjeseci smanjuju rizik od mogućeg vlaženja bala.

Druge dvije opasnosti od plijesni vrebaju pri žbukanju zidova zemljanim žbukama. Ako se žbuka pred samu zimu kada su temperature niže od 10°C, žbuka se puno sporije suši i može doći do pojave plijesni. Također je važno da u zemlji kojom žbukamo nema organskih materijala (grančice, vlasi trave i slično) jer raspadanjem tih materijala u žbuci može doći do pojave privremene plijesni.

Difuzija vodene pare u građevinskim elementima stambenih zgrada iznimno je važna jer direktno utječe na trajnost materijala same zgrade, kvalitetu zraka i život i toplinsku izolativnost ovojnice zgrade. Gradijent pritiska vodene pare u grijanim objektima u umjerenom klimatskom pojasu uzrokuje tok vodene pare sa smjerom iz objekta prema van. Taj proces praćen je fizikalnim zakonima ravnoteže tlakova i naziva se difuzija. Otpor koji materijal pruža difuziji naziva se faktor otpora difuziji vode pare - μ . Faktor ovisi o gustoći materijala i strukturi njegovih pora.

Potresi

Zbog sposobnosti savijanja i amortizacije slame i drvene konstrukcije kuće od bala slame odlično apsorbiraju kinetičku energiju seizmičkih šokova.

Dugotrajnost

Slama se bez utjecaja vlage i UV zraka ne raspada. Vlasi slame pronađene su u egipatskim piramidama.

Najstarija sačuvana kuća od bala slame sagrađena je 1903.¹⁴ Nepostojanje još starijih građevina jednostavno se objašnjava činjenicom da je koncept tvrdog baliranja slame otkriven tek krajem 19. stoljeća.

Zdravi prostori

Kuće od bala slame dišu i ugodne su za život. Materijali iz prirode najbolje reguliraju primanje i otpuštanje vlage te ublažavaju nagle temperaturne promjene. Slama smanjuje elektromagnetski smog. Zbog dugih vlasi slame koja je prešana u svim smjerovima dobivamo veliku ukupnu površinu slamki koje amortiziraju ovaj oblik zagađenja.

Pri samoj gradnji prašina i sitne čestice slame mogu iritirati osobe alergične na prašinu. Korištenjem zaštitne opreme kao što su rukavice, maske, naočale, ovaj se problem može izbjeći. Nakon ugradnje i žbukanja slama postaje inertna te nestaje mogućnost razvijanja alergijskih reakcija na materijal.

Akustika i zvučna izolacija

Još jedno svojstvo bale slame koje predstavlja prednost u gradnji je vrlo dobra zvučna izolacija. Prema istraživanjima zidovi s dvostrukom oplatom (vanjskom i unutrašnjom žbukom) pokazuju bolje vrijednosti zvučne izolacije nego betonski i cigleni zidovi.

Razlog tomu je što žbuka ima značajnu masu, koja je osnova zvučne izolacije, a bale slame su elastične što im omogućuje upijanje zvučnih vibracija. A i blago zakrivljeni zidovi bez oštih bridova drugačije će utjecati na akustiku prostora nego u prostorijama s tvrdim površinama te ravnim i oštrim kutovima. Većina ljudi koji žive u kućama od bala slame kažu da im se zvukovi u interijeru čine glasniji. To je zato jer su zvukovi u interijeru bolje izolirani od vanjskog pozadinskog šuma koji nam inače smanjuje glasnoću zvuka u kući.

¹⁴ Burk House, Nebraska, USA

PRIMJERI KUĆA OD BALA SLAME

Primjeri iz svijeta



Slika 29.

1,5 ETAŽNA OBITELJSKA KUĆA

Lokacija: Wendland-östl. Niedersachsen, Njemačka

Tehnika gradnje: Drvena konstrukcija ispunjena balama slame s glinenom i vapnenom žbukom i drvenom oplatom

Stambena površina: 170m²

Arhitekt: Dirk Scharmer

Godina izgradnje: 2003 - 2004

<http://www.architekt-scharmer.de/einfamilienhaus.html>





Slika 30.

VIŠEKATNA STAMBENA ZGRADA NA 5 ETAŽA

Lokacija: Amsterdam IJburg, Nizozemska

Tehnika gradnje: drvena konstrukcija ispunjena baliranom slamom i prefabriciranim elementima punjenim slamom

Stambena površina: 280 m²

Arhitektonski ured: Fillié Verhoeven Architecten

Godina izgradnje: 2008-2009

http://www.strobouw.nl/Projecten/Binnenland/Amsterdam_-_IJburg_2/

<http://www.tuvalustrobouw.nl/home.html>



STROHPOLIS - PRVA VIŠEKATNA ZGRADA OD BALA SLAME NA TRI ETAŽE U EUROPI (World habitat award finalist - 2007)

Lokacija: Ekoselo Sieben Linden, Poppau, Altmark, Njemačka

Tehnika gradnje: Drvena konstrukcija ispunjena balama slame, ožbukana glinenom i vapnenom žbukom

Stambena površina: 530 m²

Arhitekt: Dirk Scharmer

Godina izgradnje: 2004- 2005

<http://www.wand4.de/strohpolis.html>



Slika 32.

OBITELJSKA KUĆA OD BALA SLAME

Lokacija: Yacanto, Córdoba, Argentina

Tehnika gradnje: Drvena konstrukcija ispunjena balama slame, ožbukana glinenom i vapnenom žbukom

Stambena površina: 257 m²

Dizajner/izvođač: Timothy Cullen

Godina izgradnje: 2005

<http://naturalbuild.wordpress.com/2010/08/05/el-trebol-del-monte-yacanto-cordoba-argentina/>



Slika 33.

HOBITSKA KUĆICA

Lokacija: Wales, UK.

Tehnika gradnje: Drvena konstrukcija ispunjena balama slame, ožbukana glinenom i vapnenom žbukom

Površina: 50 m²

Dizajner/izvođač: Simon Dale

<http://www.simondale.net>

JUGENDHAUS - CENTAR ZA MLADE



Slike 34, 35.

Lokacija: Zajedničko dobro Wulfsdorf, Ahrensburg, Njemačka

Tehnika gradnje: Drvena konstrukcija, ispunjena balama slame, glinena i vapnena žbuka

Površina: 50 m²

Arhitekt: Arch. Dirk Scharmer

Godina izgradnje: 2008/2009

<http://fasba.de/content/view/222/283/>

DVORANA SREDNJE ŠKOLE BRENDERUP FOLK



Slika 36.

Lokacija: Brederup, Danska

Tehnika gradnje: Drvena konstrukcija, ispunjena balama slame, glinena i vapnena žbuka

Površina: 126 m²

Dizajn i izvedba: Steen Moeller, sudionici radionice

Godina izgradnje: 2007

http://www.brederuphøjskole.dk/filer/korte_kurser_filer/kurser/halmhusbilleder6.htm

Primjeri iz Hrvatske

OBITELJSKA KUĆA, OKOLICA ROVINJA

Ova jednostavna prizemnica inspirirana je starim mediteranskim Cabanama. Temelj se sastoji od 25 drvenih stupova od kojih je većina ukopana do matične stijene, a dio ih je usidren na masivni lokalni kamen. Drveni stupovi su nivelirani i na njih je postavljena drvena rešetka koja služi kao nosač poda s obzirom na to da je kuća odignuta od tla. Drvena konstrukcija nosi krovšte i izolirana je balama slame. Kuća je ožbukana u dva sloja lokalnom zemljom crvenicom s visokim udjelom gline, sjeckanom slamom i pijeskom. Zadnji sloj je gusti vapneni premaz.

Krovšte je također izolirano slamom, a krov na dvije vode je prekriven mediteran crijepom. Kuća je dovršena 2009.godine i dom je tročlane obitelji.



Slike 37, 38, 39.

Dizajn: Obitelj Cerovac

Izvedba: Obitelj Cerovac i hrpa dobre ekipe

Površina: 31 m²

Sistem gradnje: Drvena konstrukcija ispunjena balama slame

Cijena: oko 5.000,00€

OBITELJSKA KUĆA, EKO SELO TRKULJE, BLATUŠA

Dizajn i izvedba: Siniša Pocrnić i Goran Brumnić-Mex

Površina: 110 m²

Sistem gradnje: Drvena konstrukcija, izolacija bale slame (prizemlje), sendvič sistem - drvo/ovčja vuna/drvo (kat i potkrovlje)



Slike 40, 41, 42.

Kuća je izgrađena kao sojenica i odmaknuta je 60 cm od tla. Točkasti temelj je od drvenih kestenovih stupova po vanjskom obodu i zidanih stupova po pregradnim linijama.

Svi vertikalni drveni elementi izvedeni su od kestenovih trupaca (masivna oblica), a horizontalni od hrastove piljene građe.

Zidovi od bala slame izvedeni su slaganjem bala “na kant” u drvenu rešetku i ožbukani u tri sloja. Dva sloja glinene žbuke (grubi i fini) i jedan sloj rijetke vapnene žbuke.

Zidovi na katu/potkrovlju, izvedeni su kao sendvič paneli od dva krajnja sloja jelove daske (2,5cm) i ispunom od ovčje vune, tretirane 5 % otopinom natrijevog tetraborata, debljine 18cm.

Fasada kata/potkrovlja izvedena je daskama duglazije debljine 1,5cm.

Krovšte je klasično na dvije vode od jelove građe, pokriveno crijepom.

OBITELJSKA KUĆA MZ, POLJANICA BISTRANSKA



Slike 43, 44, 45.

Arhitekt: Marina Zajec, dipl.ing.arh.

Namjena građevine: stambena

Vrsta gradnje/zidnog sistema: Panelirana drvena konstrukcija ispunjena balama slame

Godina dovršenja kuće: 2011.

Površina životnog prostora: stambeni prostor 140 m² + pomoćni podrumski prostor 116 m²

Potrošnja energije za grijanje: 7m³ drva godišnje

Cijena izgradnje: Rohbau+fasada=200€/m²



Dvostrešno ventilirano krovništvo asimetričnog nagiba i drvena fasada od bagremovih dasaka posebnosti su ovog moderno dizajniranog doma. Na AB temeljnoj ploči i konstrukciji podruma podignuta je drvena konstrukcija od jele i smreke u koju je ugrađena izolacija od slame. Presjek zida od unutrašnje stjenke do fasade je sljedeći: iveral ploče, drvena potkonstrukcija, drvena konstrukcija, bale slame, drvene daske, paropropusna folija, letve, kontra letve (zračni prostor), bagremove daske.

MALA KUĆA VOJNIĆ, DOBRODOL - ZAGREB



Slike 46,47, 48.

Arhitekt: Kristijan Vojnić, dip.ing.arh.

Namjena građevine: Nužno obiteljsko sklonište od nepovoljnih vremenskih uvjeta

Izvođač radova: Kristijan Vojnić i prijatelji (uz povremeni angažman profesionalnih graditeljskih firmi)

Vrsta gradnje/zidnog sistema: Skeletna drvena konstrukcija s kanatnim drvenim dijelovima za prihvat bala slame.

Godina dovršenja kuće: Useljeno 2011. u poludovršenu kuću. Dovošavanje još uvijek u tijeku.

Površina: 54 m² - životnog prostora + 40 m² spremište i tehničke prostorije

Cijena izgradnje: Oko 30.000€. U ukupnoj cijeni izgradnje su i troškovi komunalnog i vodnog doprinosa, elektro-priključak, vodni priključak, spremnik bio-filtrirane vode od 40m³, uređenje okoliša, unutarnje uređenje, oprema i uređaji. Kuća je postavljena na AB betonske temeljne grede na koje su ugrađeni kestenovi trupci kao etaža suterena. Prizemlje i potkrovlje izgrađeni su jelovom drvenom građom. Dvostrešni krov pokriven je glinenim crijepom. Bale slame su ugrađene „na kant“ u predviđene drvene okvire.

Glinena žbuka je s terena izvađena pri iskopu. Za mikroarmaturu žbuke korištena je sjeckana slama, a završni premaz je hidrofobnim vapnom.

UMJETNIČKI ATELJE, GRADIŠĆE, SAMOBOR

Arhitekt: Mila Baće Kozarčanin

Dizajn: Tomislav Kozarčanin

Izvođači radova: Matko Šišak, Tomislav Kozarčanin i volonteri

Namjena građevine: Životni prostor i atelje

Vrsta gradnje/zidnog sistema:

Drvena konstrukcija sa zemljano-slamnatim zidovima (engl. light straw clay)

Površina životnog prostora: 51 m²

Građevina je postavljena na točkastim temeljima od AB stupova na koje je postavljena masivna drvena rešetka koja povezuje stupove temelja. Konstrukcija i krovšte su od jelovih greda. Zidna ispuna je izvedena tradicionalnom njemačkom tehnikom ugradnje slame i zemlje u oplatu.

