

2010/2

Arhitektura, raziskave
Architecture, Research

UDK 72 : 691.12
COBISS 1.02

LARISA BROJAN

53 - 58

**EKOLOŠKE IN ENERGIJSKO
VARČNE HIŠE IZ SLAMNATIH BAL**

***ECOLOGICAL AND ENERGY SAVING
STRAW-BALE HOUSES***



Fakulteta za arhitekturo
Inštitut za arhitekturo in prostor
Ljubljana 2010

ISSN 1580-5573

AR

Arhitektura, raziskave
Architecture, Research
2010/2



Fakulteta za arhitekturo
Inštitut za arhitekturo in prostor
Ljubljana 2010

AR

Arhitektura, raziskave / *Architecture, Research*

Fakulteta za arhitekturo
Inštitut za arhitekturo in prostor

ISSN 1580-5573
ISSN 1581-6974 (internet)
<http://www.fa.uni-lj.si/ar/>

revija izhaja dvakrat letno / published twice a year
urednik / editor
Borut Juvanec

regionalna urednika / regional editors
Grigor Doytchinov, Avstrija
Lenko Pleština, Hrvaška

uredniški odbor / editorial board
prof dr Vladimir Brezar
prof dr Peter Fister
prof dr Borut Juvanec
prof dr Igor Kalčič
doc dr Ljubo Lah

znanstveni svet / scientific council
prof dr Paul Oliver, Oxford
prof Christian Lassure, Pariz
prof Enzo d'Angelo, Firenze

recenzentski svet / supervising council
prof dr Kaliopa Dimitrovska Andrews
akademik dr Igor Grabec
prof dr Hasso Hohmann, Gradec
prof mag Peter Gabrijelčič, dekan FA

tehnični urednik / technical editor
doc dr Domen Zupančič

prelom / setting
Astroni d.o.o.

lektoriranje, .slovenščina / proofreading, Slovenian
Karmen Sluga

prevodi, angleščina / translations, English
Milan Stepanovič, Studio PHI d.o.o.

klasifikacija / classification
mag Doris Dekleva-Smrekar, CTK UL

uredništvo AR / AR editing
Fakulteta za arhitekturo
Zoisova 12
1000 Ljubljana
Slovenija
urednistvo.ar@fa.uni-lj.si

naročanje / subscription
cena številke je 17,60 EUR / price per issue 17,60 EUR
za študente 10,60 EUR / student price 10,60 EUR
urednistvo.ar@fa.uni-lj.si

revija je vpisana v razvid medijev pri MK pod številko 50
revija je indeksirana: Cobiss, ICONDA

za vsebino člankov odgovarjajo avtorji / authors are responsible for their articles

revijo sofinancirata / cofinanced

JAK, Javna agencija za knjigo RS

tisk / printing
Tiskarna Pleško

Uvodnik / Editorial	i
Poklon / Tribute to	5
V spomin / In memoriam	9
Članki / Articles	
Igor Toš	13
Antropologija in vernakularno kot izvora razumevanja antropogenega okolja / <i>Anthropology and Vernacular Architecture as Sources for Understanding the Anthropogenic Environment</i>	
Beatriz Tomšič Čerkez	23
Arhitektura med gradnjo in rušenjem identitete / <i>Architecture Between Building and Destroying Identity</i>	
Vjekoslava Sankovic Simčić	31
Integracija staro-novo / <i>Integrating the Old and New</i>	
Martina Zbašnik-Senegačnik, Andrej Senegačnik	41
Prednosti pasivne hiše / <i>The Advantages of Passive Houses</i>	
Alexander G. Keul	47
Vrednotenje večnadstropnih avstrijskih pasivnih stanovanjskih zgradb po vselitvi / <i>Post-occupancy Evaluation of Multistorey Austrian Passive Housing Properties</i>	
Larisa Brojan	53
Ekološke in energijsko varčne hiše iz slamnatih bal / <i>Ecological and Energy Saving Straw-bale Houses</i>	
Biljana Arandjelovic, Ana Momčilovic-Petronijevic	59
Arhitektura vodnih mlinov v južni Srbiji / <i>The Water Mills Architecture in the South of Serbia</i>	
Saša Krajnc	63
Avtorska pravica kot instrument zaščite arhitekturnih del / <i>Copyright as an Instrument of Protection of Architectural Works</i>	
Peter Marolt	71
Sinergija misli, slikarstva in oblikovanja prostora na daljnem vzhodu / <i>The Synergy of Mind, Painting and Spatial Design in the Far East</i>	

izvleček

Gradnja s slamnatimi balami v času, ko je velik poudarek na okolju prijazni gradnji, dobiva nove razsežnosti. Dolgo časa je bila aktualna le v krogu ljudi, ki so želeli graditi in bivati skladno z naravo, vse pogosteje pa je možno zaslediti koncepte moderne gradnje, kjer je predvidena uporaba slamnatih bal. Primerjava bilanc porabljene energije za proizvodnjo različnih gradiv razkriva, da je poraba energije pri izdelavi slamnatih bal izjemno nizka, kar pomeni, da ima gradnja s slamnatimi balami minimalen ogljikov in ekološki odtis. Slama namesto sproščanja ogljika v atmosfero, predstavlja shranjevalnik ogljika.

