

## DRVO – MATERIJAL U SUGLASNOSTI S PRIRODOM

## WOOD – MATERIAL IN CONFORMITY WITH NATURE

*Josip Užar*

Pregledni rad

**Sažetak:** U radu je opisano drvo kao materijal za gradnju. Prikazana je i uspoređena zastupljenost drvne gradnje u Hrvatskoj, Sloveniji i Austriji, a spomenuti su i rezultati ispitivanja koji daju prednost okvirnom tipu drvne konstrukcije. Mjere zaštite predstavljene su u vidu zaštite od požara i vlage. Bitan faktor za širu upotrebu drva kao građevnog materijala je promocija, čime se povećava osviještenost spram ekoloških i energetskih svojstava tog materijala. Pri tome je nužna komponenta sustavnog obrazovanja inženjera, arhitekata i zainteresirane javnosti. Naglašena je potreba za smanjenjem emisije CO<sub>2</sub> i manjeg utroška energije, čime bi drvo trebalo zauzeti svoje mjesto u budućnosti izgradnje niskoenergetskih objekata.

**Cljučne riječi:** CO<sub>2</sub>, drvo, materijal, priroda, zastupljenost, zaštita

Review article

**Abstract:** The paper gives a description of wood as a construction material. The representation of timber construction in Croatia, Slovenia and Austria has been given and compared. The research results which present the advantage of the frame type of wooden structure are given. Protection measures are presented as the fire and moisture protection. An important factor for the general use of wood as a construction material is promotion, which helps increase awareness regarding environmental and energy features of the material. Thus, a necessary component is systematic training of engineers, architects and the interested public. Accent is placed on the need to reduce CO<sub>2</sub> emissions and lower energy consumption. Thereby, wood should take its place in the future of low-energy buildings construction.

**Key words:** CO<sub>2</sub>, wood, material, nature, representation, protection

### 1. UVOD

Drvo je jako dobar građevni materijal. Ono diše, propusno je, osigurava prikladnu vlažnost i toplinu, dok je temperatura drvenih elemenata u unutrašnjosti objekta uvijek jednaka temperaturi zraka u prostorijama. Sinonim za drvenu kuću znači kisikom obogaćen, zdrav i prirodno vlažan prostor, izvrstan za svakodnevno stanovanje. Sam miris drva povoljno utječe na čovjekovu psihičku ravnotežu, a dugogodišnje istraživanje instituta u Seibersdorfu u Austriji pokazalo je kako i boja drva djeluje umirujuće na psihu. Već se stoljećima grade drvene kuće, a uz pravilnu brigu i održavanje, drvena kuća ostaje postojana godinama, posebno drvene kuće od trupaca [1, 2].

Drvo se svrstava u najljepše građevinske materijale, a ako se stručno ugradi, ispravno zaštititi od utjecaja okoliša i štetočina te se redovito održava može biti vrlo dugotrajno (uz vrlo malo njege).

Drvo nastaje u „tvornici“ prirode u kojoj se uvjeti rada mijenjaju iz dana u dan s obzirom na varijable iz okoliša. Toplinska i zvučna izolacija drvenih građevina nije u zaostatku za izolacijskim svojstvima ostalih objekata. Elektrostatičke osobine drva neutraliziraju pojavu statičkog elektriciteta i kretanje prašine po prostorijama. Drvo i drvni dijelovi su difuzni. Mehanizmi

spajanja i relativno lagana konstrukcija osiguravaju pouzdanost i pri najjačim potresima ili pomicanjima tla.

Drvo je u pogledu protupožarnih osobina vrlo otporno na požar pa predstavlja gotovo najbolji vatrootporni građevinski konstrukcijski materijal. Primjera radi, drvo prilikom gorenja stvara zaštitni pougljenjeni sloj koji ima vrlo nizak koeficijent vodljivosti topline i tako štiti samo sebe. Ispravnom upotrebom zaštitnih kemijskih sredstava zapaljivost drva može se uvelike smanjiti ili posve spriječiti, tako da se može postići zahtijevano vrijeme u kojem konstrukcija mora pružati otpornost na požar (30-60 i više minuta). Nedostatak drva kao građevinskog materijala očituje se u skupljanju i bubrenju [1].