Čitava kuća je zaštićena vertikalno ugrađenim hrastovim daskama s preklopom. U istočni zabat su horizontalno ugrađene staklenke od 0,5l za dodatnu insolaciju.

Krovište je prekriveno glinenim crijepom.



Slike 49,50, 51, 52.

THE THEATRE IN THE WOOD, CIRKUSKA DVORANA, OKOLICA ROVINJA

Slike 53,54.



Namjena građevine: Cirkuska dvorana

Dizajn i izvedba: Nicola Barabba i volonteri

Ukupna površina: 150m²

Cijena izgradnja: oko 25.000€.

Građevina je zbog konfiguracije terena i blizine matične stijene postavljena na plutajuće kamene temelje. Za gradnju konstrukcije, kosnika, krovšta i stolariju korištena je reciklirana hrastova građa stara preko 100 godina. Zbog zahtjeva statike i visine zidova (preko 6m) slama je nakon ugradnje učvršćena metalnom



mrežom s obje strane. Žbuka se sastoji od pet slojeva, a osnovni je materijal istarska crvenica koja se pokazala odličnom za gradnju. Krovni pokrov je ekstenzivni mediteranski zeleni krov.

Za gradnju ove građevine nije korišten cement, a sva potrebna električna energija tokom gradnje dobivena je od sunca pomoću fotonaponskih panela.



Slike 55,56.

OBITELJSKA KUĆA, RECIKLIRANO IMANJE, VUKOMERIĆ

Dizajn i izvedba: ZMAG

Vrsta gradnje/zidnog sistema: Klasična građevina od betona i opeke obložena balama slame radi izolacije.

Godina dovršenja kuće: 2013.

Površina životnog prostora: 108 m²

Kuća je prvotno građena potpuno konvencionalno i bila je korištena kao vikendica. Promjenom vlasnika je renovirana i proširena prirodnim materijalima. Veliki trijemovi štite slamnati oblog po svim vanjskim plohama građevine. Ekstenzivni zeleni krov je prekriven sukulentima.

Slama je u ovom slučaju postavljena na zidove od cigle isključivo u izolacijske svrhe. Ukupna debljina zidova je 70 cm (20 cm cigla + 50 cm slama i žbuka). Sjeverni dio fasade je podložniji nanosima vjetra



Slike 57,58,59, 60.

i oborina te je razlomljen po dužini tradicionalnim krovom, a gornji dio fasade je obložen hrastovom daskom s tradicionalnim ukrasnim motivima.

Čitava kuća je ožbukana glinenom žbukom u dva sloja i vapnenim premazom u zadnjem sloju. Kuća ima iznimna izolacijska svojstva i odlično balansira temperaturne razlike. Potpuno je energetska neovisna i koristi samo obnovljive izvore energije. Električnu energiju dobiva od fotonaponskih panela i vjetrenjače. Grijanje i potrošnu toplu vodu omogućuje masivna zidana finska peć na drva i toplinski solarni kolektori. Kuća ima svoj bunar. Ovo je jedan od prvih projekata eko renovacije slamom u izolacijske svrhe u Hrvatskoj.





VODIČ ZA GRADNJU BALAMA SLAME U 7 KORAKA

Primjeri, tehnike i rješenja navedeni u ovom vodiču za gradnju se temelje na našim iskustvima u gradnji kuća s drvenom konstrukcijom i balama slame kao ispunom.

Strojevi i alati

Za gradnju kuće od bala slame su nam potrebni uobičajeni građevinski alati, strojevi i oprema.

Za gradnju drvene konstrukcije potreban nam je tesarski i stolarski alat; motorna pila, cirkular, ručne pile razne, dljeta, batovi, skidač kore, razni čekići, bušilica i svrdla, metar, vodene vage.

Za gradnju zidova od bala slame trebamo imati nož ili skalpel, razne drvene i metalne čekiće, motornu pilu za rezanje utora i oblikovanje bala, trimer sa plastičnom niti, električne ili ručne škare za živicu za završno oblikovanje zidova pred žbukanje, metalne igle za prekranje bala, zatezače, vreće za sakupljanje slame, plastično uže, sprej za označavanje.

Alati, strojevi i oprema za žbukanje i završnu obradu zidova su: posude za namakanje i miješanje gline, mješalica za beton, tačke, zidarske kante, bušilica s mikser nastavkom za razbijanje gruda gline, zidarske žlice, četke, valjci, gleteri, spužve, lopate, stroj za strojno žbukanje.

Za završno uređenje i obradu zidova potrebni su nam soboslikarski alati; četke, valjci i posude za boju.

Građevinska skela kao pomagalo u gradnji je gotovo neophodna ako se gradi kuća na dvije ili više etaža. Danas se mogu iznajmiti skele po relativno povoljnoj cijeni, a sigurnost i dostupnost svim dijelovima kuće omogućit će bržu i sigurniju gradnju.

1. korak - PRIPREMNI RADOVI

Ideja

Viziju svoje idealne kuće nosi svatko u sebi. Inspiraciju za razne oblike i kreativna rješenja lako možete naći u prirodi, svojoj mašti, knjigama ili na internetu. No za prvu odluku potrebno je skupiti različita mišljenja i poslušati ljude od iskustva, ali i treba znati preuzeti odgovornost za gradnju svoga doma. Dobro razmislite o svojim stvarnim potrebama i mogućnostima kako ne biste postali robovi prevelikih, nikad dovršenih i preskupih kuća. Isto tako budite realni oko svog životnog stila i očekivanja od svog novog doma.

Koliko vremena provedemo planirajući i razrađujući svoj projekt toliko će nam biti jasnija, preciznija i jeftinija izvedba.

Dizajn i dokumentacija

Čitanje krajolika s ciljem uklapanja objekta s okolišem je pretpostavka svakog uspješno izvedenog projekta. Time se postiže jedinstvo zgrade i vrta.

Smisao dizajniranja je da razumijemo što se dešava oko nas i da se tim uvjetima prilagodimo; moramo znati odakle pušu vjetrovi, kamo idu slivne vode, organizirati prilazne putove, kako orijentirati građevinu s obzirom na mogućnosti i datosti na terenu, na koji dio fasade će padati kiše nošene vjetrom, kolika nam je potrebna dužina strehe..itd.

Oblik, dimenzije i svojstva konstrukcije najviše određuju izgled kuće. Odluke oko dizajna građevine donose investitor i projektant, a utječu i lokalni propisi o gradnji, koje treba uzeti u obzir.

Bez nacrtu možete testirati određenu građevinsku tehniku i graditi jednostavne, male projekte, ali za gradnju većeg projekta nacrtu trebamo posvetiti potrebnu pažnju.

Svaka građevina treba imati određenu dokumentaciju. Projektant nas najčešće savjetuje oko ishođenja svih potrebnih dokumenata za dobivanje *Rješenja o uvjetima građenja* i popratnih dozvola.

Zemljani radovi

U fazi zemljanih radova, pri iskopu temelja, treba voditi računa o iskopanom materijalu: gornji sloj humusa pohraniti u krugu gradilišta i sačuvati za zeleni krov, središnji miješani sloj koristiti za uređenje okućnice, a sloj gline odvojiti i koristiti za kasnije žbukanje zidova. Na taj način nema deponiranja i odvoza zemlje.

Pripremni radovi i raspored gradnje

Iz naših iskustava se pokazalo da se grubi radovi na kući od bala slame u samogradnji mogu izvesti u periodu od travnja do studenog.

Važno je na vrijeme naručiti ili pripremiti drvenu građu, bale slame i glinu.

Temelji se mogu početi graditi u bilo koje doba godine i pri gradnji temelja treba predvidjeti prihvate za drvene konstrukcijske elemente.

Drvena konstrukcija zidova i krovništa se može dizati već od kasne zime. Važno je da se drvo što manje izlaže oborinama i da se u što kraćem vremenu građevina dovede pod hidroizoliran krov. Kad imamo završeno krovnište možemo postaviti i završni krovni pokrov i



Slika 61.

na taj način osigurati suho gradilište u kojem se mogu nastaviti raditi konstrukcijske kutije za prozore i vrata.

Da bismo izbjegli dugo skladištenje bala i rizik vlaženja, najbolje se pokazalo da poslove dizanja zidova od bala slame planiramo početkom srpnja nakon žetve i za suhog ljetnog vremena. Tada su bale slame i najjeftinije.

Sa žbukanjem ne treba čekati jesen i vlažne, hladne dane kako se ne bi predugo sušila i izazvala plijesan zida.

Ako u zimu uđemo s ožbukanom i pokrivenom kućom, ostaje nam čitav zimski period za unutarnje radove i završavanje gradnje.



Slika 62. Transport slame

Nadzor i upravljanje procesom gradnje

Budući da je gradnja balama slame relativno nepoznata tehnika, osoba s iskustvom je presudna za uspjeh projekta. Nepoznanica je puno, ali većina ljudi može ovladati tehnikom gradnje balama slame. Kao i kod svakog usvajanja znanja potrebna je predanost i posvećenost da bi se steklo iskustvo.

Uspješno gradilište mora imati voditelja gradilišta, osobu koja vješto kordinira i preuzima odgovornost. Gradi se korak po korak te je potrebno imati jasne sve korake na putu do realizacije. Voditelj gradilišta je odgovoran za dobru organizaciju gradilišta, kontrolu sigurnosti i zaštite na radu, učinkovito obavljanje poslova, osiguranje

kvalitete izvedbe u skladu s projektom, promatranje vremenskih uvjeta i dinamiziranje procesa gradnje.

Osigurajte dodatni nadzor gradilišta i neka to bude nepristrana stručna osoba - nadzorni inženjer, što je i zakonska obveza kod gradnje.

2. Korak - TEMELJI

Temelji nose građevinu i tip temelja se odabire s obzirom na nosive mogućnosti zemljišta na kojem se gradi. Odabir vrste i načina temeljenja vrlo je važan dio u koncipiranju građevine koji ovisi o nizu parametara i nužno je konzultiranje sa statičarem. Greške koje posljedično nastaju zbog lošeg temeljenja vrlo su teško popravljive. Podatke o vrsti i kvaliteti zemljišta možete dobiti u lokalnom uredu za graditeljstvo, a gotovo sve potrebne informacije o kvaliteti tla na kojem gradite možete saznati promatrajući lokalne građevine i iz razgovora s lokalnom graditeljima. Neki prostorni planovi određuju obvezu izrade geomehaničkog elaborata. Preporučena dubina temelja je 80 cm.

Tereni gdje prevladava kamen, plitke matične ploče i žive stijene su stabilna tla i često mogu poslužiti kao dio vaših temelja.

S druge strane imamo i teška glinena tla koja stalno „rade“ tj. podložna su dinamici skupljanja i širenja s obzirom na izmjenu učestalih oborina i sušnih razdoblja. Na ovakvim terenima je potrebno posvetiti više pažnje gradnji temelja.

Još jedna prednost kuća od bala slame je što je ukupna težina građevine daleko manja od klasične betonske gradnje, pa posljedično i temelji mogu biti manje zahtjevni i jeftiniji pri izvedbi. Temelji za kuće od bala slame trebaju biti odignuti od razine tla najmanje 30 cm kako bi se spriječilo zapljuskivanje i vlaženje.

Povijesni oblici temelja u tradicijskoj arhitekturi često nam mogu dati dobre smjernice za gradnju održivih temelja.

Temelji se mogu graditi od kamena, drveta, cigle, automobilskih guma punjenih zemljom i betona. Svi navedeni materijali se mogu koristiti i reciklirani.

Kako bismo spriječili gubitak topline, kondenzaciju i kapilarno dizanje vlage u konstrukciju i slamu, temelje je potrebno izolirati od vlage, a po potrebi i toplinski.

VRSTE TEMELJA

Drveni temelji

Zabijanjem drvenih pilona učvršćujemo zemljište i takvi su temelji dobro rješenje za močvarna područja i područja s visokom razinom podzemnih voda.

Drvene „babice“ predstavljaju primitivni oblik temelja i koristili su se diljem kontinentalne Hrvatske.



Slika 63. Drveni temelj

Zidani temelji (Kamen ili cigla)

Gradnja temelja kamenom ili ciglom je tradicionalni način gradnje na prostoru čitave Hrvatske.



