

# Sigurnost i zaštita stanovanja i okoliša u kući od slame

---

**Tomić, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:758300>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-12**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Luka Tomić

# **SIGURNOST I ZAŠTITA STANOVANJA I OKOLIŠA U KUĆI OD SLAME**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Luka Tomić

# **SIGURNOST I ZAŠTITA STANOVANJA I OKOLIŠA U KUĆI OD SLAME**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Luka Tomić

**SAFETY AND PROTECTION OF HOUSING  
AND ENVIRONMENT IN THE HOUSE OF  
STRAW BALE**

FINAL PAPER

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Luka Tomić

# **SIGURNOST I ZAŠTITA STANOVANJA I OKOLIŠA U KUĆI OD SLAME**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
mr. sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

Karlovac, 2016



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite  
(označiti)

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2016.

### 1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: **Luka Tomić**

Matični broj: 02415611040

Naslov: Sigurnost i zaštita stanovanja i okoliša u kući od slame

Opis zadatka:

- općenito o gradnji objekata od slame - povijest
- značajke materijala i ispitivanja
- zaštita od buke, vibracija, zračenja, provodljivosti vlage i topline, požara
- propisi o uporabi materijala i građenju objekata od slame
- prikaz sigurnosti i zaštite stanovanja i okoliša na odabranom objektu
- vatrogasna intervencija na kući od slame u slučaju požara

Zadatak zadan:

Rok predaje rada: Predviđeni datum obrane:

05/2016

08/2016

10/2016

Mentor:

Predsjednik Ispitnog

povjerenstva:

[Mr.sc](#) Đorđi Todorovski, dipl.ing.

[Dr.sc.](#) Zlatko Jurac, prof. v.š.

## PREDGOVOR

Zahvaljujem mr.sc. Đorđiju Todorovskom, dipl. ing., što je pristao biti moj mentor i pomogao mi pri izradi završnog rada dajući mi upute i potrebnu literaturu za isti.

Također zahvaljujem sestri Dori Tomić Reljić, mag. ing. prosp. arch. koja mi je davala dodatnu literaturu i provjeravala završni rad.

Posebno se zahvaljujem udruzi Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG) koja mi je omogućila pristup literaturi u pisanju praktičnog dijela.

Hvala Darii Milutinović, obitelji i prijateljima koji su mi za vrijeme studiranja pružali veliku podršku i vjerovali u mene.

## SAŽETAK

Porastom ekološke osviještenosti sve se više pridaje značaja održivoj gradnji koja podrazumijeva korištenje prirodnih materijala za gradnju, ali i brizi o sigurnosti, energetske učinkovitosti i koristi obnovljive izvore energije za funkcioniranje objekata. U ovom je radu stoga analizirana gradnja kuća od slame, kao jednog od primjera održive gradnje. Obzirom da se radi o građevinskom materijalu koji spada u klasu *B2* - normalno zapaljivi materijali, bilo je nužno utvrditi i opisati postupak vatrogasne intervencije te korištenja vatrogasnih uređaja i opreme pri gašenju požara u kući od slame. Ujedno, za bolje razumijevanje same konstrukcije, u radu se detaljno opisao postupak izrade zidova od balirane slame, te način žbukanja. Naime, pokazalo se da zidovi zatvoreni žbukom iznutra i izvana imaju vrlo dobru vatrootpornost. Građevine od slame stoga se mogu smatrati istovremeno održivima i sigurnima od požara uz primjenu svih zaštitnih mjera.

Ključne riječi: okoliš, održivost, kuće od slame, zaštita od požara



## SUMMARY

Increase of ecological awareness leads to high significance of the sustainable building. It implies using the natural materials for the construction, and also care about safety, energy efficiency and using renewable energy sources for the operation of facilities. Therefore, construction of a straw house, as an example of sustainable building, has been analysed in this paper. Considering it is about a construction material which is classified as *B2* - normally flammable materials, it was necessary to determine and describe the procedure of fire intervention and usage of fire-fighting equipment in the house of straw. Also, for a better understanding of the construction, the paper described the process of making the walls of baled straw and the method of the plastering detail. Specifically, it was shown that walls closed with plaster from the inside and from the outside have a very good fire resistance. Therefore, buildings of straw bales, applying the protective measures, can be considered as a safe from fire and sustainable at the same time.

Key words: environment, sustainability, house of straw bale, fire safety

# SADRŽAJ

Stranica

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK .....	3
SADRŽAJ .....	IV
1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	2
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	3
2. POVIJEST GRADNJE BALAMA SLAME.....	4
2.1. Kuće od bala slame u Hrvatskoj .....	5
3. PASIVNI SOLARNI DIZAJN .....	7
4. OPĆENITO O SLAMI I BALAMA SLAME .....	10
4.1. Održivost .....	10
4.2. Čvrstoća slame .....	11
4.3. Toplinska svojstva balirane slame .....	12
4.3.1. Toplinska izolacija.....	15
4.4. Požarna otpornost .....	15
4.5. Otpornost na vlagu i paropropusnost.....	18
4.6. Akustika i zvučna izolacija .....	19
4.7. Potresi .....	20
4.8. Dugotrajnost .....	22
4.9. Nametnici u slami .....	22
4.10. Zdrava životna okolina.....	22

4.11. Cijena .....	23
4.12. Briga za okoliš .....	23
5. VATROGASNA INTERVENCIJA NA KUĆAMA OD BALA SLAME .....	24
5.1. Razlika prilikom intervencije i gašenja požara kod konvencionalnih i kuća od bala slame .....	24
5.2. Gašenje požara u kući od slame .....	26
5.2.1. Faze razvoja požara u kući od bala slame.....	27
5.2.1.1. Gašenje i sprječavanje širenja početnih požara .....	28
5.3. Vatrogasna oprema za gašenje početnih požara u kući od bala slame .....	29
5.4. Gašenje požara na pojedinim dijelovima objekta od bala slame .....	31
5.4.1. Taktika gašenja požara u stubištu u kući od slama.....	31
5.4.2. Taktika gašenja požara tavanskih prostorija i krovništa u kući od slame .....	32
5.4.3. Taktika gašenja čađe u dimnjaku na kući od slame.....	33
5.4.4. Taktika gašenja požara na kućama od bala slame s ugrađenim fotonaponskim sustavom.....	34
6. GRADNJA KUĆA BALAMA SLAME .....	36
6.1. Pripremni radovi .....	36
6.1.1. Ideja.....	36
6.1.2. Dizajn i dokumentacija.....	37
6.1.3. Zemljani radovi .....	37
6.1.4. Pripremni radovi i raspored gradnje.....	37
6.1.5. Nadzor i upravljanje procesom gradnje .....	38
6.2. Temelji .....	38
6.3. Drvena konstrukcija .....	39
6.3.1. Noseći stupovi i krovništa .....	40

6.3.2. Zaštita drvene građe.....	40
6.4. Krovni pokrov.....	40
6.4.1. Zeleni krovovi .....	41
6.4.2. Toplinska izolacija krova.....	42
6.5. Zidovi od bala slame.....	44
6.6. Prozori i vrata .....	45
6.7. Ugradnja instalacija .....	46
7. PROPISI O UPORABI MATERIJALA I GRAĐENJU OBJEKTA OD BALA SLAME.....	47
8. ZAKLJUČAK.....	48
9. LITERATURA .....	49
10. PRILOZI.....	51
10.1. Popis slika .....	51
10.2. Popis tablica .....	52
10.3. Popis simbola .....	52

## 1. UVOD

Jedan od najvećih problema koji pogađaju naš planet su klimatske promjene. 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. Ujedno, utječu na zdravlje ljudi i kvalitetu života.

Djelatnost koja troši najveću količinu prirodnih resursa je građevinarstvo i zauzima visoko mjesto na ljestvici djelatnosti koje proizvode značajne emisije CO<sub>2</sub> koji odlazi u atmosferu i potiče efekt staklenika, stoga bi nam jedan od glavnih ciljeva trebao biti pronaći alternativne izvore sirovina za gradnju u budućnosti prema kriterijima održivosti. Poveznica prostora i izbora materijala za građenje danas je okolišno održiva gradnja.

12 % volumena od ukupne količine otpada koji se ne adekvatno zbrinjava na odlagalištima zauzima građevinski otpad. Teoretski po zakonu su razvrstavanje, ovlašteno prikupljanje i reciklaža obavezni, ali se u praksi to ne primjenjuje. Praksa je da se miješani građevinski otpad i otpad od rušenja zatrpava, što je puno sretnije rješenje od onog učestalijeg da se spaljuje i odlaže na divlje deponije. Ostaci od sagorijevanja su opasni otpad zbog nemogućnosti odstranjivanja onečišćenja npr. policikličnih aromatskih ugljikovodika, dioksina i otrovnog kroma. Također je prisutan i opasni mineralni otpad: azbest i azbestni cement i tzv. VOC – hlapljivi organski spojevi (formaldehid, etil acetat, toulén, ksilen).

Građevinari konvencionalnim načinom gradnje zgrada i kuća u Hrvatskoj nemaju zadovoljavajuću toplinsku zaštitu pa se na grijanje i hlađenje troše prekomjerne količine energije što se ne smatra nikako održivim u svakom pogledu. U novogradnji se teži znatno manjem utrošku energije po jedinici stambenog prostora (kWh/m<sup>2</sup>) budući da su propisi vezani za energetske učinkovitost u zgradarstvu usklađeni sa Europskim direktivama, te su stroža ograničenja. Konvencionalni načini gradnje još uvijek ovise o značajnim količinama energije koja se troši za industrijsku proizvodnju

materijala, prijevoz i ugradnju građevinskih materijala i u razgradnji samih objekata i u slučaju ne mogućnosti razgradnje njegovo odlaganje, te se pri odabiru materijala za gradnju ne vodi dovoljno računa o štetnom utjecaju tih materijala na okoliš i korisnike.

Budući da se pri konvencionalnom načinu izgradnje obraća pozornost da se sa što manje uloženi sredstva postigne što viša cijena na tržištu nekretnina, a pritom je manje važna potreba za ugodnim životnim prostorom, dolazi do narušavanja kvalitete življenja. Porastom ekološke osviještenosti sve se više pridaje značaja održivom graditeljstvu koje podrazumijeva korištenje prirodnih materijala za gradnju, te brizi o sigurnosti, energetske učinkovitosti i koristi obnovljive izvore energije za funkcioniranje objekata. Osnovni princip je korištenje lokalnih materijala biljnog, životinjskog, mineralnog porijekla ili 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, kamen i sl.

Bogato graditeljsko nasljeđe i niz razvijenih tehnologija i rješenja omogućuju da moderna gradnja prirodnim materijalima zadovolji sve čovjekove potrebe, često daleko kvalitetnije, jeftinije i zdravije od klasičnih industrijskih rješenja. Upravo se iz ovih razloga slama, kao i drugi tradicionalni i prirodni građevni materijali počinje sve više koristiti i ponovno postaje sve zanimljiviji materijal u građevinskoj struci zbog interesa za uštedu energije i ekologiju u gradnji objekata. Kombinacijom modernih rješenja i lokalnih proizvođača i izvođača radova te korištenjem lokalnih materijala uvelike se može smanjiti utjecaj na okoliš, stvoriti kvalitetniji prostor i financijski prihvatljivih u odnosu na konvencionalno graditeljstvo. Međutim, obzirom da se radi o veoma osjetljivim materijalima, važno je u obzir uzeti i sigurnosne uvjete za smanjivanje mogućnosti nastanka požara. [1]

### **1.1. Predmet i cilj rada**

Predmet istraživanja ovog završnog rada su kuće od bala od slame i njezin utjecaj na okoliš i sigurnost stanovanja čovjeka. Cilj je predstaviti prednosti kuća od bala slame

u odnosu na konvencionalne kuće i zgrade sa posebnim naglaskom na zaštitu od požara i gašenje požara.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

U završnom radu korištena je literatura sa područja građevine, građenja slamom, zaštite okoliša, zaštite od požara i intervencije prilikom gašenja požara. Svi podaci i literatura su preuzeti sa interneta iz razloga što je to kod nas veoma velika novost, još nema knjiga o novoj gradnji kuća od bala slame. Izvor praktičnog dijela podataka preuzet je također sa web stranica udruge ZMAG. Priručnik je dostupan javnosti besplatno iz razloga što se promovira taj način gradnje.