Kuće od drva zimi se lako griju, a ljeti su ugodne za boravak. Laka obrada i elastičnost te prirodne osobine omogućuju gradnju drvetom u svako doba godine. Gradnja drvom odvija se brzo i relativno je jednostavna. Već pri planiranju, odnosno projektiranju stambenih objekata treba istodobno imati na umu konstruktivne i vizualne vrijednosti drva. Drugim riječima, treba iskoristiti i estetske kvalitete konstruktivnih elemenata [2].

Još od najstarijih vremena poznata je, pored kamena, primjena drva kao građevinskog materijala. Progres gradnje čelikom i betonom pomalo je potisnuo drvo u suvremenom građevinarstvu, no drvene konstrukcije još uvijek imaju svoje mjesto - ako ne kao osnovni imaju ga

kao pomoćni materijal za građenje (oplate, skele i sl.). Ipak, u posljednje vrijeme drvo ima sve veću primjenu u izgradnji modernih objekata, posebice objekata sa svim značajkama suvremene arhitekture (vrlo česta primjena lijepljenog lameliranog drva).

Mnogobrojne su prednosti drva koje ga postavljaju kao ravnopravnog s ostalim materijalima: mala težina elemenata, laka obrada nezavisna od vremenskih uvjeta, velika čvrstoća paralelno s vlaknima, mogućnost izvedbe najrazličitijih statičkih sustava, mala osjetljivost na temperature promjene, velike mogućnosti oblikovanja i sloboda u izboru dužine elemenata, dobre mogućnosti montaže i transporta konstrukcijskih elemenata, te korištenje kako u stalnim tako i u privremenim konstrukcijama.

Naravno, drvo ima i svoje nedostatke: greške u drvu, truljenje, utjecaj insekata i gljiva, anizotropija, ovisnost mehaničkih osobina o sadržaju vode u drvu, skupljanje i bubrenje te zapaljivost. Suvremena tehnologija građenja omogućuje upotrebu učinkovitih kemijskih sredstava i odstranjivanje oštećenih dijelova drveta tako da o spomenutim nedostacima ne treba posebno brinuti. U suvremenim drvenim konstrukcijama moguće je kontrolirati svojstva drva te tako održavati zahtjeve dane u fazi konstruiranja.

Suvremeni trendovi gradnje sve više teže novim arhitektonskim formama uz što veću ekonomičnost. Ovako postavljenim zahtjevima potpuno odgovaraju drvene konstrukcije [3].

## 2. ZASTUPLJENOST GRADNJE DRVOM

Sve veća ekološka osviještenost nalaže smanjenje emisije stakleničkih plinova u industriji i potrebu da se gospodarstvo (građevinarstvo) preusmjeri na prirodne materijale kakvi su drvo i kamen. Za postizanje trajnoga razvoja trebat će više pozornosti pridati uravnoteženoj proizvodnji, te energetske i sirovinske potrošnji. Danas postoje vrlo jaki razlozi za gradnju drvenih građevina jer su ekološke i racionalne konstrukcije: građevno-fizikalna svojstva, ekološki materijali, brzina gradnje, znatno manja potrošnja energije već kod pripreme materijala za ugradnju, veća korisna površina pri jednakim vanjskim gabaritima građevine, trajnost, potresna i požarna sigurnost [4].

Nekada su se u Hrvatskoj najviše gradile drvene kuće od hrasta, koji uz pravilnu obradu može potrajati i do 500 godina, i bukve koja pripada najtvrdim vrstama drva u svijetu. Zbog dostupnosti materijala, tradicionalna gradnja hrastom i bukvom bila je uobičajena (poznate su "pokupske" drvene kuće od hrasta uz rijeku Kupu). Postoji podatak kako je prva drvena kuća u ovom dijelu Europe izgrađena upravo u Zagrebu.