Slike 64, 65. Kameni temelji

Betonski temelji

Gradnja betonom danas je najraširenija i sam beton ima određene prednosti. Stabilnost, dugotrajnost i jednostavna tehnologija ugradnje glavne su prednosti betona. S druge strane beton je materijal sa značajnim ekološkim otiskom, jer se pri proizvodnji u atmosferu ispušta značajna količina stakleničkih plinova. Za armiranje betona nam treba željezo koji je još jedan materijal s velikim ekološkim otiskom. Korištenje betona u održivom graditeljstvu valja racionalizirati.

Trakasti temelji

Trakasti temelj se gradi samo pod nosećim zidovima građevine. Može se graditi kamenom ili lomljenim betonom, završni sloj iznad razine tla se betonira.



Slika 66. Trakasti temelj

Točkasti temelj

Točkasti temelj podrazumijeva da temelje gradimo samo ispod nosećih stupova. Ovim temeljima smanjujemo troškove gradnje temelja, ali je potrebno dodatno izolirati podnu plohu.



Slika 66. Točkasti temelj

Temelj od auto guma punjenih zemljom

Automobilске гуме могу бити квалитетан грађевински материјал. Гумама можемо градити на начин да их пунимо набјеном земљом. У том случају гуме су само оплата за земљане темеље. Добро набјена аутомобилска гума може садржавати и до 200 кг земље, те јој маса и повезаност с другим гумама осигурава стабилност. Гуме слажемо на преклоп.



Slike 68, 69. Temelji od automobilskih guma

Temelj od vreća punjenih zemljom

Техника „Earth bag“ (вреће са земљом) је изузетно јефтин начин градње погодан за објекте на тврдим теренима. Дизајн таквих кућа је прилагоден материјалу, а превладавају природни, органски облици. Темелји од врећа земље морају бити заштићени кровном стрехом и ђбуком како би се спрјечило испирање и утјецај UV зрачења.

Slike 70, 71. Temelji od vreća zemlje



Drenaža

Да бисмо своју грађевину заштитили од надирања воде, подлијевања и поспјешили отјецанје потребно је око читавог темеља ископати канал за одводњу оборинских вода. На дно канала се полаже дренажна цијева која одводи воду даље од грађевине, а канал се засипава крупним каменом који пропушта воду.

3. Korak - DRVENA KONSTRUKCIJA



Slike 72, 73. Detalji konstrukcije

Дрво је обновљиви материјал, добрих статичких својстава. Често је локално доступан. Лako се обрађује и уграђује.

Предности дрвене конструкције су могућност грађенја заhtјевних облика и виšekатних грађевина, те лакше уграђивање прозора и врата. Када изведемо дрвену конструкцију и кровиште, можемо поставити и кровни покров, те на тај начин имамо идеалне увјете за рад са сламом на суhom.

Топлински most је мање подручје у омотачу гријаног дијела зграде кроз које је топлински ток повећан ради промјене материјала, дебљине или геометрије грађевног дијела.

Дрво као материјал по саставу је слично слами (целулоза). Правилно изведена конструкција мора избјећи кондензацију влаге и топлинске mostове, а с конструкцијским материјалима попут бетона, метала

ili kamena to je teže postići jer bolje vode toplinu pa je potrebno dodatno izolirati te materijale, što poskupljuje gradnju i stvara veći ekološki otisak projekta.

Poželjno je da drvo kojim gradimo bude prosušeno radi lakše manipulacije, ali nije uvjet. Drvena građa može biti sirova za sve konstrukcijske elemente osim za dijelove koji su u doticaju sa stolarijom, prozorima i vratima.

Spoj temelja, konstrukcije i slame

Temelj treba biti izoliran i mora imati hidroizolacijski sloj koji sprječava da kapilarna vlaga prodre u bale slame. Bale ne smiju biti u direktnom dodiru s hidroizolacijom, već trebaju biti odignute na drvenoj rešetci. Prostor u rešetci između bale i hidroizolacije treba izolirati. Obično se stavlja pijesak ili ekspanzirana glina, no, ako ne želimo stvoriti toplinski most, učinkovitije je koristiti bolji izolator poput celuloze ili vermikulita.

Širina konstrukcije za prihvat bala slame ovisit će o dimenziji bale, a potrebno je dimenzionirati tako da buduća završna ravnina zida od bala bude tlocrtno barem 5 cm šira od temelja-okapnica, radi slijevanja vode niz zid. Slična drvena konstrukcija može se prethodno napraviti i na pola visine zida, tj. na završetku etaže. Ona će dodatno učvrstiti strukturu zida.



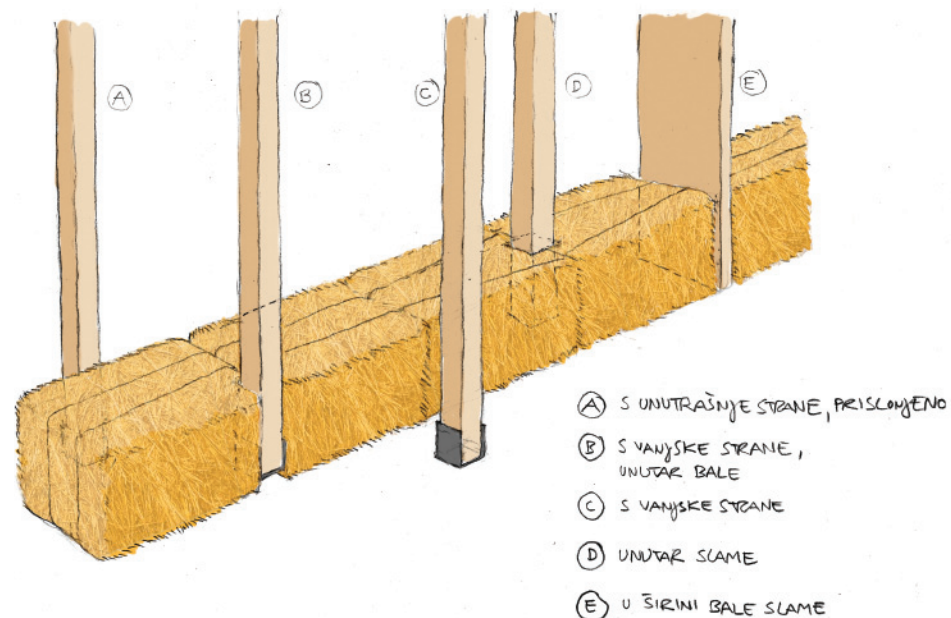
Slika 74.
Spoj temelja,
konstrukcije
i bala slame.

Noseći stupovi i krovišta

Izrada drvene konstrukcije, podova, etaža i krovišta spada u tesarski zanat i izvodi se prema nacrtu. Pri gradnji svake konstrukcije potrebno je imati stručna znanja i koristiti odgovarajuće tehnike spajanja i učvršćivanja elemenata jer o svojstvima konstrukcije ovisi čitava građevina. Pri projektiranju svake ozbiljne konstrukcije ne može se zaobići statičar i nužno je savjetovanje projektanta. Ipak, ključne su osobe s praktičnim konstruktorskim znanjem i iskustvom.

Okomite noseće grede i kosnici mogu biti na bilo kojoj poziciji u zidu od slame. Hoće li konstrukcija biti u sredini, na vanjskoj ili unutarnjoj strani zida od slame mora se odrediti nacrtom jer definira čitav niz detalja u interijeru i eksterijeru.

Slika 75. Mogući položaji drvene konstrukcije u zidu od bala slame





Slike 76,77,78. Drvena konstrukcija

Slika 79. Konstrukcija krovišta

Zaštita drvene građe

Sva drvena konstrukcijska građa teoretski može biti napadnuta od nametnika - kornjaša i crvotočine. No ako promatramo krovišta građevina starih i preko 100 godina, u kojima se živi, vidjet ćemo funkcionalno drvo. Najveći neprijatelj drveta su vlaga i UV zrake. Ako je drvena konstrukcija građena zdravim drvetom, dobro ugrađena i ožbukana, zaštita nije neophodna.

Ako želimo zaštititi drvenu konstrukciju, preporučamo otopinu boraksa ili modre galice kao zaštitno sredstvo.¹⁵ Ekološko rješenje je i zaštita lanenim uljem ili terpentinom.

¹⁵ Boraks - natrijev tetraborat, sol borne kiseline

4. Korak - KROVNI POKROV

Nepotrebno je istaknuti važnost krova i krovne konstrukcije. Krov sprječava prodore vode u konstrukciju ili unutrašnjost. Voda je vrlo prodoran i destruktivan element koji uzrokuje ubrzano propadanje materijala, pukotine uslijed smrzavanja, ispiranje dijelova konstrukcije ili smanjenje toplinske izolativnosti materijala. Vodena para također predstavlja veliki izazov graditeljima - (više u poglavlju 5. Fizikalna svojstva kuća od bala slame)

Krov kod kuća od bala slame nije znatno različit po karakteristikama od krova na ciglenoj ili montažnoj kući. Uglavnom se rade kosi krovovi radi lakše odvodnje vode i sakupljanja kišnice za potrebe u kućanstvu. Postoji nekoliko osnovnih tipova krovova, jednoslivni, dvoslivni, višeslivni i ravni, a arhitektonska sloboda dopušta najrazličitije oblike koji su uvjetovani klimatskim prilikama, kulturom, vrstom pokrovnog materijala i estetskim mjerilima. Drveno krovište tipično za naše podneblje sastoji se od različitih elemenata povezanih u čvrstu strukturu na koju se postavlja krovni pokrov.

Slika 80. Drveno krovište u izgradnji



Krovni pokrov također može biti od različitih materijala. Najčešći krovovi kod nas su s glinenim crijepovima raznih oblika, aluminijski lim, šindra i sl. Međutim, prirodni materijali i tehnike koje se konceptualno uklapaju u kuće od bala slame su zeleni krovovi, slamnati krov i drvena šindra.

Zeleni krovovi



Slika 81. Leuven, Belgija



Slika 82. Newfoundland, Kanada



Slike 83,84. Vukomerić, Hrvatska

„Prema novoj arhitekturi“ : zelenu površinu koju smo ‘izgubili’ gradnjom kuće treba nadoknaditi na krovu.¹⁶

¹⁶ „Towards a New Architecture“, zbirka eseja arhitekta Le Corbusier-a.

Tipovi zelenog krova:

SMEDI KROV (brown roof) je krov na kojem su postavljeni svi slojevi krovnog vrta, bez bilja. Plodni supstrat je baza u koju će se slučajnim odabirom (vjetra, ptica) zasijati bilje iz neposredne okoline.

MEDITERANSKI KROV (dry roof) je krov na kojem su postavljeni svi slojevi krovnog vrta sa završnim slojem kamena i šljunka, bez bilja. Plodni supstrat je baza u koju će se slučajnim odabirom (vjetra, ptica) zasijati bilje iz neposredne okoline.

EKSTENZIVNI KROVNI VRT je krovni vrt ozelenjen biljem koje dobro podnosi ekstremne uvjete na krovu bez posebnog održavanja. Debljina supstrata ovisno o bilju i drenažno-akumulacijskom sloju iznosi 4-12 cm.

Predviđena je sadnja sukulenata, mahovina i livadnog bilja.

JEDNOSTAVNI INTENZIVNI KROVNI VRT je krovni vrt zasađen trajnicama, livadnim i začinskim biljem, te niskim pokrivačima tla koji uspijevaju u plodnom supstratu debljine 12-20 cm. Zahtjevi za održavanjem, zalijevanjem i prihranjivanjem su umjereni.

INTENZIVNI KROVNI VRT je projektirani krovni vrt koji u debljini supstrata od ≥ 20 cm omogućava sadnju raznolikog bilja. Travnjaci, trajnice i ljetnice, grmlje i drveće u pravilu zahtjevaju redovito održavanje, prihranu i navodnjavanje. Intenzivni krovni vrt namijenjen je korištenju u svrhu rekreacije, odmora i rekreacije, uzgoja povrća i sl.

Prednosti zelenih krovova: pročišćavanje zraka od smoga, apsorpcija prašine, štetnih plinova (1 m² krovnog vrta profiltrira godišnje i do 20 dkg prašine i otpadnih tvari), povećana zaštita od zračne buke, zelenilo na krovu apsorbira i znatno smanjuje elektromagnetski smog, klimatske vrijednosti prostora ispod ozelenjenog krova izjednačene su prostorijama u prizemlju objekta, pozitivna bilanca ukupne toplinske zaštite krovne konstrukcije, mogućnost uzgoja hrane.