## 2. POVIJEST GRADNJE BALAMA SLAME

Čovjek je kroz povijest posezao i koristio materijale iz prirode i njegovog okruženja a ponajprije biljne materijale za gradnju. Slama se u početku najčešće koristila za izgradnju krovova zbog čvrstoće koju je davala žbuci. Uzrok toj čvrstoći su vlakna u slami koja povezuju osušenu zemlju i time smanjuju mogućnost pucanja žbuke.

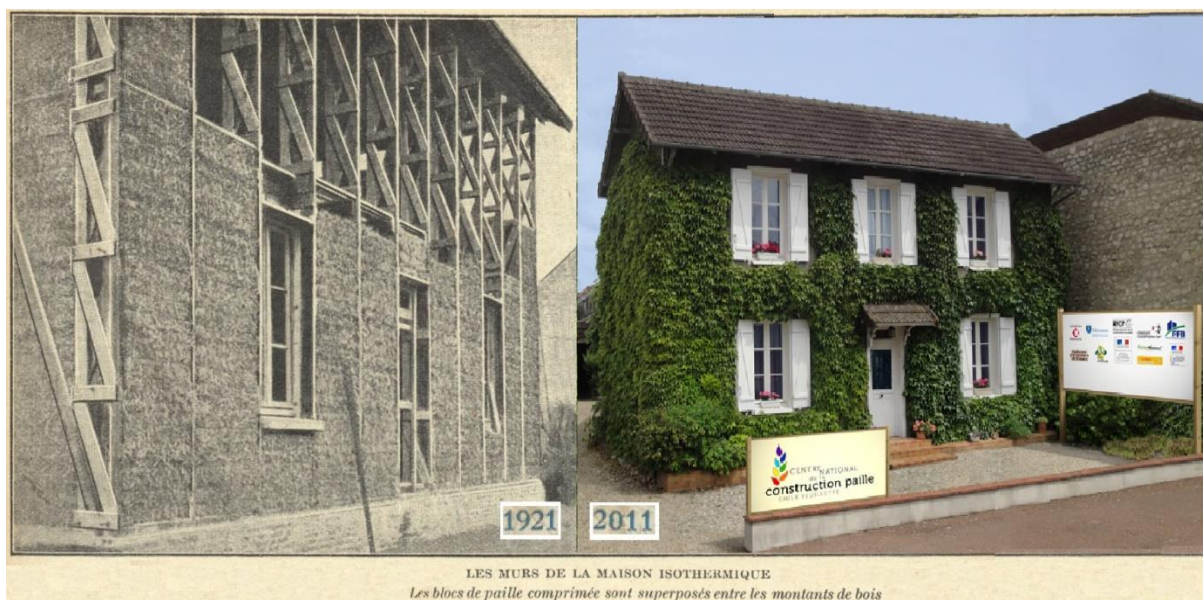
Slama se u graditeljstvu koristi od davnina, a stoljećima se u Europi koristila za izradu krovova čija je trajnost bila i do 50 godina. Pomoću slame se rade i kuće od nabijene zemlje i zemljane žbuke kojima slama daje čvrstoću jer svojim vlaknima povezuje osušenu zemlju i djeluje kao armatura koja smanjuje 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. [1]

Istinski procvat gradnjom balama slame doživjelo je početkom 1990.-ih godina, te se nakon toga gradnja balama slame počinje smatrati globalnim pokretom. Časopis „The Last straw“, pokrenut 1993., značajno doprinosi popularizaciji ovakvog načina gradnje. Iste godine u SAD-u je održan prvi međunarodni znanstveni skup o gradnji balama slame. Bilo je potrebno provesti vrlo skupa ispitivanja, analize i eksperimente kako bi se gradnja balama slame regulirala zakonom. Danas je ovakva gradnja ima svoje regulacije na razne načine u gotovo svim zapadnim zemljama.



Najstarija kuća od bala slame u Europi koja je i danas u funkciji nalazi se u Francuskoj. Na slici 1. prikazana je Kuća „Maison Feuillette“ sagrađena 1921. u Montargisu i ima površinu od 100 m<sup>2</sup> životnog prostora.



Sl. 1. Kuća „Maison Feuillette“ u Montargisu

## 2.1. Kuće 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 udruga ZMAG, EIA i Kneja priča se proširila i danas su u ovu gradnju uključeni projektanti, statičari, građevinari i urbanisti. Na slici 2. prikazana je moderna kuća od slame.



Sl. 2. Prva moderna kuća od slame, Vinkovci [1]

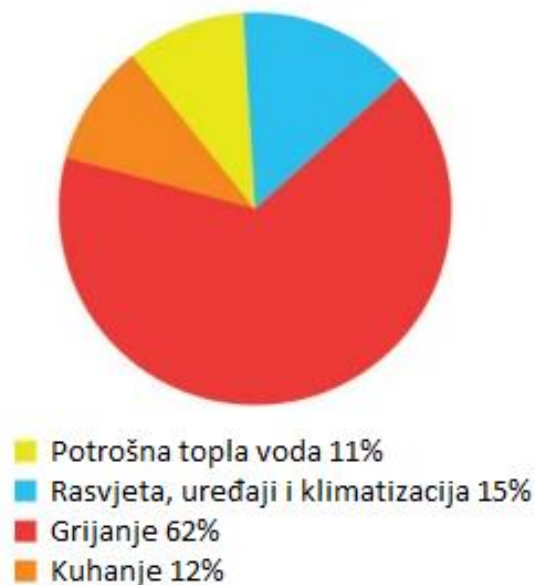
Prve eksperimentalne kuća od bala slame u Hrvatskoj, popularne „trafostanice“. Na slici 3. prikazana je kuća od bala slame udruge ZMAG u Vukomeričkim goricama



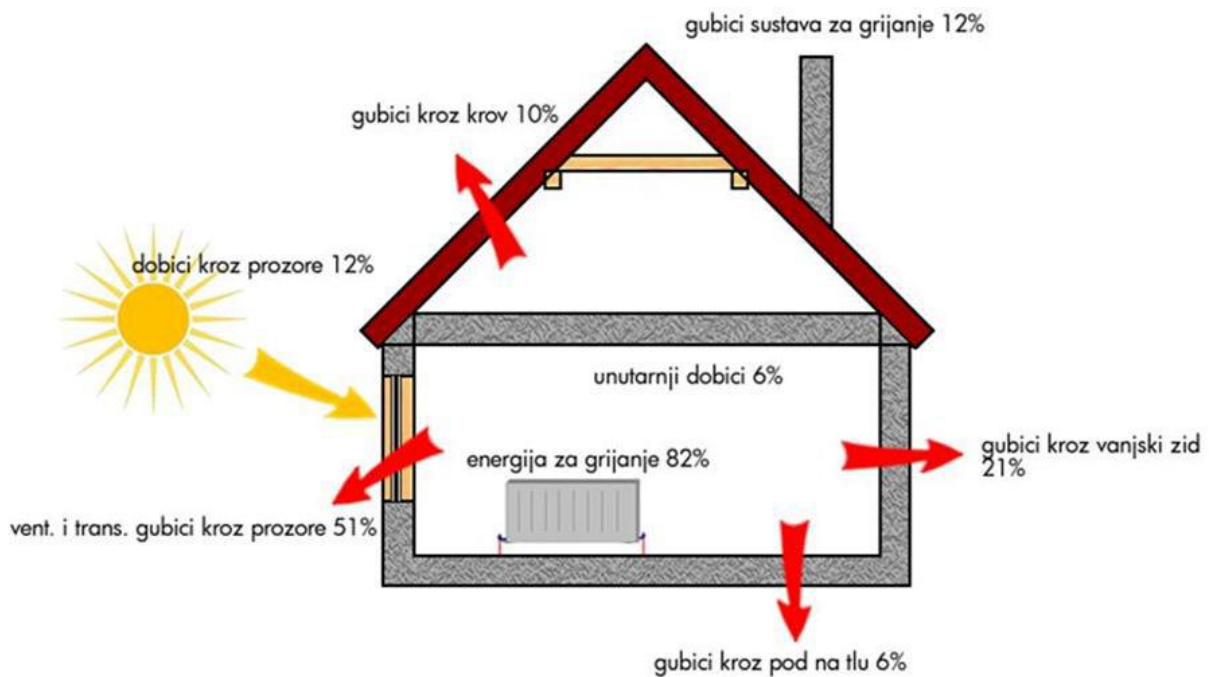
Sl. 3. Kuća od bala slame, Vukomeričke gorice [1]

### 3. PASIVNI SOLARNI DIZAJN

Pri korištenju zgrade troši se energija. Pod takvom energijom podrazumijeva se energija koja se troši za grijanje i hlađenje građevine, grijanje potrošne tople vode i električna energija za pokretanje uređaja. U Europskoj uniji preko 40 % od ukupne potrošnje energije se troši u zgradama. 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 (slika 4.). Cilj održivog graditeljstva je smanjiti oba aspekta potrošnje energije. Gradnjom kuća od bala slame možemo smanjiti utrošenu energiju za 90 %. jer balirana slama koja bi se ugrađivala u zidove, predstavlja izuzetno dobru toplinsku izolaciju i nisku toplinsku vodljivost. Na slici 5. prikazana je ukupna energetska bilanca kod stambenih objekata.