Prema određenim procjenama, drvene montažne kuće na prostoru Hrvatske trenutačno sačinjavaju do 5% ukupne stambene izgradnje, odnosno ukupno se godišnje izgradi 200-300 drvenih montažnih kuća. Najviše takvih stambenih montažnih objekata niknuo je u Istri i okolici Zagreba, mada se sve veće zanimanje pokazuje u Slavoniji i Gorskom kotaru [1].

Radi usporedbe, udio u izgradnji montažnih drvenih kuća u Sloveniji je 10-15%. U Austriji drvena gradnja

dan danas predstavlja 36-38% ukupne gradnje obiteljskih kuća. Potrošnja drva po stanovniku u 2005. bila je 0,6 m<sup>3</sup> [4].

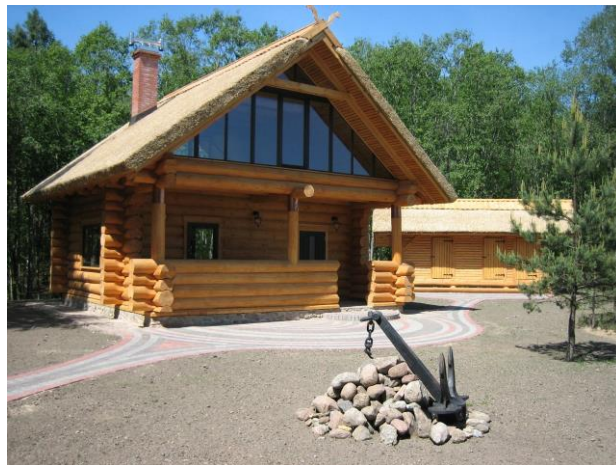
Zanimljivo istraživanje u obliku anketiranog upitnika provela je istraživačka skupina na Biotehničkom fakultetu u Ljubljani – Odjelu za šumarstvo, u kojem je sudjelovao širi krug stručnjaka iz područja arhitekture, šumarstva i građevinarstva. Anketom je obuhvaćeno 628 ispitanika.

Rezultati su pokazali kako su glavni razlozi za prednost klasične gradnje nad drvnom gradnjom običaji i tradicija, te nepoznavanje gradnje potonjim materijalom. Ispod polovice anketiranih poznaju njene bitne prednosti: brzina gradnje, povoljne građevno-fizikalne karakteristike, manja potrošnja energije kod pripreme materijala za ugradnju, požarna i potresna sigurnost, trajnost itd. Istraživanje je pokazalo da je glavni uzrok niskom postotku drvene gradnje slabo poznavanje karakteristika gradnje drvom [4].

## 3. ODABIR KONSTRUKCIJE

Bez obzira radi li se sa tradicionalnim ili modernim industrijski prefabriciranim elementima, u gradnji drvom prevladavaju od davnina poznati sistemi. Najzastupljenije su četiri vrste gradnje: blok-sistem, panel-sistem, sustav okvira i lijepljenje (lamelirane) konstrukcije. Blok-sistem je najstariji način i bazira se na spajanju gredica (slika 1.). Panel-sistem najčešće se može pronaći kod industrijski proizvedenih montažnih kuća. Kod takvih sustava velika pozornost se posvećuje toplinskoj izolaciji, zvučnoj izolaciji, zaštiti od kondenzacije i vanjskog prodiranja vlage, te površinskoj zaštiti [2].

Prema [5] uspoređene su: drvena monolitna konstrukcija, drvena okvirna, betonska, čelična i konstrukcija od opeke. Korištena je metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) koja je pokazala kako je za stambenu izgradnju najprihvatljivija drvena okvirna konstrukcija. Pri tome su najznačajniji kriteriji odlučivanja bili: nosivost, energetska učinkovitost, požarna otpornost, kvaliteta stanovanja i estetika. Primjer drvenih okvira prikazan je na slici 2.

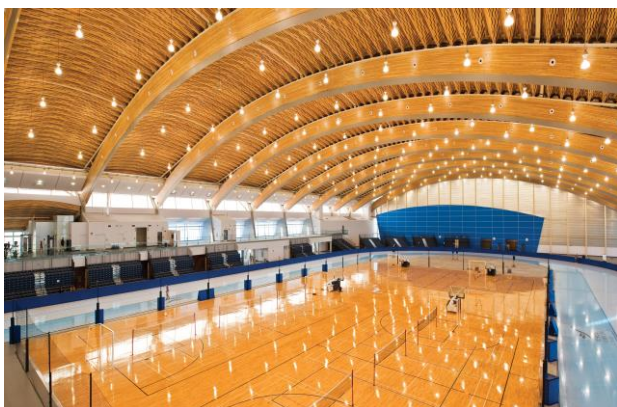


Slika 1. Drvena kuća izvedena spajanjem gredica [10]

Lijepljeno (lamelirano) drvo patentirao je Otto Hetzer 1906. godine. Neovisno o prirodnim dimenzijama, moguće je lijepljenjem dobiti zahtijevanu veličinu i oblik načinjenu od više manjih elemenata (lamela) koji se spajaju međusobno paralelno kemikalijama pod pritiskom. Maksimalna debljina lamela zavisi od vrste i klase drveta, pa tako najveća debljina lamele za upotrebne klase 1 i 2 iznosi 45 mm. Daske treba sušiti do vlažnosti  $15\pm 3\%$ . Takve konstrukcije se najčešće susreću kod većih gradnji kao što su industrijski i sportski objekti (slika 3. i 4.) [6].



Slika 2. Okvirni drveni sustav [11]



Slika 3. Veliki raspon savladan lameliranom drvenom konstrukcijom [12]



Slika 4. Nosači od lijepljenog lameliranog drva [13]

## 4. ZAŠTITA DRVA

### 4.1. Protupožarna zaštita

Obrada drvenih elemenata materijalima koji usporavaju gorenje (usporivačima gorenja) može učinkovito spriječiti ili odgoditi nastanak i rasprostiranje požara. Reakcija usporivača gorenja drva najčešća je u početnoj fazi požara, kada mogu odgoditi vrijeme pojave požara ili zaustaviti njegovo širenje. Materijali za usporavanje gorenja drva uglavnom su proizvedeni na osnovi fosfora, dušika, bora, aluminijeva hidroksida i nekoliko drugih spojeva. Oni djeluju na sljedeće načine: mijenjaju tijek pirolize, štite površine izolacijskim slojem, mijenjaju toplinska svojstva materijala, razrjeđuju plinove nastale pirolizom i prekidaju lančanu reakciju gorenja. Većina sustava za usporavanje gorenja djeluje kombinirano - više spomenutih načina sadržani su u jednom sistemu.

S obzirom na način nanošenja, materijali za usporavanje gorenja mogu se podijeliti na dva tipa:

- prekrivni (premazi i prevlake)
- impregnacijski

Kemijska impregnacija se češće koristi, a posebno za novije proizvode od kojih se zahtijeva određen stupanj vatrootpornosti. Premazi se češće koriste u postojećim konstrukcijama, lako se nanose i ekonomični su, ali su podložni abraziji, što može utjecati na njihov učinak u praksi.

Kod izbora usporivača gorenja, za drvo svakako treba imati na umu vrstu drvene podloge i propisane zahtjeve radi li se o novoj građevini ili o dogradnji. Također su važni uvjeti upotrebe, postavljanje, ekološki propisi, cijena, zahtjevi o održavanju i utjecajima na izgled ili neko drugo unutarnje svojstvo podloge [7].

### 4.2. Zaštita od vlage

Drvene konstrukcije koje sadržavaju do 20% vlage nisu sklone propadanju, odnosno truljenju. Optimalni uvjeti za propadanje drva nastaju kada je sadržaj vlage veći od 25%. Ako je drvo zaštićeno od vode ili od kondenzacije i ako je pri tome izloženo normalnim atmosferskim prilikama kakve postoje u građevini i izvan nje, sadržaj vlage rijetko prijeđe 15%. Jednostavna i praktična metoda kontrole sadržaja vlage i zaštite od truljenja ostvaruje se kroz prikladno oblikovanje konstrukcijskih detalja.

Izvori vlage uključuju vodu iz kiše, snijega, tla, visoku vlagu i vodu koja se isparava iz unutarnjeg i vanjskog okoliša. Stupanj do kojega će vlaga opterećivati konstrukciju ovisi o varijabilnim faktorima:

- klimatskim uvjetima
- građevinskim faktorima kao što su lokacija, izloženost suncu, izloženost vjetru, okoliš oko zgrade, vegetacija i teren
- faktorima oblikovanja zgrade kao što su strehe, vijenci, drenaže i pokrovi nad tlom

Vlaga se može kretati u i kroz zgradu putem nekoliko mehanizama:

- Kapilarnost: vlaga se kreće pod utjecajem pokretne sile kao što je gravitacija, ili usisavanjem uzrokovano kapilarnim djelovanjem

- Zračno kretanje.: kretanje vlage zrakom i njeno propuštanje kroz zidove, stropove i krovne šupljine

- Difuzija: direktno kretanje vodene pare kroz stropne i zidne površine, s obzirom na razliku pritiska vodene pare

Spomenuti mehanizmi kretanja kapljevine proizvode najznačajnije djelovanje vlage. Stoga ne treba čuditi što penetracija kiše i kontrola podzemne vode zauzimaju primarni fokus graditelja već generacijama.

Kako bi se ograničio sadržaj ulaza vode i kako bi se postigla ravnoteža sadržaja vlage, osnovni principi vodnog upravljanja uključuju otklanjanje, separaciju, odvodnju i sušenje.

Otklanjanje je prvi princip i glavni prioritet vodnog upravljanja. Cilj je zadržati vlaženje od kiše daleko od građevine te minimizirati potencijal vodene penetracije. Otklanjanje obuhvaća:

- smještaj građevine tako da je ona zaštićena od dominantnih vjetrova

- izvođenje dovoljno velikih streha i sustava za prikupljanje vode

- izvedbu dobrog brtvenog sistema koji preusmjerava vodu dalje od građevine

- izvedbu drenažnog sustava oko temelja kako bi prihvatio vodu koja dolazi s krova

- postavljanje paropropusnih difuznih usporivača na vanjske površine zidova i podova, uključujući i donji dio betonskih ploča

- adekvatnu separaciju elemenata od izvora vlage uključujući tlo i beton

Separacija drva od tla, drugih izvora vlage i okupacije termita je veoma važna. Neke od mjera su:

- Razmak između dna drvene grede ili drvenog poda bez greda u nezaštićenom prostoru i tla treba biti barem 45 cm. Između dna drvenih nosača i tla razmak ne smije biti manji od 30 cm. Razmak između podnožja drvenog stupa i tla trebao bi biti oko 20 cm.

- Drveni stup koji podupire nosivu strukturu, a koji se nalazi u podrumu ili je izložen vremenskim uvjetima, morao bi biti zaštićen metalnim ili betonskim produženim postoljem 2.5 cm iznad betonske ploče i 15 cm iznad tla, a ujedno odvojen od tla nepropusnom barijerom.

- Drvene grede i nosače koji tvore okvir, a ulaze u zidani ili betonski zid, trebaju biti razmaknuti najmanje 1 cm na dnu, vrhu i s obje strane.

- Drvene klupčice koje počivaju na vanjskim betonskim ili zidanim zidovima trebaju biti najmanje 20 cm iznad tla.

- Ograde i slične elemente treba odvojiti od glavnog dijela za 5 cm.