Zeleni krovovi omogućuju: zadržavanje oborinskih voda + sporiji dotok oborinskih voda u kanalizaciju = rasterećenje odvoda (do 50 %).

Kod postavljanja bilo koje vrste krova, pa tako i zelenog, potrebno je iskustvo i vještina, jer se radi o zahtjevnom dijelu građevine.

Skupljanje kišnice i građevinska limarija

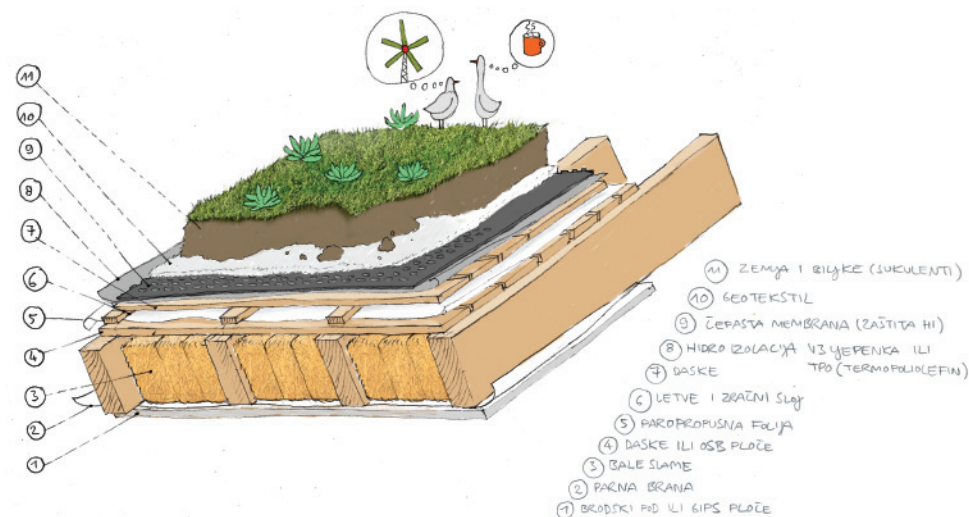
U građevinsku limariju spadaju oluci, kuke, kotlići za prihvatanje vode, cijevi i čeonim limovi.

Ovi elementi omogućuju skupljanje kišnice. Vodu s krova je poželjno skupljati i upotrijebiti u kućanstvu jer predstavlja besplatan i obnovljiv resurs. Kišnica se koristi kao tehnička voda u kupatonicama i wc-u, a pročišćena se u mnogim dijelovima Hrvatske još uvijek može koristiti i za piće.

Ovisno o vrsti krova građevinska limarija se ugrađuje po pravilima struke kao i na sve druge građevine.

Toplinska izolacija krova nužna je kako bi cijela ovojnica kuće tj. zgrade imala toplinsku zaštitu. Prema Tehničkom propisu najmanja debljina toplinske izolacije krova je 10-16 cm. Konvencionalni materijali koji se najčešće koriste u Hrvatskoj su kamena ili staklena vuna, te rjeđe ekspanzirani polistiren, međutim sve češće su u upotrebi prirodni materijali biljnog ili životinjskog porijekla ili reciklirani materijali. Njihovim korištenjem smanjuje se negativni utjecaj na okoliš zbog znatno ekoloških proizvodnih procesa i manjeg utroška energije u proizvodnji. Kao i kod slame, lokalno dobavljeni materijali su ekološki povoljniji od uvoznih materijala. Ovčja vuna kao sirovina u Hrvatskoj vrlo često predstavlja ekološki problem kao otpad što znači da se njenim korištenjem kao izolacijskog materijala to može izbjeći. Ugrađivanje vune zahtijeva posebnu pripremu: čišćenje, namakanje u insekticidu (otopina boraksa) i sušenje što je prilično zahtjevan posao. Tvornički pripremljena vuna kao izolacija znatno bi pojednostavnila ugradnju, ali još nije dostupna u Hrvatskoj. Trenutno se kao vrlo praktično rješenje može pronaći celuloza u obliku pahuljica (Isofloc, Trendisol) koja se upuhuje u prostor u krovu predviđen za izolaciju.

Krov se također može izolirati balama slame.



Slika 85. Presjek izolacije balama slame i zelenog krova

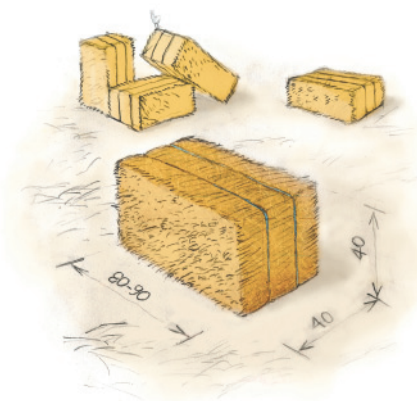
5. Korak - ZIDOVI OD BALAMA SLAME

Tehnika gradnje balama slame koju ćemo ovdje opisati je ugradnja bala u drvenu konstrukciju ili tzv. „Post and beam (stupovi i grede)“, ili „non load bearing“ (neopterećeni zidovi) tehnika.

Nužno je nabaviti kvalitetnu, odgovarajuću slamu za gradnju. Slama mora biti tvrdo balirana i suha. Za gradnju je najpogodnija slama pira, raži i pšenice, dok je slama ječma i zobi manje stabilna i time slabije kvalitete. Roto balama se ne može graditi.

Prema našem iskustvu, ako se kupuje svježa slama, najbolje je s dobavljačem - poljoprivrednikom stupiti u kontakt par tjedana prije žetve i dogovoriti sve tehničke detalje. Moguće je nabaviti i uskladištenu slamu, ali tada se morate prilagoditi zadanim dimenzijama i stanju bala.

Tri su stvari važne prilikom



Slika 86. Bala slame

odabira bala slame:

• Suhoća

Vlaga u bali ovisit će o tome kakva je bila vlažnost zraka prilikom baliranja, je li slama balirana suha (<15 % relativne vlage) i gdje je skladištena od vremena baliranja do ugradnje. Vlaga se može provjeriti vlagomjerom, međutim to nije čest instrument pa je najbolje biti prisutan prilikom baliranja i pratiti vremensku prognozu. Najbolje je ako se slama nakon žetve u srpnju suši na polju još barem 3-4 dana na visokim temperaturama i bez padalina. Nakon toga baliranje se treba obaviti u najtoplije doba dana, oko podneva ili ranijeg poslijepodneva, nikako rano ujutro kad je moguće prisutna rosa. To znaju iskusni poljoprivrednici.

• Čvrstoća bale

Kod većine strojeva za baliranje može se podešavati komprimiranost bala, te bi ona trebala biti što veća jer će bale biti čvršće i time lakše za ugradnju. Zidovi će također biti krući, čvršći i ravniji što omogućuje bolje prijanjanje žbuke i kompaktniji zid. Čvrsto komprimirana bala neće se raspasti ako se baci ili ako se sjedne na nju, a može se isprobati i težina pomoću vage. Idealna gustoća je oko 100 kg/m³, što znači da tipična bala dimenzija 90 x 35 x 50 cm (0,1575 m³) mora težiti oko 15-16kg. Ako je bala slame tih dimenzija puno teža, moguće je da je slama vlažna.

• Dimenzije bala

Prilikom nabave bala treba provjeriti koje su njene dimenzije, što uglavnom ovisi o vrsti stroja za baliranje. Kao i komprimiranost, dimenzije bala slame se mogu podešavati, tj. njena najduža mjera. Standardna dužina bale slame je oko 90 cm pa će se prema tome prilikom ugradnje bale morati skraćivati na krajevima zida, kod stupova ili otvora za vrata i prozore. Ukoliko se drvena nosiva konstrukcija projektira u odnosu na dimenziju bale, bitno je unaprijed dogovoriti točne dimenzije bala. Cilj je ugraditi što veći broj bala bez nepotrebnih prekrajanja. Korisno je na licu mjesta prilikom baliranja napraviti jedan dio manjih bala, recimo 70 i 60 cm što će smanjiti potrebu za skraćivanjem kasnije i ubrzati ugradnju. Isto tako važno ih je sortirati prilikom transporta i skladištenja, jer ne želite provesti gradnju u kopanju po hrpi bala s metrom i tražiti baš „onu od 65 cm“.

Količina tj. broj bala slame se određuje na osnovu projekta tj. nacрта kuće, jednostavnim izračunom prema bočnoj površini bale (cca 90 x 35 cm). Površina vanjskih zidova kuće bez otvora tj. ona koja će biti ožbukana podijeli se s bočnom površinom bale. Tom broju treba dodati još min. 15-20 % bala radi skraćivanja i krojenja.

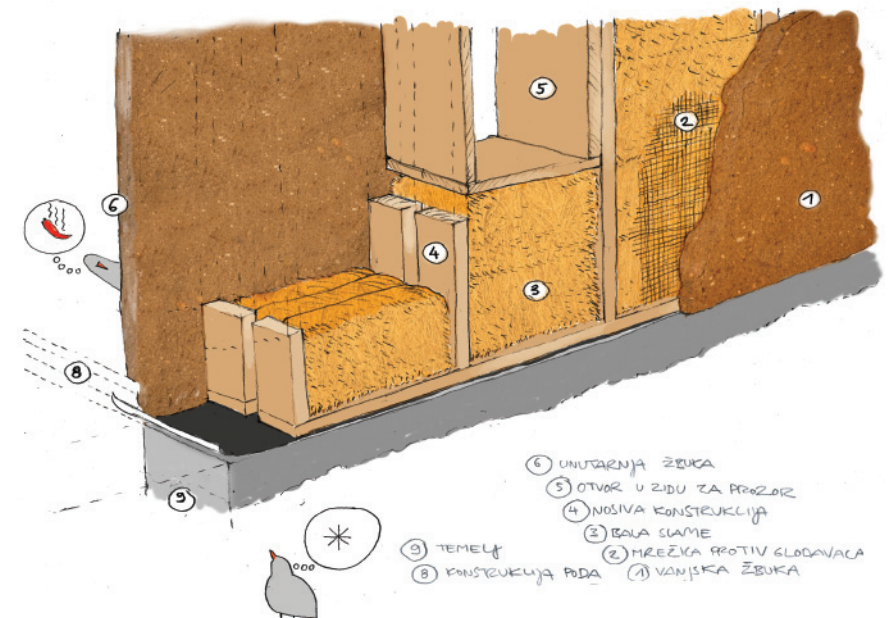
Kako se slažu bale?

Vodoravno - tako da je slama tj. stabljike okomite na ravninu zida, jedna do druge na širu plohu, a vezice ostaju u zidu. Ovim načinom dobivamo veću i stabilniju površinu za prihvat sljedeće bale. Ovaj način omogućit će bolju difuziju vodene pare u zidu jer su šuplje slamke postavljene u smjeru prolaska vodene pare.



Slika 87. Gradnja zida od bala slame

Okomito (na kant) - tako da je slama paralelna s ravninom zida. Moguće je graditi i s balama postavljenim na kant. Time dobivamo tanje i ravnije zidove. U presjeku zida, zbog položaja stabljika



Slika 88. Presjek zida od bala slame

slame, imamo ista izolacijska svojstva kao i kod vodoravnog slaganja. Tako postavljene bale je potrebno dodatno učvrsti pri gradnji dok se ne ožbukaju.

U fazi prije postavljanja bala može se postaviti gusto pletena metalna mrežica (0.2 - 0.5 mm) do visine cca 50cm. Postavljanje metalne mrežice po cijelom zidu je u nekim zemljama (npr. SAD) obavezno, a ona dodatno sprječava miševе i ostale glodavce da uđu u zid, te služi kao armatura za prvi sloj žbuke. Ovakva metoda poskupljuje gradnju i energiju materijala ugrađenu u kuću.