Sl.4. Raspodjela potrošnje energije u prosječnom kućanstvu [1]



Sl.5. Ukupna energetska bilanca kod stambenih objekata [8]

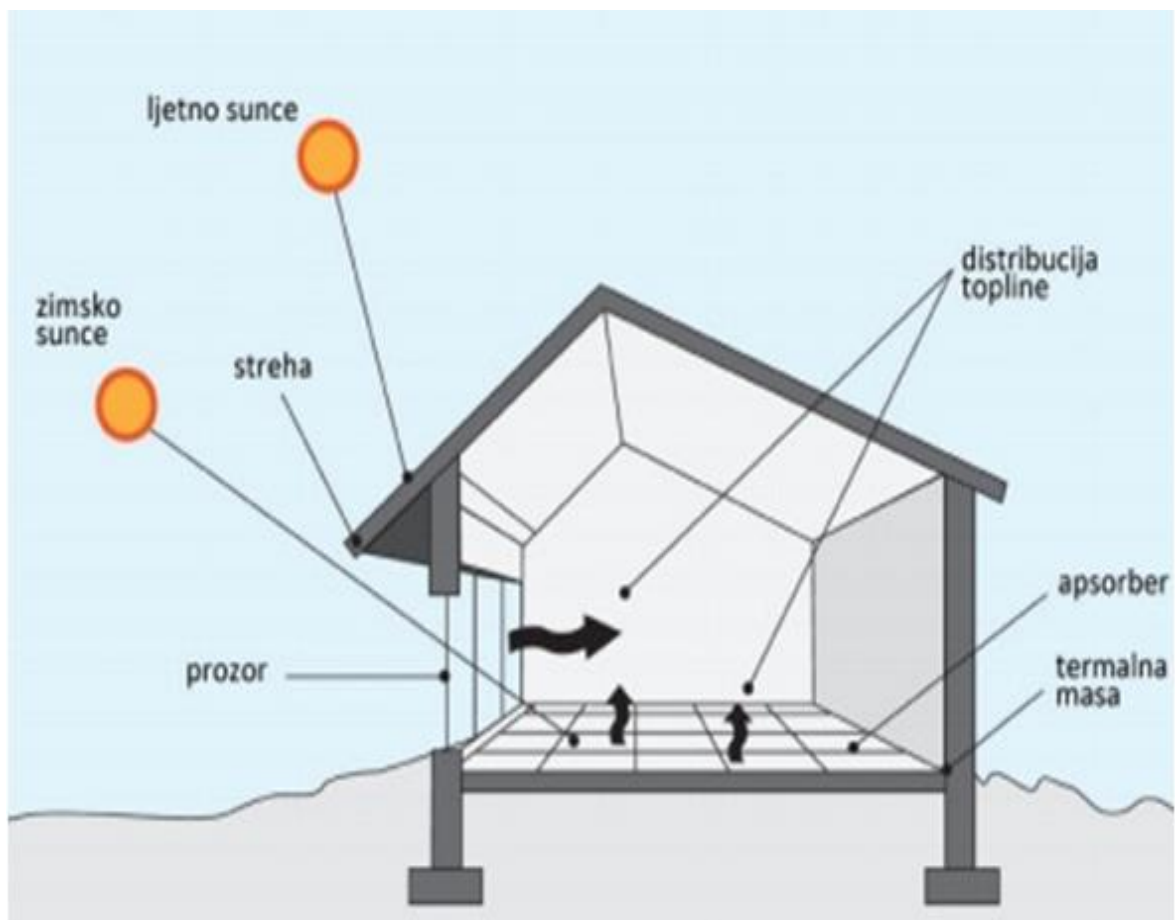
Jedan od principa građenja balama slame glasi: uhvati i pohrani energiju. Pasivne solarne kuće su građene tako da u što većoj mjeri iskoriste energiju sunca za zagrijavanje prostora. U ovakvim kućama postižu se uštede energije i do 90% u odnosu na klasične zgrade (slika 6.). Dobar dizajn ključ je uspjeha solarne arhitekture. Ovakvo graditeljstvo predstavlja vrhunac energetske učinkovitosti.

Osnovne smjernice za pasivni solarni dizajn su:

- 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. Ukupna energetska bilanca kod stambenih objekata
  - 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.
- [1]



Sl.6. Pasivni solarni dizajn [1]

## 4. OPĆENITO O SLAMI I BALAMA SLAME

### 4.1. Održivost

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 drvena 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 poliesterske, 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. Ne razgradivog i opasnog otpada.

Slama je jednogodišnji obnovljivi prirodni proizvod i produkt procesa fotosinteze što znači da je ima u izobilju. Nastaje kao poljoprivredni nusproizvod, odvajanjem žitarica od suhe stabljike, nakon uklonjenih žitarica. Sastav slame čine celuloza, lignin i silicij. Površina slame je vodootporna i voštana. Zbog sloja silicija slama sporo truli i dugo se razgrađuje. Prednosti slame su biorazgradivost i lokalna dostupnost te zahtjeva daleko manje energije za proizvodnju, transport te lako rukovanje i ugradnjom te širokim spektrom primjene za razliku od ostalih građevinskih materijala. [1]

Polovina takozvanih strnih žitarica kao što su ječam, zob, raž i pšenica čini slamu. Također slami mogu pridonijeti vlaknaste biljke poput riže, konoplje i lana. U Hrvatskoj je slama tretirana uglavnom kao otpad i koristi se kao podloga za životinje u štali, stočna hrana, gnojivo ili se odmah pali nakon žetve čime se gubi organska komponenta od koje s vremenom nastaje humus i time negativno utječe na tlo. [2]

Tablica 1. prikazuje zasijane površine (ha) i ukupnu proizvodnju (t) pojedinih žitarica u Republici Hrvatskoj za 2011. i 2012. godinu. U prosjeku se može računati da pri intenzivnom uzgoju strnih žitarica ostaje 4 do 5 tona slame po hektaru, a što ovisi o godini i sorti.

Tab. 1. Prikaz zasijane površine i dobiti [1]

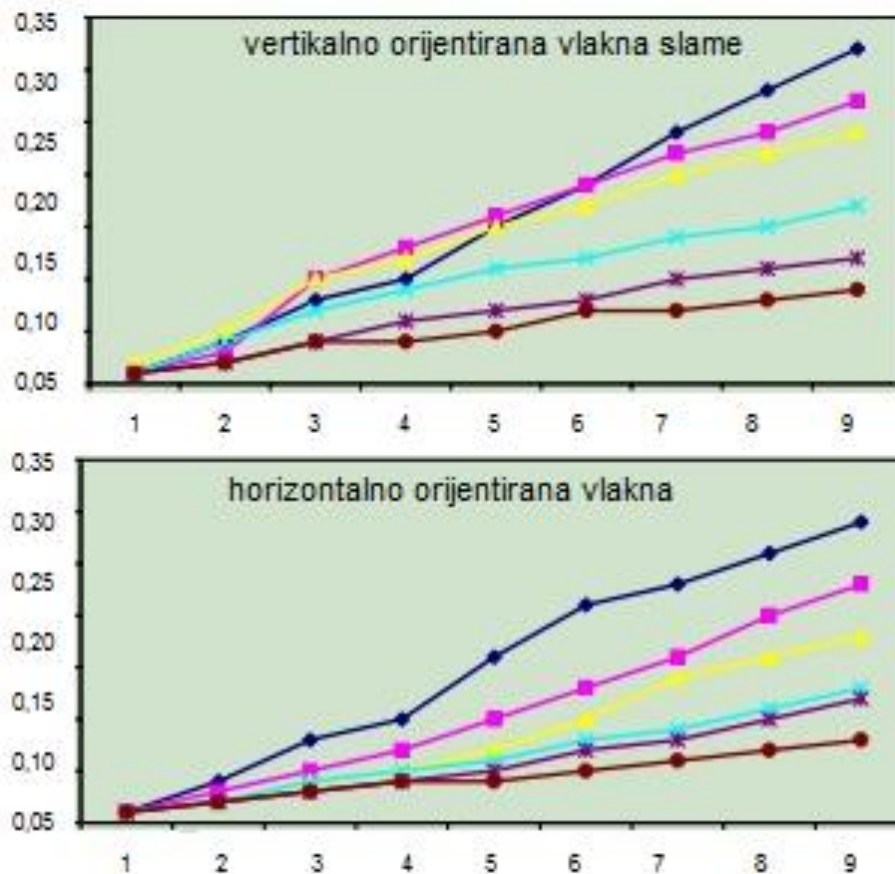
Naziv žitarice	Žetvena površina (ha)		Proizvodnja (t)	
	2011.	2012.	2011.	2012.
Pšenica	149 797	186949	782499	999681
Ječam	48318	56905	193961	235778
Raž	871	846	2949	2426
Zob	25344	28514	77223	94542
Ukupno	223459	272368	1056632	1332427

N

#### 4.2. Čvrstoća slame

Mikro svojstva su najvažnija karakteristika bale slame. Na kvalitetu bale najviše utječu sadržaj vlage, gustoća, povijest skladištenja bale i zaštita od žetve do gradnje, vrijeme žetve i baliranja, prema iskustvu i stanovitim laboratorijskim ispitivanjima. Upotreba vlagomjera je neizbježna pri kontroli kvalitete i ispitivanja bale slame. Gustoću bale određuje vrsta žitarica, sadržaj vlage i stupanj kompresije balirke. Ako se bala namjerava koristiti kao nosivi element, gustoća uglavnom iznosi 1.1 kN/m. To je takozvana suha gustoća (gustoća kojoj je proračunata i oduzeta masa vlage). Veličina bale ovisi o balirkama koje se koriste lokalno iako je standard za trožičane bale 58.4 cm x 116.8 cm x 40.6 cm. Prema različitim laboratorijskim ispitivanjima bale slame ustanovljen je modul elastičnosti 1379 kPa i tlačno naprezanje od 482.7 kPa. Neožbukani zidovi visine 243.8 cm prema ispitivanjima na tlak izdržali su tlačna naprezanja od 27.6 do 34.5 kPa. [2]

Na slici 7. Prikazan je odnos gustoće i otpornosti na deformaciju za horizontalnu i vertikalnu orijentaciju vlakana od slame.



Sl. 7. Utjecaj različitih gustoća bala slame na deformaciju pri vertikalno i horizontalno orijentiranim vlaknima slame [2]

### 4.3. Toplinska svojstva balirane slame

McCabe (1994.) je otkrio da izolacijska svojstva slame ovise o orijentaciji vlakana slame. Vlakna mogu biti postavljena horizontalno ili vertikalno s obzirom na smjer prijenosa topline. Trožično vezana bala slame ima dimenzije 59 x 40 x 105 cm što znači da se pomoću njih mogu graditi zidovi debljine 59 ili 40 cm. Lakše i praktičnije



su dvožične bale koje su dimenzija 46 x 36 x 92 cm. McCabe je izmjerio da trožične bale pšenične slame imaju toplinsku vodljivost između 0,032 i 0,035  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  dok je vrijednost toplinske vodljivosti za dvožične bale otprilike 0,042  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Razlika u toplinskim vodljivostima u ova dva slučaja je uzrokovana različitim gustoćama bala slame. McCabe je ispitivao toplinska svojstva bala pšenične i ječmene slame različitih gustoća. Za ispitivanje svojstava, korištene su bale debljine 48 cm. [2]

Na tablici 2. prikazani su rezultati ispitivanja toplinskog svojstava pšenične bale od slame.

Tab. 2. Toplinska svojstva bala pšenične slame pri različitim gustoćama [2]

Gustoća, $\text{kgm}^{-3}$	Specifični toplinski kapacitet, $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	Volumni specifični toplinski kapacitet, $\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$	Toplinska vodljivost, $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	Toplinska difuzivnost, $\text{mm}^2\text{s}^{-1}$
82	2 000	164 000	0,0486	0,3
95	2 000	190 000	0,0482	0,25
113	2 000	226 000	0,0416	0,18
125	2 000	251 000	0,0414	0,16
138	2 000	271 000	0,0416	0,15

Istraživanja su provedena na pet bala pšenične slame različite gustoće. Iz tablice se može uočiti da volumni specifični toplinski kapacitet raste s porastom gustoće uzorka. Porast od 112  $\text{kJm}^{-3}\text{K}^{-1}$  između uzoraka najmanje i najveće gustoće upućuje na to da gustoća jako utječe na volumni specifični toplinski kapacitet. Toplinska vodljivost slame se smanjuje s porastom gustoće te pri određenoj gustoći postiže minimum. Daljnjim porastom gustoće (tablica 3.), toplinska vodljivost će prvo stagnirati na minimalnoj vrijednosti, a zatim će se početi povećavati.