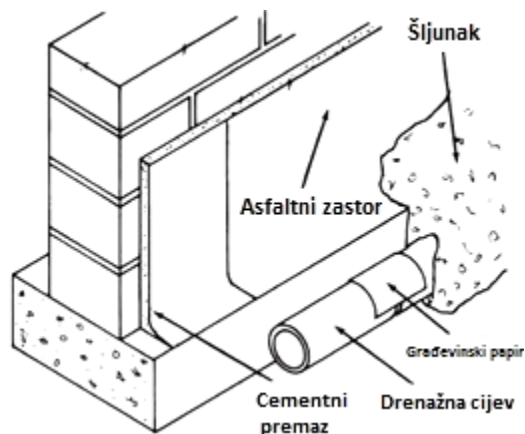
- Vanjskim drvenim stepenicama odmak od tla je 15 cm.

- Trijemovi i terase: grede koje podupiru konstrukciju su 30 cm od tla, a pod bez dodatnih greda je 45 cm.

- Betonski trijemovi, stube, dvorišne ploče i nasadi koji počivaju na tlu trebaju biti ispod vrha temelja te su odvojeni od drva u glavnoj konstrukciji za 5 cm, ili treba na drugi način zaštititi drvo od vlage.

- Žaluzine, prozorske kutije i drugi ukrasni priključci trebali bi biti odvojeni od vanjske strane da se izbjegne zadržavanje vode.

Odvodnja: gradilišna drenaža trebala bi uvijek biti prisutna da bi se odvela voda od temeljnih zidova, tj. da bi se nakupljena vlaga u zidovima odvela izvan objekta gravitacijskim putem. Slika 5. prikazuje ugradnju drenaže koja služi za prikupljanje oborinskih voda koje se prije toga procjeđuju kroz sloj šljunka. Zid se dodatno može zaštititi od prodora vlage asfaltnim zastorom pri čemu se neravne površine zatvaraju cementnim mortom.



**Slika 5.** Drenaža uz objekt sprečava nakupljanje vode koja štetno djeluje na elemente - bubrenje [8]

Sušenje je mehanizam putem kojeg se nakupljena vlaga uklanja ventiliranjem ili ishlapljivanjem. Adekvatna ventilacija i ispravno postavljen usporivač difuzije predstavljaju efikasno rješenje. Potonji bi uvijek trebali biti postavljeni na ili blizu toplijih strana zidova, podova i stropova. Lokalne klimatske prilike, zauzetost prostora te metode oblikovanja određuju zahtjeve za kontrolu kretanja vodene pare i ventiliranje [8].

## 5. PROMOCIJA DRVA KAO MATERIJALA

Još uvijek postoje brojne predrasude prema gradnji drvom, a koje proizlaze iz neznanja. Kako se navodi u [1], najčešće su predrasude što se tiče dugotrajnosti drva, zapaljivosti, masivnosti, izolacijskih svojstava, upijanja vlage, djelovanja štetočina i zastarjelosti [1].

Posebno je važno naglasiti, možda i najveću, predrasudu da drvo lako gori. Naime, drvo u požaru stvara zaštitni pougljenjeni sloj koji ima mali koeficijent toplinske vodljivosti i zbog toga štiti unutarnje dublje slojeve drva od visoke temperature. Brzina kojom se stvara pougljenjeni sloj ovisi o vanjskoj toplini, gustoći drva, sadržaju vode u drvu te o sadržaju kisika. Pougljenjeni sloj se stvara prosječnom brzinom od 0,5 do 1 mm/min [7].

Uz pravilnu izvedbu i minimum održavanja trajnost drveta može biti visoka. Drvo je slab vodič topline što je pogodno za toplinsku izolaciju. U usporedbi sa svojom velikom nosivošću, drvo je vrlo lagano i sve traženije za gradnju, a u pogledu djelovanja štetočina postoje brojni načini zaštite drva [1].

Dva su glavna načina djelovanja što se tiče promocije drva (primjer Quebec, Kanada):

- 1) Vlada treba biti primjer, koristeći drvo kao materijal u svojim građevinama
- 2) Povećanje korištenja drva u stambenoj i nestambenoj gradnji kroz podržavanje inovacija i razvojnih alata za podršku dizajnerima, te promocija u obliku zahvalnosti drvu kao obnovljivom prirodnom materijalu.