Slika 89. Mrežica protiv glodavaca

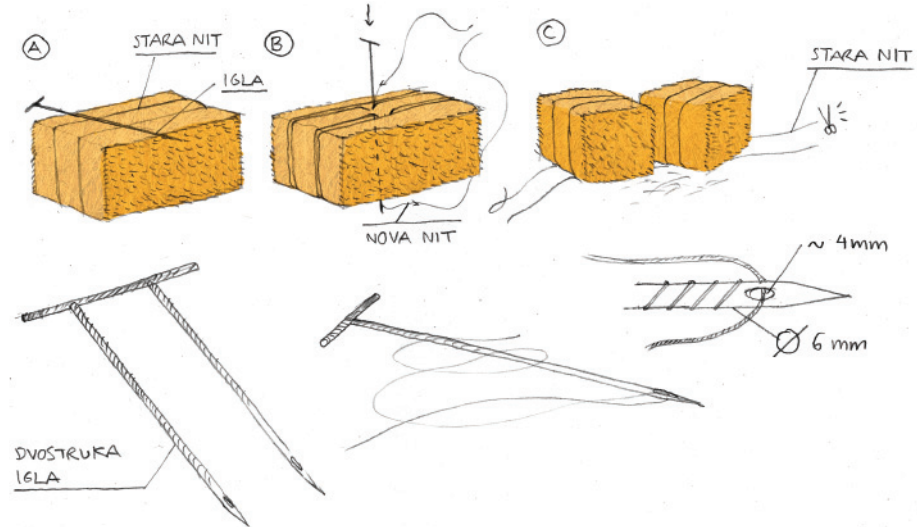
Postavljanje zidova od bala slame

Bale se postavljaju od kutova objekta u krug, na način da svaki sljedeći red počinje na pola bale prethodnog reda, tj. na preklap. Prvi redovi bala mogu se također ojačati kolcima koji se postavljaju u drvenu konstrukciju tako da probijaju prva dva reda, a time ojačavaju donji dio zida. Ukoliko se zid učvršćuje stezanjem zatezačima-gurtnama, kolci nisu nužni.



Slika 90. Postavljanje bala slame

Prilikom ugradnje bala kod stupova, kosnika ili vjenčanica (okomite grede koje povezuju stupove na visini etaža i podnožja krova) bale je potrebno krojiti. Krojenje bala motornom pilom na malom broju okretaja je učinkovito, ali zahtjevno, pa je najbolje prepustiti to nekom tko ima iskustva u radu s pilom. Prije krojenja bala se obilježi, najbolje sprejem u boji, i zatim izreže.



Slika 91. Krojenje bala slame

Skraćivanje bala također je nužno jer će se bale morati prilagođavati konstrukcijskim elementima kuće - stupovima, kosnicima, otvorima prozora i vrata. Skraćivanje se radi tako da se bale prevežu tj. ručno se zašiju novim komadima plastičnog užeta, a nakon toga se postojeće staro uže prereže, nikako obrnuto, jer je gotovo nemoguće ručno komprimirati jednom raspadnutu balu. Uža se provlači kroz bale sa zašiljenim metalnim šipkama (promjera oko 5-10mm) koje imaju ušicu ili utor za uža. Ovakav alat - šivaća igla, može se jednostavno napraviti od metalne šipke ili armaturnog željeza.

Slika 92. Prešanje slame



Nakon postavljanja bale se moraju dodatno učvrstiti, a tehnika koja je izuzetno praktična je stezanje zatezačima. Zatezači su relativno jeftini i dostupni i nije potrebno posebno znanje, dovoljno je nešto iskustva i osjećaj. Trake širine 5 cm postavljaju se ispod prvog reda na drveno postolje, na jednakom razmaku između dva stupa (2-3 m). Nakon što se ugrade tri reda bala slame (cca 100 cm visine) na bale se cijelom dužinom između stupova postavlja drvena daska - fosna (15-30cm široka x 5cm debela), a preko fosni se postavljaju stezne trake. Zatezači se stavljaju svaki na jednu stranu zida tako da pritisak bude ravnomjeran. Zatezanje se radi istovremeno tako da dvije osobe zatežu zatezače do gotovo maksimalne čvrstoće, tj. koliko dozvoljava nosivost strezne trake. Vodenom vagom-libelom se fosna provjerava te mora biti postavljena horizontalno - u vagu. Nakon zatezanja fosna se pričvršćuje s obje strane u stupove, čavlima ili šarafima, i dodatnim komadima letve. Stezne trake se mogu tada otpustiti, ali treba ostaviti trake ispod zida za sljedeća tri reda.



Slika 93. Zatezanje steznim trakama

Kutevi su zahtjevni i strukturno bitni dijelovi konstrukcije pa ih je korisno ojačati okomito postavljenim drvenim letvama - štaflama (8x5cm) pričvršćenim za drvenu konstrukciju (50 cm od kuta na obje strane od poda do vrha zida).



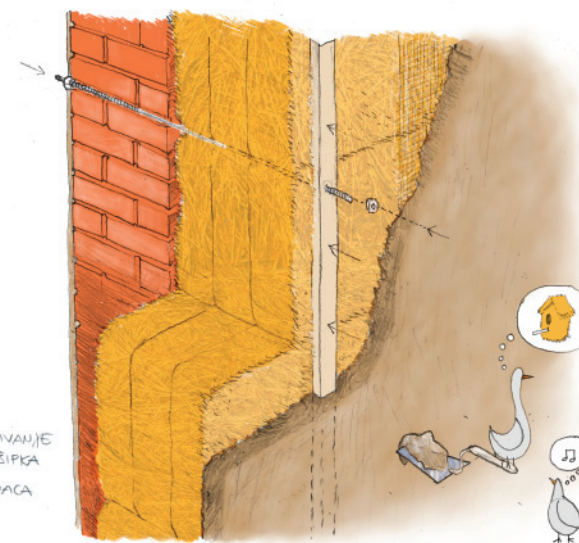
Slika 94. Ojačanja okomitim drvenim letvama - na kutevima i kod otvora

Nakon postavljanja bala sve šupljine i udubine je potrebno napuniti slamom, najbolje je postavljati slamu tako da su vrhovi stabljika postavljeni okomito na ravninu zida, kao što su postavljene stabljike unutar bala. Tako će žbuka bolje prijanjati na sami zid. Popunjeni zid potrebno je izravnati, što se radi improviziranim batom - komadom teže drvene grede dužine 20-30 cm na dršci. Bale se mogu djelomično pomicati u smjeru unutra - van, pa ih se može dosta dobro poravnati barem po jednoj strani. Dodatno ravnanje radi se motornom pilom, električnim škarama za živicu ili kosilicom-trimerom pri čemu treba postići što okomitiji zid radi statičke čvrstoće i što ravniji zid u odnosu na temelje i drvenu konstrukciju, dok su manje obline i površinske neravnine stvar ukusa. Ravna daska s vagom ili građevinsko uže mogu poslužiti za provjeru ravnina.



Slike 95, 96. Ravnanje zida od slame električnim škarama za živicu i trimerom

Slika 97. Primjer ekorenovacije slamom postojeće građevine (vidi primjer na str.47)



- ① ŽBUKA
- ② ZID OD OPEKE
- ③ BALA SLAME
- ④ KONSTRUKCIJA ZA OZVEŠĆIVANJE DASKA, ANKER, UJČANA ŽILKA
- ⑤ MREŽICA PROTIV GLOBAVACA
- ⑥ ŽBUKA 3 SLOJ

Prozori i vrata

Dimenzije otvora za vrata i prozore treba isplanirati unaprijed tako da se uklapaju u drvenu konstrukciju. Preporučamo da se visina prozora poklapa s redovima bala slame. To dosta olakšava gradnju jer se u tom slučaju ne moraju krojiti bale po visini. Jedan od načina ugradnje otvora je imati prethodno napravljene okvire - kutije za prozore i vrata, koji se ugrađuju u procesu postavljanja bala. Kutije za prozore i vrata se mogu raditi na širinu bale, što pojednostavljuje ugradnju. Moguće je napraviti i uže kutije, samo je važno da su postavljene na način da stabilno prihvaćaju bale nad nadvojem. Umjesto kutijama prozori i vrata se mogu ugraditi u potkonstrukciju od drvenih letvi - štafli. I prozorske kutije i potkonstrukcija od štafli moraju biti vezani za drvenu konstrukciju barem u dvije točke ili se mogu pomoću drvenih kolaca ili metalnih šipki učvrstiti i za zid sa sve četiri strane. Prije daljnjeg ubacivanja bala i sabijanja zida svakako ih treba provjeriti prema okomitoj i vodoravnoj ravnini i udaljenosti od ruba zida. Prozori se postavljaju što bliže vanjskoj ravnini zida radi smanjenja toplinskih mostova i mogućnosti da oborinske vode prodru kroz okvire u bale. Sa vanjske strane prozora i vrata potrebno je ugraditi vodonepropusnu okapnicu.



Slika 98. Pripremljene kutije prozora i vrata



Slika 99. prozorska potkonstrukcija od letvi

Ugradnja instalacija

• Električna energija

Električne instalacije se izvode prema pravilima struke, a mogu se izvesti nadžbukno i podžbukno. Jedan od načina je postavljati ih nakon ugradnje bala slame, prije žbukanja prve ruke, uz drvene stupove. Utori za instalacije se urezuju motornom pilom ili ručnim alatom ili se bužiri postavljaju uz rubove drvenih stupova. Zbog zapaljivosti slame svakako je potrebno stavljati vodove u samogasive bužire, a naknadno žbukanje i zatvaranje slame treba spriječiti bilo kakve eventualne probleme sa iskrenjem i kratkim spojevima. Zbog specifičnosti materijala, potrebno je napraviti nosače za razvodne kutije u zidovima. Drveni klinovi zabijeni u slamu će dobro poslužiti, a kutije se mogu pričvršćivati i direktno na drvene stupove. Nakon žbukanja kutije trebaju biti čvrste i kompletno zatvorene žbukom tako da nema direktnog otvora slame prema van.



Slika 100. Električne instalacije

• Grijanje

Instalacije za grijanje i ventilaciju (cijevi, dimnjaci, odzračnici) slobodno se polažu u i kroz zidove od bala slame, ali se moraju izolirati mineralnim izolatorom. Najčešće je to vatrootporna kamena vuna. Nosači radijatora montiraju se na predviđene konstrukcijske elemente, najčešće drvo koje se nalazi pod žbukom.

• Voda i odvod

Vodovodne i odvodne cijevi treba dodatno izolirati (izolacijska crijeva) u zidu od bala slame kako bi se spriječila kondenzacija, a time i vlaženje zida. Neophodno da je instalacija izvedena kvalitetno i po pravilima struke.

6. Korak - ŽBUKANJE ZIDOVA

Uloga žbuke

Neožbukani cigleni zidovi često se mogu vidjeti u našim krajevima, međutim kuća od bala slame se ne može kvalitetno zaštititi i dovršiti bez žbuke. Doduše, postoje metode gradnje kuća od bala slame s ventiliranim fasadama i suhim sistemima gradnje, gdje se žbuka ne koristi, ali naša iskustva preporučaju barem jedan sloj žbuke. Žbuka je sastavni dio zida koji sprječava prodor vode i nametnika, gorenje, zaustavlja strujanje zraka kroz zidne površine, omogućuje difuziju vodene pare („disanje kuće“) i pojačava statičku čvrstoću zida tj. ugrađenih bala slame. Žbuka ima presudan utjecaj jer doprinosi ukupnoj termalnoj masi građevine koja je neophodna za pohranjivanje i prijenos topline. Prosječna težina 5 cm debele žbuke iznosi oko 25 kg/m², što znači da žbuka u građevini od 50 m² unutarnjih zidnih ploha ima preko 1. tone mase.



Slika 101. Kuća od bala slame prije žbukanja

Vrste žbuke

Postoje različite vrste materijala koji se koriste za žbukanje slamnatih zidova: glina, vapno, cement, gips i njihove kombinacije. Cementne žbuke se ne preporučaju za zidove od bala slame u našoj klimi, iako ih pojedini graditelji koriste. Najveća mana im je visok faktor otpora difuziji vodene pare koji sprječava prolazak vlage iznutra prema van, pri čemu se povećava mogućnost kondenzacije i truljenja slame. One su i krhkije od zemljane žbuke. U tablici je usporedba materijala prema svojstvu propuštanja vodene pare.

Vrsta žbuke	Zemljana, visoki udio gline (28%)	Vapnena	Vapnena s dodatkom kazeina	Vapneno-cementna
Faktor otpora difuziji vodene pare (μ)	8	11	13	25

Tablica 3: Faktori otpora difuziji vodene pare kod nekoliko različitih žbuka

Što je glinena žbuka?

Kontinentalna Hrvatska bogata je glinastom ilovačom - tlom koje sadrži veliki udio gline pa je to pogodan materijal koji koristimo u žbukanju. Vrlo često jedini trošak za glinu je iskop zemlje neposredno pored gradilišta i njena priprema. Kvaliteta tla se razlikuje od lokacije do lokacije pa je potrebno napraviti nekoliko testova. Ilovača koja sadrži 25 do 30 % gline, a ostalo pijesak i mulj, bez primjesa organskih materijala je dobra za žbukanje. Zemlju treba iskopati ispod površinskog sloja humusa (5-15cm) koji ima veliki udio organske tvari. Tamno siva ili crna boja znači da je veliki udio organske tvari. Takva zemlja se treba izbjegavati jer se organska tvar može s vremenom raspadati i slabiti žbuku. Svijetla boja zemlje znači mali udio organske tvari. Crvena i žuta glina znači da je prisutan mineral npr. željezo što nije problem. Idealna zemlja treba biti pjeskovita na dodir kad je vlažna i mekana, plastična i svilenkasta kad se gnječi među prstima. Nikako ne smije biti masna. To znači da ima organskih tvari.