Toplinska difuzivnost (vodljivost) se smanjuje s povećanjem gustoće materijala. Iz jednadžbe možemo vidjeti da je toplinska difuzivnost obrnuto proporcionalna umnošku specifičnog toplinskog kapaciteta i gustoće materijala. S obzirom da je

specifični toplinski kapacitet konstantan, povećanjem gustoće materijala, smanjivat će se toplinska difuzivnost. [5]

Tab. 3. Prikaz toplinske vodljivosti raznih materijala [2]

Tvar	$\lambda/Wm^{-1}K^{-1}$
bakar	386
aluminij	204
meki čelik	64
beton	1,4
pyrex staklo	1,09
PVC	0,092
BALIRANA SLAMA	0,09
pluto	0,043
staklena vuna	0,038
BALIRANA SLAMA	0,035
polistiren	0,028
zrak	0,027

Zbog izrazite nehomogenosti i poroznosti bala slame, prijenos topline se odvija kombinacijom različitih mehanizama koji uključuju kondukciju kroz čvrstu fazu, konvekciju kroz plinovitu fazu, mehanizam isparavanja i kondenzacije vlage te radijaciju s površine krute faze. Zbog složenog mehanizma prijenosa topline kroz ovakvu vrstu materijala, ukupni proces prijenosa topline moguće je jednostavnije opisati modelom mehanizma kondukcije uz neku prividnu (efektivnu) vrijednost parametra kondukcije. Zbog toga je nužno napomenuti da su pravilniji nazivi tih toplinskih parametara: prividna toplinska vodljivost ili prividna toplinska difuzivnost materijala. [1]

#### 4.3.1. Toplinska izolacija

Odlična izolacija po pristupačnoj cijeni je pogodna odlika slame.  $K$  je koeficijent toplinske vodljivosti bale slame iznosi 0,09 W/mK. Ova vrijednost kombinirana sa zidovima debljine iznad 45 cm daje  $U$ , koeficijent prijelaza topline 0,12 W/m<sup>2</sup>K što je dva do tri puta manje od današnjih materijala i puno niže nego zahtjeva trenutno važeća regulativa u graditeljstvu. S obzirom na nisku provodljivost slame, zidovi od bala slame debljine 42 cm imaju koeficijent prijelaza topline  $U$  od 0,12 W/m<sup>2</sup>K. U kombinaciji s nosivom drvenom konstrukcijom  $U$  koeficijent iznosi oko 0,14 W/m<sup>2</sup>K. To znači da zgrada od slame i drvenih nosača ili stupova ima vrijednost  $U$  ispod 0,15 W/m<sup>2</sup>K i zato odgovara kriterijima pasivne kuće. [3]

U tablici 4. Vidljiva je usporedba potrošnje toplinske energije za različite tipove kuća od 150 m<sup>2</sup>. Potrošnja toplinske energije za kuće od slame čak je 33 puta manja od potrošnje te energije za tradicionalne zgrade, odnosno oko 15 puta manja od potrošnje energije po novom Hrvatskom standardu i 2.5 puta manja od pasivnog standarda.

Tab. 4. Potrošnja toplinske energije različitih tipova kuća [2]

150 m <sup>2</sup>	200 kW/h/m <sup>2</sup>	100 kW/h/m <sup>2</sup>	15 kW/h/m <sup>2</sup>	6 kW/h/m <sup>2</sup>
Godine	Skladište	Nova građevina	Pasivna kuća	Kuća od slame
1	30 000	15 000	2 250	900
10	300 000	150 000	22 500	9 000
20	600 000	300 000	45 000	18 000

#### 4.4. Požarna otpornost

Postoji više definicija što je to požar, ali svima je zajedničko da je požar nekontrolirano gorenje raznih zapaljivih ili gorivih tvari uslijed čega dolazi ili može doći do ozljeda ili stradanja ljudi te nastanka materijalne štete uništavanjem stambenih i gospodarskih objekata. Nadalje Vidaček navodi da požar uzrokuje štetu

u ekosustavu uništavanjem drveća, životinja, izaziva eroziju tla, oštećuje fizička svojstva tla i njegove proizvodne sposobnosti. Kako bi smanjili mogućnost nastanka požara, a samim time i mogućnost stradavanja ljudi i materijalnih dobara, zaštita od požara je od posebnog interesa za Republiku Hrvatsku te je u tu svrhu organiziran sustav zaštite od požara. Sustav zaštite od požara je široko područje koje obuhvaća planiranje zaštite od požara, propisivanje mjera zaštite od požara građevina, ustrojavanje subjekta zaštite od požara, provođenje mjera zaštite od požara, financiranje zaštite od požara te osposobljavanje i ovlašćivanje za obavljanje poslova zaštite od požara. Specifičan cilj zaštite od požara je zaštita života, zdravlja i sigurnosti ljudi i životinja, sigurnost materijalnih dobara, prirode i okoliša. U tu svrhu poduzimaju se mjere i radnje za otklanjanje opasnosti od požara, za što ranije otkrivanje, obavješćivanje te sprječavanje širenja požara i njegovo učinkovito gašenje, sigurno spašavanje ljudi i životinja, sprječavanje i smanjenje štetnih posljedica požara i utvrđivanje uzroka nastanka požara. [6]

Požari se razlikuju prema mjestu nastanka, vrsti materijala koji gori, obujmu, fazi razvoja, itd. Prema mjestu nastajanja dijele se na unutrašnje i vanjske požare.

Prema vrsti gorive materije po europskoj klasifikaciji požari se svrstavaju u pet klasa: KLASA A: U klasu A se svrstavaju požari čvrstih materijala koji sagorijevaju plamenom i žarom, npr. drvo, papir, slama i slični materijali.

Osnovna sredstva za gašenje: voda, ABC i ABCD prah, pjena.

KLASA B: U klasu B se svrstavaju požari zapaljivih tečnosti, koje se ne miješaju sa vodom, npr. derivati nafte, rastvarači, boje, lakovi, masti, itd.

Osnovna sredstva za gašenje: pjena, prah, ugljični dioksid, FM-200 i novac 1230.

KLASA C: U klasu C spadaju požari gorivih plinova, npr. metan, propan, butan, acetilen, itd.

Osnovna sredstva za gašenje: prah, ugljični dioksid i haloni.

KLASA D: U klasu D spadaju požari lakih metala, npr. aluminij, magnezij i njihove legure.

Osnovna sredstva za gašenje: ABCD prah, prah D ili M i kvarcni pijesak.

KLASA F: U klasu F spadaju požari biljnih i životinjskih ulja i masnoća.

Osnovna sredstva za gašenje: sapunska pjena ili želatina (kuglice.)

Unatoč tome što slama gori te prema klasifikaciji gorivih materijala spada u klasu *B2*-normalno zapaljivi materijali, prema normi HRN DIN 4102, zidovi od balirane slame, zatvoreni žbukom iznutra i izvana imaju vrlo dobru vatrootpornost. Austrijski i njemački građevinski instituti su ispitivanjima dokazali da ožbukani zid od balirane slame spada u klasu vatrootpornosti *F90* ili čak *F120*, što znači da ožbukanim balama treba 90 do 120 minuta da izgore pri temperaturi od 900 °C. Uzrok toj vatrootpornosti jest činjenica da je za vatru potreban kisik, a u gusto baliranoj slami nema dovoljno kisika da podrži gorenje. [1]

Najviše iznenađuju elementi bala od slama, koje povećavaju otpornost na vatru su same bale slame. Kada većina ljudi misli o slami i kako se pretvara u vatru, oni to vide kao požar u štali, spontano zapaljenje i druge požarne priče. Činjenica je da su požari u štali uzrokovani prerano baliranim sijenom, s visokim razinama vlažnosti, lošim pritiskom, te zato što bale slame nisu složene čvrsto jedna uz drugu. Požari započinju kada vlaga stvara toplinu raspadom bala slama, zatim sijeno postaje baklja i od vrućine počinje raspad unutar bale. Slama se balira kada je urod mrtav i suh, obično oko 8% vlage po volumenu, tako da ne dolazi do unutrašnjeg raspadanja. Osim toga, bale su toliko široke, da je najveći dio kisika istisnut iz njih. Vatra ne može postojati bez kisika, stoga su bale još jednom stvorili oblik zaštite protiv širenja plamena. Bale su poput telefonskog imenika. Ako se istragne stranica po stranica, jedna po jedna i zapale se, one će gorjeti. No, ukoliko se drži upaljen upaljač ispod cijelog telefonskog imenika, vjerojatno će upaljač ostati bez goriva prije nego knjigu uhvati vatra, jer nema kisika između stranica za podršku plamena. Isto vrijedi i za bale slame. Kada se uzmu dva sustava zajedno: gusti debeli sloj gipsa na obje strane zida oko bala slama, to dovodi do nedostatka kisika unutar bale. Ova kombinacija čini zid vrlo otpornim sa mnogo boljim šansama za preživljavanje u požarnim situacijama. Također, zaštita svog doma od požara na druge načine je još uvijek važno.

Wall Street Journal pridao je pozornost da su ožbukani zidovi od bala slame, dokazali da su protupožarno veoma siguran okvir za stambene i poslovne zgrade. Inženjer i zastupnik bala od slame, Bruce King nedavno je platio za potrebno testiranje na osiguranju protupožarne otpornosti zidova od bala slame i žbuke, pri čemu su se koristile super vruće plinske peći postavljene uz jedan takav zid u nadi da će smiriti

osiguravatelje, bankare i građevinske inspektore koji nisu bili voljni prihvatiti velike zgrade izolirane s balama slame. Zid je zadovoljavajuće izdržao test više od dva sata od 1700 °C topline. Izolacija bala slame otprilike je ista kao i kod fiberglasa, ali mnogo veće debljine od tipičnih role izolacija, one pružaju mnogo jači štit protiv topline i hladnoće.

Na tablici 5. Prikazana je podjela građevinskih konstrukcija i elemenata podijeljenih u razrede, prema normi HRN DIN 4102 dio 2.

Tab. 5. Klasifikacija vatrootpornosti prema HRN DIN 4102 dio 2 [2]

Klasa otpornosti na požare	Trajanje otpornosti na požar u minutama
F 30	≥ 30
F 60	≥ 60
F 90	≥ 90
F 120	≥ 120
F 180	≥ 180

#### 4.5. Otpornost na vlagu i paropropusnost

Obavezno žbukanje sprječava direktni kontakt slame s vodom i stvara paropropusnu membranu koja dozvoljava da višak pare prolazi kroz zid i odlazi u atmosferu. Faktor otpora difuziji vodene pare za glinenu žbuku iznosi od 6 do 8, a vapnenu oko 10, dok cementne žbuke imaju faktor od 20 do 30. Dakle slabo upijaju i otpuštaju vodenu paru. Između temelja i zidova slame koristi se sloj hidroizolacije kao dodatna zaštita od kapilarnog vlaženja iz zemlje, a podignuti temelji od zemlje sprječavaju močenje donjeg dijela zida tijekom padanja kiše. Krovne strehe su obično dužine 50 cm i tako štite građevinu od oborina. Vrijednost vlage se mijenja zbog prolaska kroz zid od bala slame, ali relativna vlažnost u bali ne bi smjela 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 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 opasnost 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 izolaciju 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 vodene pare –  $\mu$ . Faktor ovisi o gustoći materijala i strukturi njegovih pora. [1]

#### **4.6. 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. [1]

#### **4.7 Potresi**

Zbog sposobnosti savijanja, amortizacije i velike izdržljivosti slame i drvene konstrukcije, kuće od bala slame odlično apsorbiraju kinetičku energiju seizmičkih šokova. U područjima sa mnogo potresa gradnja kuća balama slame je izvanredan izbor iz razloga što zidovi od bala slama nisu tako spojeni kao cigla na ciglu nego imaju prostora za kretanje/disanje (ne u stanju mirovanja već pod utjecajem potresa) pod bilo kojom vrstom opterećenja. To je kao stiskanje čavla i željezne opruge, čavao puca dok se opruga skuplja i opušta. [1] Na slici 8. prikazan je test izdržljivosti bala slame na pritisak.