Slama kot ostanek pridelovanja različnih vrst žit je na voljo v ogromnih količinah, tudi v Sloveniji. Redki primeri gradnje s slamo v našem prostoru so lokalna atrakcija in vzbujajo dodatno zanimanje ter posledično odločanje posameznikov k izbiri tega materiala.

Smiselnost uporabe slame kot gradbenega materiala dokazujejo tudi predstavljeni primeri. Vključevanje in uporaba slame je popolnoma primerno tudi za gradnjo v mestnem prostoru in ne le za izven mestne projekte.

ključne besede

slama, konstrukcija, mesto, ekološki in ogljikov odtis

Gradnja s slamnatimi balami

Začetki gradnje s slamnatimi balami segajo v konec 19. stoletja, ko so v Nebraski (ZDA) zgradili prvi tovrsten objekt. Nekateri od teh objektov stojijo še danes in so stari preko sto let. Takratni razlog za izbor slame kot gradbenega materiala je bila predvsem ekonomska stiska graditelja. Uporabljen način gradnje se je izkazal za zanesljivega, zaradi česar se je začel pojavljati vse pogosteje tudi v današnji praksi.

Najbolj razširjena sta dva sistema gradnje s slamnatimi balami in sicer samonosna slamnata konstrukcija ter skeletna konstrukcija s polnilom slame. Samonosna slamnata konstrukcija, imenovana tudi Nebraska style, je grajena po principu gradnje z opeko, to je polovično zamikanje med vrstami, medtem ko pri skeletni gradnji, največkrat gre za lesen skelet, se bale slame uporabi kot polnilo. Pri obeh sistemih gradnja temelji na principu ročne vgradnje in na skupinskem delu. Na trgu gradbenih materialov je možno zaslediti tudi t.i. slamnate prefabrikate. V tem primeru gre za princip montažne gradnje z lesenimi okvirji, polnjenimi z balami slame.

Kot vsaka tehnologija in gradivo, ima tudi uporaba slame prednosti in slabosti. Pri izvedbi moramo posebno pozornost nameniti reševanju detajlov ter s tem preprečiti previsoko vsebnost vlage v slami, možnost požara, vdor živali in mikroorganizmov. Slama mora biti zaščitena s slojem, ki varuje slamo pred različnimi nepravilnostmi. Najbolj pogosta je obdelava z ilovnatim ometom na notranji strani ter apneno malto na zunanji. Namesto apnene malte lahko uporabljamo cementno, vendar v primerjavi z apneno, cementna malta manj diha. Pogost način je tudi zapiranje z lesom, v nekaterih primerih s steklom. Praviloma slama na pogled ni vidna in tako za mnoge

abstract

Straw-bale construction acquires new dimensions in this time, which is emphasising environmentfriendly construction. Over a long period of time it has been popular only within a circle of people who wished to build and live in harmony with nature, but ever more frequently we may come upon modern concepts of construction which envisage the use of straw-bales. Comparing the energy requirements for manufacturing various building materials reveals that energy consumption in the manufacture of straw-bales is extremely low, which means that straw-bale construction results in a minimum carbon and ecological footprint. Straw - rather than emitting carbon - acts as a carbon sink. Straw as a remnant of the harvest of different cereals is available in huge quantities in Slovenia. The rare cases of straw-bale construction in our country are local attractions and arouse additional interest, and consequently influence the decisions of individuals to use this building material.

The examples presented prove that the use of straw as a building material is a reasonable choice. The inclusion and use of straw in construction is also perfectly appropriate for building in urban areas, and not only for out-of-town projects.

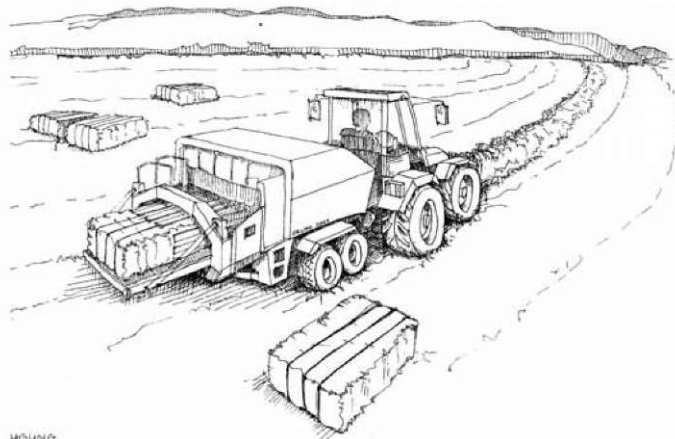
key words

straw, construction, town, carbon emissions

objekte niti ne vemo, da je osnovno gradivo slama.

Ključnega pomena pri takšni gradnji je kakovost uporabljenih bal. Slama mora biti čista, to pomeni, da ne vsebuje semen, plevelov in drugih tujkov. Posamezno steblo mora biti dolgo, debelo in čim manj krat prelomljeno. Prav tako je pomembna svežost slame, ki jo določajo barva, vonj in otip.

Pri gradnji izbranega objekta je pomembno, da so uporabljene bale čim bolj enotnih lastnosti. Bale morajo biti kompaktno, kar preverimo z različnimi enostavnimi preizkusi [Lacinski et al. 2000: 79-81]; obliko mora obdržati in se ne sme razlesti, ko stopimo nanjo ali jo spustimo z nižje višine, vanjo brcnemo ali jo stresemo.



Slika 1: Proces izdelave slamnatih bal se izvede nekaj dni po žetvi [vir:http://www.s-house.at/S-House_Broschuere.pdf].

Figure 1: The straw-baling is done a few days after harvest.

Dimenzije, masa in gostota slamnatih bal so odvisne od načina baliranja. Minke [2005: 19-20] v svojem delu predstavi tri vrste bal; majhne, srednje in velike bale. Okvirne dimenzije majhnih bal so 35cm x 50 cm x 50-100 cm, gostota bal pa je med 80kg/m³ in 120 kg/m³. Srednje velike bale merijo približno 50cm x 80cm x 70-240 cm, velike ali »jumbo« bale pa imajo naslednje dimenzije 70cm x 120cm x 100-300cm. Slednje so navadno uporabljene pri gradnji samonosnih konstrukcij, praviloma skladišč, premika pa se jih lahko izključno s pomočjo strojne mehanizacije, saj je gostota bal med 180 kg/m³ in 200 kg/m³. Najpogosteje se uporabljajo majhne bale, saj so zaradi svoje velikosti priročne za ročno vgradnjo, ki je relativno enostavna in se je lahko loti vsak.

Da se izognemo neprijetnostim po dokončanju, je izjemnega pomena suhost bal, ki ne sme vsebovati več kot 14-16% vlage in ne sme kazati znakov plesni ali gnilobe [Lacinski et al. 2000: 77]. To dosežemo tako, da sta žetev in sušenje opravljena v suhem vremenu, slama pa ni izpostavljena dežju oziroma drugim virom vlage.

Corum [2005: 53] pravi, daje pri izdelavi slamnatih bal ključnega pomena njihova zvezanost, saj je od kakovosti zvezanosti odvisno prenašanje obremenitev. Sprejemljivo je povezovanje z jekleno žico, vendar obstaja možnost kondenzacije znotraj bale ter pojav rje na jekleni žici. Prav tako ni priporočljivo vezanje z vrvo iz organskih vlaken, saj po določenem času popusti ali pa jo napade gniloba. Najbolj priljubljeno in tudi najbolj priporočljivo je povezovanje/zavezovanje z močnimi polipropilenskimimi vrvicami, ki ne popustijo niti v primeru izpostavljenosti vlagi ali soncu.

Redki primeri gradnje s slamo so lokalna atrakcija in vzbujajo dodatno zanimanje ter posledično odločanje posameznikov k izbiri tega materiala. Izbira slame pri gradnji je stvar investitorja/uporabnika, pri čemer za nekatere izbira slame ne predstavlja večjih težav, nekaterim vzbuja pomisleke, spet tretji jo kategorično zavračajo.

Življenjski cikel slamnatih bal

Življenjski cikel gradiva je sestavljen iz več faz in prav vsaka potrebuje vnos določene količine energije. Faze življenjskega ciklusa se praviloma izvajajo na različnih lokacijah (mestih) ter se povezujejo s transportom. Pridobivanje surovin v kamnolomu, glinokopu, gozdovih, itn. se izvaja na enem mestu in se jih prepelje na mesto obrata, kjer poteka proizvodnja polizdelkov ali končnih izdelkov. Številna gradiva so navadno prepeljana v skladišča, kjer so do morebitnega nakupa. Prodaji sledijo vgradnja, uporaba in morebitna odstranitev.

Pridobivanje surovin

Pridobivanje surovin, slame, poteka sočasno s procesom žetve. Ko žito dozori, je na vrsti žetev. Na polju ostanejo žitne bili, ki olesenijo in to imenujemo slama. Ker je količina le-te ogromna pri vsaki letini, njena razgradnja pa je dolgoleten proces, jo je potrebno odstraniti ter preorati strnišče in pripraviti obdelovalno površino za novo setev.

Izdelava slamnatih bal

Osnovna oblika bale je kvader različnih velikosti in razmerji stranic, kar se do določene meje regulira pri posameznem stroju za baliranje. Bale v obliki kvadra najpogosteje izdelujejo na manjših pridelovalnih površinah, medtem ko na večjih

obdelovalnih površinah, več hektarjev, navadno uporabljajo balirničke za izdelavo valjastih bal s premerom med 1,2 m in 1,5 m ter višine od 1,5 do 1,8 m [http://www.mehanizacija-miler.si/krone/balirke_comprima]. Izdelava bale z ustrezno strojno mehanizacijo je preprost in hiter proces. Tako se za izdelavo 86 bal dimenzij 30x50x90 na površini 0,87 arov se potrebuje 42 min ali 29 s/balo.

Skladiščenje

Z vidika kakovosti gradnje je najbolj primerna uporaba svežih bal, saj je najbolj gotovo, da se v bali niso naselili tujki. Ob primernem skladiščenju starost slame ni pomembna, ključnega pomena pa so pogoji, pod katerimi so bale shranjene. Pri balah namenjenih gradnji naj bo čas skladiščenja čim krajši. V vsakem primeru je nujno potrebna dobra zaščita pred glodavci, požarom in vlago, ki tudi najbolj ogroža obstoj slame.

Prodaja

Najbolj primerna je uporaba svežih bal, zato je priporočljivo, da se po baliranju bale odpelje na mesto vgradnje in jih primerno zaščiti. Ustaljena praksa kaže, da je praviloma odkup bal opravljen neposredno v navezavi pridelovalec in investitor/uporabnik.

Vgradnja slamnatih bal

Vgradnja slamnatih bal je relativno preprosta. Pri gradnji s slamnatimi balami največkrat sodelujejo ljudje, ki jih takšen način gradnje zanima. Gradnja navadno poteka precej hitro, predvsem zato, da se bale čim prej zaščitijo pred vlago in morebitnim vdorom tujkov v bale, obenem pa je tudi nevarnost požara ravno v času gradnje največja.

Uporaba

S kakovostno izvedbo in s premišljenim reševanjem številnih detajlov lahko pri gradnji s slamnatimi balami dosežemo standard nizko energijske hiše ali celo standard pasivne hiše, kot npr. S-house v Avstriji. Lastnosti, ki odlikujejo gradnjo z balami slame sta predvsem dobra zvočna in toplotna izolativnost. V aktualnem pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah [UL, 52/2010] je predpisana toplotna prehodnost zunanjih zidov $U_{max} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pri gradnji s slamo dosežemo brez težav. Toplotna prevodnost (X) slamnate bale znaša od 0,045 do 0,061 WmK [Atkinson, 2008: 30].

1 T 2 3 t 4 T 5 6 7

Tipičen življenjski cikel gradiv.

1 2 3 4 T 5 6 7

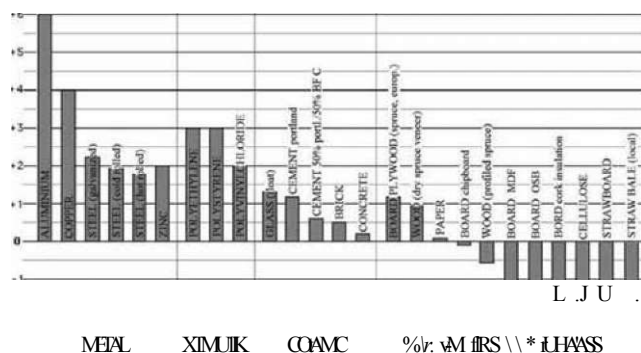
Življenjski cikel bal slame.

1. pridobivanje surovin; 2. proizvodnja (pol)izdelkov; 3 skladiščenje
4. prodaja; 5. vgradnja; 6. uporaba; 7. odstranitev;
T transport

Slika 2: Življenjski cikel gradiv in življenjski cikel slamnatih bal.
Figure 2: Life cycles of building materials and straw-bales.

Poraba energije

Primerjava bilanc porabljenega energije za proizvodnjo različnih gradiv razkriva, da je poraba energije pri izdelavi slamnatih bal izjemno nizka, kar pomeni, da ima gradnja minimalen ogljikov in ekološki odtis. Siva energija slamnatih bal je pribl. 4kWh/m³, kar je 150 krat manj, kot je siva energija betona ali 360 krat manj, kot pri izdelavi opeke [Atkinson, 2008: 15].



Slika 3: Vrednosti kažejo količino sproščenega CO₂ pri proizvodnji 1kg petindvajsetih različnih gradiv [vir: Wihan, 2007: 17].

Figure 3: The quantities of CO₂ emissions in the production of 1 kg of various building materials.

Na sliki 3 so prikazane količine CO₂, ki se sprosti pri fazi proizvodnje enega kg različnih gradiv. Avtor tabele Wihan [2007: 17-18] negativno vrednost sproščenega CO₂ utemelji z naslednjim izračunom:

Poraba energije pri izdelavi slamnatih bal je 0,24 MJ/kg. V povprečju se pri sproščanju 1MJ energije proizvede 0,098 kg CO₂:

$$(0,24 \text{ MJ} \times 0,098 \text{ kg}) / 1 \text{ MJ} = 0,024 \text{ kg}$$

Od tod sledi, da za 1kg slame porabimo 0,24MJ energije, pri tem pa se sprosti 0,024 kg CO₂.

Slama vsebuje 60% ogljika (C) na enoto mase, kar pomeni, da 1 kg slame vsebuje 0,6 kg C. 1kg ogljika v navzočnosti kisika tvori približno 3,7 kg CO₂:

$$0,6 \text{ kg} \times 3,7 \text{ kg} = 2,22 \text{ kg}$$

Od tod sledi, daje v 1kg slame shranjeno 2,22 kg CO₂.

Končna količina sproščenega CO₂ sledi iz razlike sproščene količine CO₂ pri baliranju ter shranjene količine CO₂:

$$0,024 - 2,22 = - 2,196 \text{ kg}$$

Predstavljen izračun je približen, končen rezultat pa je odvisen od številnih dejavnikov; uporabljen stroj za baliranje, vrsta slame, itn.

Vsekakor pa izračun dokazuje smiselnost uporabe ne le slame, temveč tudi drugih organskih gradiv, ki v primerjavi s konvencionalnimi gradivi vsebujejo veliko nižjo vrednost sive energije in se pri proizvodnji sprošča veliko manj CO₂. Slama namesto sproščanja ogljika v atmosfero, predstavlja shranjevalnik ogljika [http://www.newtonhouse.info/straw.htm].



Slika 4: Žitno klasje pred žetvijo.

Figure 4: Ears of wheat before harvest.

Problematika kopičenja slame

Večje količine odvečne slame so ponavadi požgali ali pa zakopali v zemljo, oboje pa je z ekološkega vidika problematično. Pri sežiganju se sproščajo velike količine ogljikovega dioksida. Po pisanju Swentzell - Steenove [1994: 27] je bilo v začetku 1990 vsako jesen samo v Kaliforniji (ZDA) požgane blizu milijon ton riževe slame, pri čemer se je po ocenah sprostil več kot 56 tisoč ton ogljikovega dioksida letno, kar je dvakratna količina celotne količine izpusta vseh kalifornijskih elektrarn. Na pobudo za izvajanje ukrepov za zmanjševanje količine toplogrednih plinov so številne zvezne države sprejele zakon o prepovedi sežiganja slame.

Druga problematika se nanaša na razgrajevanje slame. Preprost preizkus o dolžini razgradnje slame predstavi Wihan [2007: 24], kjer so 20 cm globoko v zemljo zakopali žaganje, lesene oblanice, razrezan časopisni papir ter slamo. Po štirih mesecih so se leseni oblanci ter žaganje skoraj popolnoma razgradili, medtem ko je bil opazen delni razkroj časopisnega papirja. Med vsem gradivi je bila najmanj poškodovana oziroma najbolj ohranjena slama. Jones [2009: 13] v svojem delu ugotavlja, da bi v Veliki Britaniji s presežkom potrebne količine slame, ki je več kot 2 milijona ton letno, lahko zgradili več kot 420 000 hiš s površino 150 m², medtem ko je bilo v ZDA ugotovljeno, da bi s količino slame, ki jo požgejo, lahko zgradili pet milijonov hiš s površino 186m² [http://www.whyggreenbuildings.com/straw_bale.php]. V Nemčiji bi z na leto pridobljeno količino slame, lahko zgradili 350 000 enodružinskih hiš [Minke, et al. 2005: 11].

Količina pridobljene slame - žetveni indeks

Razmerje med pridelkom, količino zrnja, ter količino slame se imenuje žetveni indeks (ŽI). Žetveni indeks pšenice je na začetku 20. stoletja znašal 0,36 [Tanjšek, 1988: 52], v začetku 21. stoletja pa je žetveni indeks pšenice že 0,5 [Maleševic et al., 2008: 20]. To pomeni, da je delež zrnja enak deležu slame. Seveda prihaja do različnih odstopanj, ki so odvisna od več dejavnikov, kot npr. vremenskih razmer. Količina razpoložljive slame se najlaže predvidi glede na statistične podatke o količini pridelka preteklih let ter površino obdelovanih površin.

Vrsta žita	Žetveni indeks %	
	zrno	slama
ozimna pšenica	49	51
jara pšenica	50	50

Tabela 1: Žetveni indeks pšenice [Vir: Maleševic, 2008].

Table 1: Wheat harvest index.

Leto	Posejane površine (ha)*	Pridelek pšenice (t)*	Pridelek na površino (t/ha)*	Žetveni indeks	Količina slame (t)	Slamnate bale 15kg/balo (x1000)
2003	35 517	122 811	3.5	0,5	122 811	8187,4
2004	32 186	146 643	4.5	0,5	146 643	9776,2
2005	29 845	140 919	4.7	0,5	140 919	9394,6
2006	31938	134 168	4.2	0,5	134 168	8944,53
2007	31861	133 019	4.2	0,5	133 019	8867,9
2008	35264	160 036	4.5	0,5	160 036	10669,1
2009	34313	136 498	4.0	0,5	136 498	9099,9

Tabela 2: Količina slame v obdobju 2003-2009 [vir: STAT SI].

Table 2: Amount of straw in 2003-2009.

Razpoložljivost slame v Sloveniji

V Sloveniji predstavlja slama pšenice največjo količino slame, ki je po pisanju Minkeja [2005: 19] poleg ržene in pirine, tudi najbolj primerna za izdelavo bal, namenjenih gradnji. S podatki, ki jih nudi Statistični urad Slovenije, lahko naredimo naslednji hipotetični izračun:

Na osnovi podatkov predstavljenih v tabeli 2, bi s pridobljeno količino slame pšenice na leto lahko izdelali med 8 in 10 milijonov bal v obliki kvadra z maso 15kg, dimenzij 30x50x90 in s specifično gostoto 110 kg/m³. Takšne dimenzije in gostote bal so najbolj priporočljive za bale namenjenih za gradnjo.

Kaj ta podatek predstavlja za gradnjo stanovanjskih objektov? Število novo zgrajeni stanovanjskih objektov v obdobju zadnjih desetih let (1999-2009) je v povprečju približno 4000 objektov na leto [www.stat.si]. Če predpostavimo, da za eno stanovanjsko enoto (hišo) s površino 150m² porabimo približno 350 bal, število razpoložljivih bal zadostuje za več kot 23 000 hiš, kar je skoraj šestkrat več kot jih je v povprečju letno zgrajeno na območju Slovenije. Povedano drugače: letna potreba po slami v gradbene namene je približno 15% razpoložljive slame pridobljene na letni ravni. Ker je količina razpoložljive slame veliko višja, kot je potreba, to pomeni, da za gradnjo izberemo takšno slamo, ki je najbolj ustrezna, najbolj kakovostna.

Primeri

Zgodovina uporabe slamnatih bal je kratka. Danes je taka gradnja najbolj prepoznavna predvsem v tujini kot v Severni Ameriki, Nemčiji, Veliki Britaniji in Avstraliji. V vedno večjem obsegu se za uporabo slame in z njo povezanih tehnologij pojavlja zanimanje tudi v strokovnih krogih, zaradi česar se tehnike gradnje s slamo ne prestopajo nadgrajujejo, glede na novo pridobljeno znanje in ugotovitve [Atkinson, 2008: 13]. Tako takšna gradnja ni več aktualna le v krogu ljudi, ki živijo po merilih sonaravnega bivanja, ampak je svoj prostor našla tudi v konceptih modernih gradenj in v urbanem prostoru, kar potrjujejo tudi naslednji primeri:

S-House

V Avstriji so v okviru projektov Life Environment program in Building of tomorrow iz slame in lesa zgradili objekt z imenom S-House. Objekt je namenjen ogledom tako splošne kot tudi strokovne javnosti.

Temeljno načelo, po katerem je bil zgrajen objekt S-house, je skrbno upoštevanje življenjskega ciklusa posamezne dejavnosti in gradiva ter doseganje standarda pasivne gradnje. Koncept pasivne hiše je danes dobro uveljavljen, medtem ko je njegova nadgradnja z uporabo obnovljivih virov v primeru projekta S-house nekaj edinstvenega.

Nosilno konstrukcijo objekta predstavljajo leseni okvirji,

polnjeni z balami slame debeline 35 cm. Slamnate bale so na zunanji strani z ilovnatim ometom, na katerega so pritrjene vertikalne letve, ki tvorijo zračni sloj med ilovnatim ometom ter končno leseno oblogo. Notranja stran sten je pretežno lesena, na nekaterih mestih so stene obdane še z mavčnimi ploščami. Celotna debelina stene je 52 cm, toplotna prehodnost (U) zunanjih sten objekta pa je 0,12 W/m²K. Objekt S-house spada v skupino pasivnih stavb s porabo manj kot 15 kWh/m² na leto, natančneje 6 kWh/m² [http://varcevanje-energije.si].

V objektu so nameščene številne merilne naprave, s katerimi bodo daljši čas spremljali dogajanje v konstrukciji. V konstrukcijo je vgrajena oprema za merjenje prestopa toplote, vlažnosti, gibanja zraka, statičnih in dinamičnih sil ter vrsto drugih parametrov. Prav tako spremljajo možnost navzočnosti mikroorganizmov, ki se že nahajajo ali se še dobo naselili v balah, kljub temu, da je za njih slama nezanimiva, v kolikor ni vlažna. Z neprestanimi meritvami, katerih rezultati so javno dostopni, želijo povečati zanimanje za takšen način gradnje.

Stanovanjska hiša in biro v Londonu

Najbolj nazoren primer vključevanja gradnje s slamnatimi balami v urbani prostor je zagotovo objekt v severnem delu Londona, na območju, kjer je bila nekoč industrijska cona.



Slika 5: Stanovanjski objekt v Londonu. [vir: http://www.swarch.co.uk/].

Figure 5: A housing structure in London.

Objekt je bil v celoti načrtovan s strani arhitektov in uporabnikov Sarah Wigglesworth in Jeremy Tilla. Ideja o projektu se je porodila leta 1997, dejanska izgradnja pa je bila končana 2004, medtem ko je gradnja potekala dve leti in pol. Še pred zaključkom vseh gradbenih del je bil projekt deležen velike medijske pozornosti, saj so uporabljene številne inovativne tehnologije, ki temeljijo na trajnostnem razvoju. Cilj projekta je bil zasnovati model, ki predstavlja koncept trajnostne gradnje in je umeščen v urbano okolje.

Objekt je grajen z več različnimi materiali in tehnikami, vse pa ustrezajo principu trajnostne gradnje. Slamnate bale so v tem primeru uporabljene kot toplotna izolacija v predelu spalnice bivalnega dela objekta in so umešene med leseno skeletno konstrukcijo. Z zunanje strani so obdane s polikarbonatnimi ploščami z vmesnim zračnim slojem, ki zagotavlja prezračevanje ter preprečuje, da bi vlaga uničevala slamnate bale [Minke et al., 2005: 111].

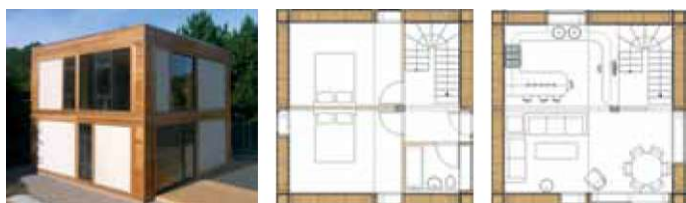
Predstavitev objekta je vključena tudi v Phaidonov Atlas sodobne arhitekture.

Modcell

ModCell je angleško podjetje s sedežem v Bristolu in se ukvarja s proizvodnjo prefabriciranih lesenih panelov, polnjenih z balami slame. Poudarek je na uporabi lokalnih materialov, proizvodnja pa predstavlja minimalni ogljikov odtis oziroma je proizvodnja ogljika negativna, saj posamezen panel dimenzij 3,2 x 3m shranjuje 750 kg atmosferskega CO₂.

Panele odlikujejo številne lastnosti. Toplotna prehodnost panela širine 49 cm znaša 0,13 W/m²K, medtem ko aktualni gradbeni predpisi Velike Britanije predpisujejo U vrednost 0,35 W/m²K. Prav tako ima takšen panel dobro zvočno izolativno sposobnost, saj panel širine 49cm zadrži zvok do 50dB.

Sistem Modcell ima pridobljen certifikat požarne odpornosti. Paneli so vzdrževali tudi po dveh urah in petnajstih minutah izpostavljenosti visokim temperaturam. Medtem, ko je bila temperatura na notranji strani, kjer bil izvor ognja izjemno visoka, je bila temperatura na zunanjih stenah med 23 in 42°C, kar se primerja z vročim dnem v Dubaju [Woodward, www.director.co.uk].



Slika 6: V sklopu raziskovalnega programa, je bila na območju kampusa Univerze Bath v Veliki Britaniji zgrajena dvoetažna hiša, pri kateri je poraba ogljika pri proizvodnji ocenjena na 70 ton - izvajanje monitoringa vsebnosti vlage in temperature [http://www.modcell.co.uk].

Figure 6: Near the University of Bath campus, a two-storey house built for a research programme, whose carbon consumption in the course of production was estimated at 70 tons.

Bistvena slabost sistema ModCell je cena. Cena kvadratnega metra panela, vključno z dobavo in montažo, je 190£ oziroma približno 235€. Medtem, ko je slama lokalnega izvora in njene količine niso problematične, je visoka cena posledica uvoza lesa iz Švice (ker na območju Velike Britanije ni primernega dobavitelja), apneno malto pa uvažajo iz Nemčije.

Prioriteta podjetja je ekološka naravnost, kar pomeni čim manj vplivov na okolje. Omenjeni tuji dobavitelji lesa in materiala za omete predstavljajo en korak stran od ideje o neoporečni proizvodnji, proizvodnji z minimalnim ogljikovim odtisom. Za vsak nov projekt panele izdelajo v bližini mesta montaže in sicer največkrat v prostorih kmetije, kjer odkupijo slamo. Prednost takšnega načina delovanja predstavlja tudi to, da pri delu pomaga lokalna delovna sila. Dodatna prednost takšnega načina delovanja je tudi to, da po vsakem končanem projektu ni potrebe po nadaljnjem vzdrževanju prostorov. Podjetje se lahko pohvali s številnimi izvedenimi projekti, med katerimi zagotovo izstopa izgradnja šolskih prostorov Weydon Secondary School v Weydnu.

Zaključek

Preobsežno izčrpavanje naravnih virov je pustilo močan pečat v okolju. V zavedanju teh sprememb je današnja praksa v vedno večji meri naklonjena uporabi naravnih materialov pri gradnji.



Slika 7: Tudi v Sloveniji je že nekaj objektov grajenih s slamnatimi balami. V obeh predstavljenih primerih gre za sistem lesene skeletne konstrukcije s polnilom slamnatih bal. Levo hiša na Kureščku [vir: http://www.soustvarjanje.si], desno hiša v Čikečki vasi [foto: Kristijan Zver].

Figure 7: Also in Slovenia, some houses have been constructed with straw-bales. Both cases presented feature wooden skeleton structures filled with straw-bales. To the left, the house at Kurešček; to the right the house at Čikečka vas.

Kot je razvidno iz tabel primerjave porabe energije, z uporabo obnovljivih virov rastlinskega izvora, kamor uvrščamo tudi slamo, namesto umetnih mas, lahko znatno prispevamo k zmanjšanju količine toplogrednih plinov. Z vidika načrtovanja in gradnje eno izmed rešitev predstavlja trajnostna gradnja, ki jo največkrat udejanja gradnja po principih pasivne hiše. Vedno pogosteje je govora tudi o naravni ali bio gradnji, ki predvideva uporabo izključno naravnih gradiv, kamor npr. spada tudi gradnja s slamo. Tak način gradnje predstavlja minimalno porabo energije v vseh fazah življenjskega ciklusa.

Smiselnost uporabe slame kot gradbenega materiala dokazujejo tudi predstavljeni primeri, obenem pa tudi smotrnost vključevanja in uporabe slame, ne le v izven mestne projekte, temveč kot popolnoma primeren in zanesljiv material za gradnjo tudi v mestnem prostoru. Prav tako pa so prednosti takšne gradnje večstranske; izjemno dobre izolativne sposobnosti slame, možnost dodatnega dohodka za pridelovalce žit, relativno nizka cena bale slame za investitorja ter ekološko nesporno gradivo.

Uporaba slame v gradnji je smiselna tudi v slovenskem prostoru, saj je razpoložljivost gradiva velika, kar je razvidno iz izračuna, obenem pa se z uporabo slame dodatno spodbuja poljedelsko dejavnost, kar je v ekonomskem interesu vsakega pridelovalca žit. Slovenski graditelj je v splošnem pogledu konzervativen pri sprejemanju novosti s področja gradbeništva, vendar je vseeno možno opaziti trend okolju prijaznih gradenj, kjer je velik poudarek na rabi naravnih materialov. Tudi v Sloveniji so ustanovljena društva, na primer Zavod Ekovas, kjer se zavzemajo in delujejo na področju gradnje z naravnimi materiali med drugim tudi s slamo. Prav tako je že zgrajenih nekaj objektov, kjer so bale slame uporabljene kot izolacijski material. Naslednja poteza je na strani različnih strok, od načrtovalcev, poljedelcev, gradbenikov, katerih naloga je preučiti in nadgraditi že izvedene projekte ter tako predstaviti možnost gradnje s slamo tudi v prostoru Slovenije.

Viri in literatura

- Arhitekturni biro, <http://www.swarch.co.uk/>, <avgust, 2010>.
- Atkinson, C. (2008): Energy assessment of a straw bale building. University of East London, London.
- Balirni stroji, http://www.mehanizacija-miler.si/krone/balirke_comprima, <avgust, 2010>.
- Ekološka gradnja, http://www.whygreenbuildings.com/straw_bale.php, <avgust, 2010>.
- Jones, B. (2009): Building with straw bales. Green books, Devon.
- Lacinski et al. (2000): Serious straw bale. Chelsea Green Publishing Company, Vermont.
- Maleševic, M. et al. (2008): Povratak ka višim i stabilnijem prinosima strnih žita. V: Zbornik naučnih radova, l. 2008, št. 14 (1-2): 13-28.
- Minke, G. et al. (2005): Building with straw. Birkhäuser, Basel.
- Paneli s slamo, www.modcell.co.uk, <avgust, 2010>.
- S-house - hiša iz slame, www.s-house.at, <september, 2010>.
- Soustvarjanje, vir: <http://www.soustvarjanje.si>, <avgust, 2010>.
- STAT, www.stat.si, <avgust, 2010>.
- Swentzell - Steen, A. et al. (1994): The straw bale house. Chelsea Green Publishing Company, Vermont.
- Tanjšek, T. (1988): Pšenica. Kmečki glas, Ljubljana.
- Tehnologija gradnje s slamo, <http://www.newtonhouse.info/straw.htm>, <avgust, 2010>.
- Uradni list RS 52/2010 - PURES, <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200893&stevilka=3960>, <november, 2010>.
- Varčevanje z energijo, <http://varcevanje-energije.si/napredne-gradbene-resitve/s-house-hisa-izdelana-iz-slame-in-lesa.html>, <avgust, 2010>.
- Wihan, J. (2007): Humidity in straw bale walls and its effect on the decomposition of straw. University of East London School of Computing and Technology, London.
- Woodward, D. (2009), www.director.co.uk, <avgust, 2010>.