Slika 102. Namočena glina
(smjesa vode i ilovače)

Test sa uzorcima:

Uzmite nekoliko različitih uzoraka zemlje veličine šake za koje pretpostavljate da su dobar materijal za žbukanje. Uzorke navlažite, ali ne previše, i gnječite ih i oblikujte. Ako se mogu bez raspadanja oblikovati, blizu su odgovarajućoj smjesi. Ako se raspadaju, ili su presuhe ili imaju previše pijeska. Napravite od uzorka lopticu promjera 3 cm i pokušajte ju oblikovati u traku širine 5mm. Ako uspijete napraviti traku od 3-4 cm dužine koja ne puca, zemlja je odgovarajuća.

Priprema i nanošenje žbuke

Žbuka se najčešće nanosi u tri sloja- tzv. tri ruke. Vanjski završni sloj mora biti vodootporan, dok unutarnji ne moraju jer nisu izravno izloženi kiši i snijegu. Žbuka u interijeru prema slojevima je ista kao i vanjska, a završni slojevi mogu biti različiti i ovisiti će o namjeni prostorija (kupaonica, kuhinja, soba, itd). Radove treba planirati u najtoplijim ljetnim mjesecima prije svega zbog bržeg sušenja žbuke (svaki sloj se suši oko 7 dana), time i bržeg zatvaranja zida prije kiša i hladnoća. Ako se žbuka nanosi u jesen ili zimu može se dogoditi da žbuka ostane dugo vlažna na dijelu zida i smrzne se, nakon toga popuca i otpadne, a isto tako slama koja dugo stoji u vlažnoj žbuci može trunuti i uzrokovati truljenje ostale slame. Žbuka se nanosi na zid u sljedećim slojevima:

Prva „ruka“- gruba glinena žbuka (s predslojem/podžbukom)

Ova žbuka se sastoji od razmočene i dobro promiješane zemlje (ilovače) koju smo prethodno testirali, zatim pijeska, vode i slame.



Slika 103. Bazen za namakanje zemlje

Slama koja se dodaje u žbuku povećava čvrstoću žbuke, jer slamke imaju ulogu prirodne armature unutar sloja žbuke. Osim slame može se koristiti i kravlja balega, pljeva, konoplja i lan. Pijesak mora imati najsitnija zrna veličine 0,1 mm (tzv. sipina) pa do zrna veličine 4 mm. On služi kao agregat, ispuna, kao i u drugim žbukama. Priprema gline (ovdje taj naziv označava smjesu vode i ilovače) je ključna jer je potrebno dobiti homogenu, ujednačenu smjesu bez velikih tvrdih gruda nerazmočene zemlje. Najbolje je zemlju prethodno namočiti u velikom (cca 3x5m) bazenu koji se lako napravi od bala slame i vodonepropusne folije (cerada i sl.)

Glinu je potrebno namakati nekoliko dana i povremeno miješati, kako bismo usitnili krupnije čestice i dobili smjesu nalik pudingu. Jedna mogućnost je gaženje gline. Može biti zabavno i opuštajuće. Odrasli, a posebno djeca, često se vesele ovom dijelu gradnje. Mjere zaštite na radu su vrlo važne pa treba upozoriti na pokoji oštri kamenčić i sklizak teren. Nakon gaženja glina će postati mekša, ali još uvijek će biti krupnijih komada, pa je najbolje imati pripremljene plastične posude (veličine oko 90 l.) u kojima se smjesa dodatno miješa mikserom - tj. bušilicom s nastavkom za miješanje žbuke. Smjesa je spremna kada nastane tekuće blato - gustoće jogurta. Ovakva glina se koristi i kao predsloj (špric) koji poboljšava prijanjanje žbuke, te se može odmah nanositi ručno na zid, razmazivanjem po cijeloj površini zida.



Slika 104. Miješanje gline u posudama

Žbuka se priprema, tj. miješa u običnoj građevinskoj miješalici u omjeru 1 (pripremljena glina) : 3-5 (pijesak, 0.1-4mm). Ovaj omjer nije čvrsto zadan i potrebno je dosta iskustva i nekoliko proba da se dobije ona prava smjesa. Naravno, omjer će ovisiti i o udjelu čiste gline u ilovači tj. zemlji koja se koristi. Prilikom miješanja se postepeno dodaje voda te slama (volumenom količina ista kao i glina) sve do gustoće koja je najbolja za nanošenje za zid. Žbuka mora biti dovoljno gusta da se jednom rukom može lako zgrabiti, a dovoljno tekuća da se može nanijeti i raširiti po zidu. Omjer gline i pijeska te gustoća žbuke su dvije ključne stvari kod pripremanja žbuke, pa je njih najbolje isprobavati prije žbukanja. Previše gline će uzrokovati pucanje žbuke pri sušenju, a premalo gline slabo prijanjanje. Nanošenje na zid najjednostavnije se radi ručno. Postoji i mogućnost strojnog žbukanja, koji olakšava i ubrzava proces, ali ga i poskupljuje jer kod nas ti strojevi još nisu dostupni. Žbuka se nanosi tako da se ručno utiskuje u prethodno obrađen i premazan zid, u sloju debljine od 1-3 cm. Ovisno o neravninama zida, debljina sloja će se mijenjati, ali ne smije biti prevelikih razlika u debljini zbog težine žbuke koja mora biti što ravnomjernije raspoređena po površini zida. Na primjer, predebeli komad žbuke, kada se osuši, može povući slabo učvršćenu

žbuku, otpasti sa zida i oštetiti strukturu zida. Ravnina zida ovisi o želji graditelja tj. budućeg stanara, pa se ovom tehnikom može dobiti potpuno ravna ujednačena površina i najrazličitiji organski oblici zida. Međutim, glinena žbuka zbog svoje plastičnosti nudi kreativni pristup oblikovanju zidova, kutova, prozorskih okvira itd., pa takve kuće često izgledaju kao unikatne kiparske umjetnine organskih oblika.



Slika 105. (gore) Nanošenje glinenog predloja/podžbuke

Slika 106. (desno) Žbukanje prve „ruke“

Slika 107. (dolje) Pogled u slamu, tzv. prozor istine





Slika 108. Žbukanje druge „ruke“

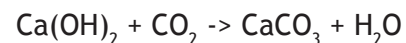
Druga „ruka“ - fina glinena žbuka

Drugi sloj nanosi se na osušeni prvi sloj, koji se neposredno prije žbukanja navlaži sa vodom, najbolje ručnom prskalicom ili debelom četkom. Sastav je isti, osim što se dodaje manje usitnjene slame. Drugi sloj može biti manje glinast, s više pijeska, tako da se može stavljati i omjer gline i pijeska 1: 6, ali opet ovisi o vrsti zemlje kao i kod prve „ruke“. Ovaj sloj se može nanijeti ručno, ali se obavezno zaglađuje ravnalicom - gleterom, tako da se dobije glatka površina. Moguće je da će tu i tamo „izroniti“ koja vlat slame koju treba izvaditi dok je žbuka mokra, jer može kasnije ostaviti rupu i ulaz za vodu. Tehnika žbukanja je ista kao i kod ručnog žbukanja s drugim materijalima (cementno - vapnenim žbukama). Nakon par sati površina se može lagano prebrisati mokrom spužvom kojom će se skinuti višak pijeska i zagladiti površina.

Treća „ruka“ - vapnena žbuka

Vapnena žbuka je tradicionalni građevinski materijal kojim se postiže visoka vodonepropusnost i čvrstoća vanjskog završnog sloja. Koristi se gašeno ili hidratizirano vapno, tj. kalcijev hidroksid Ca(OH)_2 , koje se potopi najmanje 1 dan prije u posudu s vodom. Vapno se na ovaj način može i skladištiti jer voda sprječava kontakt s ugljikovim dioksidom iz zraka. Tako se može čuvati neograničeno dugo, ali ga je potrebno čuvati od smrzavanja.

Gašeno vapno i njegova vodena otopina apsorbiraju CO_2 iz zraka pri čemu nastaje vapnenac (CaCO_3). Na ovoj kemijskoj reakciji se zasniva i korištenje gašenog vapna u građevinarstvu:

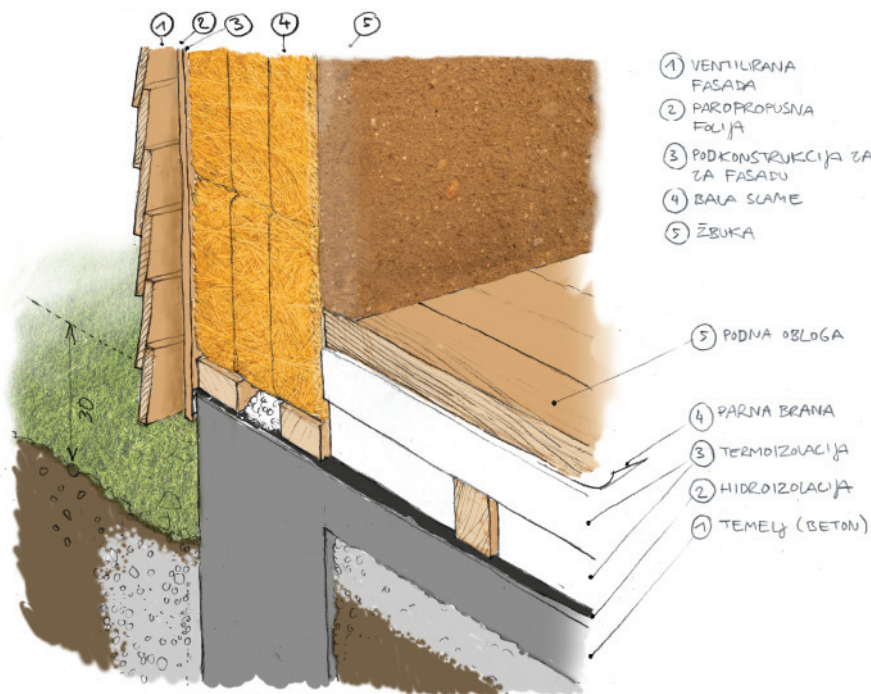


Ova žbuka se sastoji od vapna i pijeska (najsitniji pijesak, 0,1mm) u omjeru 1 vapno : 3 pijesak. Smjesa se uz dodavanje vode miješa ručnom bušilicom s mikser nastavkom ili miješalicom za beton do željene gustoće. Gustoća ovisi o načinu nanošenja na zid. Za ručno nanošenje ravnalicom/gleterom potrebna je gušća smjesa, a za



Slika109. Žbukanje treće „ruke“ vapnom

nanošenje četkama ili valjcima može biti i rjeđa tj. gusta tekućina kao smjesa za palačinke. Prije nanošenja zid se vlaži tzv. vapnenom vodom. To je tekuća suspenzija (otopina) vapna, a dobiva se tako da se pomiješa vapno i voda u omjeru 1:8, te se ostavi da odstoji 24 sata. Nakon toga vapno će se slegnuti na dno posude, a bistra tekućina je vapnena voda. Bez miješanja se sakuplja s površine i prska po zidu. Vapnena voda omogućuje da ovaj sloj dobro prijanja za prethodni. Nakon žbukanja zid se opet prska vapnenom vodom tako da se pojača vanjski sloj i popune preostale šupljine. Reakcija s CO₂ iz zraka je spora i traje nekoliko mjeseci, a nakon potpune reakcije vapna s CO₂ sloj će postići maksimalnu čvrstoću sa svojstvima prirodne stijene - vapnenca. Iako je jedan sloj dovoljan, višestrukim nanošenjem vapnenih slojeva može se dobiti vrlo vodonepropusna i otporna površina. Prednost vapnene žbuke, za razliku od glinene, je znatno veća vodootpornost, ali nešto veći otpor difuziji vodene pare, što znači smanjena sposobnost „disanja“ objekta.



Slika 110. Presjek zida od bala slame s drvenom ventiliranom fasadom radi zaštite od zapluskivanja na sj. strani kuće

Otopina vapna je lužnata i može iritirati kožu i sluznicu pa se preporuča koristiti gumene rukavice i zaštitne naočale.