Sl. 8. Test izdržljivosti i pritiska bale slame [9]

#### **4.8. Dugotrajnost**

Slama se bez utjecaja vlage i UV zraka ne raspada. Vlati slame pronađene su u egipatskim piramidama. Najstarija sačuvana kuća od bala slame sagrađena je 1903. godine a ne postojanje još starijih građevina jednostavno se objašnjava činjenicom da je koncept tvrdog baliranja slame otkriven tek krajem 19. Stoljeća pojavom stroja za tvrdo baliranje. [1]

#### **4.9. Nametnici u slami**

Zbog toga što je zid od balirane slame ožbukani, on nametnicima nije prikladan prostor za gniježđenje i hranu. Ugrađivanjem pletene metalne mrežice u žbuku sprječava se ulazak glodavaca koji mogu progristi žbuku. Međutim, ako bale slame nisu kvalitetno ugrađene odnosno ako su nedovoljno jako stisnute jedna do druge, postoji mogućnost nastanjivanja glodavaca. Također, postoji opasnost kod ventilirajućih fasada jer se glodavci mogu podvući pod fasadu. Još jedna opasnost su mravi i termiti, zbog kojih je potrebna dodatna zaštita drvenih dijelova doma. No, u svemu tome presudna je higijena i održavanje kuće. [4]

#### **4.10. Zdrava životna okolina**

Slama je zdrava alternativa modernim materijalima. Ona je prirodna i neškodljiva te ne uzrokuje peludnu groznicu jer nije sijeno. živeći između slamnatih zidova poboljšavamo kvalitetu zraka koji udišemo, a kako je slama izuzetno prozračan materijal, daje veliki doprinos svježini zraka unutar kuće. Zajedno s uporabom ne toksičnih organskih premaza kao što su glina, prirodni pigmenti i boje, možemo osigurati jednu od najsigurnijih i najudobnijih okolina za život. Još jedna zdravstvena prednost kuće od bala slame je atmosfera njezine unutrašnjosti; spokojnost, udobnost i mir. [4]

#### **4.11. Cijena**

Iako su troškovi izgradnje kuća od bala slame neznatno manji od troškova kuća građenih konvencionalnim materijalima, uporabom slame kao građevnog materijala dobiva se energetska učinkovit dom koji štedi energiju, a time i novac. Većina sredstava prilikom gradnje otpada na temelje, krov i završno uređenje, a sve te tri komponente su odabir samoga investitora. Drugim riječima, ako se odaberu prirodni i reciklirani materijali, može se značajno uštedjeti, dok kod uporabe luksuznijih rješenja troškovi vrtoglavo rastu. Vanjsku ovojnicu zgrade čine svi građevinski elementi koji razdvajaju unutrašnjost stambenog (grijanog) prostora od vanjskog prostora. To su vanjski zidovi, zidovi prema negrijanim prostorijama, krov, pod i podovi prema negrijanim prostorijama.

#### **4.12. Briga za okoliš**

Kada jednog dana kuća od bala slame dođe do kraja svog životnog vijeka slama, glinena žbuka i ostali prirodni materijali neće predstavljati problem na lokalnoj deponiji otpada, nego će se jednostavno razgraditi, zemljane žbuke će se stopiti s tlom, drvena građa se može ponovo koristiti u gradnji ili kao energent, a slamu možemo koristiti za vrt ili opet pri gradnji. Također prilikom gradnje ne morate brinuti o ostacima, jer će se slama razgraditi na zemlji. Prilikom proizvodnje balirane slame gotovo u potpunosti je izbjegnuta nastanak otpada. Sav otpad, ako ga i ima, je bio razgradiv, 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 CO<sub>2</sub> pa se ugradnjom bala slame CO<sub>2</sub> sprječava njegovo ispuštanje u atmosferu, što bi se dogodilo spaljivanjem. Jedini otpad koji ostaje nakon gradnje ili rušenja kuće bit će ostaci umjetnih materijala. [1]

## 5. VATROGASNA INTERVENCIJA NA KUĆAMA OD BALA SLAME

### 5.1. Razlika prilikom intervencije i gašenja požara kod konvencionalnih i kuća od bala slame.

Gašenje požara i taktika je ista kao i kod konvencionalno izgrađenih kuća i zgrada sa stanovima. Nema većih opasnosti u odnosu na konvencionalnu gradnju.

Možemo napomenuti par prednosti kuća od bala slame u odnosu na ostale građevine. To je prije svega prirodni materijal te prilikom gorenja bala slama ili drvene konstrukcije nema opasnosti od isparavanja otrovnih para ili dimova dok je kod gorenja umjetnih materijala veliki problem nastajanje i otpuštanje otrovnih i korozivnih plinova iz procesa pirolize. Tako primjerice u požaru "otpuštaju" produkte kao što su klorovodik, CO, CO<sub>2</sub>, ugljikovodik, fosgen, dioksin, amonijak, cijanat i cijanovodična kiselina. Zidovi od bala slame nisu ništa manje izdržljivi od zidova od cigle, betona i raznih vrsta izolacija te ostalih materijala. Dakako mogu izdržati jednako dugo, te je potrebno više od dva sata kako bi kuća izgorila. Zidovi od bala slama tokom tih dva sata ostaju čitavi iako dolazi do pukotina na žbuki. Pravilnom izvedbom i gradnjom izgaranje kuće se odgađa.

U tablici 6. prikazan je test izdržljivosti koji pokazuje da zid može izdržati više od dva sata konstantne vatre. Istraživanje je također pokazalo kako se temperatura sa strane zida koja nije izložena vatri nije popela na više od 125 °C.

Tab. 6. Prikaz stanja bale slame u određenom vremenu pod utjecajem požara [9]

Vrijeme	Opis
0:00	Početak testa
15:00	Izlazak dima/pare kroz male pukotine na izloženoj strani
20:00	Početak zvukova i pucketanja, povećanje dima i para
30:00	Sa izložene strane formiraju se pukotine sa plamenom
60:00	Povećavanje pukotina i plamena

120:00 | Nema nekih većih promjena osim malog proširenja pukotina i plamena

Bala slame je dobar izolator i ima dobru toplinsku vodljivost ali iz razloga što nije dobra kao termalna masa, strana koja nije izložena vatri neće stvarati visoke temperature kao kod konvencionalnih zgrada i kuća gdje je slučaj dobre izolacije postavljene na ciglu ili beton koji zadržavaju i akumuliraju toplinu te dolazi do pucanja, savijanja i razvijanja veoma visokih temperatura (slika 9. i 10.). Također problem krova i požara je također umanjen korištenjem zelenih krovova u odnosu na klasične krovove i vrste izolacija istih. Utjecaj vatre na krovšte kao i gašenje vatre uz krov i na krovu jednake su kao i za zidove od balirane slame jer se pretpostavlja da je izolacija krova napravljena od bala slama. [9]



Sl. 9. Zid od balirane slame na početku ispitivanja, u sredini strana koja nije izložena vatri a sa desne je izložena strana zida [9]



Sl. 10. Zid od balirane slame nakon dva sata ispitivanja i ugašenog požara, u sredini strana koja nije izložena vatri a sa desne je izložena strana zida [9]

## 5.2. Gašenje požara u kući od slame

Većina požara u prvoj minuti može se ugaziti čašom vode. U drugoj minuti vam već treba vjedro vode i pomoć druge osobe. U trećoj minuti potrebna je kontinuirana dostava veće količine sredstava za gašenje i uvježbana akcija-navala vatrogasne postrojbe. Ovim slikovitim prikazom zapravo se označava izuzetna važnost brzine, kako uočavanja i dojave požara, tako i gašenja požara. Stoga je i jedan od najvažnijih sadržaj planova zaštite od požara da vatrogasci stignu u što kraćem roku do mjesta požara. Vrijeme dolaska vatrogasaca na bilo koje mjesto općine ili grada ne bi smjelo biti veće od 15 minuta. [10]

Gašenje požara podrazumijeva sve radnje koje je potrebno poduzeti kako bi se požar mogao uspješno obuzdati i svladati. Da bi gašenje bilo uspješno potrebno je ukloniti jedan od elemenata iz požarnog trokuta. Na tom načelu temelje se metode gašenja požara. Uobičajena sredstva za gašenje su voda, vatrogasni prah i pjena, CO<sub>2</sub>, FM 200, NOVEC 1230 i priručna sredstva (deka, pijesak i dr.)

Načela gašenja nastalog požara su sljedeća:

- odstranjivanje gorive tvari (ukloni se goriva tvar)
- ugušivanje, odnosno prekid dovoda kisika požaru
- hlađenje, odnosno smanjivanje temperature gorive tvari
- antikatalitički, odnosno djelovati na kemijsku reakciju požara.

Općenito načelo glasi: požari sa žarom se moraju hladiti, a požari plamenom gušiti. Prilikom gašenja požara, osim na klasu požara prema kojoj je potrebno koristiti određena sredstva za gašenje (poglavlje 4.4. Požarna otpornost, str. 16., 17.) [1], nužno je i obratiti pozornost na ostale okolnosti. Najviše pažnje je potrebno posvetiti kod gašenja požara vodom - voda je dobar vodič električne struje pa stoga se ne smije koristiti za gašenje požara električnih instalacija ili u blizini električnih

instalacija. Isto tako vodom se ne smiju gasiti požari lakih metala (aluminija, magnezija i slično) te požari klase B.

Prije gašenja požara potrebno je radi vlastite sigurnosti i sigurnosti svih ostalih poduzeti nekoliko mjera: isključiti električnu struju isključenjem glavne sklopke u razvodnom ormaru ili pritiskom na glavno protupožarno tipkalo, zaustaviti dotok gorive tvari do požara koristiti propisana osobna zaštitna sredstva. [10]

### 5.2.1. Faze nastalog požara u kući od bala slame

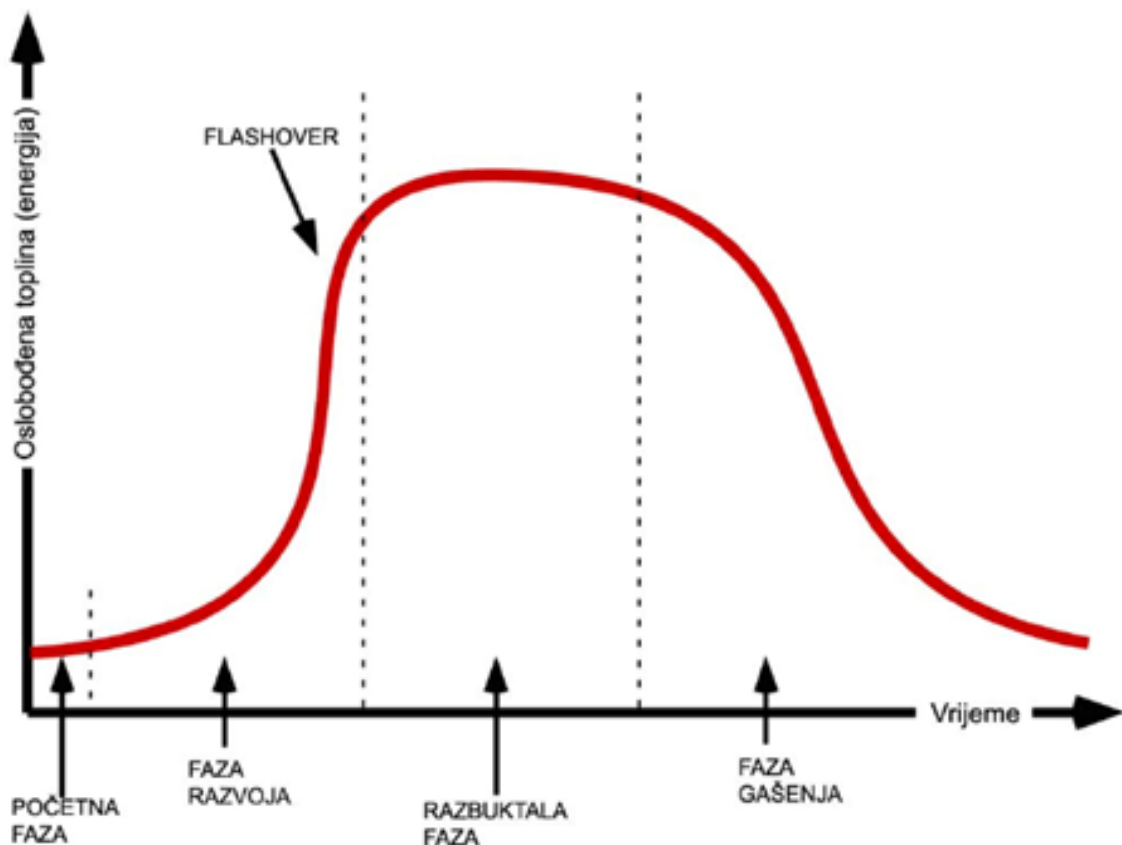
**Početna faza.** Požar u začetku razvija malu količinu topline i sporo se širi, ovisno o uvjetima gorenja i o kojoj se tvari radi. Za gašenje početnih požara dovoljna su priručna sredstva i priručni vatrogasni aparati.