Tri su mjere za potporu inovacijama:

- transfer tehnologije konstruktorima i promotorima
- primijenjeno istraživanje za razvoj novih proizvoda i sustava
- sveučilišna obuka visokokvalificiranih ljudi

Neki od važnijih aspekata koji trebaju biti poboljšani uključuju razvoj alata i dokumentacije o drvu za inženjere i arhitekte koji bi se uključili u projekte, bolje programe obuke na tehničko-stručnoj razini te istraživanja na području drvne proizvodnje [9].

## 6. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti kako još uvijek postoje brojne predrasude prema drvu kao građevinskom materijalu, a koje proizlaze iz neznanja. Prema tome potrebno je sustavno obrazovanje stručnjaka u području graditeljstva, posebno u obliku stručnih seminara, skupova i publikacija. Važniji projekti i planovi projekata trebali bi biti predstavljeni široj javnosti kako bi se proširila svijest o svim prednostima koje nudi drvo kao materijal. Najveću takvu promociju mogla bi napraviti lokalna vlast općina, gradova i županija. Novo vrijeme donosi i izazove u kojima znanost i tehnologija omogućuju nove načine upotrebe ovog prirodnog obnovljivog materijala. Gradnja drvom sve više raste, što proizlazi iz potrebe da se smanji emisija CO<sub>2</sub> i količina utrošene energije. Energetska učinkovitost postaje standard, a drvo bi u niskoenergetskoj gradnji trebalo dobiti zasluženo mjesto.

## 7. LITERATURA

- [1] Ojurović, R.; Grbac, I.: Drvo u suvremenim trendovima stanovanja, *Drvna industrija* 60 (1), 61-63, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2009.
- [2] Sam svoj majstor: Stvaramo s drvom, SAM 12/89, Zagreb, 1989.
- [3] Gojković, M.; Stojić, D.: Drvene konstrukcije, Građevinski fakultet u Beogradu i Grosknjiga d.o.o., Beograd, 1996.
- [4] Kuzman Kitek, M.: Drvo kao građevni materijal budućnosti, *Građevinar* 62 (2010) 4, Zagreb, 2010.
- [5] Kuzman Kitek, M.; Hrovatin, J.; Grošel, P.: Usporedba različitih tipova konstrukcija stambenih zgrada, *Građevinar* 63 (2011) 9/10, Zagreb, 2011.
- [6] Kuzman Kitek, M.; Oblak, L.; Vratuša, S.: Glued Laminated Timber in Architecture, *Drvna industrija* 61 (3) 197-204, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010.

- [7] Jirouš-Rajković, V.; Miklečić, J.: Usporivači gorenja drva, *Drvna industrija* 60 (2) 111-121 (2009), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2009.
- [8] American Forest i Paper Association, Inc.: Design of Wood Frame Structures for Permanence, American Wood Council, 1111 19th., NW, Suite 800, Washington, DC 20036, 2006.
- [9] Cloutier, A.: Developing a Wood Culture for Non-residential Construction, Proceedings of the 55th International Convention of Society of Wood Science and Technology, Beijing, CHINA, August 27-31, 2012.
- [10] <http://images.fordaq.com/p-670000-668461-D1/Timber-frame.jpg>
- [11] [http://www.revitycity.com/gallery.php?action=view&gallery\\_id=6109](http://www.revitycity.com/gallery.php?action=view&gallery_id=6109)
- [12] <http://www.architectural-review.com/Journals/8/Files/2010/5/18/RichmondOval.jpg>
- [13] <http://halatenisowa.com/obrazy/piaski/halatenisowa3.jpg>

### Kontakt autora:

**Josip Užar, struč.spec.inž.grad.**

Veleučilište u Varaždinu  
J. Križanića 33/6, Varaždin  
josip.uzar@gmail.com