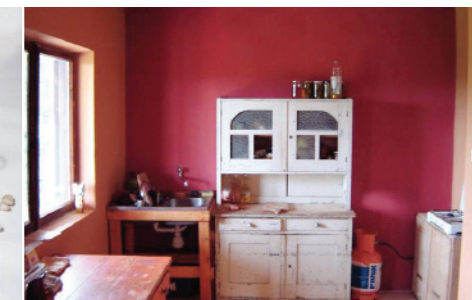
Završna obrada zida prirodnim bojama

U prostorijama poput kupaonice i kuhinje, gdje vlaga zraka često prelazi 70%, preporučuje se zemljanu žbuku dodatno pojačati i premazati voskom ili lanenim uljem kako bi se stvorio zaštitni sloj.

Pijesak koji se stavlja u trećem sloju može poslužiti i kao pigment ako je prirodno obojan (žuto, crveno, svijetlo smeđe) pa onda nije potrebno dodatno bojati zid. Ako se nanose još i završni premazi određene boje opet je važno da budu vodonepropusni i paropropusni. Boje na bazi lateksa, sintetike ili ulja (emulzija) nisu pogodne jer ne dopuštaju difuziju vodene pare. Prirodne boje puno bolje dišu pa se koriste boje na bazi vapna (kreč), vapna i kazeina (mliječni protein, nalazi se u kravljem siru) ili boraksa i kazeina.



Slika 111. Prirodni pigmenti



Slika 112. Boje na bazi gline

Prirodni pigmenti kojima se postižu različite boje zida su organskog porijekla (biljnog i životinjskog) i anorganskog (glina, minerali od raznobojnih stijena ili oksidi željeza). Koriste se miješanjem sa štirkom (škrobno ljepilo), a nanose četkom ili valjkom.

Veziva koja služe kao punila isto mogu biti potpuno prirodnog porijekla i većinu ih možete sami pripremiti: ulja i smole, kazein, jaja, celuloza, životinjska ljepila.

Ugradnja visećih elemenata i namještaja u zid od bala slame

Na žbuku unutrašnjeg zida od bala slame mogu se čavličima ili tiplama i šarafima vješati lakši predmeti i slike. Svi ostali elementi poput napa i visećih elemenata u kuhinji, radijatora, kupaonskog namještaja, police i dr., učvršćuje se u nacrtom predviđene potkonstrukcije ili samu konstrukciju kuće. Također je dobra praksa umetanje nosivih površina pod žbuku.

7. Korak - ODRŽIVA DODATNA OPREMA

Energija sunčevog zračenja

Energija sunčevog zračenja u većini primjena se koristi na dva načina - za proizvodnju električne energije kao fotonaponski sustav te za zagrijavanje potrošne tople vode i podrška grijanju kao sunčani toplinski sustav.

Fotonaponski sustavi tradicionalno se koriste za opskrbu električnom energijom objekata udaljenih od elektroenergetske mreže - tzv. autonomni sustavi te zahtijevaju dodatne spremnike energije - akumulatore. Ovisno o instaliranoj snazi tj. broju fotonaponskih ćelija mogu zadovoljavati dobar dio potreba za električnom energijom npr. rasvjetu, elektroničke uređaje, pumpe za vodu, alate, punjače i sl. Ukoliko se koriste za veće potrošače kao podršku potrebno je imati neki od dodatnih izvora energije, poput malih vjetroagregata, dizelskih agregata i sl. U novije vrijeme sve više je „ mrežnih sustava“ koji proizvedenu električnu energiju izravno predaju u elektrodistribucijski sustav uz poticajnu cijenu otkupa takve energije koju jamči država („ feed-in tarifa“). U Hrvatskoj je također moguće ostvariti pravo na poticajne cijene otkupa električne energije iz fotonaponskih postrojenja i drugih oblika obnovljivih izvora energije, ali postoje i ograničenja u vidu godišnjih kvota.

Sunčani toplinski sustavi u najvećoj mjeri koriste se za grijanje potrošne tople vode, a u nešto manjoj mjeri i kao podrška grijanju gdje je to tehnološki i ekonomski opravdano, kao npr. u niskotemperaturnom grijanju. Osnovi dio koji sunčani toplinski sustav razlikuje od toplinskih sustava na druge energente jest sunčani kolektor, uređaj u kojemu se dozračenom energijom zagrijava radni medij. Radni medij cirkulira

sustavom te u spremniku tople vode zagrijava sanitarnu vodu. Spremnici tople vode služe za pohranu tople vode uz niske gubitke pa se zagrijana voda može koristiti tijekom cijelog dana. Ovakvi sustavi u pravilu imaju i dodatni energent za zagrijavanje (ogrjevno drvo, plin ili el. energija) koji se koriste u nepovoljnim razdobljima. U obiteljskim kućama se najčešće koristi relativno mali sustav koji se sastoji od sunčanih kolektora površine cca 4 m² i spremnika tople vode volumena 300 l. Takav sustav, npr. u Dalmaciji, može zadovoljiti do 90% energetske potreba za zagrijavanjem potrošne tople vode u kućanstvu od četiri člana, a u kontinentalnoj Hrvatskoj oko 60%.

Energija vjetra

Korištenje energije vjetra poznato je od početaka ljudske civilizacije, a danas se sve više koristi za proizvodnju električne energije. Osim velikih vjetroagregata kakvi se mogu vidjeti i u Hrvatskoj, postoje i male vjetrenjače snage do 10 kW. Ovakve vjetrenjače mogu se koristiti na lokacijama s dovoljno vjetra gledano u godišnjem prosjeku, a u kombinaciji sa fotonaponskim ćelijama mogu zadovoljiti sve potrebe za električnom energijom u manjem energetske učinkovitom kućanstvu. Zbog jednostavnosti (glavni dijelovi su lopatice i generator) mogu se izraditi i u samogradnji.

Energija biomase

Korištenje drva je obnovljivi način grijanja ako održivo gospodarimo šumama. Tradicionalni način sječe šuma je često održiv jer se oslanja na veliki godišnji prirast biomase. No pažnju treba usmjeriti i na kvalitetu i tip peći jer energetske učinkovitim pećima možemo značajno smanjiti količinu drva koju godišnje trošimo.

Različiti tipovi masivnih zidanih peći (finske peći, „rocket stove“) su dizajnirani tako da imaju iskoristivost kalorične vrijednosti drveta i do 95 %. Za usporedbu, najčešće korišteni metalni štednjaci iskoriste oko 40 % kalorične vrijednosti drveta, dok ostatak energije u dimnim plinovima doslovno bježi kroz dimnjak.



Slika113. Masivna zidana finska peć

Grijanje kompostom

Još sedamdesetih godina prošlog stoljeća francuski inovator Jean Paine je eksperimentirao s grijanjem stambenih objekata i staklenika za uzgoj povrća toplinom komposta. Naime, proces aerobnog kompostiranja proizvodi značajnu količinu topline koja se može iskoristiti za pripremu potrošne tople vode, a ako je količina materijala koji se kompostira dovoljno velika, čak i za zagrijavanje prostora. Kompostna hrpa za grijanje se mora sastojati uglavnom od materijala bogatog celulozom tako da je za tu svrhu idealna drvena sječka koja može nastati sjeckanjem otpadnog drveta. Manju proporciju sačinjava neki materijal bogat dušikom, a idealnim se pokazao konjski gnoj. Za potrebe grijanja se slažu velike kompostne hrpe volumena 20 do 30 m³. Jean Paine je ustanovio da je najbolji i najpraktičniji oblik za kompostnu hrpu cilindar. Kroz materijal koji se kompostira prolazi crna polietilenska cijev kroz koju teče voda i pritom se zagrijava. Bitno je da je kontaktna površina između cijevi i kompostirajuće mase što veća kako bi došlo do efikasnog prijenosa topline. Zbog toga se cijev obično ugrađuje prilikom slaganja kompostišta u obliku dvostruke spirale. Voda koja prolazi kroz kompostnu hrpu se zagrije i



Slika114. Grijanje kompostom

do 50 stupnjeva i zatim se pomoću jednostavne pumpe za centralno grijanje odvodi u radijatore ili podno grijanje.

U smislu konverzije biomase u toplinu, proces kompostiranja je izuzetno efikasan pa se procjenjuje da se efikasnost procesa penje i do 95% iskoristivosti, što je usporedivo sa najefikasnijim pećima i kotlovima za grijanje biomasom. Ne treba zanemariti niti veliku količinu visoko vrijednog humusa koji nastaje kao nusprodukt ovog procesa. A materijal za kompostiranje - drvena sječka najčešće ne dolazi od odraslih stabala, već se može proizvesti prilikom krčenja šikare, od otpadnog drveta ili iz uzgoja mekih listača s kratkom ophodnjom što je puno efikasnija i manje invazivna metoda proizvodnje biomase za grijanje od sječe šuma.

Bioplin

Bioplin je plinovito gorivo koje nastaje anaerobnom razgradnjom zelenog otpada, gnojiva, mulja i komunalnog otpada. Anaerobnom fermentacijom dobivamo metan i ugljikov dioksid. U kućanstvima ga je moguće koristiti za kuhanje, grijanje, grijanje potrošne tople vode i proizvodnju električne energije te postoje proizvodne jedinice prilagođene za proizvodnju bioplina za kućanstvo.



Ovaj izvor energije je pogodan za korištenje u ruralnim sredinama i na farmama gdje biomase ima u izobilju.

Slika115. Jednostavna proizvodnja bioplina

Skupljanje kišnice

Građevinska limarija hvata kišnicu i odvodi je do spremnika. Vodu s krova je poželjno skupljati i upotrijebiti u našem sustavu jer je vrijedan, besplatan resurs. Filtrirana kišnica se koristi kao tehnička voda u kupaonici, kuhinji, wc-u i za zaljevanje biljaka, a pročišćena se u mnogim dijelovima Hrvatske još uvijek može i koristiti za piće.

Kompostni WC-i

U našoj su kulturi fekalije veliki tabu. To je naravno sasvim razumljivo s obzirom na potencijalnu opasnost od nekvalitetnog tretiranja fekalija i pripadajućih otpadnih voda koje sadrže tekuće i krute sastojke (tzv. crne vode).

Sveprisutni WC-i koji koriste vodu za ispiranje fekalija su očiti primjer neodrživog gospodarenja vodom i otpadom. Od ukupne potrošnje vode u domaćinstvima oko 30 % vode trošimo na ispiranje školjke. Pritom nismo riješili pitanje otpada, jer voda i fekalije putem kanalizacije, u boljem slučaju, odlaze u sustave za pročišćavanje voda koji troše značajne količine energije, da bi u prirodu izbacile tehnološke otpadne vode.



Slika 116. Kompostni WC

Kompostni WC je uređaj koji jednostavnom tehnologijom kompostiranja pretvara naše fekalije u humus, čime značajno smanjujemo zagađenje okoliša. Proces aerobnog kompostiranja uz visoke temperature eliminira patogene mikroorganizme iz ljudskog izmeta. Masa krutih fekalija smanjuje se nakon dehidracije za 90 %. Kvalitetni kompostni WC ne smrdi i sastoji se od posebne školjke (koja može odvajati urin), kompostne komore i sustava ventilacije (snabdjevanje kisikom i ozračivanje).

Postoje razne izvedbe i moguće ih je izgraditi u samogradnji ili kupiti gotovi sustav. Kapaciteti se dimenzioniraju prema potrebi korisnika. Sofisticirani kompostni WC-i imaju i električne grijače za kompostne hrpe, rotirajuće komore i mehanizme za prevrtanje kompostne hrpe i mogu se prazniti jednom godišnje.

Kompostni WC proizvodi humus koji je vrijedan resurs i može se vratiti u tlo.

Biljni pročištači za sive vode

Sive vode su sve vode nastale u kućanstvu iz umivaonika, sudopera, tuša/kade i perilice rublja, a sadrže organske tvari, ostatke hrane, masnoće, deterdžente, sapune i druga sredstva za čišćenje. Sive vode mogu sadržavati i toksične spojeve na bazi klora. Uređaj za pročišćavanje ovih voda se temelji na mehaničkom čišćenju sive vode (pijesak, šljunak, kamen) i sposobnosti močvarnih biljaka (trska, rogoz, šaš, bambus) da razgrade toksične spojeve. Korijenje ovih biljaka raste u mulju bez kisika, a kroz šuplju stabljiku se prenosi kisik do rizoma. U tom susprstratu (rizosfera) aerobne bakterije razgrađuju amonijak, fosfate i druge spojeve.