**Faza razvoja.** Širenje požara je uvjetovano faktorima o "slabim točkama" požarnih sektora: vratima, prozorima, dimnjacima, ventilacijskim i električnim vodovima. S obzirom na zidove od slame njegov razvoj biti će nešto sporiji u odnosu na klasične požare. Upravo na tim mjestima treba posebnu pozornost obratiti na sprječavanje širenja požara. U ovoj fazi požara bitno je spriječiti njegovo širenje, te izvršiti sve potrebne pripreme za djelotvorno gašenje požara.

**Razbuktala faza.** Kada je požar stekao najbolje uvjete za gorenje, on razvija maksimalnu temperaturu gorenja i zahvaća velike površine ili više požarnih sektora. Zidovi od slame ne dopuštaju toliko velik razvoj temperatura kao u klasičnim građevinama. Za gašenje ovih požara potrebne su organizirane vatrogasne snage.

**Faza gašenja požara.** U izgorenoj tvari postoje još mala žarišta, koja predstavljaju opasnost za ponavljanje ili ponovno razbuktavanje požara. Gašenje tih zaostalih (tinjajućih) požarišta osnovna je karakteristika ove faze požara. Na slici 11. shematski je prikazan tijek požara u zatvorenoj prostoriji kroz 4 faze. [9]





Sl. 11. Prikaz požara u zatvorenoj prostoriji kroz 4 faze [11]

#### 5.2.1.1. Gašenje i sprječavanje širenja početnih požara

Osnovna vatrogasna znanja i ispravna uporaba vatrogasnih aparata i priručnih sredstava u većini slučajeva sprječava nastajanje velikih požara. Preko pola dojavljenih požara pogasi se još prije dolaska vatrogasne postrojbe. Gašenju nekih početnih požara priručnim sredstvima može se, uz maksimalni oprez, ali i odlučnost, pristupiti bez ikakve vatrogasne osobne zaštitne opreme ili s priručnom osobnom zaštitnom opremom (maramice za zaštitu od požarnih plinova, pokrivači ili deke koje nisu od sintetičkih materijala). Nužna pretpostavka za uspješnost početne akcije gašenja je upućenost u procjenu opasnosti od požara i način korištenja priručnih sredstava za gašenje, te spremnost i uvjerenje pojedinca u potrebu i korisnost takve akcije. Redovitim vježbanjem stječe se rutina u rukovanju i smanjuje nesigurnost i strah.



Kada su međutim opasnosti prevelike kod uznapredovanog i razbuktanog požara, gašenje je obvezno uz vatrogasnu osobnu zaštitnu opremu, te u zatvorenim prostorima uz uporabu izolacijskih aparata za zaštitu od dima. Korištenjem priručnih sredstava za gašenje (kanta vode, deka, vatrogasni aparat, naprtnjača itd.) i bez osobne zaštitne opreme mogu se gasiti samo početni požari. Organizirano gašenje požara prepušta se vatrogascima, koji obavezno moraju koristiti sva propisana sredstva zaštite, jer mnoge ozljede prilikom vatrogasnih intervencija nastale su ne korištenjem sredstava zaštite.

Prilikom gašenja požara vatrogasci se pridržavaju sljedećih pravila: prilikom ulaska u prostoriju gdje pretpostavljaju požar ulaze pognuto i koriste vrata za zaštitu. Pritom obraćaju posebnu pozornost na opasnost od probojnog (udarnog) plamena zbog naglog dovoda zraka (kisika) u prostoriju. Počinju gasiti u žarištu požara, tj. na mjestu najveće opasnosti proširenja požara. [10]

### **5.3. Vatrogasna oprema za gašenje početnih požara u kući od bala slame**

Početni požari gase se svom raspoloživom opremom i sredstvima koja nam je u tom trenutku na raspolaganju, naravno u skladu s njihovom primjenjivošću. U ta sredstva spadaju:

- vatrogasni pokrivač (deka)
- kanta i priručne posude
- brentača
- naprtnjača
- metlanica
- aparati za gašenje požara (ručni vatrogasni aparati).

**Priprema vatrogasne intervencije u kući od bala slame.** Svaki požar će se lakše pogasiti, ako vatrogasci stignu na mjesto intervencije u što kraćem roku. Zato je potrebno: dočekati vatrogasce, osloboditi putove za spašavanje i navalu, građanstvo i promatrače udaljiti, vatrogascima dati potrebne informacije i staviti se na raspolaganje.

**Mjere koje se pouzimaju nakon požara u kući od slame.** Sanacija i čuvanje požarišta vrlo je važna. Pritom je potrebno obratiti pozornost da se ne ulazi u opožarene prostore i ne dira okoliš požara. Sva zapažanja koja mogu doprinijeti u otkrivanju požara potrebno je prenijeti vatrogascima i djelatnicima zaduženim za zaštitu od požara.

**Proširene mjere gašenja požara u kući od slame.** Mjere za gašenje požara u fazi razbuktavanja obuhvaćaju sve organizirane mjere gašenja. Najčešće upotrebljavana sredstva proširenih mjera za gašenje su: gašenje preko zidnog hidranta "mokre" ili „suhe“ hidrantske mreže. Zidni hidrant sastoji se iz ugrađenog ormarića, kotura cijevi od minimalno 15 m, mlaznice sa zatvaračem i kutnog ventila. Kapacitet je 200 l/min kod 3 bara, domet cca 10 m. Gašenje s prijevoznim vatrogasnim aparatima s prahom (S-50, S-100), ugljičnim dioksidom (CO<sub>2</sub>-30 i CO<sub>2</sub>-60) i vatrogasnim aparatima s pjenom. [10]

Prilikom gašenja većih požara u kući od bala slame vodi se računa i o sljedećem:

- vodeni mlaz se usmjerava u žarište, ne u plamen ili dim
- s gašenjem se počinje onda, kada se otkrije mjesto koje treba gasiti
- gašenje treba pravovremeno prekidati kako bi se razišla vodena para te uočili gorući predmeti i stanje požara
- pazi se na mogući udarni plamen (fleshover ili beckdraft) i vruću vodenu paru
- ne ulazi se u zadimljene prostorije bez izolacijskog aparata i druge propisane zaštitne opreme za vatrogasce.

## 5.4. Gašenje požara na pojedinim dijelovima objekta od bala slame

### 5.4.1. Taktika gašenja požara u stubištu u kući od slame

Stubišta su često zakrčena gorivim tvarima (ormari, namještaj, odjeća) grade se od armiranobetonskih elemenata (starije od drveta i kamena.) Gašenje se provodi unutarnjom navalom uz žurno odimljavanje te obavezno isključivanje struje i plina (slika 12.). Stubište ima visok stupanj rizika od gubitka nosivosti te postoji opasnost od propadanja. Prekidom puta za evakuaciju nastaje panika, te se evakuacija vrši preko otvora na fasadi. Otvor na fasadi u kući od slame vrlo lako se improvizira trganjem fasade i vađenjem dva do tri bloka, što je vrlo lak proces i na taj način se ubrzava i olakšava evakuacija. Također je potrebno kretati se uz sami zid zbog nosivosti zida. Od topline požar se može lako prenijeti na tavanški prostor i druge katove. S obzirom da zidovi od bala slame ne upijaju i ne stvaraju visoke temperature, kao što to rade konvencionalno izgrađene kuće, otežan je prijenos požara na druge prostore. U svakome slučaju takve požare treba gasiti s jakim mlazovima vode nastupiti istovremeno odozdo i odozgo te ljestvama izvana. Na svim katovima treba postaviti snage za zaštitu i lokalizaciju požara, a stanare umiriti i zabraniti im otvaranje vrata prema stubištu. Ako je stubište od kamena opasno je gašenje vodom jer kamen puca iako je to u kući od slame puno teži slučaj jer se ne razvijaju toliko visoke temperature kao u klasičnoj kući. Ako je požar velikih razmjera, vrata prema stubištu treba hladiti, a tavan zaštititi.



Sl. 12. Prikaz gašenja požara u stubištu [11]

#### 5.4.2. Taktika gašenja požara tavanjskih prostorija i krovšta u kući od slame

Požari krovšta gase se unutarnjom, vanjskom ili kombiniranom navalom (slika 14.). Gašenje na visini i kretanje stubištima je dodatno otežano budući da uzgon i strujanje zraka pogoduju širenju požara te također postoji opasnost od urušavanja i uvlačenja plamena u međukatne drvene konstrukcije gdje se u tom slučaju moraju otvoriti konstrukcije i gasiti žarište požara. Kao i kod gašenja stanova važi pravilo o racionalnoj uporabi vode. Kod kuća od bala slame, što podrazumijeva korištenje zelenih krovova, otežava se širenje požara i povećanje visokih temperatura radi ugrađenih bala slama. Također, kod kuća od slame, vanjski sloj koji čini zemljana površina sprječava širenje i guši požare zbog određene pohrane vlage u sebi. Kao što smo vidjeli u pokusu paljenja zida od slame, krovovi također imaju veliku požarnu otpornost jer se u oba slučaja radi o konstrukciji od bala slame.

Požar **“zatvorene tavanjske konstrukcije”** gasi se kao i stan. Ako se unutarnjom navalom ne može doći do zone gorenja, krov se otvara oko 1,2 m<sup>2</sup> iznad središta požara. Nakon gašenja požara provjeravaju se zaostala žarišta (termovizijskom

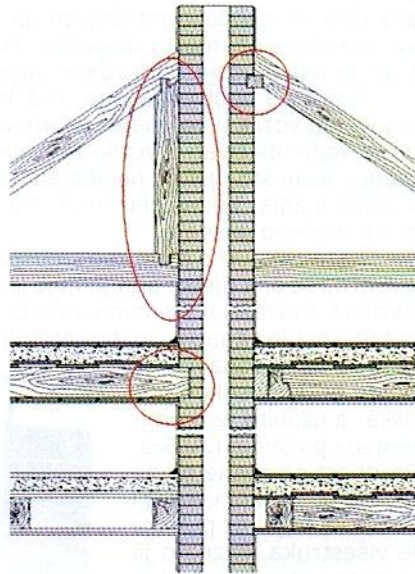
kamerom) i ista gase do kraja. Kada požar prijeđe u otvoreni krovni požar tada se gasi kombiniranom navalom, a kod većih krovova vrši se presijecanje krovišta 1,2 m širine sve do sljemena uz hlađenje poprečnih letvi i rogova. [11]



Sl. 12. Prikaz gašenja požara na krovu i tavanjskim prostorijama [11]

#### 5.4.3. Taktika gašenja čađe u dimnjaku na kući od slame

Ovi požari su česti zbog neredovitog čišćenja, i u načelu se ne gasi (slika 15.). Kvalitetna izvedba dimnjaka i okolni zidovi od bala slame jamče da se požar neće proširiti. Za sprječavanje širenja požara ostavlja se grupa za nadzor, a čađa izgara do kraja. Zatvara se otvor dimnjaka opekama i mokrim krpama čime se postiže učinak ugušenja, uklanjaju se gorivi predmeti od dimnjaka i ubacuje se prah kroz donja vrata za čišćenje. Dimnjak se nikako ne smije gasiti vodom i CO<sub>2</sub>. Nakon hlađenja obavlja se čišćenje dimnjaka i pregled okolnih konstrukcija. Rekonstrukcija je vrlo jednostavna zbog jednostavne prvobitne izgradnje. [11]



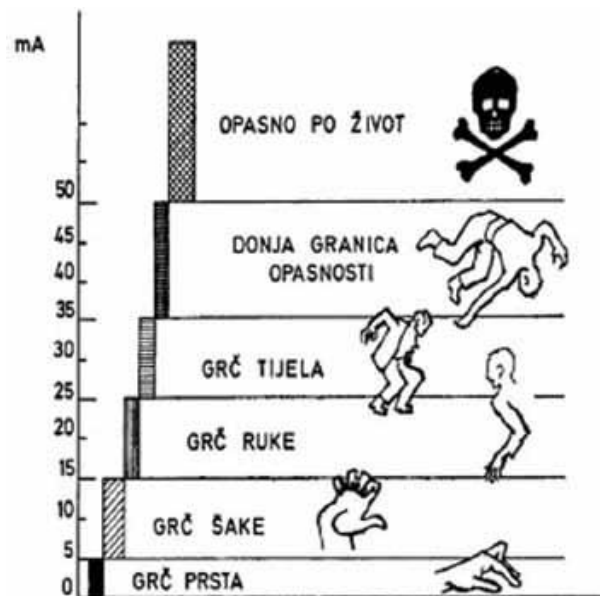
Sl. 13. Potencijalna mjesta nastanka požara na zidanim dimnjacima [11]

#### 5.4.4. Taktika gašenja požara na kućama od bala slame s ugrađenim fotonaponskim sustavom

S obzirom da se radi o nisko energetske kućama koriste se i fotonaponski paneli za električnu energiju. Za to je potrebna drukčija taktika u odnosu na požare kod klasičnih kuća i zgrada.

Kako se fotonaponski sustavi razlikuju od proizvođača i izvođača, tako i objekti imaju svoje specifičnosti koje se odnose na postavljanje navedenih sustava. Stoga, vatrogasci u hitnoj intervenciji naprosto ne mogu pronaći i prepoznati ključne uređaje koji bi smanjili opasnost jer ne postoji standard koji bi uvjetovao točno određena mjesta postavljanja komponenti fotonaponskih sustava. Glavna opasnost povezana s primjenom fotonaponskog postrojenja je električna struja. Naime, neugodna je činjenica da sustav fotonaponskih panela može na prosječnom krovu generirati istosmjernu struju napona od 1000 V, koja pri danjem svjetlu trajno teče iz instalacije, bez obzira na sklopke, osigurače ili automate postavljene na lako dostupnim mjestima. Propisi utvrđuju visinu dopuštenog napona dodira na vrijednost od 50 V za izmjeničnu struju koja je dozvoljena da se održava neograničeno vrijeme pri utvrđenim uvjetima vanjskih utjecaja (slika 16). Dopušteni naponi dodira za

istosmjernu struju propisani su na 120 V. Ako se iz bilo kojeg razloga tijelo čovjeka uključi u strujni krug u kojem djeluje neki od navedenih napona, kroz tijelo će protjecati struja odgovarajuće jakosti određena otporom tijela i prolaznim otporom između čovjeka i zemlje. [12]



Sl. 14. Dijagram posljedica za čovjeka uključivanjem u strujni krug [12]

Prilikom intervencije vatrogasaca na fotonaponskim sustavima možemo očekivati napon koji se kreće od 600 pa do 1000 V. Iz čega se može zaključiti da je jakost struje prilikom izravnog dodira dovoljno velika da izazove smrt u trajanju prolaza kraćem i od jedne sekunde. No, mnogi su fotonaponski sustavi opremljeni baterijama u kojima se pohranjuje električna energija, pa i one u požaru dodatno kompliciraju situaciju. Baterije u požaru stvaraju pare i plinove koji su izuzetno korozivni te može doći i do propuštanja elektrolita iz baterije koji mogu reagirati sa drugim metalima i proizvoditi otrovne, kao i potencijalno zapaljive i eksplozivne plinove. Postoje još dodatne opasnosti kod gašenja fotonaponskih panela. Za vrijeme požara ili eksplozije, može doći do izlaganja vatrogasaca vrlo opasnim kemikalijama koje su nošene prvo plamenom, onda se raspršuju u dimu, a neke od njih su i kancerogene. Pod dodatnim opasnostima se može navesti i pad konstrukcije s fotonaponskim

panelima, urušavanje krovne konstrukcije zbog dodatne težine, prsnuće fotonaponskog modula uslijed djelovanja topline ili djelovanja vatrogasaca. [12]



## 6. GRADNJA KUĆA BALAMA SLAME

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, dljeteta, 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, trimmer sa plastičnom niti, električne ili ručne škare za živicu za završno oblikovanje zidova pred žbukanje, metalne igle za prekrajanje bala, zatezače, vreće za sakupljanje slame, plastično užje, sprej za označavanje. Alati, strojevi i oprema za žbukanje i završnu obradu zidova su: posude za namakanje i miješanje gline, miješalica 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]

### 6.1. Pripremni radovi

#### 6.1.1. Ideja

Viziju svoje idealne kuće nosi svatko u sebi. Inspiraciju za razne oblike i kreativna rješenja lako se mogu pronaći 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. Potrebno je dobro razmisliti o stvarnim potrebama i mogućnostima kako čovjek ne bi postao rob prevelikih, nikad dovršenih i preskupih kuća. Isto tako treba biti realan oko svog životnog stila i očekivanja od svog novog doma. Koliko vremena provedemo planirajući i razrađujući svoj projekt toliko će biti jasnija, preciznija i jeftinija izvedba. [1]

### 6.1.2. Dizajn i dokumentacija

Čitanje krajobraza s ciljem uklapanja objekta u okoliš je pretpostavka svakog uspješno izvedenog projekta. Time se postiže jedinstvo zgrade i vrta. Smisao dizajniranja je razumjeti što se događa oko nas i tim se uvjetima prilagoditi; potrebno je 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 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 je moguće testirati određenu građevinsku tehniku i graditi jednostavne, male projekte, ali za gradnju većeg projekta, nacrtu je nužno 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.

### 6.1.3. 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.

### 6.1.4. Pripremni radovi i raspored gradnje

Pokazalo se iz raznih iskustava 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 krovišta 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 krovište

možemo postaviti i završni krovni pokrov i 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. [1]

#### 6.1.5. 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 koordinira 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. Osigurava se dodatni nadzor gradilišta i to nepristranom stručnom osobom, sukladno zakonskim propisima o građenju.

### 6.2. 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. Podatci o vrsti i kvaliteti zemljišta mogu se dobiti u lokalnom uredu za graditeljstvo, a gotovo sve potrebne informacije o kvaliteti tla na kojem se gradi mogu se 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 temelja. S druge strane postoje 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 ukupna masa građevine je 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 betonom. 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. [1]

### **6.3. Drvena konstrukcija**

Drvo je obnovljivi materijal, dobrih statičkih svojstava. Često je lokalno dostupan. Lako se obrađuje i ugrađuje. Prednosti drvene konstrukcije su mogućnost građenja zahtjevnih oblika i višekatnih građevina, te lakše ugrađivanje prozora i vrata. Kada izvedemo drvenu konstrukciju i krovšte, možemo postaviti i krovni pokrov, te na taj način imamo idealne uvjete za rad sa slamom na suhom. Toplinski most je manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela. Drvo kao materijal po sastavu je slično slami (celuloza). Pravilno izvedena konstrukcija mora izbjeći kondenzaciju vlage i toplinske mostove, a s konstrukcijskim materijalima poput betona, metala 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.

### 6.3.1. Noseći stupovi i krovništa

Izrada drvene konstrukcije, podova, etaža i krovništa 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 znanjem i iskustvom o konstrukcijama. 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.

### 6.3.2. Zaštita drvene građe

Sva drvena konstrukcijska građa teoretski može biti napadnuta od nametnika - kornjaša i crvotočine. No, ako promatramo krovništa 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. Ekološko rješenje je i zaštita lanenim uljem ili terpentinom.

## 6.4. 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. 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. 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. Krovni pokrov također može biti od različitih materijala. Najčešći krovovi kod nas su s glinenim crjepovima 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. [1]

#### 6.4.1. Zeleni krovovi

„Prema novoj arhitekturi“ zelenu površinu koju smo ‘izgubili‘ gradnjom kuće treba nadoknaditi na krovu. (slika 18.)



Sl. 16. Zeleni krov [1]

Tipovi zelenog krova koji postoje na kućama od slamnatih bala su:

- 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

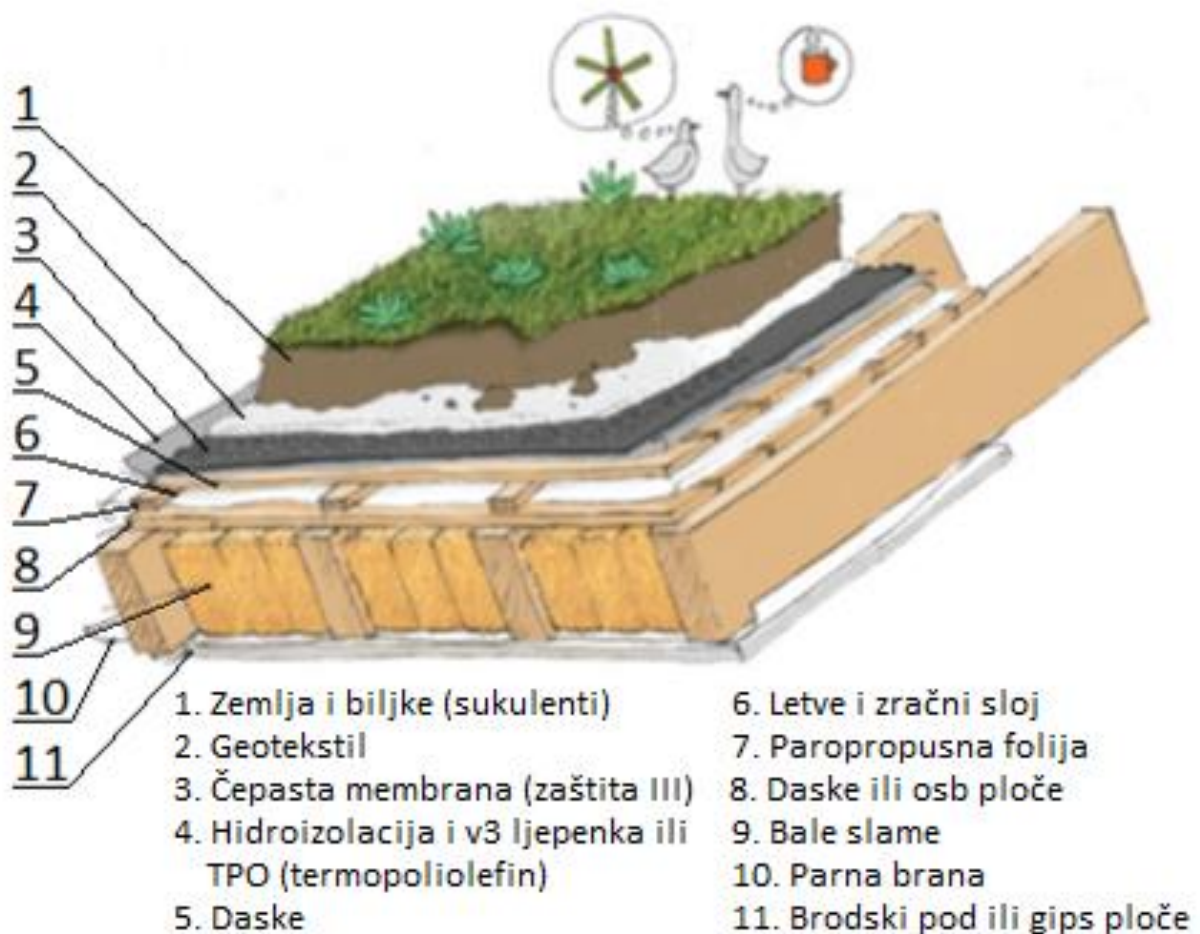
- EKSTENZIVNI KROVNI VRT je krovni vrt ozelenjen biljem koje dobro podnosi ekstremne uvjete na krovu bez posebnog održavanja. Debljina supstrata ovisno o bilju i drenažno-akumulacijskom sloju i iznosi 4-12 cm. Predviđena je sadnja sukulenata, mahovina i livadnog bilja
- JEDNOSTAVNI INTENZIVNI KROVNI 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  $\geq 20$  cm omogućava sadnju raznolikog bilja. Travnjaci, trajnice i ljetnice, grmlje i drveće u pravilu zahtijevaju redovito održavanje, prihranu i navodnjavanje. Intenzivni krovni vrt namijenjen je korištenju u svrhu rekreacije, odmora i rekreacije, uzgoja povrća i sl.

Prednosti zelenih krovova su: pročišćavanje zraka od smoga, apsorpcija prašine, štetnih plinova (1 m<sup>2</sup> 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. [1]

#### 6.4.2. Toplinska izolacija krova

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 ekološkijih proizvodnih procesa i manjeg utroška energije u proizvodnji. Kao i kod slame, lokalno dobavljivi materijali su ekološki povoljniji od uvoznih materijala. Ovcja 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 19.)





## 6.5. Zidovi od bala 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 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/m<sup>3</sup>, što znači da tipična bala

dimenzija 90 x 35 x 50 cm (0,1575 m<sup>3</sup>) mora težiti oko 15-16 kg. 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. Količina tj. broj bala slame se određuje na osnovu projekta odnosno 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. [1]

## 6.6. 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 okomitostima 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.

## 6.7. 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.

**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. Neophodna je kvalitetna izvedba instalacija i po pravilima struke. [1]

## 7. PROPISI O UPORABI MATERIJALA I GRAĐENJU OBJEKTA OD BALA SLAME

Korištenje bala slame pri gradnji obiteljskih kuća do 400 m<sup>2</sup> u Republici 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
- ako se može dokazati uporabljivost u skladu s projektom građevine i važećim tehničkim propisom.

Za građevne proizvode koji nisu opisani normom regulativa predviđa ishođenje 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.

Dokaz o uporabljivosti građevnog proizvoda s obzirom na zahtjeve u građevinarstvu važan je i s aspekta osiguranja kuće. U Tehničkom propisu o građevnim proizvodima (NN 33/10, čl. 7, st. 1 i 2) je navedeno:

- 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.

## 8. ZAKLJUČAK

1. Kombinacijom moderne tehnologije i lokalnih materijala može se napraviti veoma kvalitetan proizvod na licu mjesta, bez povećane potrebe za proizvodnjom i prijevozom, potpuno održiv, ekološki prihvatljiv te siguran za stanovanje, a to je kuća od slame.
2. Utvrdili smo da kuća od slame može konkurirati konvencionalnoj izgradnji po mnogim pitanjima, kao što su: ekonomska isplativost izgradnje, energetska isplativost, idealna funkcija u vlažnim i suhim uvjetima, rasprostranjenost materijala, seizmička izdržljivost, itd.
3. Dokazano je da kuća od slame jako dobro odolijeva po pitanju izdržljivosti na vatru dok se vatrogasna intervencija izvodi puno jednostavnije, sigurnije i učinkovitije nego kod kuća konvencionalne gradnje.
4. Vrlo je značajno ovakvu gradnju poticati zbog njene ekološke i sigurnosne funkcije te njenih fizičkih značajki i otpornosti, te budućim generacijama ostaviti kao kvalitetu a ne kao kvantitetu.
5. Sigurnost i zaštita stanovanja i okoliša u kući od slame u odnosu na konvencionalnu gradnju su i više nego zadovoljavajući. Svojom održivom gradnjom i održavanjem spada u visoko energetske efikasne kuće sigurne za stanovanje i okoliš kako tijekom stanovanja tako za vrijeme izgradnje i rušenja.

## 9. LITERATURA

- [1.] **Šišak M., Rodik D.:** „*Zeleni alati: Gradimo slamom*“, priručnik, Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG), Zagreb, (2013.), ISBN 978-953-98985-3-1.
- [2.] **Glasnović Z., Horvat, J., Omahać, D.:** „*Slama kao superiorni građevinski materijal*“, Tehnoeko, Zagreb, (2008.), 3, 14-17.  
<https://www.fkit.unizg.hr/news/31890/Tehnoeko%20-%20Slama.pdf>, pristupljeno: 20.08.2016.
- [3.] **Glasnović Z., Sesartić, M. Margeta, K.:** „*Slama kao građevni materijal*“, Građevinar, Zagreb, **62** (2010.), 3, 267-271.
- [4.] **Jones B.,** „*Priručnik za gradnju kuća od bala slame*“, DataArt+ Studio, Mursko Središće, (2006.), ISBN 953-7186-07-5.
- [5.] **Ashour T.,** „*The use of renewable agricultural by-Products as building materials*“, Doktorska disertacija, Faculty of Agriculture, Benha University Moshtohor, Toukh, Kaliobia, Egypt (2003.).  
[https://www.researchgate.net/publication/282134624\\_The\\_use\\_of\\_renewable\\_agricultural\\_by-Products\\_as\\_building\\_materials](https://www.researchgate.net/publication/282134624_The_use_of_renewable_agricultural_by-Products_as_building_materials), pristupljeno: 18.08.2016.
- [6.] **Vidaček S.,** „*Kriminalistički pristup utvrđivanja uzroka požara u građevinama i suradnja s vatrogasnom službom*“, Specijalistički rad, Visoka škola za sigurnost, Zagreb (2015.).
- [7.] **Narodne novine br. NN 33/10; 87/10, 146/10, 81/11, 100/11, 130/12, 81/13, 136/14 i 119/15,** „*Tehnički propis o građevnim proizvodima*“, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Zagreb.
- [8.] **Šare A.,** „*Energetski nezavisna zgrada kao energetska postrojenja*“, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, (2010.).

- [9.] **Intertekn ETL Semko:** „*Fire Test of Building Construction and Materials. 2-HR Resistance test of a non-loadbearing wheat straw bale wall*“. San Rafael. CA., [http://www.ecobuildnetwork.org/images/straw\\_bale\\_papers/Fire\\_Tests\\_ASTgdiE119-05a\\_2HR\\_Nonloadbearing\\_Cement\\_Stucco\\_Wall\\_Intertek\\_2007.pdf](http://www.ecobuildnetwork.org/images/straw_bale_papers/Fire_Tests_ASTgdiE119-05a_2HR_Nonloadbearing_Cement_Stucco_Wall_Intertek_2007.pdf), pristupljeno: [03.08.2016.](#)
- [10.] **HVZ (Hrvatska vatrogasna zajednica):** „*Osnove taktike*“, <http://www.hvz.hr/osnove-taktike/>, pristupljeno: 15.08.2016.
- [11.] **Todorovski Đ.:** „*Zaštita od požara*“, prezentacija, kolegij „Zaštita od požara i eksplozija“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac (ak. god. 2012/2013.).
- [12.] **Šipuš M.,** „*Gašenje požara na objektima s ugrađenim fotonaponskim sustavom*“, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, V, (2015.) 2, 41-56.

## 10. PRILOZI

### 10.1. Popis slika

POPIS SLIKA	
Stranica	
Sl. 1. Kuća „Maison Feuillette“ u Montargisu .....	5
Sl. 2. Prva moderna kuća od slame, Vinkovci.....	6
Sl. 3. Kuća od bala slame, Vukomeričke gorice.....	6
Sl. 4. Raspodjela potrošnje energije u prosječnom kućanstvu.....	7
Sl. 5. Ukupna energetska bilanca kod stambenih objekata .....	8
Sl. 6. Pasivni solarni dizajn .....	9
Sl. 7. Utjecaj različitih gustoća bala slame na deformaciju pri vertikalno i horizontalno orijentiranim vlaknima slame.....	24
Sl. 8. Test izdržljivosti i pritiska bale slame.....	21
Sl. 9. Zid od balirane slame na početku ispitivanja, u sredini strana koja nije izložena vatri a sa desne je izložena strana zida .....	25
Sl. 10. Zid od balirane slame nakon dva sata ispitivanja i ugašenog požara, u sredini strana koja nije izložena vatri a sa desne je izložena strana zida.....	26
Sl. 11. Prikaz požara u zatvorenoj prostoriji kroz 4 faze .....	28
Sl. 12. Prikaz gašenja požara u stubištu.....	32
Sl. 13. Prikaz gašenja požara na krovu i tavanjskim prostorijama .....	33
Sl. 14. Potencijalna mjesta nastanka požara na zidanim dimnjacima.....	34
Sl. 15. Dijagram posljedica za čovjeka uključivanjem u strujni krug .....	35



Sl. 16. Zeleni krov .....	42
Sl. 17. Presjek izolacije balama slame i zelenog krova .....	45

## 10.2. Popis tablica

### POPIS TABLICA

	Stranica
Tab. 1. Prikaz zasijane površine i dobiti .....	11
Tab. 2. Toplinska svojstva bala pšenične slame pri različitim gustoćama.....	13
Tab. 3. Prikaz toplinske vodljivosti raznih materijala.....	14
Tab. 4. Potrošnja toplinske energije različitih tipova kuća .....	15
Tab. 5. Klasifikacija vatrootpornosti prema HRN DIN 4102 .....	18
Tab. 6. Prikaz stanja bale slame u određenom vremenu pod utjecajem požara.....	24

## 10.3. Popis simbola

### POPIS SIMBOLA (KORIŠTENIH KRATICA)

ZMAG	Zelena mreža aktivističkih grupa
VOC	Hlapljivi organski spojevi (formaldehid, etil acetat, toluen, ksilen)
PVC	Polivinilklorid
CAFS	Sustav za gašenje komprimiranom pjenom

UV	Ultraljubičasto zračenje
ABC prah	Prah za gašenje požara klase A, B i C
ABCD prah	Prah za gašenje požara klase A, B, C i D
FM-200	Plin, kemijske formule $\text{CF}_3\text{CHCF}_3$
Novec 1230	Plin, kemijske formule $(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$
Prah D	Prah za gašenje požara klase D
ETA	Europsko tehničkodopuštenje
TD	Hrvatsko tehničko dopuštenje