

UDK: 694

# Bambus - nov izziv v arhitekturi?

*Bamboo - a new challenge in architecture?*

avtorici: **Ljudmila KOPRIVEC, Martina ZBAŠNIK-SENEGAČNIK,**  
Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, 1000 Ljubljana

## izvleček/Abstract

**V deželah**, kjer bambus najbolj uspeva, so ga skozi stoletja širokopotezno uporabljali za gradnjo. Odlikujejo ga lastnosti, kot so lahkotnost, elastičnost, trdnost in naravni videz. Danes se »material revnih« v arhitekturi uporablja v obliki ravnih in upognjenih palic ter kot kompozitno gradivo, in sicer za pohištvo, talne in fasadne obloge in kot konstrukcijsko gradivo. Bambus je kot organsko gradivo biološko hitro razgradljiv, ima nizko naravno odpornost in je zato dovzeten za razne škodljive organizme. Za zaščito pred škodljivci in povečanje njegove vzdržljivosti se uporabljajo naravne, tradicionalne in kemične metode. V članku so predstavljene možnosti uporabe bambusa v arhitekturi.

**For centuries** utilization of bamboo for building purposes was largely spread in the areas where it thrives. Characteristics such as lightness, elasticity, strength and natural appearance of material are its preferences. In architecture today the »material of the poor« can be used in straight and in bend forms or as a composite material. Bamboo is used for furniture, floors and façades or as a construction material. Bamboo is an organic material. It has low natural resistance and low durability due to biological degradation. Therefore it is a ready food source for a variety of degrading organisms. For its protection and increased

durability there are natural, traditional and chemical methods in use. In this paper the possible applications of bamboo in architecture are represented.

**Ključne besede:** bambus, bambus v arhitekturi, ekološko gradivo, zaščita bambusa

**Key words:** bamboo, bamboo in architecture, ecological material, protection of bamboo

## 1. UVOD

Bambusovke so zelo razširjene zimzelene rastline z olesenelimi bilmi iz družine trav (Gramineae) (Coe, 1995). Bambus ima longitudinalno rast (v primerjavi z drevesi, ki imajo radialno ali lateralno rast) in sestoji iz petih glavnih delov: korenike, korenine, olesenele travne bilke, vej in listov. Njegova posebnost je votlo, olesenelo steblo, ki je žilavo in vlaknato. Okrepljeno je z močnimi prečnimi kolenci<sup>1</sup>, ki steblo zapirajo po gostih intervalih (Kumar et al., 2005). V kolencu je notranji septum<sup>2</sup>, ki povezuje zunanje stene, krepí steblo in ga ločuje v »oddelke«. Glavne snovi stebela so celuloza (55 %), pentosan (20 %), lignin (25 %), v manjših količinah pa smole, tanin, voski in anorganske soli. Delež teh snovi je odvisen od vrste, pogojev rasti, starosti bambusa in predela stebela (Liese, 1986). Bambus je sicer najširši pri tleh, nato pa je premer čez celotno dolžino približno enak. Oskrbuje se izključno preko korenike in raste izjemno hitro (v idealnih pogojih lahko določena vrsta zraste v štiriindvajsetih urah tudi do 1,2 m (Dunkelberg, 1985). Svojo maksimalno višino doseže v približno enem letu, naslednji 2 leti do 3 let pa pridobiva jakost (ESRC, 2005). Pod idealnimi pogoji lahko na primer

<sup>1</sup> bot: kolence = odebeljeni del votlega stebela, iz katerega poganjajo listi

<sup>2</sup> bot: septum = prekat, ki loči dve votlini

vrsta bambusa *Guadua Angustifolia* z obsegom stebela od 22 do 24 cm v treh do štirih mesecih doseže višino do 30 m (Dunkelberg, 1985).

V Evropi se je pojem bambusa prvič pojavil leta 552 n. š. V bambusovih palicah so menihi po svileni cesti takrat prvič pretihotapili iz Kitajske v Carigrad jajčeca sviloprejke. Leta 1626 je nemški botanik G. E. Rumpf objavil sedem zvezkov z naslovom »Hebrarium Amboinense«, kjer je opisal 24 vrst »cevastih dreves« in njihovo uporabo. Leta 1778 je švedski naravoslovec C. Linné v znanost vpeljal opis bambusa, ki je temeljil na indijski besedi »mambu« ali »bambu«. Thomas A. Edison je leta 1880 pospešil razvoj električne žarnice z ogljeno nitko, narejeno iz bambusovega vlakna (Dunkelberg, 1985).

### 1.1. Geografska opredelitev, pogoji za rast

Bambus uspeva od 51° severne do 47° južne zemljepisne širine (Villegas, 2003). Kot avtohtona rastlina uspeva na vseh kontinentih, razen v Evropi. (Mostaedi, 2002). Idealna nadmorska višina je med 0 in 100 m, vendar nekatere vrste kot npr. *Guadua Angustifolia* (avtohtona vrsta Latinske Amerike) rastejo tudi od 0 do 1800 m (Project Corpei, 2005). Najvišja zabeležena nadmorska višina rasti so visoke pampe v ekvatorskih Andih, kjer raste tudi do 4300 m. Večina najbolje uspeva v vlažnem naravnem okolju meglenih gozdov ali nižinskih tropskih džungel, čeprav nekatere vrste rastejo tudi v suhem naravnem okolju, vendar nikoli v puščavah (Villegas, 2003). Raste sicer v predelih, kjer nihajo padavine med 200 do 2500 mm na leto, vendar se pri znižanju padavin pod 1000 mm na leto razvoj stebel zaustavlja. Najbolje uspeva v območjih, kjer je relativna vlažnost med 75 % in 80 %. Poleg tega potrebuje bambus med 1800 do 2000 ur svetlobe na leto (od 5 do 6 ur svetlobe na dan) (Project Corpei, 2005).

Večina vrst bambusa praviloma raste pri temperaturah med 8,8 °C do 36 °C, določene vrste rastejo tudi do -10 °C (Dunkelberg, 1985). Idealni pogoji za rast so pri temperaturi od 20 °C do 30 °C. Pri nižjih temperaturah se premer in višina stebela manjšata, predvsem če pade temperatura pod 18 °C (Project Corpei, 2005).

Bambus težko uspeva v Evropi, razen na redkih področjih z blago klimo (Italija, južna Francija ...) pa tudi tam je potrebno kultiviranje najbolj odporne vrste na mraz in sicer tropskega bambusa *Bambus multiplex* (Crouzet, 1998).

Bambus ne uspeva dobro v zemlji s preveč ali premalo vode. Le vrsti *Arundinaria gigantea* in *Phyllostachys heteroclada* preživita v zemlji, ki je prepojena z vodo. Pri vseh drugih vrstah bambusov morajo korenike dihati. Idealna zemlja za vzgojo bambusa je lahka in krhka, ki zadržuje vodo, je dobro drenažirana ter bogata s hranljivimi in organskimi snovmi. Predvsem pa zemlja ne sme biti slana (Crouzet, 1998). Za kultiviranje bambusa so primerni naslednji tipi zemlje: peščeno – blatna zemlja, ilovnata zemlja, ilovnato – peščena zemlja in ilovnata – blatna zemlja. Glinene zemlje niso primerne (Project Corpei, 2005).

### 1.2. Vrste bambusa

Taksonomija uvršča bambus med vrsto Poaceae ali Gramineae (sem spadajo tudi oves, žita, trave in koruza) in podvrsto Bambusoideae. Ta se deli v dve večji skupini: travnati bambusi ali Olyreae ter lesnati bambusi ali Bambuseae.

Poznamo približno 1600 različnih vrst bambusa z različnimi debelinami stebela (Villegas, 2003) (Slika 1).

## 2. LASTNOSTI BAMBUSA

Za širšo uporabo bambusa v arhitekturi so pomembne njegove lastnosti:

- Naravna odpornost je zelo nizka,



□ Slika 1. Sedem primerov izmed približno 1600 vrst bambusa Vir: Marden, 1980.

nižja od naravne odpornosti stavbnega lesa. Odvisna je od vrste bambusa, časa sečnje in klimatskih razmer. Bambusi vsebujejo manjšo količino smol, voskov in tanina, vendar le-ti niso dovolj toksični, da bi pripomogli k naravni odpornosti. Zaradi pomanjkanja kakršnihkoli toksičnih sestavin in velike količine škroba v svežih ali suhih palicah so bambusi idealna prehrana za različne organizme. Poleg tega bambus vsebuje v celičnem tkivu higroskopične snovi, zato potrebuje več časa za sušenje kot nekateri lesovi s podobno specifično težo (Kumar et al. 2005).

- Vsebnost vlage - fizikalne in mehansko-tehnične lastnosti so pogojene z vsebnostjo vlage. Na količino vlage vplivajo vrsta bambusa, starost (količina vlage z leti upada) in čas sečnje. Bambus lahko vsebuje do 25 % vlage, odvisno od posamezne vrste bambusa in sezonskega obdobja v času njegove rasti (Dunkelberg, 1985).
- Gostota - bambus ima srednjo do visoko gostoto (500 - 800 kg/m<sup>3</sup>) ter zaradi večinoma vzdolžne orientacije vlaken slabo prečno permeabilnost. Značilna je tudi

variabilnost gostote materiala v prečni smeri bambusovih palic, ki je najmanjša v notranjosti ter narašča proti obodu (Straže, 2005).

- Krčenje in raztezanje je zaradi menjavanja vsebnosti vlage prav tako kot za lesene konstrukcije tipična lastnost bambusa (Dunkelberg, 1985). Skrčke in raztezke je treba upoštevati že v fazi načrtovanja. Posebej je to pomembno pri stikih, kjer so uporabljeni elementi iz drugih gradiv, ki imajo drugačne koeficiente raztezanja (npr. jeklo, les). Manj problematičen je stik z vlakni ratana ali samega bambusa.
- Natezna, tlačna in upogibna trdnost - vlakna bambusovih palic imajo visoko natezno in tudi tlačno trdnost. Bambusova natezna trdnost je približno enaka natezni trdnosti jekla (ESRC, 2005), višja od katerekoli vrste lesa in se lahko primerja z najnovejšimi high – tech vlakni (Villegas, 2003). V skrajni zunanji coni stebela potekajo paralelno z osjo stebela visoko elastična vlakna. Zgoščujejo se proti zgornjemu delu in zunanjemu robu stebela. Imajo natezno trdnost do 40 kN/cm<sup>2</sup>, v primerjavi z lesnimi vlakni, ki imajo natezno trdnost do 5 kN/cm<sup>2</sup> ali jeklom (Je 37) 36 kN/cm<sup>2</sup> (Villegas, 2003). Natezna trdnost se povečuje v starosti od 2,5 do 4 leta, optimalna pa je »zrela starost«, zato se za konstrukcijske namene uporabljajo zrele palice (ESRC, 2005). Trdnost se po višini stebela spreminja. Tlačna trdnost se z višino zvišuje, medtem ko se upogibna znižuje (Kumar et al., 2005). Tlačna trdnost narašča s starostjo bambusa. šestletna stebela imajo dva in pol-krat večjo tlačno

trdnost kot eno leto staro steblo. Na tlačno trdnost vpliva tudi nadmorska višina rastišča (Villegas, 2003).

- Vnetljivost in gorenje - rizik gorenja bambusa je večji od rizika gorenja stavbnega lesa. Bambus ima v svojem ovoju visoko koncentracijo silicijeve kisline in visoko gostoto materiala. Po DIN 4102 je klasificiran kot gorljiv, vendar težje vnetljiv material (B1). Hitrost vžiga je odvisna tudi od načina pozicije elementov – horizontalno ležeči elementi se težje vnamejo kot diagonalno ali vertikalno ležeči. Na horizontalno ležeči bambusovi palici se ogenj krožno širi do naslednjega kolenca, kjer se zaustavi. Če se vmesna kolenca vnamejo in kažejo vzdolžne in prečne razpoke, se gorenje pospeši. Prečne razpoke močno zmanjšajo zmožnost prenašanja obremenitve pri gorenju (Toenges, 2004).

### 3. ŠKODLJIVCI BAMBUSA

S povečanjem vlage v bambusovih palicah se poveča tudi nevarnost, da jih napadejo živalski ali rastlinski škodljivci. Pomemben je čas sečnje – najbolj ugoden je v hladnejših in suhih mesecih, ko so škodljivci manj aktivni. Škodljivci namreč lahko poškodujejo bambusove palice do take mere, da so popolnoma neuporabne.

Pogoji za začetek biološke degradacije bambusovi palic zaradi napada škodljivcev so:

- vsebnost netoksičnih substanc: celuloza, hemiceluloza in lignin so dobri viri prehranjevanja škodljivcev;
- vsebnost vlage: vsebnost vlage med 40 do 80 % je idealna za rast gob; suh bambus s količino vlage

približno 20 % ni primeren za rast gliv;

- temperatura: za rast gliv so pogoji, kjer temperatura niha med 25 do 30 °C, idealni.

Najpomembnejši škodljivci bambusa so glive, plesen, insekti, hrošči in termiti (Kumar, 2004).

### 4. ZAŠČITA BAMBUSA

Za kvalitetno uporabo ima bambus kot gradivo organskega izvora nekaj resnih ovir – nizko odpornost proti biološki degradaciji, ni požarno varno gradivo, zaradi anatomske strukture pa ima nizko permeabilnost. Bambusove palice ne vsebujejo toksičnih substanc, kot je npr. jedrovina pri mnogih lesovih, kar izboljšuje njihovo naravno odpornost. V nasprotju z lesom bambusovo steblo sestoji iz 40 % celičnih tkiv, ki vsebujejo hranljiv škrob tudi v starejših steblih (Liese, 2005). Za uporabo bambusa kot gradiva je potrebna ustrezna zaščita, sicer lahko bambusove palice preživijo največ dve leti (ESRC, 2005).

Za zaščito bambusa so v prvi vrsti pomembni naslednji preventivni postopki:

- Čas sečnje - idealen čas sečnje je v suhih in hladnejših delih leta, saj so takrat zajedavci manj aktivni. Za uporabo bambusa v gradbeništvu je najbolje, če se poseka takoj, ko poženejo mladike, saj je takrat ves škrob v novemu stebelu.
- Izbor palic - pravi izbor bambusovih stebel je za trajnost konstrukcije izrednega pomena. Eno leto star bambus je svetlo smaragdne barve z listi, ki so ravno začeli odpadati. Bambus, star 2-3 leta, ima na stebelu bele madeže, indikator naselitve lišajev. V starosti 5-6 let se lišaji jasno vidijo (Adams, 2004). Bambus, star do 30 dni, je primeren za prehrano, od 6 do 9

mesecev za izdelavo košar, od 2 do 3 let za izdelavo laminatov in plošč. Zrelost doseže med 3 in 6 leti, kar je tudi najprimernejša starost za uporabo v arhitekturi. Po 6 letih začne izgubljati čvrstost in odpornost (Dunkelberg, 1985).

- Skladiščenje in sušenje - bambus ob sečnji vsebuje od 30 do 50 % vlage. S sušenjem v senci se relativna vlažnost stebela zniža za približno 15 %. Pri skladiščenju je treba zagotoviti zaščito pred soncem, dežjem in vlago, predvsem pa je potrebna dobra ventilacija med stebli (Toenges, 2004). Za vgradnjo je bambus primeren 2 – 3 mesece po sečnji.

Kljub preventivnim ukrepom je potrebno bambus dodatno zaščititi, za kar se uporabljajo različne metode.

#### 4.1. Naravna zaščita

Skozi stoletja uporabe so se razvile različne tehnike in postopki, ki naj bi bambusu izboljšali sicer relativno slabo odpornost na staranje in škodljivce; to so:

- Delno sušenje - posekane palice ležijo med rastočimi travnimi bilkami, dvignjene od tal približno mesec dni. Listov in vej ne odstranimo, saj nadaljujejo s svojo funkcijo in iz palic odstranjujejo škrob. Rezultat je večje zanimanje zajedavcev za liste in veje kot za steblo. Seveda pa taki ukrepi niso zadovoljivi za zaščito pred vsemi zajedavci in glivami.
- Dimljenje - če se bambusove palice dalj časa dimijo, postanejo za insekte neprijetnega okusa in bambus zavračajo (Dunkelberg, 1985). Palice se dimijo pri temperaturi od 50 do 60 °C od 15 do 30 dni, dokler se vlaga v palicah ne zmanjša za približno 12 %. Z dimljenjem povečujemo

odpornost proti gobam in hroščem (Liese, 2005). Stebla morajo biti perforirana. Slaba stran te metode je, da imajo stebela po obdelavi zelo neprijeten vonj (Toenges, 2004). Metoda so izpopolnili na Japonskem.

- Segrevanje - metoda, s katero palice segrevajo v sušilni peči pri 150 °C (ESRC, 2005). Med postopkom ne smejo popokati, ker bi bil material na teh točkah izjemno občutljiv (Dunkelberg, 1985). Segrevanje pri 200 °C bi sicer povečalo odpornost materiala proti napadom nekaterih vrst gob, vendar bi se mehanske lastnosti zelo poslabšale (Liese, 2005). Metoda se uporablja v Mjanmaru (do leta 1989 Burmi) in na Tajskem (ESRC, 2005).
- Potapljanje v vodi - sveže posekane bambusove palice potopijo v vodo za 4 – 12 mesecev, da se iz palic izločijo snovi, kot so škrob, sladkor in druge v vodi topne substance, s katerimi se prehranjujejo hrošči (ESRC, 2005). Slana voda ni primerna. Res je sicer, da bi bila boljša zaščita proti nekaterim vrstam insektov, ker jih kristali soli, ki po sušenju ostanejo v bambusovem tkivu, odbijajo, vendar bi postal bambus tudi bolj higroskopičen in tako bolj nagnjen h gnitju. Privabljal pa bi tudi druge nevarne organizme, ki se pogosto razvijajo v slani vodi (Dunkelberg, 1985).
- Impregnacijski premazi - uporabljajo se redke apnene malte – kalcijev hidroksid  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ter borax, kreozot ipd. (Dunkelberg, 1985).

#### 4.2. Kemična zaščita

Bambus ima v nasprotju s stavbnim lesom nizko permeabilnost, saj nima

radialno usmerjenih cevčic, zato lahko material absorbira tekočino le preko aksialnih kapilar (lasnic) (Dunkelberg, 1985). Kemični premazi ali impregnacijske tekočine pa so učinkovita sredstva za zaščito pred termiti, hrošči, gnitjem, trohnenjem. Kot kemična zaščitna sredstva se uporabljajo kerosin, dizel in laki ter emulzije, ki vsebujejo naftalene. Ta sredstva pogosto vsebujejo insekticide DDT, lindan, PCP, dieldrin (Dunkelberg, 1985) in so zato s prihodom nove, ekološko osveščene dobe v razvitem svetu prepovedana, v nerazvitih deželah pa se ponekod še vedno uporabljajo (Zbašnik-Senegačnik, 2004).

Kemična sredstva se v bambus vnašajo na različne načine – s potapljanjem, namakanjem, razprševanjem, nadomeščanjem rastlinskega soka, obdelavo palic pod tlakom ipd. (Liese, 1986). Kemične metode zaščite bambusa so praviloma dražje od tradicionalnih metod (Toenges, 2004).

#### 4.3. Protipožarna zaščita

Možne so različne metode zaščite pred požarom – od tradicionalnih metod do naravne zaščite z boraksom in borovo kislino ter kemičnimi substancami. Bambusove palice se lahko tudi napolnijo z vodo. Tako zunanja plast bambusa doseže temperaturo tudi do 400 °C, medtem ko znotraj cevi voda vre (Toenges, 2004). Sicer pri gorenju nastanejo vzdolžne in prečne razpoke. Te se, potem ko voda popolnoma izhlapi, razširijo po celotni debelini, nato opna razpoka in palica polno zagori (Dunkelberg, 1985). Z vodo napolnjene palice imajo sicer boljšo požarno odpornost, vprašljiva pa je trajnost materiala, saj je izpostavljen vlagi, s tem pa tudi propadanju in napadu škodljivcev. Dodatna, učinkovita zaščita bambusa je obloga iz malte (Kumar et al., 2005).



#### 4.4. Konstruktivna zaščita

Podobno kot pri lesu ima tudi pri gradnji z bambusom pomembno vlogo konstruktivna zaščita. Bambusovo gradivo na ta način zavarujemo pred vdorom vlage, s tem pa podaljšamo življenjsko dobo palic. Zaščita s konstrukcijo je garancija za obstojnost tega materiala, o čemer pričajo nekateri objekti v mestu Manizales (Kolumbija), kjer življenjska doba objektov, grajenih iz bambusa, presega več kot sto let (Toenges, 2004).

### 5. UPORABA BAMBUSA V ARHITEKTURI

Bambus je v deželah, kjer je avtohtona rastlina, pogosto edini material, ki lahko zadovolji potrebo po gradivu za bivališča (Liese, 1986). V arhitekturi ga odlikujejo lastnosti, kot so lahkotnost, elastičnost, trdnost in estetski videz. Zaradi relativno kratke življenjske dobe stavb, nizke stopnje požarne odpornosti ter negativnega statusnega simbola (bambus kot konstrukcijsko gradivo pogosto pomeni simbol revščine) pa se v primerjavi z drugimi gradivi manj uporablja. Kljub temu pričakujemo, da bo kot gradivo doživel ponoven preporod, predvsem zaradi izvrstnih statičnih lastnosti. Ekološka miselnost je med arhitekti vzbudila težnjo po zamenjavi sodobnih, okolju in človeku neprijaznih gradiv, z naravnimi. Eden takih gradiv je tudi bambus, ki se je v razvitem svetu do sedaj pojavljal predvsem v obliki pohištva. Kljub temu so mu arhitekti našli mesto tudi med konstrukcijskimi gradivi. Analiza primerov njegove uporabe v arhitekturi kaže na naslednja področja uporabe (Dunkelberg, 1985):

- uporaba tradicionalnih tehnologij gradnje v novih arhitekturnih rešitvah,
- iskanje novih struktur in oblik s tehnologijo,

- testiranje bambusa za uporabo v proizvodnji različnih kompozitov.

Bambus je kot gradivo v arhitekturi uporaben v naravnem elementarnem stanju v obliki ravnih in upognjenih palic, kot surovina pa rabi tudi kot sestavni del v proizvodnji kompozitnih gradiv.

- Naravni bambus – za gradnjo so primerne ravne bambusove palice, zaradi dobrih elastičnih lastnosti pa jih je mogoče tudi upogibati. Palice manjšega premera enostavno ročno upogibamo in med seboj povežemo, da obdržijo obliko. Za trše palice z večjim premerom obstajata dve metodi upogibanja. Pri metodi hladnega upogibanja palice upogibamo še sveže ter v tem položaju tudi posušimo, da zadržijo obliko. Z metodo toplega upogibanja palice segrevamo pri 150 °C. Po ohladitvi palica zadrži upognjeno obliko.

Pri gradnji z bambusovimi palicami je zelo pomembno njihovo medsebojno stikovanje, kar daje arhitekturi svojstven karakter. Med seboj se palice lahko povezujejo na tradicionalen način z gradivi organskega izvora (ratan, bambusove vrvi ...) (slika 2), v sodobni izvedbi detajlov pa je povezava možna v kombinaciji z različnimi materiali – nerjavečim jeklom, bakrom ... (slika 3). Pogosto se na mestu stika detajlne vezi ojačijo z injiciranjem malte ali betona v votle predele palice.

Z gojenjem bambusa v kalupih lahko dobimo palice kvadratnega prereza, kar nudi boljše možnosti za stikovanje (slika 4).

- Kompoziti iz bambusa – bambus kot surovina skupaj z drugimi sestavinami rabi za proizvodnjo kompozitov: za furnirje, panelne kombinirane plošče, vezane plošče (Zijlstra, 2005), kosi po dolžini rezane stebel pa za lepljene

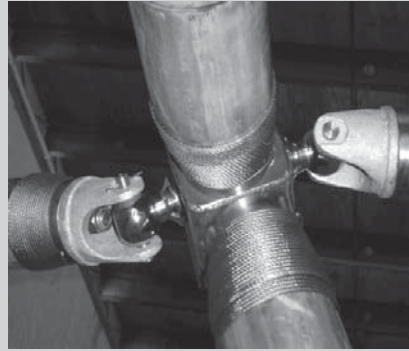
nosilce ipd. Za kompozitna gradiva se uporablja le zunanji, trši del bambusovega stebel, notranji, mehkejši del, pa odstranimo (Toenges, 2004) (slika 5).

Bambus in bambusova kompozitna gradiva imajo širok spekter uporabe, saj so primerni za:

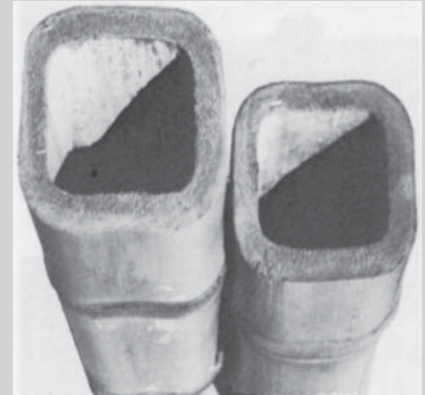
- a) pohištvo – večinoma se uporabljajo ravne in upognjene palice bambusa (stoli, mize, omare, police, vitrine, senčila ...);
- b) talne in stenske obloge – kompoziti iz bambusa so primerni za izdelavo talnih oblog – masivni in panelni parket, laminatni pod ... (bambus je dvakrat trši od rdečega hrasta – primerjava trdote po Brinellovi lestvici: rdeči hrast = 3,3 / bambus = 4,7); zaradi svojega naravnega, prijetnega videza so visoko kvalitetni industrializirani izdelki iz bambusa zaželeni tako v stanovanjskih kot javnih objektih;
- c) fasadne obloge – ravne bambusove palice so zanimiva fasadna obloga (slika 6);
- d) konstrukcijsko gradivo za izvedbo različnih objektov:
  - enostavni objekti, kot so zatočišča, šotorske konstrukcije, paviljoni, odprte garaže ali nadstreški;
  - premični objekti, npr. razstavnih paviljoni, ki jih je mogoče predstavljati (slika 7);
  - eksperimentalni objekti, na katerih se bambus in tehnologije gradnje z njim analizirajo in testirajo; na podlagi ugotovitev bodo pri Mednarodni organizaciji za standarde sprejeti ustrezni ISO standardi, npr. paviljon v Leipzigu 1986 (Dunkelberg, 1985), bambusov stolp v Berlinu 2004 (Krone et al., 2005), paviljon v Vergiate 2003 ...);



□ **Slika 2.** Detajl tradicionalne vezave dveh bambusovih palic.  
Vir: Dunkelberg, 1985.



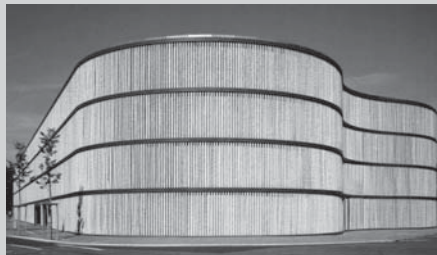
□ **Slika 3.** Stiki z nerjavečim jeklom omogočajo nove možnosti izvedbe bambusovih konstrukcij. Vir: Big Bamboo Trading Co., 2004.



□ **Slika 4.** Umetno preoblikovanje profila palice z gojenjem v škatlastih kalupih.  
Vir: Dunkelberg, 1985.



□ **Slika 5.** Panelne plošče so primerne za pohištvo, obloge in druge proizvode, kjer želimo poudariti naravni videz bambusa.  
Foto: L. Koprivec.



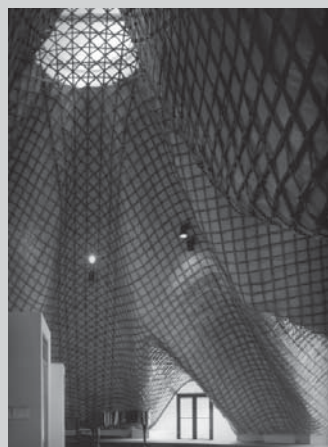
□ **Slika 6.** Parkirna hiša v Leipzigu, 2005, arh. HPP Architekten. Projekt je prejel arhitekturno nagrado mesta Leipzig za leto 2005. Vertikalno - v smeri vlaken postavljene bambusove palice omogočajo hiter odtok vode.  
Vir: Kump, 2005.



□ **Slika 7.** Paviljon, Expo 2000, Hannover, arh. Simon Velez. Leta 1999 je bil za V. svetovni kongres emisij v mestu Manizales v Kolumbiji zgrajen paviljon, ki je bil na pobudo švicarske neprofitne fundacije ZERI (Zero Emissions Research Initiative) razstavljen na Expo 2000 v Hannoveru. Po končani razstavi je postavljen nazaj v mesto Manizales. Vir: Dethier, 2002.



□ **Slika 8.** Stanovanjsko naselje, Manizales, Colombia, arh. Arcilo Lozada. Naselje, v celoti zgrajeno iz lokalnega gradiva – bambusa - ima socialno in kulturološko vrednost.  
Vir: Minke, 1983.



□ **Slika 9.** Center Naiju in otroški vrtec, 1996, Fukuka, Japonska, arh. Shoen Yoh. Bambus v obliki slepega opaža, na katerega je bila vlita betonska plošča.  
Vir: Yoh, 1997.



□ **Slika 10.** Bambus kot konstrukcijsko gradivo šole, Luong Son, Vietnam, arh. Theskyisbeautiful Architecture.  
Vir: Anon., 2004.



□ Slika 11. Gradbeni oder nebotičnika v Hong Kongu. Vir: Dunkelberg, 1985.

- stanovanjski objekti – porast prebivalstva zahteva vedno večjo potrebo po novih bivališčih; območja, kjer bambus uspeva, so tudi najvišje ocenjena po stopnji, kljub temu pa v primerjavi z drugimi konstrukcijskimi gradivi ostaja v senci; takšno mišljenje skušajo izpodriniti realizirani projekti individualnih hiš, kjer je bambus kvaliteten dejavnik bivalnega ugodja (slika 8);
- družbeni objekti - šole, vrtci, družbeni centri, sakralni objekti, industrijski objekti ipd. (sliki 9, 10);
- mostovi;
- sekundarne konstrukcije - gradbeni odri (slika 11).

## 6. SKLEP

Bambus je vsestransko, obnovljivo in trajnostno gradivo z izjemno hitro rastjo in z majhno vgradno energijo. Nekatere njegove lastnosti se lahko primerjajo z jeklom in najsodobnejšimi heigh – tech vlakni, hkrati pa ga odlikuje majhna teža. Vendar je naravna odpornost bambusa manjša kot pri stavbnem lesu. Za zagotovitev varnosti je potrebna primerna zaščita gradiva. Tudi rizik požara pri gradnji z bambusom je večji kot pri gradnji s stavbnim lesom.

Kultiviranje bambusa v predelih Evrope z milejšo klimo ni izjema, vendar se večinoma uporablja za biomaso, saj pogoji za razvoj bambusovih stebel niso idealni za rast kvalitetnega gradiva. Kljub temu pa se v Evropi kot uvožena surovina uporablja tudi za razne kompozite, do nedavnega redkeje kot konstrukcijsko gradivo, kar pa se počasi spreminja. Zanimanje za

bambus kot konstrukcijsko gradivo je v Evropi vzpodbudil projekt paviljona arhitekta Simona Veleza, razstavljenega na EXPO 2000. Nedavno zgrajeni objekt parkirne hiše ZOO v Leipzigu pa dokazuje možnost uporabe bambusa tudi za fasadne obloge. Bambus je torej tradicionalno gradivo, ki tudi na evropskih tleh pomeni izziv v sodobni arhitekturi. □

## literatura

1. **Adams, C.:** Bamboo Architecture and Construction with Oscar Hidalgo. <http://www.networkearth.org/naturalbuilding/bamboo.html>, 06.2004.
2. **Anon.** Bamboo lessons: Bamboo is rarely used structurally; this school teaches universal lessons. *The architectural review*, 12 (2004).
3. **ISO International Standard.** Bamboo Structural Design. <http://www.bwktue.nl/bko/research/Bamboo/ISO%20N313%2022156.doc>, 11.2005.
4. **Anon.** Bamboo – a material with a future, *Engineering with rods*. md, *international magazine of design*, 3 (2002).
5. **Kump, J.:** Parkhaus am Zoo Leipzig: Von Bambus umhüllt. *Industrie Bau*, 51 (2005).
6. **Austin, R., Levy, K.:** Bamboo. New York, John Weatherhill, 1972.
7. **Big Bamboo Trading Co.:** Bamboo architectural system, *Guadua tech – bamboo structures*. <http://www.koolbamboo.com>, 12.2004.
8. **Blanco, M., A.:** Sembrar Bambú para cosechar casas. <http://www.analitica.com/especiales/bambu/images/bambu01.jpg>, 12.2005.
9. **Coe, M.:** Oxfordova enciklopedija žive narave, Ljubljana, DZS, 1995.
10. **Crouzet, Y.:** Bamboos. Köln, Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1998.
11. **Dethier, J.:** Le bambou selon Simon Velez. *Techniques et architecture*, 458 (2002).
12. **Dunkelberg, K.:** Bambus – Bamboo. Stuttgart, Karl Krämer Verlag, 1985.
13. **Engineering Structures Research Centre.** City University, London. *Building materials*. <http://www.staffcity.ac.uk/earthquakes/Bamboo>, 09.2005.
14. **IV International Bamboo Congress 1995:** Bamboo, people and the environment. [http://www.inbarint/publication/bt/INBAR\\_PR\\_05\\_1.htm](http://www.inbarint/publication/bt/INBAR_PR_05_1.htm), 10.2005.
15. **Krone, M., Untergutsch, A., Brandenburger, D.:** Der Bambusturm auf dem Schlossplatz in Berlin. *Bauingenieur*, 80, (2005).
16. **Kumar, S. et al.:** Bamboo preservation techniques : a review. *Indian Council of Forestry Research, Education, INBAR and ICFRE*, 1994. [http://www.inbarint/publication/bt/INBAR\\_Technical\\_Report\\_No03.htm](http://www.inbarint/publication/bt/INBAR_Technical_Report_No03.htm), 09.2005.
17. **Kumar, S.:** Preservative Treatment and Protection of Bamboo, <http://www.world-bamboo.org/archives.htm>, 12.2004
18. **Kušar, D.:** Varnost v arhitekturi nekoč in danes. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, 2000.
19. **Liese, W.:** Characterization and utilisation of bamboo. In: 18th IUFRO World Congress, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za agronomijo, 1986.
20. **Liese, W.:** Preservation of Bamboo in Service. [http://www.emissionzero.net/W...Liese\\_-\\_Protection\\_of\\_Bamboo\\_in\\_Service.pdf](http://www.emissionzero.net/W...Liese_-_Protection_of_Bamboo_in_Service.pdf), 09.2005.
21. **Lo, Y. T., Cui, H. Z., Leung H. C.:** The effect of fibre density on strenght capacity of bamboo. <http://www.sciencedirect.com>, 03.2004.
22. **Lynne, E., Adams, C.:** *Alternative Construction, Contemporary Natural Building Methods*. New York, John Wiley & Sons, 2000.
23. **Marden, L.:** The distribution of bamboo; Bamboo, the Giant Grass. *National Geographic*, 4 (1980).
24. **Minke, G.:** Construire en bambou. *Techniques et architecture*, 345 (1983).
25. **Mostaedi, A.:** Sustainable architecture: Low tech houses. Barcelona, Carles Broto i Comerma, 2002.
26. **Project Corpei - CBI. Bamboo (Guadua Angustifolia)** Giant American Bamboo Product's Profile. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/CORPEI/bambu.pdf>, 09.2005
27. **Straže, A.:** Sušenje bambusa. <http://www.gzssi/ForumSporocila.asp?IDForum=9&ID=78&IDpm=-1>, 11.2005.
28. **The New Encyclopaedia Britannica**, Volume 1. Chicago, Encyclopaedia Britannica, Inc, 1992.
29. **Toenges, C.:** *Construction with bamboo*. <http://www.conbam.info>, 06.2004.
30. **Villegas, M.:** *New Bamboo, Architecture and design*. Colombia, Villegas editores, 2003.
31. **Yoh, S.:** *Shoei Yoh: In response to natural phenomena*. Italia, L'Arca Edizioni, 1997.
32. **Zbašnik-Senegačnik, M., Kresal, J.:** *Glosar gradiv*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, 2001.
33. **Zbašnik-Senegačnik, M.:** Tradicionalna zaščita lesa na fasadi. *Les / Wood*, 56 (2004).
34. **Zijlstra, E.:** *Material Skills*. Rotterdam, Materia, 2005.