U praksi to izgleda tako da odvodnim cijevima odvodimo vodu do bazena za mehaničko i kemijsko pročišćavanje. Na izlazu iz pročištača sakuplja se pročišćena tehnološka voda koja je pogodna za ponovno vraćanje u eko-sustav.



Slika 117. Biljni pročištač, Vukomerić, Reciklirano imanje, ZMAG



GRAĐEVINSKA REGULATIVA

Legalnost gradnje balama slame - osiguranje ili ograničenje?

U prvom koraku izgradnje bilo koje kuće prilikom projektiranja, ili čak određivanja lokacije, treba razmotriti zakonski okvir koji određuje i ograničava elemente buduće građevine. Ignoriranje postojećeg zakonskog okvira, kakav god on trenutno bio, može dovesti do negativnih financijskih posljedica. Materijali tj. proizvodi kojima gradimo kuću jedan su od ograničavajućih elemenata. Klasični građevinski materijali, a pri tome mislimo na ciglu, beton, metalne i drvene konstrukcije, staklo i dr. ispunjavaju bitne zahtjeve da se mogu koristiti za gradnju što je dokazano prethodnim ispitivanjem njihovih tehničkih svojstava, a njihova proizvodnja, ispitivanje i upotreba uređena normama te propisana zakonima i propisima. Dokaz o uporabljivosti građevnog proizvoda s obzirom na zahtjeve u građevinarstvu važan je i s aspekta osiguranja kuće.

Iz Tehničkog propisa o građevnim proizvodima:

- Članak 7.
- *Građevni proizvod proizveden u tvornici izvan gradilišta smije se ugraditi u građevinu ako ispunjava zahtjeve propisane ovim Propisom i ako je za njega izdana isprava o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa.*
- *Građevni proizvod izrađen na gradilištu za potrebe toga gradilišta smije se ugraditi u građevinu ako je za njega dokazana uporabljivost u skladu s projektom građevine i ovim Propisom.*

Svojstva izolacijskih materijala koji se koriste u gradnji (gustoća, toplinska provodljivost, specifični toplinski kapacitet, faktor otpora difuziji vlage, strukturna čvrstoća, i dr.) su propisana pa su tako i oni zakonski regulirani. Razlog tome je osiguranje kvalitete građevine prema različitim kriterijima: sigurnost, tehnička ispravnost, trajnost, udobnost, zaštita čovjekovog zdravlja i okoliša. Zakonski okvir je jedan od nužnih uvjeta da bi se navedena kvaliteta ostvarila. Projektiranje, izvedba i održavanje drastično mijenjaju sliku na terenu, pa tako

dobro zamišljeni zakoni često nisu provedivi u praksi.

U okvirima Europske građevinske regulative postoje dva osnovna načina za uvođenje novog građevinskog proizvoda na tržište tj. njegovo ozakonjenje.

- Prva mogućnost je opisivanje materijala (ili građevinskog proizvoda) normom koja propisuje načine za dokazivanje svojstva proizvoda. Balirana slama nije opisana odgovarajućom normom čak niti kao ispuna tj. izolacijski materijal. Taj problem, za nas koji gradimo kuće od bala slame, nije tehnički problem kod izvedbe već predstavlja nemogućnost uklapanja u važeći zakonski okvir.
- Za građevne proizvode koji nisu opisani normom regulativa predviđa ishodaenje tzv. Tehničkog dopuštenja (Europsko - ETA ili Hrvatsko - TD) što predstavlja pozitivnu tehničku ocjenu primjernosti za upotrebu proizvoda za određenu namjeru baziranu na ispunjavanju bitnih zahtjeva za građevinu u kojoj je proizvod ugrađen. Ovlaštena tijela izdaju tehnička dopuštenja za određenog proizvođača i za specifični proizvod ili obitelj proizvoda.

Primjeri građevinske regulative

Ljudi koji se bave „strawbale“ gradnjom u svijetu kroz različita udruženja (ASBN, FASBA, CASBA) aktivno istražuju i zagovaraju mogućnosti legalnog korištenja bale slame kao građevnog proizvoda, pa tako postoji niz zemalja u kojima je zakonski dozvoljeno graditi takve objekte.

Iako se moderne kuće od slame u svijetu grade od 70-tih godina prošlog stoljeća, prva poznata građevinska dozvola za kuću od slame izdana je 1989. u SAD-u, država New York. Danas se u SAD-u građevinske dozvole dobivaju ovisno o državi i različitim građevinskim propisima, no nedavno je izglasan dodatak državnim stambenom propisu (International Residential Code) koji će od 2015. vrijediti na području svih država u SAD-u, a omogućit će legalnu gradnju jedno- ili dvoobiteljskih kuća balama slame.

Rezultati višegodišnjeg rada entuzijasta i organizacija koje se bave

„strawbale“ gradnjom u Njemačkoj i Austriji doveli su do ishodaenja Europskog tehničkog dopuštenja (ETA) za građevinske bale slame kojim se odobrava korištenje za toplinsku i/ili zvučnu izolaciju proizvedenu od bala slame određenog proizvođača. Tehnička svojstva koja su znanstvenim metodama određena u nezavisnim građevinskim institutima su: toplinska vodljivost, otpor strujanju zraka, zapaljivost i otpornost na požar, otpornost na potres, otpornost na truljenje i plijesan, otpornost forme, upijanje vode, prisutnost štetnih sastojaka. Određeni su i kriteriji prihvatljivosti koje bala slame mora zadovoljavati, a odnose se na udio vlage, korova i ostatka sjemena, dimenziju i masu (gustoća), faktor difuzije vodene pare kao i način ugradnje i proizvodnje. Ispitivanja proizvoda dokazala su na stručan način da bale slame zadovoljavaju sve uvjete za ugradnju u kuće, sa svojstvima koja su po određenim karakteristikama i bolja od klasičnih izolacijskih materijala.

Unatoč tome što tehničko dopuštenje dozvoljava gradnju balama slame postoji realna opasnost od ograničavanja njihovog korištenja putem ekskluzivnih dobavljača - velikih tvrtki koje imaju tehničko dopuštenje što može dovesti do tržišnog monopola, visokih cijena i neisplativosti gradnje. Prednosti gradnje balama slame koje navodimo kroz ovu knjižicu predstavlja potencijal „strawbale“ gradnje za samogradnju zbog ekonomske isplativosti i ekološke prihvatljivosti.

Različiti nacionalni i regionalni zakoni u EU propisuju uvjete gradnje pa je tako u Austriji i Njemačkoj gradnja balama slame ili prefabriciranim elementima sa slamom zakonski regulirana i legalna, dok za gradnju slamom postoji neki oblik građevinske dozvole u Italiji, Švicarskoj, Belgiji, Danskoj, Nizozemskoj, Norveškoj, Švedskoj, Finskoj, Francuskoj, Španjolskoj, Češkoj i Mađarskoj.

U Velikoj Britaniji ne postoje određeni zahtjevi ili propisi koji određuju gradnju balama slame, ali kako gradnja balama slame zadovoljava opće građevinske uvjete sigurnosti, zdravlja, vatrootpornosti i energetske učinkovitosti, građevinski propisi ne predstavljaju prepreku gradnji. Koliko je poznato niti jednom objektu od bala slame u Velikoj Britaniji nije odbijena dozvola za gradnju.

Korištenje bala slame pri gradnji obiteljskih kuća do 400 m² u Hrvatskoj je legalno ako:

- bala slame kao proizvod ispunjava zahtjeve propisane Tehničkim propisom o građevnim proizvodima i ako je za njega izdana isprava o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa, što trenutno nije slučaj ili
- ako se može dokazati uporabljivost u skladu s projektom građevine i važećim tehničkim propisom.

Kako je Hrvatska od 01.07.2013. članica Europske unije postoji dio građevinske regulative koja se sukladno primjenjuje i u Hrvatskoj. Tako je primjena ishodne ETA-a moguća u svim članicama EU. Praktično to znači da je u Hrvatskoj moguće graditi balama slame isključivo od proizvođača koji je naveden u Austrijskoj ili Njemačkoj ETA. Za sve nas koji gradimo balama slame to je nerazumno jer bismo morali dovoziti bale slamu iz Austrije, a možemo istu balu kupiti od lokalnih poljoprivrednika, što je jeftinije i ekološki prihvatljivije.

Nešto jednostavniji način legalne gradnje je ako balu slame koja se koristi kao ispuna nosive konstrukcije (toplinska izolacija) prikazemo kao građevinski proizvod koji je izrađen na gradilištu za potrebe toga gradilišta. U tom slučaju potrebno je dokazati da taj proizvod zadovoljava zahtjeve za korištenje u gradnji na način da se dokaže uporabljivost u skladu s projektom građevine i važećim tehničkim propisom. Pismeni dokaz koji se može pri tom koristiti je ranije spomenuto Europsko tehničko dopuštenje ETA-10/00032 za građevinske bale slame kojim se odobrava korištenje za toplinsku i/ili zvučnu izolaciju proizvedenu od balirane slame. Ipak postoji „opasnost“ od nerazumijevanja službenika u uredu za graditeljstvo ili čak u obliku dolaska inspekcije na teren koja bi mogla zatražiti daljnje dokazivanje svojstava. To bi značilo zahtjevna i skupa ispitivanja u laboratorijima što si pojedini graditelj malog objekta ne može priuštiti. Pored korištenja bala slame od austrijskog proizvođača ovaj način je, prema našim saznanjima, za sada jedini legalan način korištenja slame u gradnji malih privatnih objekata za stanovanje u Hrvatskoj. Dobivanje građevinske dozvole za veće objekte javne, ugostiteljske ili poslovne namjene trenutno bi bilo vrlo složeno ili čak legalno neizvedivo.

Literatura

Korištene web stranice:

<http://hr.wikipedia.org>

<http://www.ee.undp.hr>

<http://baubiologie.at>

<http://fasba.de>

<http://www.strawbale.com>

<http://strawworks.co.uk>

<http://www.greenspec.co.uk/embodied-energy.php>

<http://www.worldhabitatawards.org>

<http://www.architekt-scharmer.de>

<http://www.stroh-unlimited.de>

<http://www.bath.ac.uk>

Korištene publikacije:

Building with straw, (2005) Gernot Minke, Friedemann Mahlke

Priručnik za gradnju kuća od bala slame, (2006) Barbara Jones

Graditi slamom(2011.), André de Bouter

Energy Assessment of a Straw Bale Building, MSc Architecture: Advanced Environmental and Energy Studies, (2008) Carol Atkinson

Priručnik za energetske savjetnike, UNDP, (2008), Grupa autora

Tehnologije za održivi svijet-priručnik za održivo graditeljstvo i gospodarenje otpadnim vodama, (2009.) Bruno Motik

Ostale preporučene publikacije, web stranice , DVD i video:

- Neues Bauen mit Stroh in Europa (2012) von Herbert & Astrid Gruber, Helmuth Santler
- Building a straw bale house, The Red Feather Construction Handbook, Nathaniel Corum
- Building your straw bale home: from foundations to the roof (2006), Brian G.Hodge,
- More Straw Bale Building (2005), Chris Magwood, Peter Mack, and Tina Therrien.

- Practical straw bale building (2005), Murray Hollis
- Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture (2006) , Gernot Minke
- 'The Last Straw Journal' (magazin), www.strawhomes.com
- 'Straw Bale Building',How to plan, design and builds with Straw', Chris Magwood & Peter Mack; New Society, 2000, www.newsociety.com
- Serious Straw Bale A Home Construction Guide for All Climates, Paul Lacinski & Michel Bergeron, ilustracije: Michael Middleton; Chelsea Green, 2000, www.greenbooks.co.uk
- Straw Bale Construction Details A Sourcebook, Ken Haggard & Scot Clark, CASBA 2000, www.strawbuilding.org,
- 'Visual Primer to Straw Bale Construction, S.O.MacDonald, ilustracije: E.Purev-Erdene, Builders Without Borders, 1999, www.builderswithoutborders.org
- Build it with Bales, version two, S.O.MacDonald & matts Myhrman, ilustracije: Orien MacDonald, www.chelseagreen.com
- The Straw Bale House, Athena Swentzell Steen, Bill Steen, David Bainbridge & David Eisenberg, www.chelseagreen.com
- The Natural Plaster Book, lime and gypsum plasters for natural homes, Cedar Rose Guelberth & Dan Chiras, New Society Publishers, 2003, www.newsociety.com
- The Beauty of Straw Bale Homes, Athen a& Bill Steen, Chelsea Green Publishing, 2000
- Earth Plasters and Straw Bale Homes', Keely Meagan, 2000



Supported by:

